***РЪКОВОДСТВА***

***ЗА БЕЗОПАСНОСТ***

*ПО ПРИЛАГАНЕ НА*

*НОРМАТИВНИТЕ ИЗИСКВАНИЯ*

**РЪКОВОДСТВО**

**ВЕРОЯТНОСТНИ АНАЛИЗИ НА БЕЗОПАСНОСТТА НА  
ЯДРЕНИ ЦЕНТРАЛИ**

**РР-7/2024**

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

**Съдържание**

[1. Общи положения 5](#_Toc162434888)

[Цел 5](#_Toc162434889)

[Обхват 5](#_Toc162434890)

[Законово основание за разработване 6](#_Toc162434891)

[2. Технически изисквания към ВАБ ниво 1 8](#_Toc162434892)

[Общи съображения За ВАБ ниво 1 8](#_Toc162434893)

[Цели 8](#_Toc162434894)

[Обхват 8](#_Toc162434895)

[Количествени критерии и цели за безопасност 9](#_Toc162434896)

[Вътрешни събития 10](#_Toc162434897)

[Общи данни за анализа на вътрешни събития 10](#_Toc162434898)

[Анализ на изходните събития 11](#_Toc162434899)

[Анализ на аварийните последователности 16](#_Toc162434900)

[Анализ на системите 22](#_Toc162434901)

[Анализ на зависимостите 27](#_Toc162434902)

[Анализ на отказите по обща причина 28](#_Toc162434903)

[Анализ на данните 31](#_Toc162434904)

[Анализ на действията на персонала 36](#_Toc162434905)

[Вътрешни опасности 44](#_Toc162434906)

[Идентифициране на възможните вътрешни опасности, както и на комбинациите от тях 44](#_Toc162434907)

[Критерии за отсяване 45](#_Toc162434908)

[Обща рамка на анализа на вътрешни опасности 46](#_Toc162434909)

[Вътрешни пожари 49](#_Toc162434910)

[Вътрешни наводнения 55](#_Toc162434911)

[Изхвърляне на въртящи се елементи 65](#_Toc162434912)

[Падане на тежки товари 69](#_Toc162434913)

[Комбинации на вътрешни опасности 70](#_Toc162434914)

[Документиране на анализа на вътрешни опасности 72](#_Toc162434915)

[Външни опасности 73](#_Toc162434916)

[Идентифициране на външните опасностите и общи съображения 73](#_Toc162434917)

[Обща рамка на анализа на външните опасности 74](#_Toc162434918)

[Земетресения 76](#_Toc162434919)

[Екстремни ветрове 82](#_Toc162434920)

[Торнадо (смерч) 83](#_Toc162434921)

[Външни наводнения 84](#_Toc162434922)

[Самолетна катастрофа 85](#_Toc162434923)

[Определяне на експлоатационните състояния 88](#_Toc162434924)

[Видове спирания 89](#_Toc162434925)

[Определяне на предварителен списък от експлоатационни състояния 89](#_Toc162434926)

[Групиране на експлоатационните състояния 90](#_Toc162434927)

[Определяне на честота и продължителност 91](#_Toc162434928)

[Документиране 92](#_Toc162434929)

[ВАБ ниво 1 за площадката на ЯЦ 93](#_Toc162434930)

[Цели и обхват на ВАБ ниво 1 за площадката на ЯЦ 93](#_Toc162434931)

[Мерки за риска на площадката 93](#_Toc162434932)

[Експлоатационни състояния на площадката 94](#_Toc162434933)

[Изходни събития за площадката 95](#_Toc162434934)

[Моделиране на споделени системи 97](#_Toc162434935)

[Отчитане на взаимодействието в анализа на персонала 98](#_Toc162434936)

[Разширяване на обхвата на отказите по обща причина 99](#_Toc162434937)

[Корелации при разглеждане на опасностите 100](#_Toc162434938)

[Количествена оценка на показателите на риска за площадката 101](#_Toc162434939)

[Документиране на анализа на площадката 103](#_Toc162434940)

[Количествена оценка и анализ на резултатите от ВАБ ниво 1 104](#_Toc162434941)

[Методи за интегриране на модела 104](#_Toc162434942)

[Изисквания към количествените пресмятания 105](#_Toc162434943)

[Преглед на резултатите 106](#_Toc162434944)

[Анализи на неопределеност 107](#_Toc162434945)

[Анализ на значимост 108](#_Toc162434946)

[Анализ на чувствителност 109](#_Toc162434947)

[Анализ на резултатите 110](#_Toc162434948)

[Документация на ВАБ ниво 1 112](#_Toc162434949)

[Общи съображения 112](#_Toc162434950)

[Организация на документацията 113](#_Toc162434951)

[3. Технически изисквания към ВАБ ниво 2 114](#_Toc162434952)

[Общи съображения за ВАБ ниво 2 114](#_Toc162434953)

[Цели 114](#_Toc162434954)

[Обхват 115](#_Toc162434955)

[Количествени критерии и цели за безопасност 116](#_Toc162434956)

[Интерфейс между ВАБ ниво 1 и ВАБ ниво 2 117](#_Toc162434957)

[Състояния с повреда на блока за вътрешни събития при работа на мощност 117](#_Toc162434958)

[Съображения при дефиниране на състоянията с повреда на блока при работа на ниска мощност и спрян блок 120](#_Toc162434959)

[Съображения по отношение на вътрешни и външни опасности 120](#_Toc162434960)

[Съображения по отношение на БОК 121](#_Toc162434961)

[Документиране на интерфейса между ВАБ ниво 1 и ВАБ ниво 2 122](#_Toc162434962)

[Анализ на протичане на тежките аварии 122](#_Toc162434963)

[Анализ на тежки аварии с повреда на активната зона на реактора 122](#_Toc162434964)

[Анализ на тежки аварии с повреда на горивото в БОК 125](#_Toc162434965)

[Анализ на взаимодействието между реактора и БОК 126](#_Toc162434966)

[Съображения по отношение на анализите на тежки аварии при работа на ниска мощност и спрян блок 127](#_Toc162434967)

[Определяне на източниците на неопределеност 127](#_Toc162434968)

[Документиране на анализа на протичане на тежките аварии 129](#_Toc162434969)

[Анализ на херметичната конструкция 130](#_Toc162434970)

[Оценка на целостта на херметичната конструкция в резултат на вътрешни натоварвания 130](#_Toc162434971)

[Оценка на целостта на херметичната конструкция при работа на блока на ниска мощност и спрян блок 133](#_Toc162434972)

[Характеризиране на неопределеността 133](#_Toc162434973)

[Документиране на анализа на херметичната конструкция 134](#_Toc162434974)

[Анализ на системите 134](#_Toc162434975)

[Анализ на надеждността на персонала 135](#_Toc162434976)

[Дърво на събитията за тежка авария 138](#_Toc162434977)

[Структура на дървото на събитията по отношение на реактора 139](#_Toc162434978)

[Структура на дървото на събитията по отношение на БОК 140](#_Toc162434979)

[Третиране на зависимостите 140](#_Toc162434980)

[Количествено определяне на събитията 141](#_Toc162434981)

[Групиране на крайните състояния в категории на изхвърляне 142](#_Toc162434982)

[Документиране на ДС на ТА 142](#_Toc162434983)

[Анализ на количеството на радиоактивните материали, изхвърлени в околната среда. Категории на изхвърляне 143](#_Toc162434984)

[Дефиниране на категориите на изхвърляне и групиране на крайните състояния в ДС на ТА 143](#_Toc162434985)

[Съображения по отношение на БОК 144](#_Toc162434986)

[Методи за оценка на изхвърлянията 145](#_Toc162434987)

[Определяне на източниците на неопределеност 148](#_Toc162434988)

[Документиране на анализа на изхвърлянията и категориите на изхвърляне 149](#_Toc162434989)

[ВАБ ниво 2 за площадката на ЯЦ 149](#_Toc162434990)

[Цели и обхват на ВАБ ниво 2 за площадката на ЯЦ 149](#_Toc162434991)

[Мерки за риска на площадката 149](#_Toc162434992)

[Съображения за интерфейса между ВАБ ниво 1 и ВАБ ниво 2 150](#_Toc162434993)

[Съображения за анализа на протичане на тежките аварии и оценката на целостта на херметичната конструкция 151](#_Toc162434994)

[Съображения за анализа на надеждността на КСК и на персонала 151](#_Toc162434995)

[Вероятностен модел за площадката 151](#_Toc162434996)

[Анализ на радиоактивните изхвърляния 152](#_Toc162434997)

[Интегриране на модела и количествена оценка на ВАБ ниво 2 за площадката 153](#_Toc162434998)

[Документиране на ВАБ ниво 2 за площадката 153](#_Toc162434999)

[Количествена оценка и анализ на резултатите от ВАБ ниво 2 153](#_Toc162435000)

[Подход за интегриране 153](#_Toc162435001)

[Изисквания към количествените пресмятания 154](#_Toc162435002)

[Преглед на резултатите 155](#_Toc162435003)

[Документиране на резултатите от ВАБ ниво 2 155](#_Toc162435004)

[Анализи на неопределеност 156](#_Toc162435005)

[Анализ на значимост 158](#_Toc162435006)

[Анализ на чувствителност 158](#_Toc162435007)

[Анализ на резултатите от ВАБ ниво 2 158](#_Toc162435008)

[Документация на ВАБ ниво 2 160](#_Toc162435009)

[Общи съображения 160](#_Toc162435010)

[Организация на документацията 161](#_Toc162435011)

[4. Осигуряване на качеството 163](#_Toc162435012)

[Общи съображения 163](#_Toc162435013)

[Използване на компютърни кодове 164](#_Toc162435014)

[Независими проверки 165](#_Toc162435015)

[Поддържане на ВАБ в актуално състояние 165](#_Toc162435016)

[5. Списък на съкращения 167](#_Toc162435017)

[6. Препратки, използвани документи 169](#_Toc162435018)

[7. Определения 173](#_Toc162435019)

# Общи положения

## Цел

* 1. По своята същност вероятностният анализ на безопасността (ВАБ) предоставя един интегриран и структуриран анализ на безопасността, който съчетава изследване на проектните и експлоатационните характеристики на ЯЦ в обща рамка.
  2. Ръководството има за цел да даде указания по прилагането на изискванията на Наредбата за осигуряване безопасността на ядрените централи (НОБЯЦ), [1] по отношение на разработването на ВАБ.
  3. Ръководството се прилага от лицензиантите или титулярите на разрешения, включително от лицата, които извършват дейности по предоставяне на услуги за тях.

## Обхват

* 1. В съответствие с утвърдената практика, [3], [4], [5], [16], [17] и [20] ВАБ се провежда за следните нива:
* ВАБ ниво 1 – идентифицират се изходните събития за аварии, определят се аварийните последователности и се оценява честотата на повреждане на ядреното гориво;
* ВАБ ниво 2 – идентифицират се възможните пътища на освобождаване на радиоактивни вещества в околната среда и се оценява честотата за големи радиоактивни изхвърляния;
* ВАБ ниво 3 – оценява се рискът за здравето на населението и другите социални рискове, като замърсяване на почвата, водите и храните с радиоактивни вещества.

Изследванията за ВАБ Ниво 1, ВАБ ниво 2 и ВАБ ниво 3 са взаимосвързани и последователни като изпълнение. Резултатите от всяко по-долно ниво на ВАБ, обикновено служат като основа и входни данни за следващото ниво.

Съгласно Чл. 79, ал. 1 на НОБЯЦ, [1] ВАБ ниво 3 се изпълнява с решение на председателя на Агенцията за ядрено регулиране (АЯР) и не се явява задължителен при обосноваването на безопасността на ядрената централа (ЯЦ).

* 1. Ръководството представя насоки за качество и обхват, свързани с разработването на ВАБ ниво 1 и ВАБ ниво 2 като включва всички експлоатационни състояния на ЯЦ (т.е. пълна мощност, ниска мощност и спряно състояние) и всички потенциални изходни събития и опасности.

