

РЪКОВОДСТВА ЗА БЕЗОПАСНОСТ

*ПО ПРИЛАГАНЕ НА
НОРМАТИВНИТЕ ИЗИСКВАНИЯ*

РЪКОВОДСТВО

**ВЕРОЯТНОСТНИ АНАЛИЗИ НА
БЕЗОПАСНОСТТА НА
ЯДРЕНИ ЦЕНТРАЛИ**

РР - 7/2010



АГЕНЦИЯ ЗА ЯДРЕНО РЕГУЛИРАНЕ
BULGARIAN NUCLEAR REGULATORY AGENCY



СЪДЪРЖАНИЕ

1. Общи положения	3
Цел.....	3
Обхват	3
Законово основание за разработване	5
Структура	5
2. Технически изисквания за ВАБ ниво 1 на ЯЦ.....	7
Обхват на ВАБ ниво 1	7
Анализ на данните за надеждност на КСК.....	7
Анализ на надеждността на човешкия фактор.....	9
Вътрешни събития.....	13
Вътрешни опасности	18
Външни опасности.....	24
Количествена оценка и представяне на резултатите от ВАБ ниво 1	37
3. Технически изисквания за ВАБ ниво 2 на ЯЦ.....	40
Определяне и числово изразяване на състоянията на повреждане на ЯЦ.....	40
Работоспособност на херметичната конструкция	40
Натоварвания на херметичната конструкция	41
Развитие на тежка авария.....	42
Анализ на количеството на радиоактивните материали, изхвърлени в околната среда ..	44
Количествена оценка и представяне на резултатите от ВАБ ниво 2.....	45
4. Осигуряване на качеството.....	48
Процес на осигуряване на качеството и проверки	48
Документация.....	49
5. Определения.....	50
6. Списък на съкращенията.....	52
7. Литература.....	53



1. ОБЩИ ПОЛОЖЕНИЯ

ЦЕЛ

1.1 Настоящото ръководство определя качеството и обхвата на изискванията по отношение на специфичните за ядрени централи (ЯЦ) вероятностни анализи на безопасността (ВАБ) ниво 1 и ниво 2, съответно за вътрешни и външни събития, обхващащи всички експлоатационни състояния на ЯЦ.

1.2 Качеството и обхвата на изискванията в това ръководство ще гарантират в частност, възможността за използването на следните приложения на ВАБ:

- а) оценка на общата безопасност на ЯЦ;
- б) оценка на баланса на приносите към риска;
- в) оценка на влиянието на модификациите на централата върху безопасността;
- г) оценяване и степенуване на събитията, подлежащи на уведомяване;
- д) оценка на важността по безопасност на конструкции, системи и компоненти (КСК);
- е) вероятностна оценка на експлоатационния опит.

1.3 В случаите на съществуващи ЯЦ, които са въведени в експлоатация до влизането в сила на Наредбата за осигуряване безопасността на ЯЦ (НОБЯЦ), трябва да бъде демонстрирано изпълнението на следните изисквания на §3, ал.2 на преходните и заключителни разпоредби на НОБЯЦ:

- а) честотата за значително повреждане на активната зона при тежки аварии, определена на базата на ВАБ, трябва да бъде достатъчно по-ниска от 10^{-4} събития на ЯЦ за година;
- б) честотата за големи радиоактивни изхвърляния в околната среда, при които е необходимо предприемане на неотложни защитни мерки за населението, трябва да бъде по-ниска от 10^{-5} събития на ЯЦ в година.

1.4 В случаите на ЯЦ, проектирането и строителството на които е започнало след влизането в сила на НОБЯЦ, трябва да бъде демонстрирано изпълнението на нейните изисквания, предвидени в чл. 45 и чл.10, ал.4, както следва:

- а) честотата за значително повреждане на активната зона при тежки аварии, определена на базата на ВАБ, трябва да бъде достатъчно по-ниска от 10^{-5} събития на ЯЦ за година;
- б) честотата за големи радиоактивни изхвърляния в околната среда, при които е необходимо предприемане на неотложни защитни мерки за населението, не трябва да бъде по-голяма от 1.10^{-6} събития на ЯЦ в година.

1.5 За нови ЯЦ сумарната честота за достигане на критериите за взимане на решение за прилагане на неотложни защитни мерки за населението, трябва да бъде по-ниска от 10^{-6} за година на ЯЦ.

1.6 Съгласно изискванията на чл.21, ал.3 на НОБЯЦ, ВАБ трябва да бъдат изпълнени с отчитане на съвременната методология, документирани и поддържани в съответствие с програмата за управление на качеството на експлоатиращата организация (или заявителя на лицензията).

ОБХВАТ

1.7 Съгласно изискванията на Чл. 21, ал.2 на НОБЯЦ, ВАБ трябва да съдържат:



- всички експлоатационни състояния на енергийния блок и всички постулирани изходни събития и опасности, включително вътрешни пожари и наводнения, извънредни климатични условия и сеизмични въздействия;
- всички възможни значими зависимости (функционални, общо разположение и други взаимодействия и въздействия, водещи до откази по обща причина);
- анализи на неопределеностите или на чувствителността на резултатите;
- реалистично моделиране на поведението на енергийния блок с отчитане на действията на оперативния персонал, съгласно експлоатационните и аварийните инструкции;
- анализ на човешките грешки с отчитане на факторите, които могат да влияят върху поведението на оперативния персонал във всички експлоатационни състояния и аварийни условия.

1.8 Съгласно чл.11, ал.3 на НОБЯЦ, като постулирано изходно събитие не се включва разрушаването на корпусите на компоненти, производството и експлоатацията на които се осъществява в съответствие с най-високите изисквания на стандартите в областта на използването на ядрената енергия. При това в проекта трябва да бъде доказано, че честотата за разрушаване на корпуса на реактора не превишава 10^{-7} събития на реактор в година.

1.9 Съгласно чл. 12, ал.1 на НОБЯЦ се определя, че постулираните вътрешни изходни събития се групират в отделни категории за състоянията на ЯЦ в зависимост от очакваната честота на поява за календарна година.

1.10 В проекта на ЯЦ трябва да бъдат разгледани като изходни събития възможни човешки грешки и вероятни комбинации от вътрешни и външни събития, основани на реалистични допускания, съгласно изискванията на чл.12, ал.3 на НОБЯЦ. Отчитат се и специфичните условия на околната среда и натоварванията на КСК, важни за безопасността, получени в резултат от вътрешни събития, в съответствие с изискванията на същия чл.12, ал.4 на НОБЯЦ.

1.11 Проектът на ЯЦ трябва да отчита външни събития и опасности (но да не се изключват и възможностите за възникване на други), характерни за площадката на ЯЦ, както са представени в изискването на чл.13 на НОБЯЦ.

1.12 Съгласно чл. 29, т. 2, буква “а” на НОБЯЦ в границите на площадката на ЯЦ се определят характеристиките на изходните колебания на земните пластове при земетресения с интензитет на проектни земетресения с честота 10^{-2} събития за година и на максимално разчетно земетресение (МРЗ) с честота 10^{-4} събития за година на кота нула на площадката. Съгласно същия чл. 29 на НОБЯЦ, т.3, за площадката на ЯЦ се определят максималното ниво на водата и продължителността на възможното наводняване при падане на валежи, интензивно топене на сняг, високо водно ниво във водоема, блокиране на реката от ледове, лавина и свличане. За площадката на ЯЦ се оценяват характеристиките на възможното максимално наводнение при разливане на реката с честота 10^{-4} събития за година в съчетание с прилив и вълни, предизвикани от вятър.

1.13 Съгласно чл.30, ал.1 на НОБЯЦ районът на разполагане на ЯЦ и площадката на ЯЦ се изследват за идентифициране на източници на потенциална техногенна опасност, като в случая не се допуска пренебрегване на източници на техногенна опасност, честотата на възникване на аварии на които е по-голяма или равна на 10^{-6} събития за година.



1.14 В съответствие с международната практика за провеждане на ВАБ, в това ръководство не се определят изисквания по отношение разглеждането на риска от военни, терористически и саботажни действия.

1.15 Агенцията за ядрено регулиране (АЯР) може да допуска отклонения от ръководството при единични случаи и при условие, че предложените решения гарантират най-малко еквивалентно ниво на ядрена безопасност.

ЗАКОНОВО ОСНОВАНИЕ ЗА РАЗРАБОТВАНЕ

1.16 АЯР е специализирания орган на изпълнителната власт, който е упълномощен да извършва дейностите, свързани с държавното регулиране на безопасното използване на ядрената енергия и йонизиращите лъчения и с безопасното управление на радиоактивните отпадъци и отработеното гориво, както и правата и задълженията на лицата, които осъществяват тези дейности. Това ръководство се издава във връзка с §6 от Преходните и заключителни разпоредби на НОБЯЦ, където е определено, че *"Указания и тълкуване по прилагането на наредбата се дават от председателя на Агенцията за ядрено регулиране"*. Указания който се дават от председателя на АЯР могат да бъдат под формата на ръководства, методики и други документи. Ръководствата са документи, които формализират прилагането на законовите изисквания и въвеждат еднаквост в практическото прилагане.

1.17 Регулаторната основа по използването на ВАБ в процеса на контрол на централата е определена в НОБЯЦ. Чл.18, ал.1 на НОБЯЦ изисква от заявителя на лицензията или лицензиантът, ЯЦ да бъде оценена с детерминистични и вероятностни методи за потвърждаване на проектните основи и ефективността на дълбоко ешелонираната защита на ЯЦ. ВАБ е един установен метод, който трябва да бъде част от основата на решенията при оценката на мерките за безопасност.

1.18 В допълнение това ръководство се реферира и към съответните изисквания на наредбите:

- чл. 73, ал.2, т. 7, буква "а" на Наредбата за реда за издаване на лицензии и разрешения за безопасно използване на ядрената енергия (НРИЛРБИЯЕ) изисква за получаване на лицензия за експлоатация на ЯЦ да бъде представена оценка на безопасността (в която по смисъла на НОБЯЦ се включва и ВАБ), съдържаща анализ и оценка на характера на всяко облъчване и вероятността от неговото възникване вследствие на извършване на дейността, както и очакваните дози на облъчване;
- Съгласно чл.23, ал.2 на НРИЛРБИЯЕ, за подновяване на лицензията се представя актуализиран отчет за оценка на безопасността на ядреното съоръжение или на обекта с източник на йонизиращи лъчения, в който по смисъла на НОБЯЦ се включва и ВАБ.

СТРУКТУРА

1.19 В раздел 2 се описват техническите изисквания за разработване на ВАБ ниво 1 по отношение на:

- обхвата на ВАБ ниво 1;
- анализа на данните за надеждност на КСК;
- анализа на надеждността на човешкия фактор;
- анализ на вътрешните събития;
- анализ на вътрешните опасности;
- анализ на външните опасности;
- количествената оценка и представянето на резултатите от ВАБ ниво 1.



В раздел 3 се описват техническите изисквания за разработване на ВАБ ниво 2 по отношение на:

- определянето и числовото изразяване на състоянията на повреждане на ЯЦ;
- работоспособността на херметичната конструкция;
- натоварванията на херметичната конструкция;
- развитието на тежка авария;
- анализа на количеството на радиоактивните материали, изхвърлени в околната среда;
- количествената оценка и представянето на резултатите от ВАБ ниво 2.

В раздел 4 се описват изисквания при осигуряване на качеството по отношение на:

- процеса на осигуряване на качеството и проверките;
- документацията.



2. ТЕХНИЧЕСКИ ИЗИСКВАНИЯ ЗА ВАБ НИВО 1 НА ЯЦ

ОБХВАТ НА ВАБ НИВО 1

2.1 Идентифицират се всички потенциални източници на значителни радиоактивни изхвърляния в ЯЦ. Ако някой от тези източници бъде изключен от детайлно разглеждане, изключването трябва да бъде обосновано.

2.2 Оценява се риска, изразен чрез честота за повреда на източниците за радиоактивно изхвърляне, включително на горивото в приреакторния басейн (басейна за отлежаване на отработеното ядрено гориво (БООЯГ)) на ЯЦ.

2.3 Анализира се риска за всички експлоатационни състояния на ЯЦ. Случаите на намалена мощност на ЯЦ се оценяват отделно, както за планово, така и за непланово спиране.

2.4 Вътрешните събития, вътрешните и външните опасности се отчитат и моделират в единен подробен модел на ВАБ. Моделът на ВАБ може да бъде разделен на модел за пълна мощност, ниска мощност и спряно състояние.

2.5 Преглежда се специфичния за ЯЦ експлоатационен опит, с оглед определяне на експлоатационните състояния на ЯЦ¹ за експлоатация на по-ниски нива на мощност.

2.6 Определя се и се обосновава ясно съответния интерфейс между взетите предвид експлоатационни състояния във ВАБ.

АНАЛИЗ НА ДАННИТЕ ЗА НАДЕЖДНОСТ НА КСК

Събиране на специфични за ЯЦ данни

2.7 Съвместимо с изискванията за системните анализи (виж. Раздел “Анализ на системите”) се определя и документира обхвата на типовете КСК, границите на КСК, видът на отказ на КСК и набора от надеждностни параметри (напр. интензивност на отказ или вероятност за отказ при поискване).

2.8 КСК от един и същ тип, които се експлоатират при едни и същи условия и са с подобни проектни характеристики, могат да се групират заедно в една група. При това групиране, трябва да се обърне внимание, че съответните компоненти имат подобни условия на отказ.

2.9 Оценяването на документацията на ЯЦ за определяне на специфичните за нея данни се подпомага от отговорния за съответната система персонал на ЯЦ. Трябва да бъде верифицирано, че оценката на теста на компонентите за събирането на данни е представителна за поискването.

2.10 В случай на недостатъчен (специфичен за компонентите) експлоатационен опит могат да се използват данни за подобни немоделирани във ВАБ компоненти.

2.11 Ако даден компонент или набор от компоненти са подменени или значително модифицирани, то е необходимо да се прецени, доколко събраните към момента

¹ англ. Plant Operating State (POS)



експлоатационните данни за групата компоненти, към която се е отнасял подмененият компонент или набор от компоненти, са все още коректни по отношение на извършената подмяна или модификация.

2.12 Документацията за отказите на компонентите от експлоатационния опит е необходимо да съдържа:

- идентификатор на компонента;
- група на компонента;
- режим на отказа;
- коренна причина за отказа;
- дата на отказа;
- експлоатационно състояние на ЯЦ;
- отправки към документацията на ЯЦ.

2.13 Документацията за неразполагаемостта на компонентите, дължаща се на ремонт и поддръжка е необходимо да съдържа:

- идентификатор на компонента;
- група на компонента;
- начална дата на неразполагаемостта;
- продължителност на неразполагаемостта;
- експлоатационно състояние на ЯЦ;
- отправки към документацията на ЯЦ.

2.14 Броят на поискванията и броят на работните часове се получават (и се документират) от документацията на централата.

2.15 Събраните данни за надеждността на компонентите се съхранява в база данни електронно.

Обобщени данни за надеждност на КСК

2.16 Обобщените данни за надеждност на КСК от одобрени международни стандарти може да бъдат използвани заедно със съответните неопределености с оглед да бъде обхванат широкия спектър от експлоатационния опит.

2.17 Приложимостта на обобщените данни към оборудването на централата трябва да бъде оценена, като се има предвид проекта на ЯЦ, експлоатационните характеристики, групирането, границите и режимите на откази на оборудването.

Разработване на специфични за централата параметри за надеждност

2.18 Специфичните за ЯЦ надеждностни параметри се получават за всяка група компоненти. Където е възможно, обобщените и специфичните данни се интегрират посредством приемливи методи за получаване на специфични за ЯЦ оценки на надеждностните параметри, например прилагане на байесово приближение.

2.19 За индустриалните масови продукти (напр. електронни елементи), за които обикновено няма събрана статистика на отказите (специфична за централата), може да се ползват директно обобщените данни.



2.20 Данните за компонентите от ВАБ на пълна мощност, могат да бъдат използвани за ВАБ на ниска мощност и спрян реактор, ако те са в съответствие с изискванията за групиране, описани в т.2.8. В противен случай се осигуряват данни, специфични за тези състояния на реактора.

2.21 Средната вероятност за отказ и статистическото представяне на свързаната неопределеност (5, 50, 95%) се осигурява за всеки параметър на надеждност. Разпределението на неопределеността, получено в резултат на байесово приближение се използва или маркира директно, посредством съответно разпределение (напр. b или g разпределение).