В съответствие с Чл. 79, ал.3, 1), [1], настоящото ръководство е ограничено до разглеждане на значимите източници на радиоактивност, т.е. до ядреното гориво в активната зона на реактора и в басейна за съхранение отработеното гориво (БОК).

* 1. Ръководството представя методически указания, които следва да бъдат отчитани при разработване на ВАБ ниво 1 и ВАБ ниво 1. Ръководството обхваща разработването на ВАБ на етапите на проектиране, и експлоатация на ЯЦ.
  2. Ръководството няма за цел да опише в детайли всички допустими подходи, методи или техники, свързани с разработването на модела на ВАБ. Ръководството е фокусирано да представи общата рамка в съответствие с утвърдената международна практика.
  3. Ръководството е фокусирано върху осигуряване на необходимото качество и пълнота, позволяващи адекватното използване на ВАБ за различни ВАБ Приложения в съответствие с Чл. 80 ал.1 на [1].
  4. В съответствие с утвърдената международна практика, разглеждането на опасности, произтичащи от преднамерени действия като саботаж, терористични атаки или война, е извън обхвата на настоящето ръководство.
  5. Ръководството е структурирано както следва:
* раздел 2 “Технически изисквания към ВАБ ниво 1” представя основните задачи, формиращи изпълнението на ВАБ ниво 1. В раздела са обхванати основните процедурни стъпки и свързаните с тях базови елементи, формиращи качественото изпълнение на изследването. В раздела са обхванати вътрешни събития, вътрешни и външни опасности, както са разгледани въпроси, свързани с получаването на оценки за площадката;
* раздел 3 “ Технически изисквания към ВАБ ниво 2” представя основните задачи, формиращи изпълнението на ВАБ ниво 2. Насоките са ориентирани към използването на интегриран подход, при който моделите на ВАБ ниво 1 и ниво 2 се разработват свързани и количествено определени в един софтуерен продукт, но където е необходимо са предоставени и указания за прилагане на не интегриран подход;
* раздел 4 “Осигуряване на качеството” описва подробно основните аспекти на осигуряване на качеството при разработване на ВАБ. В раздела са разгледани въпроси, свързани с определяне на процедури за изпълнение на отделните задачи, контрол на дейностите, одобряване на използваните методи, избор на компютърни кодове, провеждане на независими проверки и поддържане на ВАБ в актуално състояние.

## Законово основание за разработване

* 1. Съгласно Чл. 79, ал.1 на НОБЯЦ, [1] ВАБ се разработва за прилагане на интегриран подход в оценката на безопасността на ЯЦ. Чрез ВАБ се определят систематично всички фактори, които имат съществен принос към безопасността и радиационния риск за населението и околната среда.
  2. Съгласно Чл. 80, ал.1 на НОБЯЦ, [1] ВАБ трябва да притежава необходимото качество и ниво на детайлност за използване на получените резултати в подкрепа на детерминистичния анализ при вземането на решения в процеса на проектиране и експлоатация на ЯЦ по отношение на:
* демонстрирането на балансиран проект, при който никое изходно събитие няма непропорционално голямо влияние върху общия риск от ЯЦ;
* определянето на необходимостта от изменения в проекта и експлоатационните практики и оценка на достатъчността на предложените мерки за повишаване на безопасността;
* оценката на пределите и условията за експлоатация, аварийните инструкции и ръководствата за управление на тежки аварии;
* оценката на значимостта на експлоатационните събития;
* разработването и валидирането на програмите за обучение на персонала, включително на сценариите за обучение на пълномащабен тренажор;
* оценката на програмите за техническо обслужване, надзор и изпитване на конструкциите, системите и компонентите (КСК) със значителен принос към риска.
  1. Като основни аспекти, касаещи качеството на ВАБ, НОБЯЦ определя:
* съгласно Чл. 79, ал.3, 1) – да бъдат отчетени значимите източници на радиоактивност (ядреното гориво в активната зона на реактора и в басейна за съхранение) и всички експлоатационни състояния на енергийния блок (включително на пълна мощност, на ниска мощност и в спряно състояние);
* съгласно Чл. 79, ал.3, 2) – да бъдат отчетени всички значими изходни събития, вътрешни опасности (като вътрешни пожари и наводнения) и външни събития и опасности (като сеизмични въздействия и екстремни климатични условия), определени на основата на подходящи критерии за подбор;
* съгласно Чл. 79, ал.3, 3) - да бъдат отчетени всички функционални зависимости, произтичащи от пространствено разпределение и други възможни причини за откази по обща причина;
* съгласно Чл. 79, ал.3, 4) - реалистично моделирано поведение на енергийния блок с отчитане на действията на оперативния персонал съгласно експлоатационните и аварийните инструкции и обосновано време за изпълнение на функциите на системите;
* съгласно Чл. 79, ал.3, 5) - анализ на човешките грешки с отчитане на факторите, които могат да влияят върху поведението на персонала във всички експлоатационни състояния и аварийни условия;
* съгласно Чл. 79, ал.3, 6) - анализ на чувствителността на резултатите и оценка на неопределеността;
* съгласно Чл. 79, ал.4 - ВАБ да бъдат изпълнени с използването на специфични за енергийния блок данни и в съответствие със съвременна доказана методология, документирани и поддържани в актуално състояние в съответствие със системата за управление на експлоатиращата организация.
  1. Съгласно Чл. 80, ал.2 на НОБЯЦ, [1] ограниченията на ВАБ трябва да бъдат определени.
  2. Съгласно Чл. 81 на НОБЯЦ, [1] за да се оцени ефективността и достатъчността на защитата на ЯЦ срещу външни събития, в проекта се разглеждат и оценяват всички източници на опасност, които могат да окажат влияние на безопасността, със следния произход:
* природни явления, процеси и фактори, характерни за площадката и района около нея;
* опасности, предизвикани от човешка дейност.
  1. Съгласно Чл. 82 на НОБЯЦ, [1] анализ на външните събития с детерминистични и вероятностни методи.
  2. Това Ръководство няма задължителен характер. Използването на други подходи и методи при разработването на модела на ВАБ е приемливо, ако се покаже съответствието им с международно признатите добри практики.

# Технически изисквания към ВАБ ниво 1

## Общи съображения За ВАБ ниво 1

### Цели

* 1. ВАБ осигурява последователен и интегриран модел на безопасност на ЯЦ, явявайки се концептуален и математически инструмент за извличане на количествени оценки относно риска от експлоатацията на ЯЦ.
  2. ВАБ ниво 1 се разработва като част от общата оценка на безопасността на ЯЦ и е насочен към извършване на систематичен анализ на съответствието с основните цели и критерии за безопасност, изразени чрез оценка на средната честота за повреда на горивото.
  3. ВАБ ниво 1 следва да осигури доказване, където е възможно, на достатъчен запас до настъпването на прагови ефекти.
  4. ВАБ ниво 1 предоставя систематичен подход за оценка на поведението на ЯЦ в широк спектър от експлоатационни състояния и аварийни условия, за потвърждаване адекватността на проектните основи и проектните решения и за демонстриране на възможността за поддържане на ЯЦ в безопасно състояние.
  5. В съответствие с Чл. 80 на [1], ВАБ ниво 1 следва да бъде разработен така, че да позволява използването му в подкрепа на детерминистичния анализ в интегрирания риск-информиран подход на взимане на решения.

Изпълнението на тази цел е свързано с дефиниране на обхвата на изследването, прилагането на утвърдени методи и подходи в съответствие с международната практика и стандарти, както и отчитане на актуалното състояние на ЯЦ.

* 1. В съответствие с Чл. 59, ал. 2 на [1], ВАБ се използва при избора и категоризацията на изходните събития и аварийните последователности за допълване на информацията за процесите и поведението на ЯЦ и за оценка на приноса на различните аспекти на безопасността в общото ниво на безопасност.

### Обхват

* 1. Обхвата на ВАБ ниво 1 се определя от неговите цели и предназначение. Обхватът на ВАБ ниво 1 следва да дава увереност, че получените резултати са пълни и коректни, и покриват целия спектър от експлоатационни събития, определени в проектната концепция за осигуряване на безопасността на ЯЦ.

Като правило, обхватът на едно ВАБ изследване се определя от:

* разгледаните източници на радиоактивно изхвърляне;
* отчетените експлоатационни състояния на ЯЦ (работа на пълна мощност, ниска мощност и спряно състояние);
* разгледаните причини за изходните събития (вътрешни събития, вътрешни или външни опасности).
  1. В съответствие с Чл. 79, ал.3, обхвата на ВАБ ниво 1 се приема за пълен, ако включва:
* значимите източници на радиоактивност като ядреното гориво в активната зона на реактора и в БОК;

В случай, че проекта на ЯЦ предполага наличието и на други източници на значително радиоактивно изхвърляне, то те също се включват в обхвата на ВАБ ниво 1. Ако някой от тези източници бъде изключен от детайлно разглеждане, то това следва да бъде обосновано.

* всички експлоатационни състояния на енергийния блок;

При разглеждането на състоянията с работа на ниска мощност и спрян блок се отчитат както плановите, така и неплановите спирания на ЯЦ.

Интерфейсът между отделните експлоатационни състояния следва да бъде ясно определен и обоснован.

* всички значими изходни събития, вътрешни опасности (като вътрешни пожари и наводнения) и външни събития и опасности (като сеизмични въздействия и екстремни климатични условия), определени на основата на подходящи критерии за подбор.

Ключова характеристика при подбора на изходните събития е разглеждането на широк спектър от вътрешни събития и потенциални опасности. Необходимо е всяка от категориите изходни събития да бъдат систематично изследвани, за да се гарантира, че няма значими по отношение на риска, събития или опасности, които да са изключени от разглеждане във ВАБ ниво 1.

* 1. В случай, че се разработва ВАБ, чийто обхват не е пълен, то ограниченията в обхвата по отношение на представителността на получените резултати е необходимо да бъдат дискутирани и обосновани.
  2. Препоръчва се разработването на единен интегриран модел за ВАБ ниво 1, покриващ пълния обхват на изследването.

Допуска се моделът на ВАБ ниво 1 да бъде разделен на отделни модели (напр. за пълна мощност, ниска мощност и спряно състояние), но подобен подход следва да се избягва с оглед на възможните затруднения при използването на ВАБ ниво 1 в процеса на вземане на решения или при бъдещи негови Приложения.

### Количествени критерии и цели за безопасност

* 1. В съответствие с Чл. 44, ал. 2 на [1], резултатите от ВАБ ниво 1 трябва да потвърждават, че средната стойност на честотата на повреда на ядреното гориво е по-ниска от 1,0Е-05 годишно за енергиен блок, с отчитане на всички експлоатационни състояния и всички видове изходни събития и опасности.

Стойността от 1,0Е-05 1/год. за средната годишна честота на повреда на горивото за енергиен блок се третира като целеви критерий за риска, оценяван чрез методите на ВАБ ниво 1. Необходимо е да се има предвид, че целевият критерий е формулиран общо за енергиен блок, т.е. отнася се към сумата от получените средна честота за повреда на горивото в активната зона на реактора (CDF)[[1]](#footnote-1) и средна честота за повреда на горивото в БОК (FDF)[[2]](#footnote-2).

* 1. Определянето на необходимостта от изменения в проекта и експлоатационните практики или оценка на достатъчността на предложените мерки за повишаване на безопасността се извършва спрямо степента на удовлетворяване на целевия критерий;
  2. В съответствие с Чл. 80, ал. 1 на [1], резултатите от ВАБ ниво 1 се използват за демонстрирането на балансиран проект, при който никое изходно събитие няма непропорционално голямо влияние върху общия риск от ЯЦ.

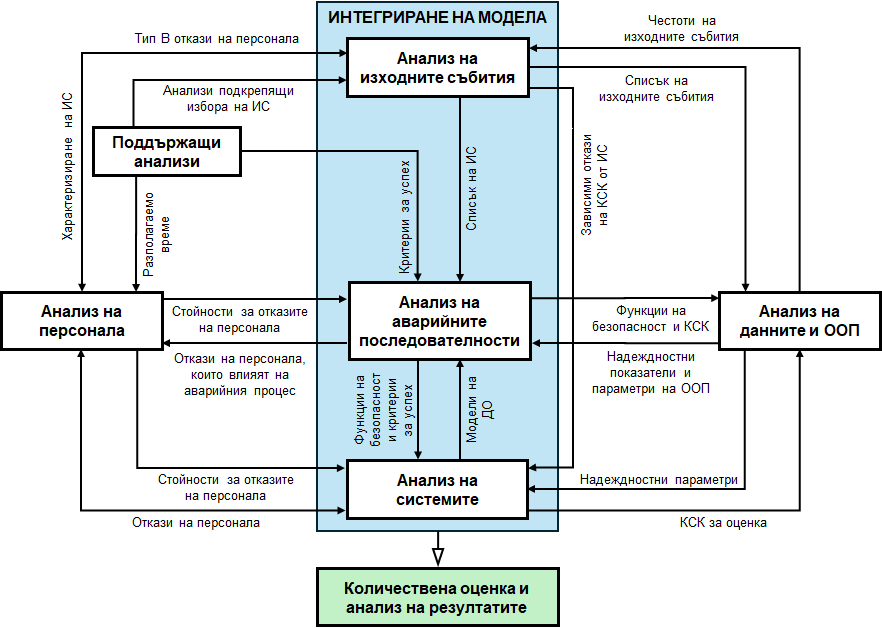
Необходимо е да се отбележи, че когато оценката за риска е достатъчно ниска и резултатите са относително равномерно разпределени, то трудно могат да бъдат идентифицирани допълнителни инженерни мерки, насочени към справяне с определена диспропорция. Затова, инженерната интерпретация на резултатите от ВАБ ниво 1 се очаква да бъде максимално всеобхватна като разглежда разпределението на резултатите по различни нива.

## Вътрешни събития

### Общи данни за анализа на вътрешни събития

* 1. Моделът за вътрешни събития (наричани също - вътрешни изходни събития), като правило, се явява основа за разработване на моделите на останалите опасности, които са включени в обхвата на ВАБ ниво 1. Затова, разработването на адекватен и качествен анализ на вътрешните събития е необходимата предпоставка, гарантираща цялостното постигане на целите на ВАБ.
  2. Разработването на модел за вътрешни събития обхваща изпълнението на различни основни задачи, които формират общата рамка на изследването. В съответствие с [7] основните задачи на изпълнението на ВАБ ниво 1 за вътрешни събития могат да се обобщят, както е представено на фигурата по-долу.
  3. Разработването на модел на ВАБ ниво 1 по своята същност се явява един итеративен процес, който изисква последващ преглед и надграждане на всяка една от представените задачи докато не се изгради прецизен и достатъчно детайлен модел.
  4. Въпросите, свързани с интегриране на модела, количествената оценка и анализа на резултатите са обособени отделно в п.2.517÷п.2.532, с оглед на цялостното представяне на насоките по отношение на изграждане на модел на ВАБ ниво 1 в пълен обхват.

В основата си тези въпроси са идентични, както за вътрешни събития, така и за вътрешни и външни опасности.



Обща рамка на разработване на модела за вътрешни събития

### Анализ на изходните събития

* 1. Анализът на изходните събития се явява първата задача в разработването на модела на ВАБ ниво 1. Изпълнението на тази задача осигурява в голяма степен пълнотата и завършеността на изследването спрямо поставените цели и обхват, тъй като пропускането на едно или повече значими събития може да има компрометиращ ефект върху крайните резултати.
  2. В съответствие с [7], [12]÷[14], [18], [19] и [21], изходно събитие (ИС) е събитие, което представлява отклонение от нормалната експлоатация на енергийния блок и което изисква успешни *смекчаващи действия* с цел предотвратяване на повредата на горивото.

В контекста на вътрешни събития, като ИС се разглеждат събития, причинени от повреда на оборудването и/или грешки на персонала (ГП), които могат директно да предизвикат повреда на горивото или да предизвикат нарушение на нормална експлоатация на енергийния блок, изискващо успешно смекчаване, за да се предотврати повредата на горивото.

* 1. В съответствие с [7], [12]÷[14], [18], [19] и [21], анализът на изходните събития се състои в:
* определяне на изчерпателен списък от ИС за всяко експлоатационно състояние на ЯЦ;
* групиране на ИС;
* определяне на честотата на ИС.

В случай, че ВАБ се разработва за площадка на ЯЦ с повече от един енергиен блок, то анализа предполага систематично определяне на въздействието на всяко ИС както върху всеки от енергийните блокове, така и върху комбинации между блоковете.

#### Определяне на ИС

* 1. Въпросът за представителността на списъка на ИС е особено важен, тъй като на базата на този списък, реално, се определя оценката за безопасността на ЯЦ и ограниченията при използването на ВАБ в риск-информирания подход на взимане на решения.
  2. Определянето на списъка на ИС за целите на ВАБ ниво 1 за вътрешни събития се реализира на базата на систематичен подход, така че да се осигури необходимата увереност, че списъка с ИС е достатъчно изчерпателен и не идентифицираните в него ИС, биха имали незначителен принос към общия риск. В съответствие с добрата практика [7], [12]÷[14], [18], [19] и [21], за гарантиране на пълнотата на списъка на ИС се препоръчва комбинираното прилагане на следните методи:
* преглед на проектната документация. Този преглед се отнася както към проектните и надпроектни аварии, разгледани в Отчетът за анализ на безопасността, така и към авариите, разгледани в рамките на анализите, свързани с удължаване на срока на експлоатация на ЯЦ или други анализи, свързани с обосноваването на проекта;
* идентифициране на изходните събития въз основа на анализа на експлоатационния опит на анализираната ЯЦ, както и на опита от подобни ЯЦ;
* преглед на списъците на ИС, разработени за ВАБ ниво 1 за подобни ЯЦ, международно приети списъци на ИС за ЯЦ, както и списъци на ИС, включени в различни стандарти или утвърдени в практиката ръководства;
* използване на аналитични методи като „Главна логическа диаграма” [[3]](#footnote-3), “Анализ на вида и ефекта на отказите”(АВЕО)[[4]](#footnote-4) или други подходящи методи.
  1. Списък от ИС се генерира както за всяко експлоатационно състояние на ЯЦ, така и за всеки източник на радиоактивност, обхванат от ВАБ изследването. В общия случай, съгласно [7], [12]÷[14], [18], [19] и [21], се формират съответните списъци на ИС за реакторната инсталация (РИ) и за БОК, за всяко от приложимите към тях експлоатационно състояние.

Събития, които са идентифицирани за дадено експлоатационно състояние се проверяват за приложимост спрямо останалите експлоатационни състояния, възприети в изследването за съответния източник на радиоактивност.

* 1. За генериране на изчерпателен списък от вътрешни ИС се препоръчва активното участие на персонала на ЯЦ в процеса на селектиране.
  2. Съгласно [7] и [21], при идентифицирането на ИС следва да се отдели специално внимание на характеристики на проекта, които са нови или специфични за изследваната ЯЦ. Това е особено важно по отношение на нови проекти за ЯЦ, които имат малък или никакъв експлоатационен опит. Следователно, всички нововъведения в проекта се изследват за потенциално уникални ИС или режими на повреда, които са специфични за съответния проект.
  3. Съгласно [7] и [21] като ИС следва да се разглеждат както пълната, така и частичната загуба на технологичните системи.

Идентифицирането на ИС в резултат на отказ на отделните системи се извършва с прилагането на утвърдени методи (напр. АВЕО или друг систематичен процес), за да се гарантира, че няма пропуснати важни ИС.

Частичните откази на системите (канал на система, или отделна група от КСК) следва да бъдат разгледани с оглед на по-голямата им честота, и следователно, възможност да допринесат значително за оценката на риска.

При определянето на ИС следва да се отчитат както случайните откази на оборудването, така и възможните откази по обща причина (ООП)[[5]](#footnote-5) и неразполагаемост на оборудването, поради изпълнение на дейности по поддръжката.

* 1. Отказите на технологичните системи и оборудване (или комбинациите от тях) се проверят за всяко експлоатационно състояние, за да се гарантира, че всички ИС, които водят до отказ или влошаване на изпълнението функциите за безопасност са надлежно идентифицирани.
  2. Изходните събития обикновено включват, но не се ограничават до:
* събития с нарушение в реактивността;
* преходни процеси от различен тип, свързани с откази на оборудване и системи (напр. неволно задействане на системи за безопасност, административно спиране на блока, загуба на охлаждане на горивото в БОК, срив на вакуума в кондензаторите и други);
* загуба на външно захранване;
* аварии със загуба на топлоносител (LOCA)[[6]](#footnote-6), т.е. теч от първи контур. Този тип събития обхващат късане на тръбопроводи, водещи до загуба на топлоносител или неизправност на клапани, през които се реализира загуба на топлоносител;
* загуба на топлоносител от БОК;
* междусистемен теч от първи контур (ISLOCA)[[7]](#footnote-7);
* междусистемен теч от БОК, ако е приложим;
* късане на корпуса на реактора;
* късане на тръбичка на парогенератора;
* загуба на поддържащи системи;
* загуба на краен поглътител на топлина;
* грешки при боравенето с гориво;
* загуба на охлаждане на БОК.
  1. Като правило, изходните събития с теч от първи контур се разделят по размера и мястото на теча с цел намаляване на консерватизма при моделирането им. Това разделение се извършва на базата на критериите за успех на системите за локализация и предотвратяване на повреждането на горивото.
  2. При разработването на модела за ниска мощност и спрян блок следва да се отчита промяната в условията на експлоатация и в конфигурацията на системите. Тези съображения се вземат предвид не само при дефиниране на преходните процеси (напр. неправилни манипулации с горивото, борно разреждане, предрениране на първи контур и други), но и при определяне на събитията с теч (напр. загуба на топлоносител през системата планово разхлаждане, теч от БОК, загуба на топлоносител поради ГП при изпълнение на дейностите по време на плановия годишен ремонт и други).
  3. Допуска се отсяване на първоначално определените ИС. В съответствие с [7], [12]÷[14], [18], [19] и [21] могат да не се разглеждат като ИС, събития, за които се демонстрира, че отговарят на някое от следните условия:
* събитието не е приложимо за проекта на изследваната ЯЦ;
* възникването на събитието не предизвиква непосредствени действия за смекчаване;

Прилагането на този критерий следва да бъде съпроводено с достатъчно аргументи, показващи, че персонала има достатъчно време да установи и коригира проблема преди да възникне необходимост от изпълнение на смекчаващи действия.

* честотата на събитието е по-малка от определена отсичаща стойност.

Избора на отсичащата стойност следва да се подбира така, че да се гарантира устойчивост на оценката за риска, т.е. ако отсетите ИС бъдат отчетени в модела, то това няма да промени съществено резултата за средната честота за повреда на горивото. Като разумно допустим подход за определяне на отсичащата стойност може да се използват следните съображения:

* в случай, че дадено събитие не води до директна повреда на горивото, байпас на херметичната конструкция (ХК) или радиоактивно изхвърляне в околната среда, за да бъде елиминирано по критерий ниска честота от списъка на ИС е необходимо да се демонстрира, че събитието има честотата на възникване по-малка от 1% от очакваната средна честота за повреда на горивото;
* в случай, че дадено събитие води до директна повреда на горивото в активната зона на реактора или в БОК, байпас на ХК или радиоактивно изхвърляне в околната среда, за да бъде елиминирано по критерий ниска честота от списъка на ИС е необходимо да се демонстрира, че събитието има честота на възникване поне на един порядък по-малка от възприетата в изследването отсичаща стойност при количествените пресмятания на модела.