Разработване на специфични за централата параметри за отказите по обща причина

2.22 В раздел “Анализ на системите” се представя и обосновава минималния обем от компоненти, за които се определят параметрите на отказите по обща причина².

2.23 Компонентите, които имат значителни, свързващи фактори по отношение на отказите по обща причина (напр. проектни, експлоатационни и ремонтни условия, и др.) се отнасят към групите с откази по обща причина.

2.24 Приемливи модели на параметрите на отказите по обща причина са моделите “Алфа фактор и метода на многото гръцки букви”³. Определянето на параметрите на отказите по обща причина се основава на специфичните за ЯЦ данни и на обобщените такива. За обобщените данни се оценява тяхната приложимост към конкретното оборудване и се отчитат неопределеностите в параметрите на отказите по обща причина.

АНАЛИЗ НА НАДЕЖНОСТТА НА ЧОВЕШКИЯ ФАКТОР

Идентифициране и отсяване на операторските действия

2.25 Операторски действия категория А: За всяка моделирана във ВАБ система се идентифицират човешките взаимодействия, които могат да понижат надеждността на системите. Грешките в конфигурацията при възстановяване на работата на оборудването след тестване или ремонт, както и грешното калибриране на оборудването и системите се явява от специфично значение за получените данни от измервания при тяхното идентифициране.

2.26 Ако се извършва анализ чрез дървета на отказите с цел определяне (числено изразяване) на честотата на изходно събитие, е необходимо да се определят и моделират потенциалните човешки грешки, които могат да доведат до изходното събитие (грешки по време на тестване, ремонт, поправка и нарушения в организацията на експлоатацията).

2.27 Операторски действия категория С се идентифицират в контекста на анализа на аварийните последователности (виж раздел “Анализ на аварийните последователности”).

² англ. Common Cause Failure (CCF)

³ англ. Alpha Factor and the Multiple Greek Letter models



2.28 Установява се дали са идентифицирани операторски действия с негативно влияние върху аварийната последователност (грешки при вземане на решението)⁴. В случай, че такива са идентифицирани, техните последствия и възможните контрамерки се обсъждат.

2.29 Действия по възстановяване на функциите на системите в аварийните последователности могат да бъдат взети предвид в случай на отказ на независим компонент, ако те са приемливи и реализуеми в разгледаният аварийен сценарий. В анализът на възстановителните действия се вземат в предвид по-специфично идентификацията на засегнатите компоненти, достъпността, наличността на средствата (напр. квалифициран персонал), поддръжката на процедурите и средното време за ремонт, получено в резултат от експлоатационния опит. Тези мерки се анализират като операторски действия категория С.

2.30 Операторски действия категория А и В могат да бъдат отсети на основата на качествен критерии. Напр. операторски действия категория А могат да бъдат отсети в резултат на тези действия, които въздействат на компонентите, както следва:

- които се активират автоматично при поискване;
 - при системите - функционалния тест след ремонт или поддръжка, чрез който се откриват грешките;
 - на които статуса се наблюдава в блочния пулт за управление (БПУ), периодически се контролира и може да се модифицира от БПУ;
 - или за които има изискване да се проверяват най-малко един път на смяна.
- Критерият за отсяване на тези операторски действия трябва да бъде документиран.

Оценка на вероятностите за човешка грешка

Операторски действия категория А

2.31 Вероятностите за отказ на операторските действия категория А (реферирана също като вероятности на човешката грешка⁵) се оценяват по систематичен количествено изразен метод. Приемливи методи са “статистическият метод” (т.е. количествено изразяване на грешки единствено на статистическа основа, като се използват обобщения и специфичен за ЯЦ опит), както и методи за предсказване на относителната човешка грешка и процедура за оценка на аварийната последователност.

2.32 За детайлно количествено изразяване се вземат предвид:

- качеството на написаните процедури, отнасящи се до изпълнението на задачата и верификацията;
- наличност на контролно- измервателни уреди и показания за откриване на грешки;
- други фактори, които влияят на човешките действия (като шум или пък ограничения по време).

2.33 Всяко операторско действие категория А, прието (за достоверно) във ВАБ се документира.

Операторски действия категория В

2.34 Операторски действия категория В се определят количествено, като се използват същите методи, както за операторски действия категория А.

⁴ англ. Error of Commission (EOC)

⁵ англ. Human Error Probability (HEP)



2.35 Действията на персонала за предотвратяване изходно събитие се определят количествено, както за операторските действия от категория С.

Операторски действия категория С

2.36 Операторски действия категория С могат да бъдат приети за достоверни, само ако са налични съответните процедури (ръководства) и/или действията са включени в обучението на смените. Приетите за достоверни действия без наличието на процедури трябва да бъдат обосновани.

2.37 За идентифициране на вероятностите за отказ на операторските действия категория С, приемливите методи за количественото им определяне са техниките за предсказване на относителната човешка грешка, процедура за оценка на аварийната последователност и методология за успешно действие (възможност)⁶, както и статистическия метод описан в т.2.31.

2.38 Оценката на вероятностите за човешка грешка отчита аспектите на диагностицирането/решението и аспекта на изпълнението на човешките действия.

2.39 При оценката на вероятностите за човешка грешка се отчитат следните специфични за централата и за сценариите влияния върху човешкото представяне:

- характеристики и честотата на обучението на операторите и опит;
- качество на написаните процедури;
- наличност на контролно-измервателни уреди и ергономическо качество на интерфейса човек-машина;
- ясни/недвуусмислени обозначения и показания;
- налично и изисквано време за завършване на задачата;
- сложност на реагирането (напр. координационни и комуникационни изисквания);
- среда в която работят операторите;
- достъпност, наличност и адекватност на необходимите средства (инструменти) и оборудване.

За всяко операторско действие оценката на тези, обхващащи представянето фактори⁷ се документира. В допълнение при документирането се формулира, кои фактори влияят само на аспекта диагностициране/решение или на аспекта на изпълнението на действието или и на двата аспекта.

2.40 В частност, действията извън БПУ се обсъждат с операторите с оглед идентифицирането на възможни проблеми с достъпа или други фактори, ограничаващи изпълнението на предвиденото действие. Особено внимание се обръща на потенциалните условия на представяне, които могат да съществуват в след-събитийната фаза.

2.41 Количественото определяне на операторските действия от категория С е първоначално специфично за сценария. Ако някое действие се използва в много сценарии е необходимо да се гарантира, че при количественото определяне се взема в предвид най-неблагоприятния случай.

2.42 Наличният период от време, необходим за операторски действия се получава в резултат на специфични за ЯЦ термо-хидравлични анализи. Изискваното време за завършване на

⁶ англ. Success Likelihood Index Methodology

⁷ англ. Performance Shaping Factor (PSF)



задачата се получава в резултат от интервю с оператора или на основата на наблюдения при тренировка на симулатора.

2.43 Ако се използва “статистическия метод” за количествено определяне на вероятностите на откази за операторски действия от категория С, да не се прилагат изискванията на тт. 2.38, 2.39, 2.42.

2.44 Не е приемливо вероятностите за човешка грешка да са по-малки от 10^{-5} (средно). За оценка на действията, които се основават на решение на аварийния екип се прилага долното ограничение $5 \cdot 10^{-3}$ (средно) за вероятностите за отказ.

2.45 Всяко операторско действие категория С, прието (за достоверно) във ВАБ се документира.

Зависимости

2.46 Необходимо е да бъдат систематично взети в предвид следните типове зависимости:

- вътре в задачата, където задачата е дефинирана като група от действия, отнасящи се до специфични цели или функции за безопасност;
- зависимости между операторските действия от категория А;
- зависимости между операторските действия от категория С и между операторски действия от категории В и С в рамките същата аварийна последователност.

2.47 За всяка последователност със многократни след-събитийни човешки грешки⁸ се прилагат максимални нива за достоверност. Определя се и се обосновава максималното количество на приетите за достоверни след-събитийни човешки взаимодействия за последователност. Минималната свързваща вероятност на отказа за операторски действия от категория С в рамките на аварийна последователност се приема 10^{-5} . Приложимата минимална свързваща вероятност на отказ може да бъде намалена до 10^{-6} за последователности, включващи действия осигурявани от аварийния екип.

Неопределености

2.48 Пресмятат се неопределеностите за всички вероятности за отказ на действията на персонала. Анализът за неопределеност включва променливостта на индивидуалните човешки представяния, както и специфични за сценария влияния върху взетото в предвид действие.

Специфични изводи за анализа на надеждността на човешкия фактор, отнасящи се до вътрешни и външни за ЯЦ опасности

2.49 Като цяло анализът на надеждността на човешкия фактор за вътрешни и външни за ЯЦ опасности включва потенциалните възможности за:

- повишения стрес и объркването;
- намалена наличност на персонала;
- ограничен достъп и обитаемост на съответните помещения;
- неправилни показания или отказ на контролно-измервателен уред;
- допълнително натоварване на персонала;
- допълнителни трудности в диагностицирането/откриването на някои опасности;
- ограничен достъп до зони на ЯЦ.

⁸ англ. Human Error (HE)



2.50 Оценява се влиянието на пожарите върху вероятностите за човешка грешка, като се отчита неблагоприятната обстановка, причинена от тях (напр. проникване на дим или други субпродукти на горенето, неразполагаемост на аларми и осветление, затруднен достъп поради задействане на системите за пожарогасене) и негативното им влияние върху факторите, определящи поведението на персонала.

2.51 Оценява се влиянието на вътрешните наводнения върху вероятностите за човешка грешка, като се отчита неблагоприятната обстановка, причинена от тях (напр. високи температури и условия за слаба видимост (поради генерирането на пара, наводняване на помещенията, загуба на оборудването за осветление) и негативно им влияние върху факторите, определящи поведението на персонала.

2.52 Анализира се влиянието на земетресенията върху вероятностите за откази на действията на персонала, като в случая може да бъде ползвана следната процедура:

- определя се и се обосновава изборът на параметри (напр. ускорение, продължителност на земетресението), които характеризират земетресенията и техния предполагаем ефект върху вероятността за грешка;
- обосновават се приложения подход и числовите значения (такива, като повишаващи фактори), използвани за определяне на вероятностите за отказ;
- при моделирането на вероятностите на отказ се вземат предвид психологическите и възможните физически ефекти на земетресението върху персонала на ЯЦ. При определянето на вероятностите за отказ се отчита в частност, неопределеността относително състоянието на ЯЦ, свързано с много силно земетресение.

ВЪТРЕШНИ СЪБИТИЯ

Изходни събития

Идентифициране на изходните събития

2.53 Изчерпателният списък от потенциални вътрешни изходни събития се дефинира с активното участие на персонала на ЯЦ. За да се осигури (колкото е възможно) по-голяма пълнота на списъка от потенциални изходни събития се прилага следния метод:

- системни анализи – това включва систематичен преглед на КСК, тестовите и ремонтната практика в ЯЦ;
- използване на аналитични методи – „Главна логическа диаграма”⁹, “Анализ на вида и ефекта на отказите”¹⁰, или други подходящи методи;
- оценка на експлоатационния опит – отчитат се онези изходни събития, които са възникнали реално, както и предшествуващи събития, дължащи се на операторско вмешателство и/или поради ограничаване от системите не се стига до спиране на реактора. За всяко от тези събития най-малко се посочва датата и се представя кратко описание на групата от събития;
- оценка на обобщения експлоатационен опит – оценява се международно признат и наличен списък от изходни събития за подобни типове ЯЦ.

2.54 Изходното събитие от категория “преходни процеси” включва:

- пълен или частичен отказ на защитните или на осигуряващите системи;
- неочаквано задействане на защитите на оборудването и системите;
- ръчни спираня на реактора.

⁹ англ. Master Logic Diagrams

¹⁰ англ. Failure Modes and Effects Analysis (FMEA)



2.55 При изходни събития от категория “авария със загуба на топлоносител”¹¹ подразделянето по различни размери на разкъсванията и тяхното местоположение се извършва със специфични критерии за успех (които осигуряват предотвратяване на повреждането на активната зона или на горивото).

2.56 По отношение на подразделянето предложено в т.2.55, се отчита изрично следната специфика на “авариите със загуба на топлоносител”:

- междусистемен теч от първи контур, т.е. авария със загуба на топлоносител, причинена от отказа на границата високо/ниско налягане;
- хипотетична “авария със загуба на топлоносител”, т.е. катастрофално разкъсване на корпуса на реактора, превишаващо капацитета на САОЗ;
- разкъсване на тръбичка (или определен брой тръбички) на парогенератора¹²;
- неизолируем теч от първи контур извън херметичната конструкция.

2.57 При разработването на ВАБ на ниска мощност и спрян реактор се вземат в предвид специфични типове “аварии със загуба на топлоносител” (напр. събития с изтичания, причинени от разсъгласуваност или загуба на топлоносител от системите за охлаждане при спиране).

2.58 Разглеждат се неправилна манипулация с гориво, падане на тежки товари и събития въздействащи на контрола на реактивността (напр. борно разреждане, изхвърляне на регулиращ орган, загуба на охлаждане на горивото в приреакторния басейн (БООЯГ)), и ако е необходимо се вземат предвид при ВАБ на ниска мощност и спрян реактор.

Групиране и отсяване на изходните събития

2.59 При групирането на изходните събития, разработващия осигурява изпълнението на следните условия:

- всички изходни събития, принадлежащи на една и също група имат подобни директни последствия и смекчаващи изисквания по отношение на реакцията (поведението) на ЯЦ, както и критерии за успех за предотвратяване на повреждането на активната зона и горивото;
- онези изходни събития, които имат потенциал за големи радиоактивни изхвърляния (напр. разкъсване на тръбичка на парогенератор, разкъсване на колектора на парогенератора по първи контур, катастрофално разкъсване на корпуса на реактора, междусистемен теч, неизолируеми теч от първи контур извън херметичната конструкция и др.) се моделират независимо в самостоятелни групи;
- смекчаващите изисквания за всяко индивидуално събитие в групата са по-малко ограничаващи, отколкото изискванията определени за групата.

2.60 Допълнително към категорията “авария със загуба на топлоносител”, определена в т.2.56, може да бъде разгледана и една група за които стойностите на честотите на събитията са по-малки от отсичащото значение, свързано с честотата на значими аварийни последователности и събитията не включват нито междусистемен теч, байпас на херметичната конструкция или разкъсване на корпуса на реактора. За тези събития отсичащото значение е най-малко с един порядък по-малко от приетото във ВАБ отсичащо значение.

¹¹ англ. Loss of Coolant Accident (LOCA)

¹² англ. Steam Generator Tube Rupture (SGTR)



Количествено определяне на честотите на изходните събития

2.61 Количественото определяне на честотите на изходните събития се основава на специфични за ЯЦ данни.

2.62 С оглед използване на широкия опит от експлоатацията на ЯЦ, обобщените стойности за честотите на изходните събития (вкл. неопределеностите) от международно признати източници се събират и се оценява тяхната приложимост за случая.

2.63 Обобщените данни трябва да бъдат комбинирани подходящо със специфичните за ЯЦ данни, използвайки байесово приближение.

2.64 Препоръчва се използване на моделирането чрез дървета на отказите за получаване на честотите на изходните събития, дължащи се на загубата на поддържащите или другите системи. Необходимо е да се демонстрира съгласуваност на резултатите от дърветата на отказите със специфичния за ЯЦ опит.

2.65 Честотите на “авариите със загуба на топлоносител” се оценяват, използвайки обобщените данни от международно признати източници¹³ или от резултатите от обсъждането с експертите (както е описано в [8]). В случая се вземат предвид специфичните за ЯЦ характеристики и допълнителната информация (напр. като резултати от програмата за инспекции по време на експлоатация), анализите на резултатите от “изтичане преди разкъсване”¹⁴ или вероятностите на механика на разрушаването. В конкретни случаи честотите на разрушаване може да се основават на анализ на вероятностите на механиката на разрушаване.

2.66 Честотите на междусистемните течове от първи контур се оценяват, като се вземат предвид възможните местоположения на аварията, типа на бариерите, защитните блокировки и стратегията за надзор (контрол).

2.67 Честотите на изходните събития се изразяват спрямо броя събития на година (календарна), независимо от специфичния режим на работа на ЯЦ.

2.68 Средната честотата и параметрите на неопределеност се представят за всяко изходно събитие в модела на ВАБ. Разпределението на неопределеностите, получаващо се от байесовото приближение, се използва директно или се представя посредством подходящо такова.

Анализ на аварийните последователности

Идентифициране на функциите за безопасност

2.69 Идентифицират се функциите за безопасност, необходими да предотвратят повреждането на активната зона или горивото (в резултат на изходно събитие) в съответствие с анализа на реагиране (на поведението) на ЯЦ и специфичните за нея процедури.