#### Групиране на ИС

* 1. Като правило, групирането на изходните събития има за цел да облекчи по-нататъшния анализ, както и да осигури неговата по-добра проследимост и контрол. Групирането на ИС следва да се извършва в съответствие с ясно дефинирани правила, така че да не доведе нито до въвеждането на излишен консерватизъм в оценката за риска, нито до нейното подценяване.
  2. Съгласно добрата практика ([7], [12]÷[14], [18], [19] и [21] и други) ИС могат да бъдат групирани в една група, ако за всички посочени по-долу свойства на ИС е установено, че са еднакви или много подобни:
* развитие на аварийния процес след настъпването на ИС;
* необходими функции за безопасност и системи, които ги изпълняват;
* критерии за успех към кредитираните системи;
* ефект от ИС върху наличността и работата на кредитираните системи, включително върху условията, при които протичат аварийните процеси (време за реакция на оператора, сработила автоматика, условия на околната среда, зависимости от ИС, разполагаемостта и работата на защитните и поддържащите системи, и други);
* ефект от изходното събитие върху поведението и работата на персонала;
* достигнати крайни състояния.
  1. Съгласно [7], [13] и [21], в една група могат да се включват събития, които имат аналогична реакция на блока, но за които критериите за успех или времето на реакция на оператора да не са напълно идентични. В този случай, обаче, като представителни за групата се възприемат най-тежките критерии за успех или най-кратките времена.

За всяка група ИС следва да се избере представително ИС, спрямо което се разработва модела. Следователно, ИС с най-тежките изисквания спрямо реакцията на блока се избира като представително за групата. Ако този избор внася прекален консерватизъм в резултатите от ВАБ ниво 1 и изкривява значително разпределението на резултата по групи ИС, то е необходимо да се обмисли ревизиране на групирането на ИС.

* 1. ИС, които имат потенциал за големи радиоактивни изхвърляния или байпас на ХК (напр. разкъсване на тръбичка на парогенератор, разкъсване на колектора на парогенератора по първи контур, катастрофално разкъсване на корпуса на реактора, междусистемен теч и др.) се моделират независимо в самостоятелни групи.

#### Определяне на честотите на ИС

* 1. На всяко ИС или група ИС, моделирани в ВАБ от ниво 1 следва да се определи честотата на реализация. Честотата на група ИС се явява сумата от честотите за всички отделни ИС, отнесени към тази група.
  2. Честотите на ИС се определят спрямо експлоатационното състояние, към което са адресирани. Честотата на ИС (или групата ИС) се определя за календарна година, но така, че да се отчита частта от времето, през което ЯЦ е в съответното експлоатационно състояние. Следователно, независимо от конкретното експлоатационно състояние, честотите на ИС се изразяват чрез брой събития за календарна година.
  3. Математическите модели за определяне на честотите на ИС се базират на допускането, че честотата на изходните събития е параметър на хомогенен Поасонов процес. т.е. събитията се случват независимо едно от друго във времето. Честотата на ИС се определя с прилагане на подходящи статистически методи за оценка като освен точкова оценка на честотата, съответните параметри на неопределеността също се определят.
  4. В съответствие с Чл. 79, ал.4 на [1] следва да се демонстрира, че честотите на ИС са оценени с използване на актуални данни и максимално съответстват на проекта и начина на експлоатация на изследваната ЯЦ.
  5. Оценката на честотите ИС следва да се основава на максимално на специфични за ЯЦ данни.

За улесняване на оценката на ИС се препоръчва създаване на база данни, съдържаща важната информация за суровите данни, такава като дата на реализация, описание на събитието, ниво на мощност, код на ИС или група ИС към които е отнесено събитието и друга, необходима за оценката информация.

* 1. За отчитане на по-широк експлоатационен опит, обобщените стойности за честотите на ИС (вкл. данните за тяхната неопределеност) от международно признати източници надлежно се събират и проверяват за приложимост към анализираната ЯЦ.
  2. За получаване на адекватна оценка на честотите на ИС се препоръчва интегрирането на информацията от обобщените данни и специфичните данни от ЯЦ чрез доказани методи. Съответствието на получените резултати към наблюдаваната експлоатационна практика на ЯЦ следва да бъде проверено.

Като утвърден подход за комбиниране на експлоатационните данни с обобщените данни е възприето да се използва бейсов подход. Параметрите на неопределеност на честотата на ИС, получено при бейсов подход могат да се използват директно или да се отчетат посредством подходящо разпределение.

* 1. За определянето на честотата на ИС, дължащо се на загубата на технологична система се препоръчва да се използват модел на „Дърво на отказите“ (ДО). Предимството на този метод е, че може да отчете в достатъчни подробности (в зависимост от нивото на детайлизация) всички пътища за реализиране на ИС.

При използването на метода ДО е необходимо да се демонстрира, че модела е изграден по начин, който позволява получаването на честотата на върховото събитие в условията на съответното експлоатационно състояние.

* 1. За изключително редки ИС оценката на честота може да се базира на използването на експертна оценка, допълнена с приложими обобщени данни и специфични за ЯЦ анализи.

Честотите на събитията с теч от първи контур като правило се оценяват, използвайки основно обобщените данни от международно признати източници или от подобни ЯЦ. За да се оцени приложимостта на обобщените данни могат да вземат предвид резултатите от програмите за инспекции на тръбопроводите, резултатите от анализи, свързани с обосноваване на концепцията “изтичане преди разкъсване” (LBB)[[8]](#footnote-8) или други подходящи анализи за изследваната ЯЦ.

Допуска се оценката на честотите на събитията с теч от първи контур да се базира на резултатите от специфични за изследваната ЯЦ анализи за оценка на вероятността на разрушаване на различни КСК, ако са достатъчно обосновани и обхващат основните механизми на крехкостно и корозионно разрушаване.

* 1. Честотите на междусистемните течове от първи контур се оценяват като се вземат предвид възможните местоположения на аварията, типа на локализиращите устройства, наличните защити и блокировки, както и стратегията за наблюдение и контрол.

#### Документиране на анализа на изходните събития

* 1. Документацията на анализа на ИС следва да описва достатъчно подробно процеса на селектиране, групиране и оценка на честотата на ИС. Това включва представяне на достатъчно детайли относно:
* резултатите от прегледа на използваните списъци на ИС. Препоръчва се използваните списъци да се представят в пълният им вид заедно с аргументите за приложимост към изследваната ЯЦ;
* описание на приложените аналитични методи, свързаните с тях данни, схеми, анализи и резултати;
* база данни на обработените специфични за ЯЦ събития;
* възприетите категории за теч от първи контур и свързания с тях анализ на границите на първи контур;
* списъкът на отсятите от анализа ИС и кореспондиращите основания;
* принципите за групиране на ИС и съответните резултати от прилагането им. Основанията за възприетото групиране се представят със съответните референции, където е приложимо;
* описание на възприетите методи за оценка на честотите на ИС;
* количествената оценка на честотата на всяко ИС (група ИС) съвместно с използваните входни данни.
  1. Всички фактори, определящи ограниченията и неопределеността на анализа на ИС следва да бъдат представени и документирани по подходящ начин.
  2. Документацията на анализа на ИС следва да бъде структурирана така, че за всяко ИС да може лесно да се проследи и намери описание на събитието, използваните методи за идентифицирането му, основанията за групирането му, както метода и данните, използвани за оценка на честотата му.

### Анализ на аварийните последователности

* 1. Анализът на аварийните последователности се осъществява за всяко идентифицирано ИС (или група ИС) и за всяко експлоатационно състояние, за което съответното ИС (или група ИС) е възможно.
  2. Целта на анализа на аварийните последователности е да се гарантира, че реакцията на енергийния блок на дадено ИС (или група ИС) е отразена по начин, който осигурява че:
* всички специфични сценарии, които могат да доведат до повреда на горивото са надлежно обхванати;
* критериите за успех на отделните системи, дефинираното време на мисията или времената за изпълнение на действията на персонала, кредитирани в модела на аварийните последователности са обосновани и отразяват реалистично развитието на аварийния процес;
* специфичните зависимости (напр. в резултат на въздействието на ИС, функционални зависимости, пространствени зависимости, зависимости поради човешки действия или зависимости в резултат на откази по обща причина) са коректно отразени в структурата на модела на аварийните последователности;
* крайните състояния са ясно определени и позволяват надграждане на модела за целите на интерфейса с ВАБ ниво 2.

#### Функциите за безопасност

* 1. Функциите за безопасност, необходими за достигане на стабилно и безопасно състояние следва да бъдат определени за всяко ИС (или група ИС) при всяко експлоатационно състояние. Този процес се осъществява на базата на специфичните за ЯЦ аварийни процедури и резултати от детерминистични анализи.
  2. Системите и действията на персонала, необходими за изпълнението на функциите за безопасност в условията на разглежданото ИС (група ИС) следва да бъдат идентифицирани, заедно със съответните критерии за успех.

Определянето на действията на персонала е препоръчително да се осъществява във взаимодействие с персонала на ЯЦ и експертите, отговарящи за разработване на системните модели и анализа на човешките действия.

#### Определяне на критериите за успех

* 1. Критерият за успех се дефинира като минимално изискуема конфигурация на системата, необходима за изпълнението на дадена функция за безопасност в условията, формирани при съответна аварийна последователност.

Като правило, критерият за успех на многоканални системи се дефинира чрез броя на каналите, които трябва да са работоспособни.

Ако дадена функция за безопасност се изпълнява от съвместната работа на няколко технологични системи, то критерии за успех се дефинират за всяка от системите в съответствие с необходимата за функцията конфигурация. Следователно, за определена технологична система могат да бъдат дефинирани различни критерии за успех в зависимост от функциите за безопасност, които системата е в състояние да изпълнява и в зависимост от условията, налагани от аварийните последователности, при които се изисква работата на системата.

* 1. Критериите за успех следва да бъдат обосновани чрез съответните специфични за изследваната ЯЦ детерминистични анализи (термохидравлични и неутронно-физични).

Препоръчително е определянето на критериите за успех да се основава на реалистични термохидравлични анализи, базирани на подхода за „най-добра оценка“[[9]](#footnote-9).

Използването на консервативни термохидравлични анализи е необходимо да бъде обосновано и да се демонстрира, че въведения по този начин консерватизъм не доминира върху резултатите и не изкривява изводите от ВАБ изследването.

* 1. Критериите за успех включват и продължителността на работа на системите (традиционно изразявано като време на мисията).

За аварийни последователности, изискващи дългосрочни мерки за осигуряване на стабилното и безопасно крайно състояние, времето на мисията следва да бъде определено така, че възможните прагови ефекти да бъдат адекватно отчетени.

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 като стабилно и безопасно, то за тези последователности може да се приеме повреда на горивото. Изключение от това общо правило е възможно, ако в случай на използване на по-голям период за времето на мисията са възможни допълнителни мерки за предотвратяване на повредата на горивото. В тези случаи, увеличаването на периода на времето на мисията, мерките и свързаните с тях системи и действия на персонала следва да бъдат добре аргументирани и отчетени в модела на съответната аварийна последователност.

* 1. При определянето на критериите за успех следва да се отчита неопределеността на използваните детерминистични анализи.

#### Моделиране на аварийните последователности

* 1. Избраният метод за анализ на аварийните последователности следва да осигурява възможност за моделиране на важните комбинации от реакции на системите и действията на персонала, които засягат необходимите функциите за безопасност при дадено ИС (група ИС), предоставяйки рамка за количественото определяне на крайните състояния.

В съответствие с [7], [12]÷[14], [18], [19] и [21], Дърво на събитията (ДС) е методът, който се е наложил като добра практика за моделиране на аварийните последователности. Съответно, този метод е заложен в повечето професионални компютърни програми за разработване на модел на ВАБ.

ДС е графичен модел, който подрежда и отразява събитията в съответствие с изискванията за преодоляване на съответното ИС (група ИС). Събитията в едно ДС (наричани функционални събития), могат да се формулират като състояние на функция за безопасност, състояние на система или действия на персонала. Всяка последователност се изразява чрез ИС (група ИС), успешните действия или отказите на системите/персонала, участващи в преодоляването на аварията и присвоено крайно състояние.

* 1. Доколкото е практично, подредбата на функционалните събитията в ДС следва да кореспондира на хронологията на събитията, представена в детерминистичните анализи или аварийните процедури на ЯЦ.

С цел минимизиране на броя на аварийните последователности е допустимо причинно-следственото подреждане, като се представят и съответните разяснения.