2.70 Идентифицират се защитните системи, които се изискват за успешно изпълнение на всяка функция на безопасност.

¹³ такива като OECD Piping Failure Data Exchange Project (OPDE)

¹⁴ англ. Leak before Break



Моделиране на последователността на събитието

2.71 За всяка група изходни събития се разработват възможните аварийни последователности. Моделът на аварийната последователност се разработва с достатъчно ниво на детайлизация за всяка група изходни събития. Нивото на детайлизация е необходимо да обхваща различията в критериите за успех на моделираните системи и операторските действия. Различните (по начин на работа) системи, осигуряващи едни и същи функции се моделират самостоятелно, ако избора на една система вместо друга, значително променя изискванията за операторска намеса или изисква функционирането на друга система.

2.72 Аварийните последователности на дадено събитие се представят в модела на ВАБ, посредством свързано дърво на отказите или метода на свързано дърво на събитията. В модела на аварийните последователности се отразява хронологичното развитие на събитието доколкото е възможно.

2.73 Всяка последователност се моделира до достигане на успешно (т.е. безопасно и стабилно) крайно състояние на ЯЦ или до достигане на състоянието с повреждане на активната зона или горивото.

2.74 Време на мисията е периодът от време, през който трябва да се изпълняват функциите за безопасност, които се изискват за предотвратяване на повреждането на активната зона или горивото за всяка аварийна последователност. В съответствие с общата практика, се допуска използването на 24 часов период за времето на мисията. В случаите, когато за 24 часовия период не може еднозначно да се определи крайното състояние на дадена аварийната последователност (тя не води до повреда на активната зона или горивото, но също така не е достигнато безопасно крайно състояние), то крайното състояние на аварийната последователност се приема като състояние с повреда на активната зона или горивото, освен, ако не бъде демонстрирано, че са налични достатъчно мерки, за да се достигне до безопасно крайно състояние. За тези случаи се допуска и използване на по-голям период за времето на мисията.

2.75 При неизолируем теч от първи контур извън херметичната конструкция се приема, че стабилно крайно състояние може да бъде достигнато, ако активната зона се охлажда посредством отвеждане на остатъчното енергоотделяне и то (отвеждането) е успешно приложено в действие.

2.76 За всяка моделирана функция за безопасност се идентифицира нейната зависимост от изходното събитие и от успеха или отказа на предишни функции.

2.77 При разработването на последователностите на събитието се взимат (точно) предвид вторичните ефекти, причинени от изходното събитие или други последващи събития по време на развитието на аварията. Напр. в случай на голям теч на топлоносител от първи контур, феноменологичните влияния или резултиращата тежка обстановка, такава като замърсяване на екраните/филтрите поради запущване или повишена температура и влажност (стратифицирани) се отчитат от гледна точка на техния ефект върху разполагаемостта на КСК.

Анализ на критериите за успех

2.78 Критериите за успех по отношение на КСК (вкл. съответните спомагателни системи) се идентифицират и документират за всяко изходно събитие и специфична последователност.



2.79 За валидиране на критериите за успех се извършват реалистични и/или консервативни термо-хидравлични анализи.

2.80 За провеждане на анализите се използват валидирани компютърни програми.

Анализ на системите

2.81 За всяка защитна система се идентифицират всички осигуряващи системи, необходими за нейното функциониране. Зависимостите между системите (защитни от осигуряващи и осигуряващи от осигуряващи) се представят посредством серия от матрични зависимости.

2.82 Ако за някои системи е отчетена напречната връзка между блоковете (напр. дизел-генераторите), зависимостите на компонента се вземат предвид в границите на блока.

2.83 Дървета на отказите се използват за моделиране на неразполагаемостта на функциите на системите. Моделите на системите е необходимо да бъдат в съответствие с проектния и експлоатационен статус на системите на ЯЦ.

2.84 Моделите на системите е необходимо да включват:

- неразполагаемостта на активните и пасивни компоненти поради независими и зависими откази или дейности по тестване/ремонт;
- специални режими на отказ (ако е приложимо), такива като отклоняване на потока или лъжливо сработване;
- ограничения на експлоатацията, произтичащи от технологичния регламент на ЯЦ;
- функционални зависимости, вкл. електричество, охлаждаща вода, вентилиране на приборите, задействане и др.;
- оперативно разпределение на системите или конфигурациите;
- влияние на изходните събития върху експлоатационните качества на системите;
- човешки грешки.

2.85 Моделите на компонентите е необходимо да отчитат:

- времена за изпълнение на задачите, продължителност и честота на ремонта, интервали на тестване, времена за откриване на отказите, брой на поискванията и брой на отказите;
- режими на отказ на компонента (напр. отказ да стартира, отказ по време на работа).

2.86 Едновременното моделиране на неразполагаемост по причина ремонт и на тип на активен отказ в рамките на единично основно събитие е необходимо да бъде избягвано.

2.87 Отклоняването на поток, като тип на отказ при системи с течна среда може да бъде пренебрегнат, ако загубата на потока от отклоняването е пренебрежимо или е малко вероятно да се случи (напр. в случай където повече от два ръчни клапана по пътя на отклоняване биха били в погрешна позиция).

2.88 С оглед да се избегнат затворените логически вериги (дължащи се на реципрочни зависимости на системата), които могат да възникнат, е необходимо да бъдат отсечени по такъв начин, че да не се изопачат прекомерно резултатите от риска.

2.89 Отказите по обща причина е необходимо да бъдат моделирани най-малко за следните компоненти – помпи, дизел-генератори, вентилатори, регулиращи органи (пръти), клапани (ел. задвижвани, пневматични и обратни), топлообменници, трансмитери, предпазни и



изпускащи клапани, клапани за изолиране по пара, батерии, зарядни устройства, инвертори, релета, прекъсвачи, филтри. За да се провери пълнотата на типовете компоненти, разгледани като чувствителни по отношение на отказите по обща причина да се използва международния опит.

2.90 Възможността за междусистемни откази по обща причина е необходимо да бъде обсъдена, като се вземат предвид свързващите фактори, такива като тип на компонента, производител, общи проектни характеристики, ремонтни стратегии и др. Ако се сметне за необходимо тези откази по обща причина се моделират.

2.91 За кодиране на основните събития е необходимо да бъде използван систематичен формат (напр. със специфично обозначаване на системите, компонентите и режимите на отказ на компонента или човешките грешки).

2.92 Комбинирането на няколко компонента в един общ компонент (супер компонент) се реализира само в изолирани случаи. Особено внимание да бъде обърнато на верифицирането, където трябва да бъде демонстрирано, че отказа на който да е единичен компонент има същият ефект по отношение на функционирането на супер компонента. Съставът на супер компонента е необходимо да бъде документиран по един разбираем начин.

2.93 За всяка система, моделирана във ВАБ се верифицира правдоподобността на основните минимални сечения от откази и се документира пълната ѝ неразполагаемост.

ВЪТРЕШНИ ОПАСНОСТИ

Процес на отсяване (подбор) и критерии за подбор

2.94 Вътрешните пожари и вътрешните наводнения (Чл. 12, ал.4, точки 2 и 6 на НОБЯЦ) се анализират в съответствие с изискванията на раздели “Вътрешни пожари” и “Вътрешни наводнения” и се включват в модела на ВАБ.

2.95 В допълнение е необходимо да се анализират събитията определени в т.1.8 (Чл. 12, ал.4, точки 1, 3, 4 и 5 на НОБЯЦ):

- силови въздействия, причинени от разрушаване на тръбопроводи под високо налягане, като реактивни сили и камшични удари;
- въздействия от летящи предмети, причинени от разрушаване на компоненти (напр. турбина);
- падане на товари;
- вътрешни експлозии;
- изхвърляне на токсични газове.

2.96 Събитията, представени в т.2.95 не е необходимо да бъдат включвани в модела на ВАБ при условие, че се изпълнява едно от следните изисквания:

- може да се демонстрира с качествени доказателства, че опасностите имат пренебрежим принос към честотата на повреждане на активната зона/честота на повреждане на горивото (напр., ако влиянието върху ЯЦ не води до поискване за функциониране на системи за безопасност, или ефектите са вече обхванати от събития, които имат значително по-висока честота на възникване);
- количествена оценка демонстрира, че приноса към честотата на повреждане на активната зона/честота на повреждане на горивото е по-малък от 10^{-9} на година.



Вътрешни пожари

Идентифициране и отсяване на съответните пожарни зони

2.97 Документацията на ЯЦ е необходимо да се използва за събиране на следната информация:

- пожарните зони/клетки (съгласно концепцията за пожарна защита);
- пожарно натоварване (т.е. постоянни, временни и преходни горивни материали);
- потенциални източници на запалване (напр. трансформатори, електрически шкафове или операции по заваряване) и уязвими компоненти на ВАБ;
- кабелни етажерки (трасета);
- противопожарно оборудване за известяване, гасена на пожари, противопожарни бариери и продължителност на тяхната устойчивост на пожар.

2.98 Провежда се детайлен и систематичен обход на ЯЦ с цел:

- да се верифицира събраната от документацията на ЯЦ информация;
- да се проучи физическото разпределяне/разделяне на потенциалните източници на запалване и на пожарно натоварване;
- да се идентифицират и документират потенциалните пътища на разпространение на пожара и сценариите на пожара;
- да се анализира уязвимостта на компонентите на ВАБ от ефектите на пожара (топлина и дим) и от задействане на системите за пожарогасене.

2.99 За всички моделирани експлоатационни състояния във ВАБ за ниска мощност и спрян реактор се идентифицират разликите с ВАБ на пълна мощност по отношение на потенциалните източници на запалване, пожарното натоварване, разпространението на пожара и пожарогасенето.

2.100 Всичката необходима информация за анализите на пожара се събира и структурира по подходящ начин¹⁵, с отчитане на пространственото разпространение на събитието.

2.101 Качествено отсяване: пожарна зона може да бъде отсята от анализ, ако не съдържа оборудване, кредитирано във ВАБ или кабели на това оборудване и възникването на пожар не води до изходно събитие или ръчно сработване на аварийната защита, поради условията за безопасна експлоатация на ЯЦ.

2.102 Количествено отсяване: пожарна зона може да бъде отсята от анализ при условие, че нейният принос към кумулативна честота на повреждане на активната зона¹⁶/честотата на повреждане на горивото¹⁷ е по-малък от 10^{-7} на година. Този критерий може да се редуцира, ако е необходимо, за да се осигури, че е изпълнен количествения *CDF/FDF* критерий за всички отстранени пожарни зони по-малко от $0.1 * CDF/FDF$ за вътрешни събития. Пресмятането на *CDF/FDF* е необходимо да се базира на следните консервативни допускания:

- всичкото уязвимо оборудване в пожарната зона, където пожара може да се разпространи се приема за отказало в резултат на пожара;
 - отказите на кабелите в разглежданата пожарна зона водят към най-неблагоприятните възможни въздействия (отказ или лъжливо сработване) за съответното оборудване.
- Оценката на честотите на пожарното събитие се извършва, съгласно изискванията представени в раздела “Определяне на честотите на събитията, причинени от пожар”.

¹⁵ напр. Spatial Interaction Database

¹⁶ англ. Core Damage Frequency (CDF)

¹⁷ англ. Fuel Damage Frequency (FDF)



2.103 Резултатите от процедурата по отсяване (съответстващите и отсетите пожарни зони) се документират по един разбираем начин.

Определяне на честотите на събитията, причинени от пожар

2.104 Определя се честотата за всеки идентифициран пожарен сценарий в съответните пожарни зони. Разглеждат се типовете и количеството на източниците на запалване.

2.105 Честотите на пожарните събития се определят количествено, посредством комбиниране на специфичните за ЯЦ данни с обобщените такива, използвайки байесово приближение. В частност е необходимо да бъдат разгледани пожарните събития, причинени от източниците на запалване, които могат да се съдържат в една ЯЦ и имат отношение към ВАБ.

2.106 Всяко идентифицирано пожарно събитие, специфично за ЯЦ се описва, посредством представяне най-малко на следната информация:

- експлоатационно състояние на ЯЦ;
- местоположение на източника на запалване;
- коренна причина на пожара;
- задействане на системи за пожароизвестяване и пожарогасене;
- разпространение на пожара и последици (напр. повредено оборудване и пожарни бариери).

2.107 Трябва да бъде верифицирана (проверена) приложимостта на обобщения опит.

Идентифициране и отсяване на съответните пожарни сценарии

2.108 Дървото на събитието за разпространение на пожара трябва да бъде използвано за оценка на честотите на всеки пожарен сценарий. Дървото на събитието за разпространение на пожара трябва да разгледа честотата на пожарните събития, разполагаемостта на системи за пожароизвестяване и пожарогасене и пожарните бариери в пожарните зони.

2.109 Вероятностите за човешка грешка при действия, които изискват ръчно известяване и пожарогасене се определят количествено, базирайки се на методите, реферирани в раздел “Оценка на вероятностите за човешка грешка”.

2.110 Вероятностите за отказ на елементите на системите за автоматично пожароизвестяване и пожарогасене, както и вероятността за отворени врати и противопожарни клапи се оценяват директно, на база на обобщени и специфични за ЯЦ данни, или посредством анализ на дървото на отказите.

2.111 Степента на повредата (в смисъла на отказали ВАБ компоненти) от всеки пожарен сценарий се оценява като функция от отказа на моделираните системи за пожароизвестяване и пожарогасене, както и от ефективността на противопожарните бариери (напр. стени, врати, противопожарни клапи, херметични проходки) и да бъде документирана.

2.112 Препоръчва се да се оценят детайлно¹⁸ последиците от горенето на кабелите по отношение на свързаното с тях оборудване. В случай, че такъв анализ не е проведен, трябва да се използват консервативните гранични условия, описани в т.2.102.

¹⁸ напр. Анализ на веригите, англ. Circuit Analysis



2.113 Допусканията по отношение на пространственото разделяне и ефективността на пожарните бариери се верифицира за избрани пожарни зони с помощта на общопризнат компютърен код за симулиране на пожара или ръчно пресмятане.

2.114 Честотите на сценариите от пожар с подобни последиствия могат да бъдат комбинирани.

2.115 Сценариите от пожар могат да бъдат отсявани до такава степен, че приноса към кумулативната честота на повреждане на активната зона/честотата на повреждане на горивото на всички количествено отсети сценарии (вкл. количествено отсети пожарни зони) да е по-малко от $0.1 * CDF/FDF$ за вътрешни събития.

Оценяване на честотата на повреждане на активната зона/честотата на повреждане на горивото от пожар

2.116 Честотата на повреждане на активната зона/честотата на повреждане на горивото от пожар се пресмята с модела на ВАБ за вътрешни събития, с отчитане на честотите на съответните сценарии от пожар и специфичните за сценария последователности, като се допуска, че всички ВАБ компоненти засегнати от пожара отказват.

2.117 Проверява се доколко обхвата, до който вероятностите за човешка грешка, отчетени в модела на ВАБ за вътрешни събития е необходимо да бъде модифициран, съгласно изискванията на раздел “Специфични изводи за анализът на надеждността на човешкия фактор, отнасящи се до вътрешни и външни за ЯЦ опасности”.

2.118 За всяка сграда, която съдържа компоненти, отчетени във ВАБ, пълният принос на честотата на повреждане на активната зона/честотата на повреждане на горивото, както и приноса по CDF/FDF на по-важните помещения/пожарни зони се представя в таблична форма.

2.119 При количественото определяне на честотата на повреждане на активната зона/честотата на повреждане на горивото от пожар се отчитат неопределеностите, свързани с честотата на събитието от пожар и вероятностите за отказ на системите за ръчно и автоматично известяване и пожарогасене.

Вътрешни наводнения

Идентифициране и отсяване на съответните зони на наводнение

2.120 Документацията на ЯЦ се използва за събиране на следната информация:

- източници на наводнение (напр. водни резервоари и тръбопроводи);
- зони на наводнение;
- потенциални причини за наводнение (напр. разкъсване на тръбопровод, лъжливо задействане на системи или иницирани от човека събития с препълване на резервоари);
- характеристики на източниците на наводняване (напр. местоположение, капацитет, тип на изтичащата среда, разход);
- оборудване, което може да бъде засегнато от наводнението;
- проектни особености за защита против наводнения (напр. дренаж, дренажни помпи, водоустойчиви врати (херметични), системи за откриване и потискане на наводненията).

2.121 Провежда се детайлен и систематичен оглед на ЯЦ с цел:

- да се верифицира събраната от документацията на ЯЦ информация;
- да се проучи пространственото разпределение на потенциалните източници за наводнение;



- да се определят потенциалните пътища на разпространение на наводненията и сценариите за наводнение;
- да се анализира уязвимостта на компонентите, отчитани във ВАБ по отношение на наводненията (напр. критично ниво на наводненията) и от непреките ефекти на наводненията (напр. разпръскване, взривно усилие, обкръжаваща температура по височина).

2.122 За всички моделирани експлоатационни състояния във ВАБ за ниска мощност и спрян реактор се идентифицират разликите с ВАБ на пълна мощност по отношение на потенциалните източници за наводнения, пътищата на разпространението на наводненията, откриването и ограничаването (потискането) на наводненията.

2.123 Всичката необходима информация за анализите на наводненията е необходимо да бъде събрана и структурирана по подходящ начин¹⁹, с отчитане на пространственото разпространение на събитието.

2.124 Качествено отсяване: една зона на наводнение може да бъде отсята, ако се изпълнява един от следните критерии:

- зоната не съдържа никакво оборудване, отчитано във ВАБ и възникването на наводнение в нея не води до изходно събитие;
- може да бъде демонстрирано с консервативни допускания (напр. дренажите се приемат запушени/задръстени), че ВАБ оборудването, намиращо се в зоната, не се повлиява от наводнението (напр. очакваното максимално ниво на наводнението е твърде ниско за да достигне оборудването, максималните температура и влажност са под проектните за оборудването стойности).

2.125 Количествено отсяване: сценариите от наводнение могат да бъдат количествено отсети до такава степен, че техният принос към кумулативната честота на повреждане на активната зона/честотата на повреждане на горивото е по-малък от 10^{-8} на година. Пресмятането на *CDF/FDF* трябва да се базира на следните допускания:

- всичкото оборудване, чувствително към ефектите от наводняване на зоната (на наводнение), трябва да се приеме като отказало;
- наводнението води към най-неблагоприятните възможни въздействия (отказ или лъжливо сработване) за съответното оборудване.

Оценката на честотите на събитието от наводнение се извършва, съгласно изискванията представени в раздела “Определяне на честотите на събитията, причинени от наводнения”.

2.126 Резултатите от процедурата по отсяване (съответстващите и отсетите зони на наводнение) се документират по един разбираем начин.

Определяне на честотите на събитията, причинени от наводнение

2.127 Определя се честотата за всеки идентифициран сценарий от наводнение в съответните зони на наводнение. Разглеждат се типовете и количеството на източниците на наводнение.

2.128 Честотите на събитията от наводнение се определят количествено, посредством комбиниране на специфичните за ЯЦ данни с обобщените²⁰ такива, използвайки байесово приближение. В частност е необходимо да бъдат разгледани събитията, причинени от

¹⁹ напр. Spatial Interaction Database

²⁰ като източник на обобщени данни се препоръчва базата данни OPDE (OECD Piping Failure Data Exchange Project)



източници на наводнение, които могат да се съдържат в зоните на ЯЦ, и тези зони имат отношение към ВАБ.

2.129 Всяко идентифицирано събитие от наводнение, специфично за ЯЦ се описва, посредством представяне най-малко на следната информация:

- експлоатационно състояние на ЯЦ;
- местоположение на източника на наводнение;
- коренна причина на наводнението;
- разпространение на наводнението и последствия (напр. повредено оборудване).

2.130 Доказва се и се документирана приложимостта на обобщените данни.

Идентифициране и отсяване на съответните сценарии на наводнение

2.131 Честотата на всеки сценарии на наводнение се определя, базирайки се на честотата на събитието и на разполагаемостта на системите (в зоната на наводнение) за откриване и потискане на наводнението.

2.132 Оценява се времето до което оборудването, имащо отношение към ВАБ се засяга от наводнението. Трябва да бъдат отчетени разходите на флуида, дренажните разходи и критичните обеми на зоните на наводнение.

2.133 Определя се вероятността за отказ на действията на персонала при откриването и ръчното потискане на източника на наводнение, базирайки се на методите реферирани в раздел “Оценка на вероятностите за човешка грешка”.

2.134 Оценява се вероятността за отказ на системите за автоматичното откриване и потискане на източниците на наводнение, базирайки се на статистическата оценка.

2.135 Последствията (в смисъла на отказали компоненти, отчитани във ВАБ) за всеки сценарии се оценява и документира. При тази оценка се отчита отказа на системите за откриване и потискане на наводненията.

2.136 Честотите на сценариите с подобни последствия могат да бъдат комбинирани.

2.137 Сценариите от наводнения могат да бъдат отсявани до такава степен, че приноса към кумулативната честота на повреждане на активната зона/честотата на повреждане на горивото на всички отсети сценарии (вкл. приносът на зоните на наводнение, които са били количествено отсети) да е по-малко от 10^{-8} на година.

Оценяване на честотата на повреждане на активната зона/честотата на повреждане на горивото от наводнение

2.138 Честотата на повреждане на активната зона/честотата на повреждане на горивото от наводнение се пресмята с модела на ВАБ за вътрешни събития, с отчитане на честотите на имащите отношение сценарии от наводнение, сценарийно-специфичните последствия и допускайки, че всички компоненти, отчитани във ВАБ и засегнати от наводнението отказват.

2.139 Проверява се доколко обхвата, до който вероятностите за човешка грешка, отчетени в модела на ВАБ за вътрешни събития е необходимо да бъде модифициран, съгласно изискванията на раздел “Специфични изводи за анализът на човешката надеждност, отнасящи се до вътрешни и външни за ЯЦ опасности”.



2.140 За всяка сграда, която съдържа компоненти на ВАБ, пълният принос на честотата на повреждане на активната зона/честотата на повреждане на горивото, както и приноса към CDF/FDF на по-важните зони на наводнение се представя в таблична форма.

2.141 За количествено определяне на честотата на повреждане на активната зона/честотата на повреждане на горивото от наводнение, се отчитат неопределеностите, свързани с честотата на събитието от наводнение и вероятностите за отказ на системите за откриване и потискане на наводненията.

Летящи предмети, генерирани в резултат от разрушаване на турбината

2.142 За честотата на образуване на летящи предмети в резултат на разрушаване на турбината, трябва да бъдат използвани следните обобщени данни: $1.1 \cdot 10^{-4}$ на година (5 %), $1.8 \cdot 10^{-4}$ на година (средно), $2.9 \cdot 10^{-4}$ на година (95 %).

2.143 Специфичните за ЯЦ и обобщените данни за летящите предмети се комбинират, използвайки байесово приближение.

2.144 Определят се възможните траектории на парчетата изхвърлени от турбината. При тяхното определяне се разглеждат следните фактори, като скорост на парчетата от облицовката (получена от максималната скорост на въртене на вала на турбината), варирането на ъгъла на летење (в пределите между -25° и $+25^\circ$, измерен от плоскостта на въртене), както и възможните препятствия (такива като постройки или стени).

2.145 Идентифицират се обектите, които имат потенциала да водят директно или индиректно (напр. повреда на стена, наводнение или пожар) към повреждане на компоненти на ВАБ, ако са ударени.

2.146 За дадено събитие с летящи предмети е необходимо да бъде определена условната вероятност на попаденията на летящите предмети за всеки от идентифицираните обекти допускайки, че 4 летящи предмета с независими траектории се генерират едновременно.

2.147 За дадено попадение на летящи предмети по идентифициран обект е необходимо да бъде оценена условната вероятност за отказ на всеки от засегнатите компоненти на ВАБ. Ако компонент, отчитан във ВАБ е ударен директно е необходимо да се допусне гарантиран отказ.

2.148 Последствията на четирите най-неблагоприятни независими летящи предмета е необходимо да бъдат анализирани. В същото време неразполагаемостта на компонента на ВАБ, причинена от пожар на турбината (поради възпламеняването на водорода или на уплътняващото и смазочно масло) е необходимо да бъде разгледана във модела на ВАБ. В допълнение е необходимо да бъдат обсъдени ефектите от експлозията на водорода и дима.

ВЪНШНИ ОПАСНОСТИ

Анализ по отсяване и критерии за отсяване

2.149 Земетресения, екстремни ветрове, смерчове, външни наводнения и самолетни катастрофи е необходимо да бъдат анализирани и моделирани във ВАБ в съответствие с изискванията на разделите “Земетресения”, “Екстремални ветрове”, “Смерчове (торнада)”, “Външни наводнения” и “Самолетни катастрофи”.



2.150 В допълнение при анализите по отсяване е необходимо да бъдат разгледани следните външни опасности:

- засушаване;
- ерозия;
- горски пожари;
- високи летни температури;
- ледени покрития (заледяване);
- аварии на обекти с индустриално или военно предназначение;
- свлачища;
- мълнии;
- ниско речно ниво;
- ниски зимни температури;
- аварии на тръбопроводи (напр. нефтопроводи, газопроводи);
- изхвърляне на химикали на площадката;
- речни отклонения (канали);
- транспортирани материали по река, водещи до задръстване на водовземашите съоръжения (напр. дървени трупи, листа, миди, водорасли). Задръстването на водовземашите съоръжения вследствие на ефектите на външно наводнение е необходимо да се разгледа при анализа на външните наводнения (гледай раздел “Външни наводнения”);
- сняг (напр. навявания, виелици, снежни бури);
- намаляване/увеличаване на затвърдяването на почвата²¹;
- аварии при транспортирането по земя и по вода.

2.151 В допълнение е необходимо да се разгледат следните комбинации от опасности:

- тежки зимни условия, вкл. сняг (напр. снеговалежи, навявания, виелици, снежни бури), ниски температури и ледени покрития (заледявания);
- тежки летни условия, вкл. високи температури, засушаване, горски пожари и ниски речни нива.

2.152 Не е необходимо да бъдат моделирани във ВАБ събитията възникнали в резултат на опасностите представени в тт. 2.150 и 2.151, ако се изпълнява едно от следните условия:

- може да бъде демонстрирано с качествени аргументи, че опасностите имат пренебрежимо влияние върху *CDF/FDF* (напр. ако последствията върху ЯЦ не изискват задействането на защитни системи или са вече обхванати от събития, имащи значително по-високи честоти на възникване);
- ограничаващия анализ на *CDF/FDF*, дължащ се на опасността показва резултат по-малко от два порядъка от *CDF/FDF*, получен от анализа на вътрешни изходни събития.

Земетресения

2.153 Сеизмичният ВАБ е необходимо да включва вероятностна оценка на сеизмичната опасност, на сеизмичните откази и анализ на сеизмично предизвиканите аварийни последователности. За колебателните земни движения причинени от земетресения се изисква подробна вероятностна оценка. В допълнение е необходимо да се оценят и възможностите за други сеизмични опасности и тяхна приложимост.

Колебателни земни движения

А) Анализ на сеизмичния хазарт

²¹ англ. Soil shrink-swell consolidation



2.154 За определяне на годишните честоти на непревишаване на сеизмичните въздействия на площадката на ЯЦ (вкл. неопределеностите свързани с такава оценка), е необходимо да се извърши специфичен за площадката вероятностен анализ на сеизмичната опасност.

2.155 Вероятностният анализ на сеизмичната опасност е необходимо да изпълни следните методологически изисквания:

- да е в съответствие с ниво 4 на методологията на *SSHAC* (Senior Seismic Hazard Analysis Committee [9]);
- подхода за анализ на ефектите от специфичните за площадката почвени условия да е еквивалентен с ниво 4 на методологията на *SSHAC*;
- да е съставена съвременна изчерпателна база данни (съдържаща, напр. геологически, сеизмологични и геофизични данни). Базата данни да се поддържа през цялото време на изпълнение на проекта;
- опасността да бъде изразена количествено за земетресения с честота на поява $\geq 10^{-1}$ на година;
- критическите дейности, имащи директно влияние върху резултатите на разработката или по отношение на възпроизвеждането на тези резултатите е необходимо да бъдат предмет на специфични процедури за осигуряване на качеството;
- вероятностният анализ на сеизмичната опасност се документира изчерпателно по такъв начин, че да позволява преглеждане, използване и обновяване;
- след завършването на вероятностният анализ на сеизмичната опасност, разработената в тази връзка база данни (и софтуер) е необходимо да бъде поддържана с оглед осигуряване на възможност за нейно представяне и съответно съхраняване на резултатите.

2.156 Вероятностният анализ на сеизмичната опасност е необходимо да осигури следните резултати:

- резултати от земните движения за референтния подслон на скални проявления и състоянието им, за нивото на фундиране на реакторната сграда и за локалната земна повърхност, съответно за условия на свободно поле;
- опасността да бъде пресметната средно геометрически за двата компонента на хоризонтално земно движение и за вертикалният компонент;
- кривите на опасност за скалите и почвите за спектралните честоти от 0.5 Hz до 50 Hz и за максималното земно ускорение. В допълнение за почвата - да бъдат адекватно представени резонансите на специфичната за площадката на ЯЦ почва;
- резултатите от опасността за нивата на земни движения от 0.025 g и най-малко до съответното ниво на земни движения с честота за годишно надвишаване от 10^{-7} на година;
- епистемологичните неопределености (за риска) посредством най-малко 25 групирани и претеглени (по тежест) криви, базираци се на подобни характеристики (напр. кривина, ниво) или 25 еднакво претеглени (по тежест) криви, разработени на статистическа основа за да обхванат точно епистемологичните вариации на риска;
- равномерния спектър на риска при 5% затихване за всяко изменение в порядъка на величината на честотата за годишно надвишаване от 10^{-2} на година до 10^{-7} на година, включително;
- директни резултати, напътствия или комбинация от тях с оглед да се облекчи оценката на максималната скорост, средното спектрално ускорение и спектъра при всякаква стойност на затихване, както и изборът на времевата история;
- хоризонталните компоненти на резултатите от хазарта да са разгрупирани в смисъл по величина, разстояние и epsilon (число на стандартните отклонения);
- чувствителност на резултатите (включително обсъждане) за:
 - а) приноси на риска по сеизмически източник,
 - б) принципни приноси към неопределеността,



- в) оценки на горната граница на земното движение,
- г) фундиране/дълбочинно ниво,
- д) между експертни сравнения,
- е) сравнения с предишни изследвания на опасността (проведени в България и международни).

Б) Анализ на сеизмична крехкост

2.157 Информацията, отнасяща се до сеизмичния капацитет на структурите и компонентите е необходимо да бъде събрана, като напр.,

- списък на оборудването на ВАБ, вкл. неговото месторазположение;
- топологични чертежи на тръбопроводите;
- предварителен списък на КСК, които имат потенциала да компрометират оборудването, отчитано във ВАБ, тръбопроводите или другите структури, или компонентите, имащи отношение към ВАБ (напр. базиращ се на списъка на оборудването, оценката от анализа на безопасността или от топологични чертежи на ЯЦ);
- проектни документи по сеизмика на КСК (осигуряващи информация, отнасяща се например до разположението, размерите, свойствата на материалите, армирането, режимите на отказ, методи за проектиране, отчетите от квалификационните тестове и резултатите от тях);
- обобщена информация относно сеизмичния проект и параметрите на сеизмичните откази.

2.158 Необходимо е да бъде извършен изчерпателен и систематичен обход на ЯЦ и района около нея, съгласно международните стандарти (напр. [10]) с оглед:

- да се оцени и верифицира конфигурацията на ЯЦ;
- да се оцени адекватността на документите от сеизмичния проект във връзка с конфигурацията на ЯЦ при построяването ѝ;
- да се оценят възможностите за възникване на авария със загуба на топлоносител и възможностите за отказ на херметическата конструкция по сеизмична причина;
- да се идентифицират КСК, които имат потенциала да компрометират ВАБ оборудването в случай на земетресение (напр. поради механично взаимодействие, пожари, наводнения и експлозии, възникнали по сеизмична причина);
- да се идентифицират и оценят доминантните режими за отказ на КСК, компрометиращи оборудването на ВАБ;
- да се идентифицира оборудването за което се знае, че е уязвимо към земетресения (напр. резервоари, зидани стени, повдигнати подове, монтирано на пружини/закрепено оборудване, чувствителни на вибрация релета, контакти и превключатели);
- да се идентифицират аномалиите при реализирането на укрепването на оборудването (неправилно инсталирани/монтирани компоненти, корозирали опори/компоненти и др.);
- да се идентифицират въпросите, отнасящи се до организацията и поддръжката на ЯЦ срещу сеизмически въздействия;
- да завърши събирането на необходимите данни за пресмятането на параметрите на сеизмичната крехкост.