* 1. Аварийни последователности, за които може да се демонстрира незначителен принос към честотата за повреда на горивото могат да бъдат отсяти от модела.

Адекватността на подобно опростяване на модела следва да бъде подкрепена чрез съответните анализи на чувствителност.

* 1. Крайното състояние на всяка последователност се дефинира и обосновава.
  2. Моделът на аварийните последователности следва да се разработва с достатъчно ниво на детайлизация за всяко ИС (група ИС). Нивото на детайлизация е необходимо да обхваща различията в критериите за успех на моделираните системи и действия на персонала.

Системите, осигуряващи една и съща функция на безопасност следва да се моделират като отделни функционални събития, ако избора на една система вместо друга налага различни функционални зависимости (напр. значително променя изискванията за намеса на персонала или изисква функционирането на друга система).

* 1. За намаляване на размера и сложността на отделните ДС е допустимо да се използват трансфери между отделните ДС. Използването на трансфери между отделните ДС следва да се прилага, ако се гарантира, че се запазват зависимостите, които са част от прехвърлената последователност.

При използването на трансфери между ДС е възможно едно ДС се използва в модела на няколко ИС (групи ИС). Това изисква общото ДС да се разработи по начин, позволяващ обхващането на всички последователности, които могат да се развият в резултат на различните ИС (групи ИС). В случай, че този подход въвежда излишен консерватизъм се препоръчва разработването на отделно ДС за ИС (групата ИС), чиято оценка може да бъде значително надценена.

* 1. За всяко функционално събитие, дефинирано в ДС следва да бъде оценена и моделирана зависимостта му от въздействието на ИС (група ИС), както и зависимостта му от успеха/отказа на предхождащите го функционални събития.

Въздействието на ИС (група ИС) може да бъде отразено чрез прилагане на различни техники за моделиране. Възможен е подход с промяна на критерият за успех и отразяване на спецификата на ИС (група ИС) в модела на системите, както е допустимо въздействието да се отрази директно в модела на ДС чрез елиминиране на отделни клонове или отчитане на допълнителни функционални събития.

Функционалните зависимости от успеха/отказа на предхождащите функционални събития като правило се осъществява при изграждането на логиката на аварийната последователност в ДС (напр. случаите, в които отказът на една система прави невъзможно успешното действие на друга система).

* 1. При разработването на модела на аварийните последователностите следва да се отчетат всички феномени (или вторичните ефекти), причинени от ИС (група ИС) или други последващи събития по време на развитието на аварията. Като феномени (или вторичните ефекти) могат да се разглеждат влошаване на условията на околната среда (температура, налягане, водни нива, влажност и т.н.), запушване на филтри или линии на флуидния поток, камшични удари и други въздействия, рефлектиращи върху разполагаемостта на КСК.

Отчитането на вторичните ефекти следва да се реализира по подходящ начин в модела на ДС или в модела на засегнатите системи.

* 1. При неизолируем теч от първи контур извън границите на ХК, като правило се приема, че стабилно крайно състояние може да бъде достигнато само, ако загубата на топлоносител е преустановена, например чрез понижаване на температурата и налягането в реактора.
  2. Модела на ДС следва да бъде разработен с отчитане на зависимостите между основните и осигуряващите системи.

При използване на подхода „малки дървета на събитията - големи дървета на отказите” тези зависимости е по-удобно да се моделират в модела на системите, като се отчитат при свързването на ДС и ДО.

При използване на подхода „големи дървета на събитията - малки дървета на отказите”, нивото на детайлизация на ДС следва да се подбере така, че зависимостите на ниво канал на системите да бъдат адекватно отчетени.

* 1. Ако конфигурацията на системите при дадено експлоатационно състояние или практиките за поддръжка на КСК създават или променят уточнените зависимости между различните системи, то тази специфика се отразява в модела на ДС или в модела на системите.
  2. Модела на ДС следва да отчита, където е приложимо, промяната в състоянието на времезависими фактори. Като времезависими фактори могат да се третират времето за възстановяване на външното захранване, времето до изчерпване на резервоари с вода или с гориво, продължителност на работа на батериите, времето възстановяване на определени ресурси и други.

#### Определяне на крайните състояния

* 1. За целите на ВАБ ниво 1, крайното състояние на аварийните последователности може да се дефинира като:
* стабилно и безопасно състояние – ако всички необходими функции на безопасност са изпълнени;

При определянето на дадено крайно състояние като стабилно и безопасно се взема предвид неопределеността на резултатите от използваните детерминистични анализи.

* повреда на горивото – нарушаване на проектните критерии за цялост на горивото. Следователно, това състояние следва да се присвои на последователностите, за които използваните детерминистични анализи показват, че не са изпълнени критериите за приемливост.

В случай, че не са налични детерминистични анализи в подкрепа на моделирането на аварийните последователности, се допуска при отказ на една или повече функции за безопасност да се присвоява състояние с повреда на горивото като крайно. За оценка на значимостта на подобни допускания се препоръчва провеждането на анализ на чувствителност.

* 1. Възприетата по п. 2.69 дефиниция на състоянието с повреда на горивото не прави разлика във възможните степени на повреда, т.е. не се разграничава частичната повреда на горивото от пълната.

В случай, че целите на ВАБ изискват разграничаване или прецизиране на вида и степените на повреда, то съответните дефиниции за повреда на горивото следва да бъдат ясно определени и отчетени при присвояване на крайното състояние на всяка аварийна последователност

* 1. Ако модела на ВАБ ниво 1 се разработва като част от по-широко ВАБ изследване, т.е. включващо модел както на ВАБ ниво 1, така и на ВАБ ниво 2, то дефинирането на крайното състояние на аварийните последователности може да бъде разширено до така наречените състояния с повреда на блока[[10]](#footnote-10).

Насоки за дефиниране и определяне на състоянията с повреда на блока са представени в раздела за „интерфейс между ВАБ ниво 1 и ВАБ ниво 2“, виж п.3.21÷п.3.40.

#### Документиране на анализа на аварийните последователности

* 1. Следва да бъде представена обща рамка на методологичния подход като се представят функциите на безопасност, заложени в проекта на ЯЦ и системите, които ги изпълняват, приложените методи за определяне на критериите за успех, използваните техники за моделиране на зависимостите, възприетите крайни състояния и принципите за присвояването им.
  2. За всяко ДС се очаква да бъде представена следната информация:
* функции за безопасност и свързаните с тях системи и действия на персонала, необходими за достигане на безопасно и стабилно състояние в условията на разглежданото ИС (група ИС) при всяко от възможните експлоатационни състояния;
* критериите за успех на системите и действията на персонала, включително основанията за тези критерии при различните експлоатационни състояния като се посочат използваните за целта анализи;
* общо описание на развитието на аварийния процес. Това включва детайлно представяне на графичния модел, приложимите аварийни процедури на ЯЦ, очакваните директни ефекти от ИС (групата ИС), както и възможните вторични ефекти, информация за работата на системите и всякаква друга информация, необходима за потвърждаване на адекватността на моделираните аварийни последователности;
* описание на моделираните зависимости и методите им за включване в модела. Ако за опростяване на модела са пренебрегнати определени зависимости, то основанията за подобен подход следва да бъдат представени;
* проведени оценки или други съображения, използвани за обосноваване на работоспособността на оборудването извън неговите „нормални“ проектни параметри, ако е кредитирано;
* описания на всяка отделна аварийна последователност и аргументите за присвоеното крайно състояние;
* списък на използваните трансфери;
* описание на специфични функционалности на компютърния код, ако са използвани при изграждането на модела на ДС (напр. различни набори от гранични условия, различни входове за функционалните събития и други).
  1. Всички фактори и допускания, определящи ограниченията и неопределеността на анализа на аварийните последователности следва да бъдат представени и документирани по подходящ начин.
  2. Взаимовръзките на анализа на аварийните последователности с други задачи на ВАБ ниво 1 се документират с необходимите за проследяването референции.

### Анализ на системите

#### Основи на анализа на системите

* 1. Целта на анализа на системите е да се разработи модел за отказа на всяка система, отчетена в модела на аварийните последователности.

В съответствие с наложилата се практика [7], [12]÷[14], [18], [19] и [21], моделирането на поведението на системите се извършва чрез на метода ДО, което осигурява завършеност на модела на ВАБ при използване на ДС като метод за представяне на аварийните последователности. Съответно, метода на ДО е заложен в повечето професионални компютърни програми за разработване на модел на ВАБ.

Дървото на отказите представлява дедуктивен анализ, при който всяко нежелателно състояния на системата се анализира в контекста на нейната експлоатационна среда и функциониране за намиране на всички достоверни пътища (комбинации от откази), по които може да се случи съответното нежелателно събитие.

* 1. Общите съображения при моделирането на системите са свързани с определянето на граничните условия, дефинирането на критериите за успех на системите, дефинирането на границите за отказ на оборудването, отчитането на неготовността поради ремонт или тест, определянето на откази по обща причина, идентифицирането на свързаните със системата откази или ГП.

#### Характеризиране на системите и определяне на границите им

* 1. Анализа на системите се базира върху актуалната информация по отношение на проектното им състояние и експлоатационната практика, т.е. „както е изградено и както се експлоатира“[[11]](#footnote-11).
  2. Актуалните данни по отношение на характеристиките на системите се събират и обработват в контекста на функциите, които системите следва да изпълнят съобразно модела на аварийните последователности.

Източници на актуална информация за системите се явяват инструкциите за експлоатация, инструкциите за управление на авариите, отчет за анализ на безопасността (ОАБ), симптомно-ориентирани аварийни инструкции (СОАИ), чертежи, технически спецификации на оборудването, процедури за ремонт и поддръжка, технически решения, проектни документи, резултати от обходи и друга специфична документация на ЯЦ.

За новостроящи се ЯЦ, ако наличната проектна документация не е достатъчна, могат да се използват данните от референтната ЯЦ или от други ЯЦ с подобен проект.

* 1. За всяка система, изпълняваща функции в модела на ДС следва да се идентифицират всички осигуряващи системи.

Зависимостите между основни и осигуряващи системи, както между самите осигуряващи системите се препоръчва да бъдат представени посредством подходящи матрици на зависимостите.

* 1. Границите на системите се дефинират в контекста на изпълняваните функции. Необходимо е да се има предвид, че границите на системите, дефинирани за целите на ВАБ може да се различават от технологичните, използвани в документацията на ЯЦ. При определяне на границите на системата, оборудване, чиито функции са свързани само с една система като правило се включва в границите на тази система, независимо, че по номенклатура на ЯЦ може да се третира като част от друга система.

Подхода за определяне на границите на системата с фокус върху граничното оборудване със съседни системи или осигуряващи системи следва да бъде ясно определен, за да се гарантира, че няма пропуснати компоненти.

#### Разработване на модел на ДО

* 1. Модел на ДО се разработва за всеки критерий за успех, определен в рамките на моделите на аварийните последователности.
  2. Нивото на детайлизация на дефинираните откази на оборудването (или границите на отказите) следва да бъде съобразено с наличните данни за надеждностните параметри на оборудването.

Например, не е необходимо да се разбива моделът на дадена помпа до двигател, лагери, колена и други детайли, ако събраната за помпата статистика за отказите обединява всички коренни причини в един вид отказ, т. е. отказ на помпата да се включи или да работи.

Елементи, които са споделени от различно оборудване не следва да се включват в границите на отказ на съответното оборудване, тъй като подобен подход може да доведе до пропускане на важни зависимости.

* 1. За определяне на приложимите видове откази на оборудването се препоръчва използването на систематичен подход.

В съответствие с [7], [12]÷[14], [18], като подходящ метод се е наложил АВЕО. АВЕО е систематичен метод за изучаване на надеждността на отделните елементи и оборудване, които формират системата като цяло. Основният процес при този метод се състои в това да се дефинират възможните видове откази на компонентите в системата и да се проследят логическите последователности, произтичащи от тези откази до крайния ефект върху системата. Анализът на вида и ефекта на отказите може да бъде много по-детайлен от ДО, тъй като всички видове откази на всеки компонент от системата следва да се разгледа. В този смисъл, АВЕО е мощно средство за гарантиране на адекватен и пълен модел на системите.