2.159 Основавайки се на изводите, получени в резултат на прегледа на документацията и обхода на ЯЦ, за всяка КСК идентифицирана като имаща отношение, е необходимо да бъдат оценени стойностите на сеизмичните откази поради входното въздействие, използвайки анализа по отсяване (подбор), както следва:

- числената стойност на земното въздействие се избира като ниво за отсяване. За земни въздействия по-високи от нивото за отсяване се приема сеизмичен отказ на всички КСК и като следствие гарантирана повреда на активната зона/горивото. Приносът към риска, получен в резултат на земно въздействие, по-голям от нивото за отсяване е необходимо да бъде по-малко от 10% от сеизмическите *CDF* или *FDF*;



- КСК с висок сеизмичен капацитет могат да бъдат отсети от детайлно изследване на сеизмична крехкост, ако те демонстрират, че имат сеизмичен (висока сигурност за ниска вероятност за отказ)²² капацитет по-висок от нивото за отсяване и отказът им няма да доведе директно към байпасиране на херметичната конструкция. За отсетите КСК не е необходимо да се отчитат структурата и специфичните откази в модела на ВАБ;
- за всяка КСК, които не са отсети или които имат значително влияние върху *CDF/FDF* или отказа на които води директно до байпасиране на херметичната конструкция, е необходимо да се оценят реалистичните параметри на сеизмичните откази;
- за останалите КСК могат да бъдат оценени консервативните параметри на сеизмичните откази, посредством използване на средствата за експертна оценка.

2.160 За всяка КСК, уязвима на директен ефект от сеизмичното въздействие, параметрите на сеизмичната крехкост се определят, както следва:

- за механическите взаимодействия се оценяват тяхната вероятност и условната вероятност за отказ (на дадено взаимодействие), като функции от земното движение;
- условната вероятност за отказ на КСК, в резултат от пожари, експлозии и наводнения, възникнали вследствие на сеизмическо въздействие е необходимо да бъдат оценени, като функция от сеизмичното въздействие или се приема равно на 1.0 (гарантиран отказ).

2.161 Разработва се изчерпателен списък на сеизмичното оборудване, вкл. следната информация:

- идентификационен номер на компонента;
- месторазположение;
- режим на отказ;
- параметри на сеизмична крехкост;
- висока сигурност за ниска вероятност за отказ;
- оборудване, повлияно от отказа, неговият режим на отказ и условната вероятност на отказ.

2.162 За външно електрическо захранване (електрическа мрежа и водна електрическа централа) се оценяват реалистичните параметри на сеизмична крехкост.

2.163 Във връзка с “авариите със загуба на топлоносител”, които могат да възникнат в резултат на ефекта от индивидуалното или кумулативно изтичане от малки тръбопроводи, намиращи се в границите на първи контур може да се извърши обхващащ анализ на “авария със загуба на топлоносител” с еквивалентен диаметър. Еквивалентният диаметър на “авария със загуба на топлоносител” се определя, включително и чрез използване на изводите и резултатите от обхода на ЯЦ.

2.164 В случая на експлоатация на ЯЦ на по-ниска мощност е необходимо да се идентифицират разликите в потенциала на механическите въздействия и в характеристиките (имащи отношение) на пожарите и наводненията, като се сравняват с тези при експлоатацията на ЯЦ на пълна мощност. Специфичните условия на ЯЦ при спряно състояние имащи отношение към оценката на сеизмичния риск е необходимо да бъдат оценени, посредством анализиране на план-графиците за ремонт и презареждане, както и проведените интервюта (обсъждания) с ръководния персонал, отговарящ за тяхното изпълнение.

В) Анализ на (сеизмичните) аварийните последователности

²² англ. High Confidence, Low Probability of Failure (HCLPF)



2.165 Аварийните последователности получени в резултат на ефектите от колебателното земно движение е необходимо да бъдат изчерпателно моделирани и свързания с тях риск да бъде определен количествено.

2.166 Изходните събития е необходимо да бъдат дефинирани, както следва:

- диапазона между най-ниската стойност на земното движение (ускорение) и стойността на отсяване е необходимо да обхваща повече от едно изходно събитие (напр. както е указано в [5]);
- за земните движения, надхвърлящи стойността на отсяване е необходимо да се дефинира едно изходно събитие.

2.167 Сеизмичните изходни събития, заедно с резултатите (изводите) от анализа на сеизмичната крехкост е необходимо да бъдат инкорпорирани в модела на ВАБ, като се вземат в предвид следните изисквания:

- за земните движения надвишаващи нивото на отсяване се приема гарантирано повреждане на активната зона/горивото;
- вероятностите за човешка грешка, използвани при вътрешните събития на ВАБ се преглеждат и коригират, съгласно изискванията, представени в раздел “Специфични изводи за анализът на човешката надеждност, отнасящи се до вътрешни и външни за ЯЦ опасности”;
- модела на ВАБ да обхваща всички идентифицирани откази, предизвикани от сеизмични въздействия, които не са отпаднали в отсяването при анализа на крехкост, т.е. моделират се не само сеизмично най-слабите КСК;
- директните и индиректни откази на компонента се моделират отделно.

2.168 За количествено определяне на сеизмичските CDF и FDF е необходимо да бъдат разгледани неопределеностите на честотите на изходните събития и вероятностите за отказ на КСК, както и човешките действия.

Други сеизмични рискове

2.169 В допълнение към отказите причинени от директните ефекти на сеизмичните колебателни земни движения е необходимо да бъдат идентифицирани и обсъдени последствията на другите сеизмични рискове, такива като разместване (земно), свличане, втечняване на почвата, улягане на почвата, индустриални рискове и скъсване на язовирни стени (бентове). Трябва да бъде оценено дали рисковете от тях водят до допълнителни сеизмични откази, които е необходимо да бъдат включени в модела на ВАБ.

Екстремални ветрове

2.170 Анализът на екстремални ветрове е необходимо да включва вероятностна оценка на опасността от вятър и на отказите възникнали в резултат от него, както и количествено определяне на CDF/FDF , вкл. неопределеностите.

2.171 Необходимо да бъде разработена актуална изчерпателна база данни за явления на вятъра и неговата максималната скорост, която да съдържа:

- специфични за площадката исторически данни за скоростта на вятър (кратковременни);
- данни за вятъра от дълговременни измервания, най-малко за още едно местоположение (напр. от фиксирана метеорологична станция или от летище, намиращо се близо до ЯЦ).



2.172 Дълговременните специфични за площадката данни за вятър е необходимо да бъдат разработени, като се вземат в предвид кратковременните специфични за площадката данни и данните за вятъра от други местоположения.

2.173 Ако измерената скорост на вятъра се картографира по специфични височини на стратификация, е необходимо да се използва формулата на Том [11]:

$$v_1 = v_2 (h_1/h_2)^{1/n};$$

където,

v_1 - скорост на вятъра при височина h_1 ,

v_2 - скорост на вятъра при височина h_2 ,

n - константа, зависеща от грапавостта (неравномерността) на повърхността.

2.174 Кривата за надвишаване на честотата на максималната скорост на вятъра (честота на годишно надвишаване срещу максимална скорост на вятъра) е необходимо да бъде разработена, базирайки се на кратковременните специфични за площадката данни, като се използва разпределението на вероятността на Гумбел за фиксиране и екстраполиране на данните.

2.175 Необходимо е да бъде извършен обход на ЯЦ. Обходът включва идентифициране на уязвимите КСК (вкл. прозорци и съоръжения, такива като ауспусите на дизел-генераторите и вентилационните тръби) и възможните източници на летящи предмети.

2.176 За КСК, имащи отношение е необходимо да бъдат пресметнати реалистично отказите в резултат на вятъра. В тази връзка неопределеностите се взимат в предвид при пресмятането.

2.177 Тежкият случай на “екстремен вятър” е необходимо да бъде представен от адекватен брой изходни събития.

2.178 За всяка категория на вятъра е необходимо да се приеме загуба на външно електрозахранване.

2.179 За вятър със скорост по-голяма от 180 км/ч се допуска повреждане на стъклата (прозорци). Съответното повреждане (напр. поради постъпване на вода, повишаване на налягането) в засегнатите сгради или помещения е необходимо да бъде разгледано във ВАБ.

2.180 За отказите на КСК, възникнали в резултат на вятъра е необходимо да бъде допуснато, че причиняват отказа на всичкото оборудване, намиращо се вътре в структурата.

2.181 В допълнение към директните ефекти от вятъра, възможността и ефектите от индиректния хазарт на вятъра, такива като летящи предмети (възникнали в резултат от влиянието на вятъра) и повишаването на скоростта на вятъра между структурите (в резултат на каналния ефект) е необходимо да бъдат идентифицирани и последствията им обсъдени.

Смерчове (торнада)

2.182 Анализът на смерчове (т.е. екстремни въртящи се ветрове) е необходимо да включва вероятностна оценка на хазарта от смерч и на отказите възникнали в резултат от него, както и количествено изразяване на риска CDF/FDF , вкл. неопределеностите.



2.183 Възникването на смерчове е необходимо да бъде допуснато равномерно разпределено в рамките на правоъгълна площ от $12,500 \text{ km}^2$ около ЯЦ. Средната годишна честота за смерч се приема, както следва:

- F0 и F1: $2.3 \cdot 10^0$ на година;
- F2: $2.2 \cdot 10^{-1}$ на година;
- F3 и по-висока: $6.3 \cdot 10^{-2}$ на година.

Нормалното логаритмическо разпределение на честотите се приема с фактор за грешка 10.

2.184 Площите на поражения за смерчове с различен интензитет е необходимо да се приемат, както следва:

- F0 и F1: дължина = 3.8 км, ширина 70 м;
- F2: дължина = 5.1 км, ширина 150 м;
- F3 и по-висока: дължина = 19 км, ширина 320 м.

2.185 Необходимо е да бъде извършен обход на ЯЦ. Обходът включва идентифициране на уязвимите КСК (вкл. прозорци и съоръжения, такива като ауспусите на дизел-генераторите и вентилационни тръби) и възможните източници на летящи предмети.

2.186 За КСК, имащи отношение е необходимо да бъдат пресметнати реалистично отказите. В тази връзка неопределеностите се взимат предвид при пресмятането.

2.187 Тежкият случай на “смерч” е необходимо да бъде представен от адекватен брой изходни събития.

2.188 За всяка категория скорост на смерча е необходимо да се приеме загуба на външно електрозахранване.

2.189 За всяка категория скорост на смерча се допуска повреждане на стъклата (прозорци). Съответното повреждане (напр. поради постъпване на вода, повишаване на налягането, падане на налягането) в засегнатите сгради или помещения е необходимо да бъде разгледано във ВАБ.

2.190 За отказите на КСК, възникнали в резултат на смерч е необходимо да бъде допуснато, че причиняват отказа на всичкото оборудване, намиращо се вътре в структурата.

2.191 В допълнение към директните ефекти от смерча е необходимо да бъдат идентифицирани и обсъдени възможностите и ефектите на индиректните опасности от смерча, такива като летящи предмети (от въздействието на смерча).

Външни наводнения

2.192 Анализът на външните наводнения е необходимо да включва вероятностна оценка на опасността от наводнения и на отказите възникнали в резултат от него, както и количествено определяне на *CDF/FDF*, вкл. неопределеностите.

2.193 Необходимо е да бъдат разгледани следните категории събития с наводнения:

- силни дъждовни бури или неочаквани събития с големи разтопявания на снега, причиняващи възникването на високо речно ниво при ЯЦ;
- отказ (разрушаване) на структури (язовирни стени, преливници, диги), регулиращи водния разход нагоре и надолу по-течението, както и на площадката, вкл. възможни откази по



ефекта на доминото (верижна реакция) и едновременни откази на отдалечени структури за контрол на водния разход (напр. поради земетресение);

- интензивни валежи (събития с дъждове) на площадката на ЯЦ и в близките околности.

2.194 Необходимо е да бъде извършен обход на ЯЦ. Обходът включва проверка на:

- наклоните и характеристиките на канализацията на ЯЦ;
- местните съоръжения за контрол на водния разход, вкл. процедури и изисквания за експлоатация и поддръжка;
- пътищата на проникване на водата;
- изложените на наводнението КСК;
- възможностите за събиране на вода на покрива (т.е. проверка на покривите, канализационни системи на покрива, процедури за поддръжка);
- възможните местни фактори, които могат да влошат наводнението (напр. запушване на канализационна тръба, блокиране на речното корито в резултат на земни свличания).

2.195 Графиката за честотата на надвишаване на максималното речно ниво е необходимо да бъде разработена, базирайки се на специфичните за площадката измерени данни. Ако се сметне за подходящо, разпределението на вероятността на Пирсон-III е необходимо да се използва за фиксирането и екстраполацията на данните. Вземат се в предвид топографските и хидроложки характеристики на водосборния и местния район. Получената крива на риска е необходимо да бъде обсъдена с отчитане на националните исторически данни за събитията от наводнения.

2.196 Приема се, че отказват язовирната стена или дигата със средна честота $6.4 \cdot 10^{-5}$ на година (нормално логаритмично разпределение с фактор за грешка 10) със следните последствия:

- 100% загуба на запаса на водохранилището в 10% откази на язовирна стена/дига;
- 50% загуба на запаса на водохранилището в 80% откази на язовирна стена/дига;
- 20% загуба на запаса на водохранилището в 10% откази на язовирна стена/дига.

2.197 Рисковете получени в резултат на екстремни валежи в района на ЯЦ могат да бъдат отсети във ВАБ, ако за свързаните с тях опасности е идентифицирано, че не са възможни или не водят към изходно събитие (такива като събиране на вода по покрива, проникване на вода и електрическо късо съединение). В противен случай честотата на изходното събитие е необходимо да бъде пресметната.

2.198 Мерки за смекчаване на риска (напр. отваряне на преливник (бент, язовир)) се приемат само в случаите с достатъчно време за тяхното задействане.

2.199 Необходимо е да бъде анализирана реакцията на съответните структури по отношение на хидростатичните и хидродинамичните натоварвания (вкл. кратковременно механическо износване и динамично въздействие на наводнението/отломките). В случай на рухване на сграда се приема гарантиран отказ на всички компоненти, намиращи се в нея. В случай на водна интрузия в сградата, пътищата на проникване и засегнатото оборудване, разглеждано във ВАБ е необходимо да бъдат идентифицирани.

2.200 Необходимо е да бъде взето в предвид запушването (задръстване) на водосборно съоръжение в резултат на проникване на парчета и утайки.



2.201 За събитията с наводнение водещи към нива на водата над котата на ЯЦ или над котата на която се намират външните (за площадката) трансформатори или свързаното с тях електрическо оборудване се приема загуба на външно електрозахранване.

2.202 Всяка категория от събития с наводнения, която не е отсята, е необходимо да бъде разгледана отделно в модела на ВАБ и приноса им към риска да бъде определен количествено.

Самолетни катастрофи

2.203 Анализът на самолетните катастрофи е необходимо да включва оценка на честотите на самолетните катастрофи и оценка на отказите, получени в резултат на самолетните катастрофи, както и количествено определяне на *CDF/FDF*, вкл. неопределеностите.

2.204 За анализ на риска се разглеждат следните три категории самолети във ВАБ:

- търговски самолет (т.е., с тегло > 5.7 тона);
- военен самолет;
- лек самолет (т.е., с тегло < 5.7 тона).

А) Търговски самолет

2.205 Определя се количествено приносът на риска за следните инициращи събития:

- катастрофа на търговски самолет върху реакторната сграда;
- катастрофа на търговски самолет върху бункерно защитените аварийни сгради;
- катастрофа на търговски самолет върху други сгради, ако е подходящо;
- катастрофа на търговски самолет върху останалата част от площадката на ЯЦ.

Определяне на честота на катастрофа

2.206 Честотите на самолетни катастрофи се изчисляват, като се използва четири-факторна формула, която взема в предвид: а) количеството на самолетните полети, б) вероятността, че ще катастрофира самолет, г) за дадена катастрофа вероятността, че самолетите катастрофират на площ от един квадратен километър, където е разположена ЯЦ и д) виртуална площ на динамично въздействие.

$$F = \sum_{i,j} N_{i,j} \cdot C_i \cdot \rho_{i,j} \cdot A_{virt},$$

където:

F - пресметната годишна честотата на въздействието на самолетна катастрофа;

$N_{i,j}$ - пресметнатия специфичен за площадката годишен брой самолетни полети за всеки приложим сумиращ параметър i,j ;

C_i - количеството самолетни катастрофи към полетите в района на летището или на километър за фазата на летене²³;

$\rho_{i,j}$ - условна вероятност на самолетна катастрофа на квадратен километър в района на летището или на километър за фазата на летене;

A_{virt} - виртуална площ на динамично въздействие (за специфична сграда или площ на ЯЦ);

i - индекс за фазата на летене;

j - индекс на летището или въздушния коридор.