* 1. В модела на ДО се включват всички откази, които водят до невъзможност за изпълнение на анализираната функция на системата в съответствие с дефинираният в ДС критерий за успех. В общия случай в ДО се отчитат:
* всички видове откази (случайни или зависими) на активни и пасивни компоненти и неразполагаемостта им поради изпълнение на дейности по тест или ремонт. Идентифицирането на тези откази се реализира, както е посочено в п.2.84 чрез АВЕО или друг подходящ метод. За всяко експлоатационно състояние следва да се включват само приложимите откази (напр. възможно е определени компоненти в режим на очакване при работа на блока на мощност да са в режим на работа при спрян блок, т.е. отказите им на поискване вече не са приложими при спрян блок);
* функционални зависимости от осигуряващи системи като електрозахранване, охлаждаща вода, вентилация, автоматика и др.;
* възможните конфигурации на системата (ако е приложимо). Според възприетата техника на моделиране може да се направи един модел, който да покрива всичките конфигурации на системата или да се направят отделни модели за всяка различна конфигурация, които впоследствие да бъдат подходящо обединени. Асиметричното моделиране на каналите на системите е допустимо, ако може да се демонстрира, че избора на определена конфигурация не влияе върху резултатите от ВАБ ниво 1;
* ефекта от въздействието на ИС, ако води до неработоспособност на оборудването. За ИС, водещи до отказ на система/канал на система или конкретно оборудване следва да се избере подходяща техника за моделиране в логиката на ДО така, че да се отрази съответната зависимост, т.е. при анализа на съответното ИС, дадената система/канал на система или оборудване да се третират като отказали;
* човешки грешки. В анализа на системите се включват всички човешки грешки, които са причина системата или компонента да не са в готовност при поискване. Отчитат се също така всички човешки грешки, които могат да настъпят по време на работа на системата, ако не са включени изрично в модела на ДС;
* за споделени между два и повече блока системи се отчитат зависимостите, произтичащи от взаимовръзката, включително при определянето на границите на системите.
  1. В съответствие с [13], за опростяване и намаляване на размера на ДО, определени събития могат да бъдат изключени от модела, ако се удовлетворява някой от следните критерии:
* компонент може да бъде изключен от модела на системата, ако общата вероятност за отказ (сумата от вероятностите за различните видове откази, приложими към компонента) е поне два порядъка по-ниска от най-високата вероятност за отказ на друг компонент на системата, който не е изключен от модела и има същият ефект върху работата на системата;
* един или повече видове откази на компонент могат да бъдат изключени от модела на системата, ако приносът им към общата му вероятност за отказ на компонента (сумата от вероятностите за различните видове откази, приложими към компонента) е по-малък от 1% и имат същия ефект върху работата на системата, както оставените в модела видове отказ на компонента;
* откази на компонентите (като тези, които настъпват по време на или след дейности по изпитания или техническо обслужване) могат да бъдат изключени от модела, когато компонентът получава автоматичен сигнал за възстановяване на състоянието си и няма други откази, които биха попречили на компонента да получи сигнала. Например може да не се разглежда отказ на помпа по време на изпитание, когато изпитното положение на прекъсвача на помпата не пречи на помпата да стартира, поради настъпило изходно събитие;
* отклоняването на поток, като тип на отказ при системи с флуидна среда може да бъде пренебрегнато, ако загубата на потока през отклонението е пренебрежима спрямо необходимата или е малко вероятно да се случи (напр. в случай когато са налични два или повече последователно разположени ръчни клапана по линията на отклонението и се изисква тяхното отваряне).

Компоненти или видове откази, отговарящи на горните критерии не подлежат на елиминиране от модела, ако могат да предизвикат отказ на няколко системи или на няколко канала от една система.

* 1. За определяне на вероятността на дефинираните откази следва да се използва подходящ надеждностен модел, който съответства на дефинирания вид на отказ, наличните надеждностни показатели и режим на откриване на отказите.

Избора на подходящия модел се осъществява съвместно с изпълнението на задачата по анализ на данните, виж п.2.124.

* 1. Неразполагаемостта на компонентите поради тест или ремонт (превантивен или авариен) се включва в модела на системите в съответствие с действителната експлоатационна практика. Експлоатационните ограничения и условия, свързани с извеждане на оборудването се разглеждат в контекста на изискванията за всяко експлоатационно състояние. Обикновено в модела се отчитат:
* неразполагаемост на компонент или канал на система поради тест. Този тип неготовност се моделира като базово събитие в ДО, когато компонента или канала на системата е преконфигуриран за целите на теста така, че реалното изпълнение на функцията е невъзможно при възникване на ИС;
* неготовност поради авариен ремонт на канал на система при работа на блока на мощност. Този тип неразполагаемост, традиционно се дефинира на ниво канал, тъй като процедурите, обикновено, изискват изолиране на целия канал при необходимост от ремонтни дейности по оборудването. В случай, че процедурите позволяват извеждане на обособена група оборудване, което не касае целия канал, то може да се използва по-подходящо ниво;
* неготовност поради превантивен ремонт на канал на система при работа на блока на мощност;
* неготовност поради годишен превантивен ремонт на канал на система. Този тип неразполагаемост е приложим за определени експлоатационни състояния.

Ако съгласно експлоатационната практика извеждането на два канала не е допустимо, то тази специфика следва да бъде отчетена в модела. За избягване на надценяването на значимостта на неготовността поради ремонт или тест, се препоръчва разработването на симетричен модел.

* 1. В съответствие с [7], [12]÷[14], [18] и [21], отказите в ДО се третират като невъзстановими. Допуска се моделиране на възстановяване на отказало оборудване, но само ако се покаже, че възстановяването е практически изпълнимо за разглежданият период от време на мисията на системата.
  2. Всички откази на компонентите, които биха могли да предизвикат загуба на повече системи (така наречените споделени компоненти), са включени явно в моделите на засегнатите системи, дори ако въздействието на отказите на тези компонентите да се приема за незначително.
  3. Всички функционални зависимости от осигуряващите системи се моделират явно чрез подходящите трансфери към ДО на осигуряващите системи. Изключването на определени зависимости от модела следва да бъде обосновано.
  4. Всички условия, които биха довели до спиране или изключване на оборудването на системата следва да бъдат анализирани и явно моделирани, където е приложимо.
  5. Пространствените и физическите зависимости, произтичащи от аварийните последователности, които могат да повлияят на работата на системата, се идентифицират и отчитат в ДО, ако не са отчетени в ДС. Насоки за определяне и моделиране на зависимостите са представени в п.2.101÷ п.2.105
  6. За всички многоканални системи се разглежда потенциала да възникнат ООП на резервираното оборудване. Насоки за определяне и моделиране на ООП са представени в п.2.106 ÷ п.2.121
  7. Целесъобразността за отчитане на ООП между оборудването на различни системи се определя на базата на първоначалните резултати за честотата на повреда на горивото (CDF и FDF) като се разглежда в контекста на свързващите фактори. Подхода за дефиниране и оценка на ООП между оборудването на различни системи е идентичен с този, използван при дефинирането и оценката на вътрешносистемните ООП.
  8. За избягване на логически цикли (дължащи се на реципрочни зависимости между системите) се препоръчва използване на подходи, водещи до минимално изкривяване на резултатите.
  9. Използването на така наречените суперкомпоненти (събитие обединяващо отказите на няколко компонента) е допустимо, но следва да се избягва с оглед на възможните ограничения при бъдещото използване на ВАБ за различни Приложения.

При прилагане на суперкомпоненти следва да се потвърди, че отказа на който и да е единичен компонент, влизащ в състава на суперкомпонента има същият ефект по отношение на възприетото за суперкомпонента.

Независимо от използването на суперкомпоненти потенциалните източници на зависимости следва да се отчитат явно в модела. Целта е използването на суперкомпоненти да не прикрие източници на зависими откази

* 1. За кодиране на базовите събития в ДО е необходимо да бъде използван систематичен и лесно разбираем формат. Веднъж присвоен, идентификатора за даден вид отказ на дадено оборудване следва да се използва систематично, независимо логиката на колко системи и ДО участва
  2. Всички източниците на неопределеност в модела, свързани с възприетите допускания и опростявания следва да бъдат обосновани.

#### Документиране на анализа на системите

* 1. Описанието на системите и техните модели е насочено към предоставяне на необходимите техническа информация и съображения, използвани при разработването на ДО. Препоръчва се описанието на всяка разгледана система да включва:
* описание на актуалното състояние на системата, като се представят всички технически данни, необходими за разбиране на функционирането на системата и друга важна за модела информация;
* описание на моделираните функции и връзката с модела на аварийните последователности. Описват се ДО, които се явяват вход за ДС. За всяко ДО се осигурява интерпретация на съответният критерий на успех;
* описание на възприетия подход за моделиране на въздействието на ИС върху работата на системата;
* основните допускания, използвани при разработването на ДО. Всяко допускане следва да е обосновано като се посочи източник на информация, в подкрепа на допускането или референция към специфичен анализ в обхвата на ВАБ, засягащ конкретното допускане;
* възприетите граници на системата и нейните компоненти;
* описание на подхода за отчитане на различните конфигурации на системата;
* списък на компонентите на системата и технологичните им обозначения, състояние на компонентите в режими на готовност и работа на системата, както разгледаните видове откази. При извършване на АВЕО тази информация се документира чрез формата на проведения анализ;
* списък на базовите събития, възприети в ДО и присвоените им надеждностни модели и показатели. Чрез тази информация се осигурява връзката между модела на системите и анализа на данните;
* списък на базовите събития, свързани с неразполагаемост поради ремонт или тест. Следва да се представят аргументите, свързани с избора на подход за оценка и включване в модела;
* списък на възприетите групи за ООП. Описват се компонентите, за които е допуснато да формират групи за ООП, като за всяка група следва да се представят модела и параметрите за оценка на вероятността на ООП;
* списък на отказите на персонала, кредитирани в модела. Чрез тази информация се осигурява връзката между модела на системите и анализа на действията на персонала;
* описание на суперкомпонентите (ако е приложимо). Основния акцент следва да е насочен към предоставяне на информация кои компоненти на системата са обединени в един суперкомпонент, какво налага използването на суперкомпонента, както и как са определени надеждностните параметри на въведените суперкомпоненти;
* общо описание на структурата на ДО. Списък на трансферите в модела според анализираните функции. Специално внимание следва да се отдели на трансферите към осигуряващите системи;
* основни резултати за всяка от разгледаните функции на системата. Получените резултати от пресмятането за всяко ДО на системата следва да се разгледат в контекста на основните приносители, адекватност на минималните сечения, както и с цел идентифициране на пропуски в модела.

### Анализ на зависимостите

* 1. Качественият анализ, ориентиран към разпознаване на зависимите откази, играе съществена роля в определяне на силните и слабите места на проекта и експлоатацията на системите. Той позволява да се прецени качеството на предвидените в проекта защити срещу зависими откази. Целта на анализа на зависимостите е да гарантира, че всички възможни зависимости са адекватно отразени в модела.
  2. В съответствие с [7], [12]÷[14], [18], [19], четири основни вида на зависимости, следва да бъдат разгледани при изграждането на модела на ВАБ:
* функционални зависимости – произтичат от характеристиките на проекта и обхващат всички случаи, когато функцията на една система или група от компоненти зависи от функцията на друга система или компонент. Обикновено се получават в резултат на взаимосвързаност между функциите (напр. неуспехът да се намали налягането води до невъзможност за инжектиране под ниско налягане) или поради общи компоненти, или общи осигуряващи системи (напр. захранване, охлаждане, вентилация и др.);
* физически зависимости (наричани още зависимости от пространствени взаимодействия) – обикновено се предизвикват от изходното събитие и са свързани с нарушаване на условията в рамките на определена пространствена зона, например камшичен удар при късане на високо енергийни тръбопроводи или друго въздействие върху околната среда в съответната зона;
* зависимости поради човешки действия - може да се разграничат два вида зависимости, причинени от действия на персонала: такива, които се основават на когнитивен модел на поведение и други, свързани с изпълнение на рутинни действия;
* откази по обща причина - включват всички зависимости, които не се моделират явно, т.е. те са скрити зависимости и изразяват събитие, при което няколко компонента отказват в рамките на едно и също време по една и съща причина.

За идентифициране на зависимостите, които могат да възникнат и повлияят работоспособността на кредитираните в модела КСК е необходим систематичен преглед на проекта и експлоатационната практика.

* 1. Анализът на зависимостите рефлектира върху изпълнението на почти всички задачи, свързани с разработването на модела на ВАБ и се явява неотменна част от съответната задача. Всички установени зависимости следва да бъдат изрично моделирани.

Функционалните и физическите зависимости, като правило, се моделират явно при разработването на ДС и ДО. В зависимост от използвания подход, зависимостите в резултат на въздействието на ИС могат да се моделират явно или чрез критерият за успех на системите, засегнатите от ИС.

Зависимостите поради човешки действия, свързани с управление на аварийния процес могат да се третират аналогично на функционалните зависимости и да се представят по подходящ начин в модела на ДС или ДО. Зависимостите поради човешки действия, свързани с пред-аварийни действия (напр. грешки при калибриране на оборудването, тест или ремонт) следва да се отчита в модела на системите, където е необходимо.

Зависимостите в резултат на ООП се отчитат и анализират в рамките на анализа на системите. В случай, че се използва подход с „големи дървета на събитията – малки дървета на отказите“, то следва да се обмисли въвеждането на нарочни функционални събития за отчитането на ООП на оборудването на осигуряващите системи в модела на ДС.

* 1. Добра практика е зависимостите да се представят в табличен или матричен вид, позволяващ лесно проследяване и отчитане, както при изграждането на съответните модели, така и в процеса на независима проверка.
  2. Документирането на анализа на зависимостите може да се представи в рамките на съответните задачи, с оглед на по-доброто разбиране на основанията и използваните методи за отчитането им в модела.

### Анализ на отказите по обща причина

* 1. Независимо, че голяма част от източниците на зависимост могат да бъдат явно моделирани (виж п. 2.102 и п.2.103) практиката показва, че съществуват коренни причини и съответните свързващи механизми, които могат да доведат до едновременна неработоспособност на няколко компонента. ООП могат да бъдат причинени от недостатъци в проекта, производството, инсталирането, калибрирането или обслужването на съответното оборудване. Явното моделиране на този твърде голям от фактори не е целесъобразно и не е оправдано.

Следователно, както е посочено п. 2.102, за целите на ВАБ като ООП се дефинира отказ на два или повече компонента в рамките на определен времеви интервал в резултат на една обща причина. Идентифицирането и количественото определяне на този тип откази е обект на анализа на отказите по обща причина.

#### Определяне на групите за ООП

* 1. Като правило анализът за ООП е фокусиран върху идентичното резервирано оборудване на всяка система.
  2. Отчитането в модела на ООП, както на ниво резервираното оборудване на една система (така наречените системни ООП), така и между оборудването на различни системи (така наречените междусистемни ООП) се счита за добра практика.

Допуска се междуситемните ООП да се разглеждат само, ако за тях се очаква значителен принос към честотата за повреда на горивото.

* 1. Групата за ООП се формира от идентичните откази на оборудването, което споделя общата причина. Следователно, всеки отказ, възприет за дадено резервирано оборудване се проверява за потенциал да възникне и като ООП, формирайки съответната група за ООП. Например отказите да работят на помпите в една система формират една група за ООП, а отказите да стартират на същите помпи формират друга група за ООП.
  2. За идентифицирането и дефинирането на групите за ООП следва да се използва систематичен и логичен подход, насочен към обхващане на възможно по-широк кръг от коренни причини и кореспондиращите свързващи механизми.

Както е посочено в [21], като основа за такъв подход може да се приема установяването на сходство в:

* проекта или производителя на оборудването;
* проектните изисквания към околната среда;
* периодичност и процедури на техническото обслужване;
* практиката за поддържане и ремонт.
  1. Дефинирането на групите за ООП може да се осъществи поетапно, т.е. предварително и окончателно.

Предварителното определяне на групите за ООП, обикновено се базира на анализа на резервираното оборудване на всяка система, за което условията за сходство се удовлетворяват.

Окончателното определяне на групите за ООП се осъществява на базата на качествения анализ на получените за честота за повреда на горивото минимални сечения. Всяко доминантно минимално сечение се проверява дали не включва откази на сходно оборудване (напр. помпи), които могат да се реализират като ООП. Ако се идентифицира такава комбинация, за която не е отчетен ООП при предварителното определяне, то списъка на групите за ООП се допълва. Процеса продължава докато се придобие увереност, че всички значими ООП и свързаните с тях групи са надлежно отчетени и включени в модела.

* 1. Включването на ООП в модела на системите (в ДО) обикновено се осъществява чрез подходящите функции на компютърната програма, в която се разработва модела на ВАБ. В общия случай, автоматизираното включване на ООП в модела изисква дефиниране на групите за ООП, посочване на метода за количествена оценка на ООП и въвеждане на съответните параметри.

В зависимост от функционалните възможности на компютърния код може да се наложи преразглеждане на групите за ООП или определени ООП да бъдат допълнително, ръчно включвани в модела на ДО. Такива случаи са възможни, ако софтуера не позволява един и същи отказ да бъде включен в повече от една група за ООП. Обикновено, подобни казуси са възможни при отчитането в модела както на ООП за една система, така и на междусистемни ООП, а също и при разглеждането на потенциала за ООП на оборудването в идентичните системи на различни енергийни блокове при разработване на модел на площадката.

* 1. Като правило, оборудването, за което може да се разглежда ООП обхваща компоненти като помпи, дизел-генератори, генератори, вентилатори, регулиращи органи (пръти), клапани (ел. задвижвани, пневматични и обратни), топлообменници, филтри, предпазни и изпускащи клапани, изолиращи клапани и вентили, бързодействащи изолиращи клапани, батерии, зарядни устройства, инвертори, релета, прекъсвачи, логически блокове и други.
  2. В зависимост от използвания метод за оценка на вероятностите за ООП в модела могат да бъдат представени както отказа на групата за ООП както цяло, така и отказите на различен брой компоненти от групата.
  3. В случай, че за определена група компоненти е възприето да не се разглежда ООП в модела, то съответните аргументи следва да бъдат представени. Всички предположения, направени относно проектните защити срещу ООП се посочват и документират.

#### Количествена оценка на ООП

* 1. В съответствие с [13] и [21], следните методи са приемливи за моделиране и количествена оценка на ООП:
* алфа фактор модел[[12]](#footnote-12)
* модел с няколко гръцки букви[[13]](#footnote-13)
* бета фактор модел[[14]](#footnote-14)
* базов параметричен модел[[15]](#footnote-15)
* биномен модел на интензивността на отказ[[16]](#footnote-16)

Избраният метод следва да бъде съобразен с наличните данни (специфични или обобщени), нивото на резервираност на оборудването, функционалните възможности на програмния продукт, използван за разработване на ВАБ, неговата приемливост спрямо възприетите цели и ниво детайлност на ВАБ. Допуска се, ако е оправдано, използването на повече от един метод.

* 1. Доколкото е възможно, определянето на параметрите на ООП следва да се основава на специфични за ЯЦ данни. Където е възможно, обобщените данни и данните от експлоатацията се интегрират за получаването на специфични за ЯЦ параметри на ООП и тяхната неопределеност.

При събиране и обработка на данните се вземат предвид дефинираните граници на отказ на оборудването.

* 1. Използването само на обобщени данни е допустимо, ако експлоатационните записи не позволяват генерирането на специфични оценки. Приложимостта на обобщените данни (параметрите на ООП и тяхната неопределеност) се оценява и обосновава за всяко конкретното оборудване.

В оценката за приложимост се вземат предвид типа на оборудването, вида на отказа, квалификацията на оборудването, практиките за експлоатация и поддръжка, както и други фактори, които могат да демонстрират сходството между оборудването на ЯЦ и обобщения запис. Обобщените данни се подбират така, че да кореспондират с границите на отказ на оборудването, възприети в модела.

* 1. Допуска се използване на експертна оценка за определяне на параметри за ООП (когато няма налични нито специфични данни за ЯЦ, нито обобщени). Обосновката на избраните параметри за ООП и тяхната неопределеност следва да отчита по подходящ начин неопределеността на самата експертна оценка.

#### Документиране на ООП

* 1. Документацията на анализа на ООП следва да описва достатъчно подробно процеса на подбор на групите за ООП, избраните методите за оценка на параметрите на ООП, използваните данни и подход за включване в модела.
  2. Отчитайки, че анализа на ООП касае както задачата с анализ на системите, така и задачата с анализ на данните, то основните методологични аспекти свързани с избор на метода за количествена оценка на параметрите на ООП могат да се представят в рамките на документирането на задачата с анализ на данните. Определянето на конкретните групите за ООП, кодирането и включването на ООП в ДО, както и конкретните стойности на параметрите за всеки ООП могат да се представят в рамките на описанието на модела на отделните системи.

За осигуряване на проследимост на използваните данни следва да се представят препратки между отделните части на документацията.

### Анализ на данните

* 1. Целта на анализа на данните е да предостави оценка на надеждностните параметри на оборудването. Традиционно, параметрите, необходими за определяне на вероятността на включените в модела базови събития (представляващи откази на оборудването, неработоспособност поради ремонт или тест, ООП или други специфични събития) се наричат надеждностни параметри (или надеждностни показатели).
  2. В съответствие с общата практика, [7], [13], [14] и [21], анализа на данните се състои в изпълнението и документирането на следните дейности:
* дефиниране и определяне на границите на отказите. Тази задача изисква взаимодействие с изпълнението на анализа на системите и е ключова за осигуряването на консистентност между модел и използвани данни;
* идентифициране на различните математически модели, които описват стохастичния характер на моделираните откази и определяне на свързаните с тях надеждностни параметри, подлежащи на оценка;
* групиране на оборудването;
* определяне на характера и източниците на подходящи обобщени данни, събиране и обработка на данните от експлоатацията на ЯЦ;
* провеждане на количествения анализ.
  1. Вероятност за отказ се присвоява на всяко базово събитие, включено в модела. Математическия модел за определяне на вероятността за отказ се избира в съответствие с типа на оборудването, вида на отказа, режима на работа (напр. в очакване или постоянно работещо), възприета практика за техническо обслужване или ремонт (ТОиР), както и възприетите граници на отказ, определени при разработване на модела на ДО.

В зависимост от използвания модел, вероятността за отказ може да се явява функция на интензивността на отказ, продължителността на мисията, интервалът между тестовете, честота или продължителност на ремонт, параметри на ООП или да бъде директно определена. Изборът на подходящия модел следва да бъде съобразен с функционалните възможности на използваната за целите на ВАБ компютърната програма, наличните обобщени данни и записи от експлоатационния опит.

Всеки надеждностен параметър се оценява за съответния вид на отказ и при отчитане на определените граници на отказа.

* 1. С цел създаване на статистически представителни извадки за отказите на оборудването се препоръчва неговото групиране. 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, ако за тях са възприети еднакви граници на отказите и имат еднакви изисквания спрямо техническото обслужване и поддръжката.

Получените стойности за надеждностните параметри на групата като цяло се използват като представителни за съответните откази на всяко оборудване, включено в групата.

* 1. За получаване на представителна оценка на надеждностните параметри се препоръчва интегрирането на информацията от обобщени данни и специфичните данни от ЯЦ чрез доказани методи. Съответствието на получените резултати към наблюдаваната експлоатационна практика на ЯЦ следва да бъде проверено.

Аналогично на п. 2.42, като утвърден подход за комбиниране на експлоатационните данни с обобщените данни е възприето да се използва бейсов подход. При използване на бейсово подход за потвърждаването, че полученият резултат е разумен спрямо избраното априорно разпределение и наблюдаваният опит на ЯЦ (т.е. доколко специфичните данни са съпоставими с априорните), могат да се приложат различни утвърдени методи за проверка или съображенията, дадени в [21].