2.207 В зависимост от месторазположението на ЯЦ, анализът на честотата за катастрофа на търговски самолет се разделя между следните две фази на летене:

²³ англ. in-flight



- полет в района на летището (т.е. излитане и кацане);
- в полет.

2.208 Количеството на полетите на търговски самолети $N_{i,j}$ се оценява реалистично, като се вземат в предвид миналите и очакваните вариации за отказ.

2.209 Всяко летище в радиус 50 км около ЯЦ се отчита.

2.210 За степента на катастрофи в околността на летището се приема нормално логаритмическо разпределение със средно значение $C = 7.8 \cdot 10^{-7}$ и фактор за грешка = 3.

2.211 Условната вероятност за самолетна катастрофа на квадратен километър за района на летището се пресмята както следва:

$$\rho_{AV,j} = \frac{1}{\pi \cdot g^2 \cdot h_j^2} [\text{km}^2],$$

където:

g – отношение на падане (снижаване) без мощност ($g = 17$);

h_j - средна полетна височина в областта на летището.

2.212 За определянето на самолетите намиращи се в полет се отчитат всички въздушни коридори в радиус 100 км от ЯЦ. N и ρ се пресмятат за всеки въздушен коридор поотделно.

2.213 За степента на катастрофи в полет се приема нормално логаритмическо разпределение със средно значение $C = 5.8 \cdot 10^{-11}$ (на полет и на километър) и фактор за грешка = 3.

2.214 Условната вероятност за самолетна катастрофа в полет на километър $\rho_{T,j}$ се пресмята както следва:

$$\rho_{T,j} = \frac{d_j}{A_j} [\text{km}^{-1}],$$

$$d_j = 2\sqrt{g^2 \cdot h_j^2 - b_j^2},$$

$$A_j = \pi \cdot g^2 \cdot h_j^2,$$

където:

j - индекс на въздушния коридор;

d_j - дължина на полета във въздушния коридор от който ЯЦ може да бъде достигната ;

A_j - участък на експониране на катастрофата за самолет летящ по специфичен коридор ;

g – отношение на падане (снижаване) без мощност ($g = 17$);

h_j - средна полетна височина за въздушния коридор ;

b_j - хоризонтална компонента на минималното разстояние между въздушният коридор и ЯЦ.

2.215 Виртуалната площ на динамическо въздействие за сграда се осреднява от съответните виртуални площи на четири перпендикулярни направления на приближаващи се самолети:

$$A_{virt,building} = \frac{1}{4} \sum_{k=1}^4 f_k \left(A_{gr} + \frac{A_{fr,k}}{\tan \varphi_k} \right)$$

където:

$A_{virt,building}$ - виртуалната площ на динамическо въздействие за сграда;

A_{gr} - земна площ на сградата (= [дължина на сградата + 1/2 от най-външното разстояние между двигателите на самолета] [ширина на сградата + най-външното разстояние между



двигателите на самолета)], най-външното разстояние между двигателите на самолета се приема 25 м за търговски самолети и 4 м за военни самолети;

$A_{fr,k}$ - фронтална площ на сградата за направление k ($=$ [ширина на сградата + най-външното разстояние между двигателите на самолета]’височина на сградата);

k - направление на приближаващия самолет;

φ_k - ъгъл на динамическо въздействие на катастрофата (приема се 30°);

f_k - топографически фактор на защита. Ако минималния ъгъл на приближаване определен от околната топография (естествената) на ЯЦ е по-голям от 10° , то за f_k може да се приеме $1/\sqrt{3}$, в противен случай $f_k = 1$;

За пресмятане на виртуалната площ на катастрофа се отчита защитата от страна на близкостоящите сгради, като се вземат в предвид φ_k и реалните размери на сградите (които изпълняват функцията на защита/щит). Околните сгради се третират като обхващащи правоъгълни сгради.

2.216 Виртуалната площ на динамическо въздействие на останалата площ от площадката на ЯЦ се получава:

$$A_{virt, plantarea} = A_{site} - \sum_m A_{virt, building, m}$$

където:

A_{site} – кръгла площ около сградата на реактора с радиус $r = 100$ м;

m - индекс на сградата.

Директни ефекти на самолетна катастрофа (механическо въздействие)

2.217 За реакторната сграда и бункерно защитените аварийни сгради, условната вероятност за отказ се оценява, като се вземат в предвид варирането с типовете самолети (напр. по размери, тегло) и техните скорости. Отчитат се и локалните (т.е. проникване в стената) и глобалните (т.е. събаряне, разместване) структурни реакции, отнасящи се до динамическото въздействие на самолета.

2.218 Оценява се влиянието на вибрациите и ускорението (причинени от катастрофата) върху компонентите намиращи в реакторната сграда и в бункерно защитените аварийни сгради.

2.219 За аварийните последователности включващи проникване в стената на сградата се приема гарантиран отказ на всичкото оборудване, намиращо се в сградата.

2.220 За някои сгради, за които не е била оценена условната вероятност за отказ се приема гарантиран отказ на всичкото оборудване (намиращо се в сградата), ако самолетът удари сградата. Нещо повече, действията на персонала, които се намират в сградата не се отчитат (не участват в смекчаването на последствията).

Индиректни ефекти на самолетна катастрофа (летищи предмети и пожари/ефекти на експлозията)

2.221 Ефектите на допълнителните механични натоварвания и на пожара/експлозията, които възникват в резултат на катастрофа, дали на сграда или на останалата част от площадката на ЯЦ се анализират и се оценяват вероятностите за отказ на сградите, като се отчита варирането на типовете самолети.

2.222 За сгради, проектирани да противодействат на въздействието на летящи предмети се оценява само ефекта на пожара, отчитайки източниците на огъня и експлозията (напр. количеството на горивото от самолета, складовете с газ и масло на площадката на ЯЦ),



пътищата на дима и горещия газ (напр. притока на въздух за аварийните дизел-генератори) и пътищата на разливане на авиационното гориво върху и вътре в структурите на ЯЦ, както и към по ниските коти на ЯЦ.

2.223 В случай, че защитата против индиректни ефекти се приема за отказала, се допуска гарантиран отказ на всичкото оборудване, намиращо се вътре в сградата.

2.224 Всичкото оборудване, намиращо се навън се приема за отказало. В частност се допуска загуба на външно електрозахранване²⁴.

Б) Военен самолет

2.225 Необходимо е да се оцени приносът на риска за следните инициращи събития:

- катастрофа на военен самолет върху сградата на реактора;
- катастрофа на военен самолет върху бункерно защитената аварийна сграда.

2.226 Годишната стойност на катастрофи на военни реактивни самолети на единица площ се пресмята директно по броя на катастрофи на територията на България. Времевия интервал, който е необходимо да бъде разгледан е най-малко 20 години. Неопределеностите се описват посредством нормалното логаритмично разпределение със средно значение и стандартно отклонение, произтичащо от данните.

2.227 Ефектите от катастрофите на военните самолети се оценяват по същия начин, както за катастрофите на търговските самолети.

В) Лек самолет

2.228 Необходимо да бъде изразен количествено приносът към *CDF/FDF* на катастрофа на лек самолет (вкл. хеликоптер) върху сградите, които не са проектирани да издържат на въздействието на летящи предмети.

2.229 Годишната стойност на катастрофи на леки самолети на единица площ се пресмята директно по броя на катастрофи на територията на България. Времевия интервал, който е необходимо да бъде разгледан е най-малко 5 години. Неопределеностите се описват посредством нормалното логаритмично разпределение със средно значение и стандартно отклонение, произтичащо от данните.

2.230 Приема се гарантиран отказ на всичкото оборудване, намиращо се вътре в сградата (за сгради, които не са проектирани да издържат на въздействието на летящи предмети), в случай, че самолет удари сградата.

2.231 Рискът за ЯЦ в резултат на катастрофа от малък самолет може да бъде пренебрегнат, ако тежестта на резултата от граничния анализ на *CDF/FDF* поради катастрофа на лек самолет е по-малка от 10^{-9} на година.

Други външни опасности

2.232 За всяко външно събитие (изброени в раздел “Анализ по отсяване и критерии за отсяване”), което не е отсято на основата на даден критерий, приносите на *CDF/FDF*, вкл. неопределеностите е необходимо да бъдат пресметнати. Оценката включва: (а) детайлен преглед на информацията, имаща отношение, (б) обход на ЯЦ (ако е необходимо), (в)

²⁴ англ. Loss of Offsite Power (LOOP)



идентификация на възможните опасни сценарии, (г) определяне на условните вероятности за отказ (неустойчивост) на КСК и човешките грешки, (д) въвеждане на събитието в модела на ВАБ.

КОЛИЧЕСТВЕНА ОЦЕНКА И ПРЕДСТАВЯНЕ НА РЕЗУЛТАТИТЕ ОТ ВАБ НИВО 1

Количествена оценка

2.233 За пресмятането на резултатите на ВАБ се използват валидирани компютърни програми. Ограниченията на програмите или метода за количествена оценка е необходимо бъдат описани.

2.234 Избраните отсичащи стойности за количествена оценка на последователностите се обосновават посредством анализ на чувствителност или чрез демонстриране на нисък принос от неотчетените сечения при консервативни условия (т.е. по-ниска от 1% от CDF/FDF).

2.235 Пълният спектър от опасности (вътрешни и външни) взети в предвид във ВАБ е необходима да бъдат количествено оценени на основата на единен интегрален модел.

2.236 Минималните сечения/последователности от събития със споделена основа/фактори на разделяне²⁵ се идентифицират и се елиминират.

2.237 Неопределеностите за всички базови и изходни събития е необходимо да бъдат взети предвид и да бъдат разпределени в целия модел.

2.238 В анализите за неопределеностите във ВАБ се отчита “ефектът на корелацията”²⁶ [12].

2.239 Необходимо е да бъде извършена приемлива проверка на по-важните минимални сечения, водещи до повреда на активната зона или горивото.

Представяне на резултатите от ВАБ ниво 1

Профил на риска

2.240 Приносите към CDF/FDF се представят категоризирани по групите изходни събития (вкл. дяловият им принос), като част от хартиеното копие на документацията на ВАБ и в допълнение също и на електронен носител.

2.241 Приносите към CDF/FDF на всяко изходно събитие се представят (напр. за всяко изходно събитие - идентификатор, описание, честоти и средни CDF/FDF), като част от хартиеното копие на документацията на ВАБ и в допълнение също и на електронен носител.

2.242 Приносът към FDF за всяко състояние на ремонта на ЯЦ се представя (напр. по експлоатационно състояние (респективно неговата аббревиация и описание), системата първи контур (респективно налягане и температура в него, ниво в компенсатора на налягане, състояние на реактора (отворено/затворено)), състояние на херметичната конструкция (отворено, затворено), включване на системите за безопасност (автоматично/ръчно),

²⁵ англ. split fractions

²⁶ англ. correlation effect



продължителност), като част от хартиеното копие на документацията на ВАБ и в допълнение също и на електронен носител.

2.243 В допълнение към резултатите изброени по-горе се представя пълният принос на последствията от очакваните преходни режими без сработване на системата за аварийно спиране на реактора²⁷ към *CDF*.

Анализ на значимост

2.244 За всяко моделирано експлоатационно състояние (т.е. пълна мощност, ниска мощност и спряно състояние) се представят най-важните базови събития, сортирани по стойностите на *Fussell-Vesely (FV)* и *Risk Achievement Worth (RAW)* (първите 100, като част от хартиеното копие на документацията на ВАБ и първите 1000 на електронен носител), както следва:

№	Идентификатор на основното събитие	Описание	Средно	RAW/FV
---	------------------------------------	----------	--------	--------

2.245 За всяко моделирано експлоатационно състояние се представят най-важните КСК, сортирани по *FV* и *RAW*. Списъка е необходимо да съдържа най-малко всички КСК със *RAW* > 2 или *FV* > $1 \cdot 10^{-3}$, както следва.

№	Идентификатор на компонента	Описание	Средно	RAW/FV
---	-----------------------------	----------	--------	--------

2.246 За всяко моделирано експлоатационно състояние се представят най-важните операторски действия, сортирани по *FV* и *RAW* (първите 30 на хартиено копие и електронен носител), както следва.

№	Идентификатор на операторското действие	Описание	Средно	RAW/FV
---	---	----------	--------	--------

2.247 За всяко моделирано експлоатационно състояние се представят стойностите на *FV* и *RAW* на всички системи, разгледани във ВАБ, на хартиено копие и електронен носител, както следва:

№	Идентификатор на системите	Описание	RAW/FV
---	----------------------------	----------	--------

2.248 За всяко моделирано експлоатационно състояние се представя списък на най-важните минимални сечения/последствия на хартиено копие и пълен списък на електронен носител, както следва:

№	CDF/FDF	%	Минимално сечение	
			Наименование	описание

²⁷ англ. Anticipated Transient Without Scram (ATWS)



2.249 За по-добра интерпретация на резултатите се препоръчва за всяко моделирано експлоатационно състояние да се представят най-важните аварийни последователности на модела, както следва:

№ на последователността	
Честота на последователността	
% от пълния CDF	
Изходно събитие	
Неразполагаемост поради изходното събитие - директен, гарантиран отказ - зависим отказ	
Отказ на поддържащата система	
Отказ на защитна система	
Неуспешно операторско действие	
Описание	

Оценка на модификации на ЯЦ

Необходимо е да бъде извършен анализ на чувствителност с текущия модел на ВАБ и да бъде документирано, а именно:

2.250 Определя се влиянието на подмяната (изменението) на значимото оборудване, имащо отношение към ВАБ и получените преди това *CDF/FDF* (напр. модернизация на бункерно защитените аварийни системи).

Резултати

2.251 Всякакви (възможни) подобрения (осъвременяване) на ЯЦ или подобрения на процедурните ръководства (напр. инструкции и др.) идентифицирани по време на разработването на ВАБ се преглеждат и документират. В частност, се взимат в предвид резултатите получени от обхода и анализа на процедурите на ЯЦ.

2.252 Нивото на безопасност на ЯЦ в смисъла на *CDF/FDF* и баланса на профила на риска се обсъжда, базирайки се на НОБЯЦ.

2.253 КСК имащи висока честота на отказ в сравнение с международния опит се идентифицират и се оценяват причините за повишаването на честотата на отказ. Прилага се същият процес (сравнение и оценка на причините) и за изходните събития с висока честота.

2.254 Необходимо е да се изследва дали се наблюдават тенденции (в исторически аспект) в данните за надеждността на компонентите или в честотите на изходните събития.

2.255 Резултатите от риска на осъвременения ВАБ се сравняват с резултатите от риска на извършения предишен ВАБ на същата ЯЦ. Разликите в резултатите на двата ВАБ е необходимо да бъдат обяснени.



3. ТЕХНИЧЕСКИ ИЗИСКВАНИЯ ЗА ВАБ НИВО 2 НА ЯЦ ОПРЕДЕЛЯНЕ И ЧИСЛОВО ИЗРАЗЯВАНЕ НА СЪСТОЯНИЯТА НА ПОВРЕЖДАНЕ НА ЯЦ

3.1 Аварийните последователности на ВАБ ниво 1 със сходно развитие на тежка авария се групират в състояния с повреда на ЯЦ (*PDS*)²⁸. *PDS* се характеризират най-малко с:

- типът на изходното събитие (т.е. преходен процес, авария със загуба на топлоносител и др.) (*само за разделени модели на ВАБ ниво 1 и ниво 2*);
- налягането в първи контур в момента на повреда на активната зона или горивото (ако активната зона е в корпуса на реактора);
- статусът на защитните системи;
- статусът на изолиране на херметичната конструкция (*системите за изолиране и отвеждане на топлината на херметичната конструкция, участващи във ВАБ ниво 2 се моделират детайлно, използвайки метода на дървото на отказите*);
- аварийната последователност, която предизвиква байпас на херметичната конструкция (т.е. течения от първи към втори контур, между системен теч от първи контур);
- статусът на системите на херметичната конструкция за отвеждане на топлина или за намаляване на налягането и намаляване на продуктите на делене.

3.2 За групирането на аварийните последователности на ниско ниво на мощност и спряно състояние се взимат в предвид допълнително специфичните характеристики за *POS*, такива като, месторазположение на горивото и статуса на изолиране на корпуса на реактора (напр. корпуса отворен/затворен).

3.3 Броят на *PDS* може да се намали посредством комбиниране и/или изключване на *PDS*. Сумарната честота на изключените *PDS* е необходимо да бъде не по-голяма от 1% от *CDF*. Тези *PDS*, за които предварително е известно, че предизвикват висок риск (напр. поради вече съществуващ отказ на херметичната конструкция или очаквани транзиенти без сработване на аварийната защита (*ATWS*)²⁹) следва да се отчитат в анализа, т.е. не подлежат на изключване.

3.4 Неопределеностите в честотите на всяко *PDS* се определят от ВАБ ниво 1.

3.5 Характеристиките и средните оценки на честотите на *PDS* се представят преференциално във вид на матрица.

РАБОТОСПОСОБНОСТ НА ХЕРМЕТИЧНАТА КОНСТРУКЦИЯ

3.6 С оглед определяне на реагирането на херметичната конструкция в условията на авария се извършва анализ на реакцията на строителната конструкция.

3.7 При анализа на реакцията на строителната конструкция се взема в предвид всичката информация, отнасяща се до проекта на херметичната конструкция, такава като:

- свойства на конструкционните материали и на арматурата;
- размери и местоположения на проходките в херметичната конструкция;
- конструкция и материали на проходките;
- локални изменения³⁰, напр. преходни форми, промени в стоманената обшивка или арматурата (на бетонните конструкции);

²⁸ англ. Plant Damage State (PDS)

²⁹ англ. Anticipated Transients without Scram (ATWS)

³⁰ англ. Local discontinuities



- възможни взаимодействия между структурата на херметичната конструкция и съседните структури (строителни или др.).

3.8 Идентифицират се местоположенията (напр. отказ на стоманената обшивка или отказ на шлюзове (капацити) и проходки) на възможните откази на херметичната конструкция, които трябва да бъдат взети в предвид при структурния анализ.

3.9 Провежда се обход на ЯЦ с оглед да се верифицира събраната информация (документация).

3.10 В структурния анализ се отчита специфичния за ЯЦ експлоатационен опит (имащ отношение), напр. такъв като резултати от тестовете за плътност на херметичната конструкция и от програмата за контрол на стареенето.

3.11 Структурният анализ взема в предвид квази-статичните и динамични условия на превишаване на налягането. Допълнително за квази-статични условия се отчита влиянието на превишаването на температурата върху работоспособността на херметичната конструкция.

3.12 Структурните анализи се извършват (с използването на добре документирана и прегледана от експерти актуална информация) за идентифициране на местоположението на откази в херметичната конструкция. В резултат от тези анализи ще бъде получена реалистична оценка за налягането на отказ на херметичната конструкция при дадена температура за всяко местоположение (крайния капацитет по налягане) и реалистична оценка за механизма на отказ (напр. неплътност, пукнатини, голямо разкъсване и др.)

3.13 Структурните анализи е необходимо да осигурят оценка на параметричните неопределености и неопределеностите на моделирането за да се получат кривите на крехкост³¹ на местоположенията с отказ на херметичната конструкция. Тези крехкости се комбинират с цел получаване на обхващащата крива по крехкост (зависима от налягане и температура) за цялата херметична конструкция.

3.14 В допълнение към крехкостта на херметичната конструкция в условията на превишаване на налягането се оценява и крехкостта на херметичната конструкция в условия на под-налягане, в случай, че се реализират такива аварийни последователности.

3.15 Крехкостта на херметичната конструкция се сравнява с наличните резултати в референции за подобен проект.

НАТОВАРВАНИЯ НА ХЕРМЕТИЧНАТА КОНСТРУКЦИЯ

3.16 За определянето на натоварванията на херметичната конструкция следва да се отчитат натрупаните познания на международната общност по ядрена безопасност, имащи отношение към ключовите феномени, характерни за тежка авария. Необходимо е да се вземат в предвид следните явления при развитието на тежка авария:

- вътрешно корпусното³² окисляване на метала и генерацията на водород, последствия от всякакви приложими механизми на горене на водорода³³ в херметичната конструкция (вкл.

³¹ англ. fragility

³² англ. in-vessel

³³ англ. combustion



дефлаграция³⁴, детонация, прехода дефлаграция към детонация, механизъм с ускорение на фронта на горене);

- вътрешно корпусни взаимодействия между стопилката и топлоносителя (вкл. парни експлозии);
- взаимодействие на стопилката с дъното на корпуса на реактора и режими на повреждането му (вкл. влиянието на външното охлаждане на дъното на корпуса на реактора, ако е приложимо);
- загуба на целостта на първи контур;
- изхвърляне на стопилка при високо налягане;
- отказ на корпуса;
- повишаване на налягането в херметичната конструкция поради генерацията на пара и отделянето на некондензиращи газове от първи контур;
- реактивни сили, действащи върху корпуса (в случай на повреждане при високо налягане);
- директно нагряване на херметичната конструкция;
- разпръскване и разстилане на стопилката;
- извън корпусни взаимодействия на стопилката и топлоносителя (вкл. парни експлозии);
- взаимодействия между стопилката и бетона с отчитане на възможностите за охлаждане на стопилката, атакуването (увреждане) на фундамента и страничните стени от стопилката, генериране на водород и въглероден окис³⁵, генериране на други некондензиращи газове (напр. въглероден двуокис³⁶);
- квази-статично повишаване на налягането, като резултат от дълговременно генериране на топлина, пара и некондензиращи газове в атмосферата херметичната конструкция.

3.17 Необходимо е да бъдат отчетени специфичните явления на тежка авария, отнасящи се до аварийни сценарии на ниска мощност и спрян реактор (напр. навлизането на въздух към горивните касети или възможностите за нарастване на окисляването и възпламеняване на циркония).

3.18 Необходимо е да се извърши анализ на няколко доминантни сценария на тежка авария, за да се установи инженерната обосновка за оценка на натоварванията на херметичната конструкция. Оценяват се също така и неопределеностите в натоварванията на херметичната конструкция, които произтичат от непълни познания на феномена.

РАЗВИТИЕ НА ТЕЖКА АВАРИЯ

3.19 За всяко състояние с повреда на ЯЦ или аварийна последователност се моделира развитието на тежка авария от повредата на активната зона (или горивото) до изхвърлянето на радиоактивни материали, като се използват дървета на събитията за развитие на аварията (*APET*)³⁷.

3.20 Ако е възможно възловите въпроси в *APET* е необходимо да следват хронологията на аварийната последователност. В случаите, когато горивото се намира вътре в корпуса на реактора се разглеждат като минимум следните времеви прозорци или етапи от аварията:

- от повреждането на активната зона (или горивото) до отказ на корпуса на реактора;
- непосредствено след отказът на корпуса на реактора;
- в по-дългосрочен план след отказът на корпуса на реактора.

³⁴ англ. deflagration

³⁵ англ. monoxid

³⁶ англ. dioxid

³⁷ англ. Accident Progression Event Tree (APET)



3.21 Възловите въпроси в *APET* е необходимо да акцентират за всеки етап на аварията:

- феномени на тежката авария;
- наличност на системите, които се изискват за управление на тежки аварии (напр. вентилационна система, система за циркулационно охлаждане на въздуха, рекомбинатори на водород);
- действия на оператора, свързани с управлението на тежки аварии, вкл. възстановяване на захранването и/или функциите на системите (напр. стартиране на системата за отвеждане на топлината от херметичната конструкция);
- състояние на херметичната конструкция.

3.22 Количествената оценка на възловите вероятности³⁸ е необходимо да се обосновава основно от съвременни компютърни кодове за анализ на тежки аварии (като напр. *MELCOR*³⁹ или *МААР*⁴⁰) и инженерни пресмятания. Ако не е възможно да се използват аналитични методи се прилага обоснована експертна оценка. Ако възловите вероятности се базират на декомпозиция на възловите разклонения (зависещи от аварийните гранични условия) (*Пример: разклонение в APET може да се занимава с вероятността за отказ на херметичната конструкция, възникнал в резултат на горене. Това разклонение би могло да бъде декомпозирано на няколко последствия (не непременно в рамките на дървото), като възможност за представяне на източника на горене, възможност за преход дефлаграция към детонация и др.*) е необходимо да бъде разработена обосновка на декомпозицията. Обосновката трябва да бъде ясно описана и достатъчно пълно документирана.

3.23 Неопределеностите във възловите вероятности на дърветата на събитията за развитие на аварията се определят, както следва:

- оценката на неопределеностите във възловите вероятности на дърветата на събитията за развитие на аварията се подкрепя с експериментални доказателства, документиран анализ, експертни оценки или резултати от други изследвания, които са публично достъпни и са били предмет на проверка (напр. [13] и [14]). Алтернативно, количественото определяне на възловите вероятности на *APET* (което е възможно да включва значителни неопределености) може да бъде подкрепено от анализи на чувствителност⁴¹, които обхващат очакваният диапазон от неопределености. Ако се използва компютърен код в подкрепа на тези анализи на чувствителност, обхвата на параметрите е необходимо да бъде ясно обоснован и документиран;
- Ограниченията на програмните кодове трябва да бъдат взети в предвид, когато се оценяват неопределеностите на феноменологичните последствия.

3.24 За оценката на работоспособността на херметичната конструкция и изхвърлянето на радиоактивни продукти в атмосферата, се приема 48 часа минимално време за мисията⁴², след началото на повреждане на активната зона. В ситуациите, където отказа на херметичната конструкция (поради превишаване на налягането или отказ на фундамента) се разглежда като предстоящ, това време на мисията се удължава повече от 48 часа.

³⁸ англ. nodal probabilities

³⁹ The MELCOR code is a severe accident analysis code for nuclear power plants. MELCOR is a fully integrated, engineering-level computer code whose primary purpose is to model the progression of accidents in light water reactor nuclear power plants.

⁴⁰ The Modular Accident Analysis Program (MAAP) is a computer code that simulates the response of light water and heavy water moderated nuclear power plants, both current designs and Advanced Light Water Reactors (ALWRs), during severe accident sequences, including actions taken as part of the Severe Accident Management Guidelines (SAMGs).

⁴¹ англ. sensitivity cases

⁴² англ. minimum mission time



3.25 Крайните състояния на *APET* е необходимо да бъдат групирани в категории по изхвърляния⁴³, характеризиращи се със сходство в развитието на аварията и количеството на радиоактивни материали изхвърлени в околната среда⁴⁴, имайки в предвид най-малко следните характеристики:

- състояние на херметичната конструкция, като напр. отворена, поради дейности в спряно състояние, неизолирана спрямо вентилационните системи, изолирана (по отношение на очакваните неплътности), неизолирана, байпасирана, разкъсана, с отказ на фундамента или шахтата на реактора;
- време на изхвърляне (напр. ранно или късно);
- механизъм на взаимодействие на стопилката с бетона (т.е. сухо взаимодействие или взаимодействието на потопената под вода активна зона с бетона);
- механизъм на почистване на продуктите на делене от херметичната конструкция (напр. прочистване посредством система (спринклерна система) на херметичната конструкция, или посредством по-високо разположен басейн).

3.26 Необходимо е да се извърши количествена оценка на дърветата на събития на развитието на аварията с оглед дефиниране на разпределението и средните значения на честотите за различните категории на изхвърляне.

АНАЛИЗ НА КОЛИЧЕСТВОТО НА РАДИОАКТИВНИТЕ МАТЕРИАЛИ, ИЗХВЪРЛЕНИ В ОКОЛНАТА СРЕДА

3.27 За всяка категория на изхвърляне се пресмята количеството на радиоактивните материали, изхвърлени в околната среда⁴⁵, вкл. величината и времето на радиоактивно изхвърляне.

3.28 Количеството на радиоактивните материали, изхвърлени в околната среда се представят от радиологични групи, които характеризират количеството на радиоактивни продукти, съдържащи се в активната зона⁴⁶ на реактора. Тези групи се базират на сходство в термодинамичните и химични свойства на радионуклидите. Като минимум е необходимо да бъдат разгледани следните радиологични групи:

№	Обозначение	Име на групата	Елементи
1	Xe	Благородни газове (РБГ) Noble Gases	Xe, Kr, Ne, Ar, Rn, H, N
2	I	Халогени Halogens (<i>CsI се групира към тази група</i>)	I, Br, Cl, F, At
3	Cs	Алкални метали Alkali Metals (<i>CsOH се групира към тази група</i>)	Cs, Rb, Li, Na, K, Fr, Cu
4	Te	Халкогени	Te, Se, S, O, Po

⁴³ англ. release category

⁴⁴ англ. source term

⁴⁵ англ. Source Term Analysis

⁴⁶ англ. core radiological inventory



РЪКОВОДСТВО

Вероятностни анализи на безопасността на ЯЦ

		Chalkogens	
5	Ba	Алкалоземни метали Alkaline Earth Metals	Ba, Sr, Be, Mg, Ca, Ra, Es, Fm, Ga, Ge, In, Sn, Ag, B, Si, P
6	Mo	Преходни метали Transition Metals	Mo, V, Cr, Fe, Co, Mn, Nb, Tc, Ta, W
7	Ru	Платиноиди Platinoids	Ru, Rh, Pd, Re, Os, Ir, Pt, Au, Ni
8	Ce	Четиривалетни вещества Tetravalents	Ce, Ti, Zr, Hf, Th, Pa, Np, Pu, C
9	La	Тривалетни вещества Trivalents	La, Al, Sc, Y, Ac, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Am, Cm, Bk, Cf, U

3.29 Пресмятанията на количеството на радиоактивните материали, изхвърлени в околната среда се основава на специфичен за ЯЦ модел, като се вземат в предвид количество на радиоактивните продукти в активната зона на реактора, първи и втори контури, сградата на херметичната конструкция и системите в нея, и др. Използва се съвременен, напълно интегриран код, който обединява термохидравликата с изхвърлянето на продукти на делене, транспорта им и задържането им.

3.30 С цел използването на резултатите от пресмятането на количеството радиоактивни материали, изхвърлени в околната среда е необходимо да бъдат обсъдени ограниченията при моделирането.

КОЛИЧЕСТВЕНА ОЦЕНКА И ПРЕДСТАВЯНЕ НА РЕЗУЛТАТИТЕ ОТ ВАБ НИВО 2

Количествена оценка

3.31 За количествената оценка на *APET* се използват валидирани компютърни програми. Ограниченията на програмите или метода за количествена оценка е необходимо да бъдат описани.

3.32 Оценява се разпространението на неопределеностите в честотите на *PDS* и във възловите вероятности на *APET*.

3.33 За количествената оценка могат да бъдат използвани комбиниран модел на ВАБ ниво 1/ниво 2 или отделни модели за двете нива.

3.34 Резултатите се проверяват за правдоподобност, като се вземат в предвид характеристиките на ЯЦ (проект на ЯЦ и експлоатационни особености).

Представяне на резултатите от ВАБ ниво 2

Профил на риска



3.35 Матрицата на *PDS* (примерно съдържание е дадено в таблицата) се представя, като част от хартиеното копие на документацията на ВАБ и в допълнение също и на електронен носител.

Тип на изходното събитие	Налягане в корпуса на реактора	Работа на система за безопасност	Херметичната конструкция дали е изолирана?	
			Да	Не

3.36 Приносът на *PDS* (или на инициращите събития) за всяка категория на изхвърляне се представя (примерно съдържание е дадено в таблицата), като част от хартиеното копие на документацията на ВАБ.

Категория на изхвърляне	Средна честота [y^{-1}]	Описание	PDS	Относителен принос към категорията на изхвърляне
-------------------------	-----------------------------	----------	-----	--

3.37 Честотите на всяка категория на изхвърляне и на другите параметри (на изхвърляне) се представят (примерно съдържание е дадено в таблицата) като част от хартиеното копие на документацията на ВАБ и в допълнение също и на електронен носител.

Категория на изхвърляне	Честота [y^{-1}]	Начално време на изхвърляне	Продължителност на изхвърляне	Xe, [Bq]	I, [Bq]	Cs, [Bq]	Te, [Bq]	Ba, [Bq]	Mo, [Bq]	Ru, [Bq]	Ce, [Bq]	La, [Bq]	Номер на симулацията
-------------------------	----------------------	-----------------------------	-------------------------------	----------	---------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------------------

3.38 Приносът на категориите на изхвърляне към честотата на големите ранни изхвърляния *LERF*⁴⁷ и честотата на големите изхвърляния *LRF*⁴⁸ се представят (примерно съдържание е дадено в таблицата), като част от хартиеното копие на документацията на ВАБ и в допълнение също и на електронен носител.

Параметър на риска	Честота, [y^{-1}]				Категория на изхвърляне	Принос
	Средна	5%	50%	95%		

3.39 Приносът на изходните събития към *LERF* се представя (примерно съдържание е дадено в таблицата), като част от хартиеното копие на документацията на ВАБ и в допълнение също и на електронен носител.

Групи	Тип на изходното събитие	<i>LERF</i> , [y^{-1}]				% от общия
		Средна	5%	50%	95%	

3.40 За всяка категория на изхвърляне се представят принадлежащите ѝ параметри (примерно съдържание е дадено в таблицата), като част от документацията на ВАБ.

⁴⁷ англ. Large Early Release Frequency

⁴⁸ англ. Large Release Frequency



Категория на изхвърляне	Честота на изхвърляне, [y ⁻¹]	Активност на аерозолно изхвърляне, [Bq]	Риск от аерозолно изхвърляне, [Bq/y]	Принос към риска от аерозолно изхвърляне, [%]	Пълно изхвърляне [Bq]	TRAR [Bq/y]	Принос към TRAR [%]
-------------------------	---	---	--------------------------------------	---	-----------------------	-------------	---------------------

3.41 За нови ЯЦ се представя сумарната честота (за година на ЯЦ) за достигане на критериите за взимане на решение за прилагане на неотложни защитни мерки за населението.

Анализ на значимост

3.42 Стойностите на значимост, получени по методите *FV* и *RAW* за базовите събития по отношение на *LERF* (или на сумарната честота (за година на ЯЦ) за достигане на критериите за взимане на решение за прилагане на неотложни защитни мерки за населението за нови ЯЦ) се представят на електронен носител (примерно съдържание е дадено в таблицата). Ако се използва интегриран модел на ВАБ ниво 1/ниво 2, стойностите за значимост се пресмятат директно от модела. В противен случай е приемливо да се пресметнат в приближение.

№	Идентификатор на базовото събитие	Описание	Средна оценка на вероятността на отказ	FV (RAW)
---	-----------------------------------	----------	--	----------

3.43 Стойностите на значимост на *FV* и *RAW* за КСК по отношение на *LERF* (или на сумарната честота (за година на ЯЦ) за достигане на критериите за взимане на решение за прилагане на неотложни защитни мерки за населението за нови ЯЦ) се представят на електронен носител (примерно съдържание е дадено в таблицата). Ако се използва интегриран модел на ВАБ ниво 1/ниво 2, стойностите за значимост се пресмятат директно от модела. В противен случай е приемливо да се пресметнат в приближение.

№	Идентификатор на компонента	Описание	Средно	FV (RAW)
---	-----------------------------	----------	--------	----------

Анализ на чувствителност

3.44 Анализите на чувствителност е необходимо да са насочени към следните три основни аспекта, отнасящи се до пълния риск от изхвърляне на активност (*TRAR*)⁴⁹ и до *LERF* (и до сумарната честота (за година на ЯЦ) за достигане на критериите за взимане на решение за прилагане на неотложни защитни мерки за населението за нови ЯЦ) :

- определяне на влиянието от модифициране (обновяване) на оборудването и процедурите на ЯЦ;
- определяне на влиянието на допусканията, отнасящи се до феномените, съпровождащи тежката авария;
- други важни допускания на моделирането, които се прилагат в анализа на ВАБ ниво 2.

Оценка на модификации на ЯЦ

3.45 Определя се влиянието на подмяната (изменението) на значимото оборудване (примерно съдържание е дадено в таблицата), имащо отношение към ВАБ и получените преди това *LERF* и *LRF* (напр. сух спрей и система за заливане или рекомбинаторите на

⁴⁹ англ. Total Risk of Activity Release (*TRAR*)



водород) (или сумарна честота (за година на ЯЦ) за достигане на критериите за взимане на решение за прилагане на неотложни защитни мерки за населението за нови ЯЦ).

Дата	Описание на модификацията	LERF ⁵⁰
------	---------------------------	--------------------

Резултати

3.46 Всякакви възможни подобрения (осъвременяване) на ЯЦ, идентифицирани по време на разработването на ВАБ ниво 2 се обсъждат и документират.

3.47 Основавайки се на резултатите получени от ВАБ ниво 2 е необходимо да се обсъди, дали:

- се изискват някакви модификации, свързани с изпълнението на дейностите, описани в Ръководството за управление на тежка авария (РУТА) (специфично за ЯЦ);
- има някакви идентифицирани проблеми (въпроси), които е необходимо да бъдат проучени в бъдеща програма за изследване на тежките аварии.

3.48 Нивото на безопасност на ЯЦ в смисъла на *TRAR/LERF* и баланса на профила на риска е необходимо да бъде обсъдено.

3.49 Резултатите от риска се сравняват с резултатите от извършения предишен ВАБ на същата ЯЦ. Разликите в резултатите на ВАБ е необходимо да бъдат обяснени.

4. ОСИГУРЯВАНЕ НА КАЧЕСТВОТО

ПРОЦЕС НА ОСИГУРЯВАНЕ НА КАЧЕСТВОТО И ПРОВЕРКИ

4.1 Разработването, актуализирането и използването на ВАБ се извършва в рамките на една цялостна програма за осигуряване на качеството (ОК) на лицензианта (респективно заявителя за лицензия), която трябва да дефинира специфичните изисквания по въпросите на ВАБ.

4.2 Екипът, който разработва нов ВАБ или актуализира предишен такъв, е необходимо да бъде съставен от експерти, притежаващи дълбоки познания за методите на ВАБ и за характеристиките на ЯЦ.

4.3 Лицензианта (респективно заявителя за лицензия) е необходимо да участва пряко в разработването, актуализирането и използването на ВАБ, както и да преглежда и одобрява документи, свързани с ВАБ.

4.4 ВАБ е необходимо да бъде непрекъснато обновяван и подобряван.

4.5 Новият разработен ВАБ или изчерпателно обновяване на предишен е необходимо да бъде даден за проверка от експертен екип, който е независим от екипа разработил (или обнови) ВАБ. Коментарите от проверката стават интегрална част от документацията по ВАБ.

⁵⁰ или сумарна честота (за година на ЯЦ) за достигане на критериите за взимане на решение за прилагане на неотложни защитни мерки за населението за нови ЯЦ.



ДОКУМЕНТАЦИЯ

- 4.6 Документацията по ВАБ е необходимо да бъде пълна и лесно проследима. Документират се методите, моделите, данните и анализите във ВАБ, използвани за получаването на резултатите, както и самите резултати.
- 4.7 Документацията по ВАБ е необходимо да бъде самостоятелна с еднаква, разположена на високо ниво таблица на съдържанието във всеки том (или книга).
- 4.8 Документацията на ВАБ трябва да бъде структурирана по такъв начин, че да позволява обновяването ѝ да се извършва посредством подмяна на страници и раздели (до възможният обхват). Промените в документацията се маркират, а историята на извършените промени с оглед нейното осъвременяване се представя в нея.
- 4.9 Документацията по ВАБ, включително модела (т.е. дървета на отказите и дървета на събитията) се представят в електронна форма и на хартиено копие.
- 4.10 Важните детайли на използваните при разработването на ВАБ методи и данни се описват ясно и пълно. Нивото на детайлизация е необходимо да бъде достатъчна, че да позволява на четящия независимо да възпроизвежда и разглежда всички аспекти на анализите и резултатите с приемливи усилия.
- 4.11 Използваните допускания в модела на ВАБ и в анализите се идентифицират и обосновават.
- 4.12 Цитират се всички източници на информация и данни за ВАБ. Референтните документи е необходимо да бъдат свободни и на разположение.
- 4.13 Мерните единици на резултатите от анализите в контекста на ВАБ да съответстват на Международната система единици (SI).



5. ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Важност по Fussell-Vesely (Fussell-Vesely Importance (FV))

Значимостта Fussell-Vesely на моделираните елементи на ЯЦ (обикновено компоненти, канали или системи) се определя, като частично намаляване на нивото на пълния риск, когато се допусне, че са напълно надеждни (стойността на отказа = 0.0). Ако за всичките последствия нивото на пълния риск е минимално, значимостта FV също е равна на частичният принос към нивото на пълния риск на всички последствия, съдържащи отказали елементи.

Време на мисия (Mission Time)

Времето за мисия е времето през което системата или компонента се изисква да работят с оглед успешно да изпълнят своята функция.

Голямо изхвърляне (Large Release (LR))

Голямо изхвърляне представлява изхвърляне на радиоактивен материал от ЯЦ, което се очаква да има тежки последствия върху обществото и изисква да бъдат предприети аварийни мерки извън площадката на ЯЦ (МААЕ, Проект на ръководство по безопасност DS393).

Коефициент на увеличаване на риска (Risk Achievement Worth (RAW))

RAW на моделираните елементи на ЯЦ (обикновено компоненти, канали или системи) е повишаване на риска, ако се допусне, че елемента отказва всеки път. Изразява в смисъл на отношение на риска с отказа към основната линия на нивото на риска.

Количеството на радиоактивните материали, изхвърлени в околната среда.(Source Term)

Количеството на радиоактивните материали, изхвърлени в околната среда за дадено аварийно последствие или категория на изхвърляне, съставени от фракции на различните радиологични групи и характеризиращи се с времето, височината и енергията на изхвърлянето.

Обхващащ представянето фактор (Performance Shaping Factor (PSF))

Обхващащи представянето фактори са онези фактори, които оказват влияние върху стойността на човешката грешка. Типично PSF включват нивото на обучение, качеството/наличността на процедурни указания, фактора време и др.

Операторски действия категория А (Category A Actions)

Операторски действия [3], извършени преди възникването на изходното събитие, които имат потенциала да доведат до отказ или неразполагаемост на оборудване или системи, важни за безопасността. Тези грешки могат да възникнат по време на ремонт, техническо обслужване, изпитване или калибриране.

Операторски действия категория В (Category B Actions)

Операторски действия [3], които могат да доведат до възникване на изходно събитие.

Операторски действия категория С (Category C Actions)

Операторски действия [3], които е необходимо да бъдат извършени от персонала след възникването на изходно събитие (съгласно инструкциите за действия на персонала на ЯЦ).

Отказ по обща причина (Common Cause Failure (CCF))



Отказа по обща причина е единично конкретно събитие, което въздейства неблагоприятно върху две или повече системи или компоненти едновременно. Когато последователностите на събитието включват възникване на изходно събитие с аварийно последствие се нарича събитие с отказ по обща причина.

Пълен риск от изхвърляне на активност (Total Risk of Activity Release (TRAR))

Пълният риск от изхвърляне на активност се дефинира като пълното изхвърляне на радиоактивен материал, [Bq/y].

Състояние на повреда на ЯЦ (Plant Damage State (PDS))

Състоянията на ЯЦ с повреда на активната зона (PDS) обединяват аварийни последователности, според характеристиките на ЯЦ към момента на повреждане на активната зона. Характеристиките на ЯЦ, които представляват интерес са онези, които определят способността на херметичната конструкция да се справи с авария съпроводена с тежка повреда на активната зона. PDS представляват връзка между анализите на ВАБ ниво 1 и ниво 2.

Фактори на разделяне (Split fraction)

Вероятностните фракции представляват разпределяне на пълната вероятност по отделните разклонения и се използват при количественото определяне на дадено дърво на събитие. Разклоненията от своя страна представляват възможните изходи при появяване на конкретен вход за всяка точка на разклонение на дърветата на събитията. На всяка точка на разклонение, сумата на всички вероятностни фракции, представящи възможните изходи, трябва да бъде единица.

Честота на повреждане на активната зона (Core Damage Frequency (CDF))

Честотата за повреждане на активната зона е очакван брой събития за календарна година, които възникват по време на експлоатация на мощност, предизвикват разкриването и разгриването на активната зона на реактора и водят до значително изхвърляне на радиоактивен материал от нея.

Честота на повреждане на горивото (Fuel Damage Frequency (FDF))

Честотата на повреждане на горивото е очакван брой събития за календарна година, които възникват при спряно състояние, предизвикват разгриването на горивото или разрушаване на горивото и водят до значително изхвърляне на радиоактивен материал от него, независимо къде се намира – дали в реактора или в басейна за отлежаване.

Честота на голямо изхвърляне (Large Release Frequency (LRF))

Честота на голямо изхвърляне на радиоактивен материал от ЯЦ.

Честота на голямо ранно изхвърляне (Large Early Release Frequency (LERF))

Дефинира се като честотата на онези аварийни последователности, които водят до значителни, не смекчени изхвърляния от херметичната конструкция към момент от времето преди да е приключена ефективна евакуация на близко разположеното население, така че да е налице възможност за ранни здравословни последствия [15].



6. СПИСЪК НА СЪКРАЩЕНИЯТА

АЯР	Агенция за ядрено регулиране
БООЯГ	Басейн за отлежаване на отработеното ядрено гориво
БПУ	Блочен пулт за управление
ВАБ	Вероятностните анализи на безопасност
КСК	Конструкции, системи и компоненти
МРЗ	Максимално разчетно земетресение
НОВАЯЦ	Наредбата за осигуряване безопасността на ядрените централи
НРИЛРБИЯЕ	Наредбата за реда за издаване на лицензии и разрешения за безопасно използване на ядрената енергия
ОК	Осигуряване на качеството
САОЗ	Система за аварийно охлаждане на зоната
ЯЦ	Ядрена централа



7. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Наредба за осигуряване безопасността на ядрените централи, 2004;
- [2] Наредба за реда за издаване на лицензии и разрешения за безопасно използване на ядрената енергия, 2004;
- [3] Development and Application of Level 1 Probabilistic Safety Assessment for Nuclear Power Plants, IAEA Safety Standards Series No. SSG-3, 2010;
- [4] Development and Application of Level 2 Probabilistic Safety Assessment for Nuclear Power Plants, IAEA Safety Standards Series No. SSG-4, 2010;
- [5] Probabilistic Safety Analysis (PSA): Quality and Scope, Swiss Federal Nuclear Safety Inspectorate (ENSI), Guideline for Swiss Nuclear Installations, ENSI-A05, Edition March 2009;
- [6] Probabilistic Safety Analysis in Safety Management of Nuclear Power Plants, Radiation and Nuclear Safety Authority (STUK), Guide YVL 2.8, 28 MAY 2003;
- [7] Изисквания на Европейските оператори за АЕЦ с леководни реактори, EUR, British Energy plc, Electricité de France (EDF), Fortum, Iberdrola, NRG (Nuclear Research & consultancy Group), Rosenergoatom (REA), SOGIN (Società Gestione Impianti Nucleari), swissnuclear, Teollisuuden Voima Oy (TVO), Tractebel, Vattenfall, VGB Powertech, 2001-2004;
- [8] Estimating Loss-of-Coolant Accident (LOCA) Frequencies Through the Elicitation Process, U.S. Nuclear Regulatory Commission, NUREG -1829, Volume 1 and 2, 2008.
- [9] Senior Seismic Hazard Analysis Committee (SSHAC), R. J. Budnitz, D. M. Boore, G. Apostolakis, L. S. Cluff, K. J. Coppersmith, C. A. Cornell, and P.A. Morris, "Recommendations for Probabilistic Seismic Hazard Analysis: Guidance on Uncertainty and Use of Experts", Report NUREG/CR-6372, US NRC, 1997;
- [10] EPRI NP-6041-SL, "A Methodology for Assessment of Nuclear Power Plant Seismic Margin", Electric Power Research Institute. 1991.
- [11] H.C.S Thom, "New Distributions of extreme Winds in the United States," Journal of the Structural Division, Proceedings of the American Society of Civil Engineers, July 1968
- [12] G. Apostolakis and S. Kaplan, "Pitfalls in Risk Calculations", Rel. Eng. 2, 1981;
- [13] Severe Accident Risks: An Assessment for Five U.S. Nuclear Power Plants, U.S. Nuclear Regulatory Commission, NUREG-1150, 1990;
- [14] Pilch, M.M.; Allen, M.D.; Bergeron, K.D.; Tadios, E.L.; Stamps, D.W. [Sandia National Labs., Albuquerque, NM (United States)]; Spencer, B.W. [Argonne National Lab., IL (United States)]; Quick, K.S.; Knudson, D.L. [EG and G Idaho, Inc., Idaho Falls, ID (United States)], The probability of containment failure by direct containment heating in surry, NUREG/CR-6109, 1995;
- [15] C.D. Fletcher, R.M. Beaton, V. V. Palazov, and D.L. Caraher, R.W. Shumway (Consultant), SCDAP/RELAP5 Thermal-Hydraulic Evaluations of the Potential for Containment Bypass During Extended Station Blackout Severe Accident Sequences in a Westinghouse Four-Loop PWR, NUREG/CR-6995, 2010.