* 1. За всеки надеждностен параметър се оценява неговата точкова оценка и разпределението на неопределеността му.

Параметрите на неопределеност, получени при използване на бейсов подход могат да се използват директно или да се отчетат посредством подходящо разпределение (напр. b или g разпределение).

* 1. За верифициране на правилното третиране на експлоатационните записи се препоръчва прегледът и класификацията им да се извършва съвместно или да се съгласува с компетентния по въпроса персонал на ЯЦ.
  2. Оценките на надеждностните параметри, получени за едно експлоатационно състояние, могат да бъдат използвани за други експлоатационни състояния, ако те са в съответствие с изискванията за групиране, дадени в п. 2.125. В противен случай, следва за всяко състояние да се определят съответните показатели.
  3. Както е посочено в п. 2.124, определянето на подходящия математически модел за оценка на вероятността за отказ зависи от режима на работа на системата, към която принадлежи оборудването. В зависимост от режима на работа, групите оборудване могат да се разделят, както следва:
* оборудване в режим на очакване, които по начина си на наблюдение могат допълнително да бъдат разделени на периодично проверявани по време на нормалната експлоатация, проверявани само при провеждане на планов годишен ремонт и постоянно контролирани;
* оборудване в режим на работа, които по начина на наблюдение могат да бъдат допълнително разделени на такива с непрекъснат режим на работа, с режим на резервиране, при които част от оборудването работи, а друго е в резерв (напр. при работещи системи с ниво на резервиране 2х100%, 3х100% и др.) и на оборудване, чийто режим изцяло е в горещ резерв (включва се и се изключва в неопределени моменти).

По отношение на оборудването, подлежащо на периодична проверка, в зависимост от изпълняваната процедура може да се наложи отчитане на неразполагаемост поради провеждане на самия тест. Решението за отчитане на тази неразполагаемост се взема в рамките на анализа на системите, както е посочено в п.2.86.

* 1. Най-често определяните надеждностни параметри, могат да се определят като:
* за откази на оборудване, работещо в режим на очакване:
* интензивност на отказ при поискване, за чието определяне са необходими данни за общия брой поисквания на компонентите в групата и броя на отчетените откази. При използване на интензивността на отказ при поискване, то за определяне на вероятността на този тип откази е необходимо да се определи и периодичността на изпитанията;
* вероятност за отказ при поискване. В зависимост от ситуацията може да бъде приложимо директното оценяване на вероятността за отказ чрез данните за общия брой поисквания на компонентите в групата и броя на отчетените откази.
* за откази на работещо оборудване:
* броя на отказите за наблюдавания период от време;
* наблюдавания период може да бъде определен на база на времето, в което оборудването работи или е в режим на готовност/резерв.
* неработоспособност поради тест или ремонт. Вероятността за неразполагаемост поради тест или ремонт може да бъде определена на базата на:
* общото време на неразполагаемост на оборудването за наблюдаемия период (обикновено се получава като сума от продължителността на всички действия, свързани с ремонт или тест на оборудването) и общото време, през което оборудването е следвало да бъде на разположение за наблюдаемия период, или
* броят на дейностите по поддръжка или тест в рамките на наблюдавания период, средната продължителност дейностите по поддръжка или тест, както и общото време, през което оборудването е следвало да бъде на разположение.
  1. Експлоатационния опит се анализира за извличане на суровите данни, необходими за оценка на надеждностните параметри. При наличието на достатъчно големи статистически извадки от експлоатационния опит, то интегрирането с обобщените данни може да не бъде необходимо. Във всички случаи, приложения подход се обосновава като данните от експлоатацията се използват и за оценка съвместимостта на обобщените данни с наблюдавания опит на ЯЦ.
  2. За осигуряване на проследимост се препоръчва присвояване на уникален код на оценяваните надеждностни параметри. Добра практика е да се създават бази данни, позволяващи да се проседят корелациите между базовите събития, свързаните с тях модели за оценка на вероятността за отказ, съответните надеждностни параметри и използваните подход и данни за количественото им определяне.

По този начин, проверката за консистентност и коректност, както и бъдещото поддържане на модела ще бъдат максимално улеснени.

* 1. При използване на суперкомпоненти, следва да бъдат надлежно описани, както границите на суперкомпонента, така и приложения метод за определяне вероятността му за отказ. Следва да се демонстрира, че оценката съответства на всички експлоатационни състояния, за които се използва суперкомпонента.
  2. Доколкото е възможно, оценката на надеждностните параметри следва да изключва наличие на изявен тренд в данните.

Провеждането на анализ на тенденциите може да се използва за определяне на обхвата на статистическата обработка на експлоатационните данни, така че оценката на надеждностните параметрите да е възможно най-реалистична към края на възприетия наблюдаван период.

#### Използване на обобщени данни

* 1. Подбор на подходящите обобщени данни се извършва за всички изследвани надеждностни параметри. Обобщените данни са необходими, както като на априорни разпределения за получаване на специфични за ЯЦ оценки (виж п.2.126), така и за директно отчитане в модела, в случаите, когато наличния експлоатационен опит е недостатъчен или напълно липса такъв (напр. при разработване на ВАБ за нови ЯЦ).
  2. Обобщените данни се избират от утвърдени международни стандарти или източници, и се използват заедно със съответните им разпределения за неопределеността.
  3. Като подходящи могат да се приемат обобщени данни, чиято приложимост по отношение на изследваната ЯЦ е обоснована.

Приложимостта на обобщените данни към оборудването на ЯЦ се оценява като се има предвид съответствието с проекта на оборудването, експлоатационните характеристики, режима на работа, границите и вида на отказ, периодичност на изпитанията.

Добра практика е да се използват актуални източници на обобщени данни, както да се сравняват данните от различните източници. Сравнението на данните подпомага преценката и избора на най-добрия източник на данни.

* 1. За индустриалните масови продукти (напр. електронни елементи), за които обикновено няма събрана статистика за отказите (специфична за ЯЦ) се допуска директно използване на обобщените данни.
  2. Обобщените данни за параметрите на ООП се определят в съответствие със съображенията дадени в п.2.117 ÷ п. 2.119

#### Специфични надеждностни показатели

* 1. Събирането и оценката на специфични за ЯЦ данни следва да се извършва по последователен и систематичен начин. Специфичните данни се събират в съответствие с дефинициите на надеждностните параметри и възприетото групиране на оборудването.
  2. Специфичните данни се събират за възможно най-широк период на наблюдение. Допуска се използването на различен период на наблюдение за различните групи оборудване, ако се установи тренд в данните или са идентифицирани промени в проекта или практиката на експлоатация, които могат да повлияят оценката на параметрите. Периода на наблюдение ясно се обосновава за всеки оценяван параметър.

Ако даден компонент или набор от компоненти са подменени или значително модифицирани спрямо предходното ВАБ изследване, то е необходимо да се прецени, доколко събраните към момента експлоатационните данни за групата компоненти, към която се е отнасял подмененият компонент или набор от компоненти, са все още валидни по отношение на извършената подмяна или модификация.

* 1. Класифицирането на всеки експлоатационен запис като отказ следва да бъде надлежно обосновано
  2. При определяне на броя на изпитанията на оборудването се отчита само онези тестове, които реалистично тестват функцията на определено оборудване в условията на основният му режим на работа (напр. в режим на очакване).

Тест на оборудването, изпълнен непосредствено след ремонт следва да се третира като част от дейностите по успешното възстановяване на оборудването и да не се отчита при определяне на броя на тестовете, свързани с нормалния режим на работа на оборудването.

* 1. Броят на поискванията и броят на работните часове следва максимално да се базират на експлоатационните записи на ЯЦ.

При недостатъчно пълна документация на ЯЦ или ограничен достъп до нея, се допуска броят на тестовете и планираните дейности по поддръжка да се основават на изискванията на Технологичния регламент за експлоатация.

* 1. Времето за осъществяване на ремонт на оборудването (планов или авариен) се оценява за всеки идентифициран ремонт.

Данните за плановите ремонти се обработват за целите на дефиниране на продължителността на експлоатационните състояния (виж. п. 2.463)

Времето на аварийните ремонти се определя като периодът от момента на идентифициране на отказа до момента на връщането му в експлоатация.

* 1. Данните за възстановяване на определени функции (напр. възстановяване на външно захранване на ЯЦ, подаване на охлаждаща вода от алтернативни източници), ако са налични се събират за оценка на средното време за възстановяване.

Времето за възстановяване се възприема като периодът от момента на идентифициране на отказа на системата или функцията до момента на връщане на системата или функцията в експлоатация.

#### Документиране на анализа на данните

* 1. Анализът на данните и свързаната информация следва да се съхраняват и документират по начин, който улеснява бъдещо актуализиране или използване за целите на различни ВАБ приложения. Методите, данните, възприетите допускания (както и основанията за тях) и количествените резултати следва да бъдат описани така, че да се осигурява лесна връзка с модела, а предоставените детайли да позволяват независимо провеждане на анализа.
  2. Документацията на анализа на данните следва да включва:
* дефиниране на базовите събития (описание на отказите), видовете отказ и използваните граници на компонентите;
* описание на избора на модели и параметри. Представяне на необходимите параметри за различните откази, статистическия модел, използвани за оценка на вероятността за всяко базово събитие, както данните, необходими за оценката;
* източници на обобщени данни за параметрите;
* източниците на специфични данни за ЯЦ;
* дефиниране на наблюдавания период и основанията за прилагане на различни периоди, ако е приложимо;
* основанията за неразглеждането на определени данни;
* подхода и методите за оценка на ООП, включително третирането на данните от ЯЦ;
* обосновка на всички разпределения, използвани като априорни, където е приложимо;
* описание на количествената оценка на параметрите със съответното разпределение на неопределеността.
  1. По отношение на данните от експлоатационния опит, използвани за определяне на отказите на компонентите е необходимо да се документира:
* идентификатор на компонента;
* група на компонента;
* вид на отказа;
* коренна причина за отказа;
* дата на отказа;
* експлоатационно състояние на ЯЦ;
* препратки към документацията на ЯЦ.
  1. По отношение на данните от експлоатационния опит, използвани за определяне на неразполагаемостта поради ремонт или поддръжка е необходимо да се документира:
* идентификатор на компонента;
* група на компонента;
* начална дата на ремонта или поддръжката;
* продължителност на изведеното състояние на оборудването;
* експлоатационно състояние на ЯЦ;
* препратки към документацията на ЯЦ.
  1. Събраните данни следва да се структурират в подходящи база данни и да се съхраняват електронно

### Анализ на действията на персонала

* 1. Целта на задачата за анализ на надеждността на персонала[[17]](#footnote-17) в рамките на ВАБ, е да гарантира, че действията на персонала са включени адекватно и систематично в оценката на риска, а така също да документира по подходящ начин допусканията, експертната оценка, методите за анализ, както и източниците на информация, взети под внимание при анализа.
  2. Действията на персонала, отчитани в модела на ВАБ ниво 1 включват пред-аварийни действия (обикновено наричани човешки взаимодействия тип А) и след-аварийни действия (човешки взаимодействия тип С), както и действия, които могат да доведат до реализиране на ИС или да способстват прерастването на инцидент в ИС (човешки взаимодействия тип В).

#### Идентифициране и отсяване на действията на персонала

##### Пред-аварийни действия тип А и В

* 1. За оборудване моделирано във ВАБ, се идентифицират тези дейности при провеждане на тест, проверка или ремонт, които изискват възстановяване на конфигурацията на оборудването в работно или състояние на готовност.
  2. Чрез преглед на процедурите, практиките и експлоатационната практика в ЯЦ се идентифицират тези дейности по калибриране, които, ако се извършат неправилно могат да окажат неблагоприятно въздействие върху въвеждането и контрола на важните за безопасността КСК, които са моделирани във ВАБ.
  3. За идентифицираните дейности в пп.2.155 и 2.156 се идентифицират работните практики, които включват дейност, която едновременно засяга оборудването или в различни канали на резервирана система, или в различни системи (напр. използване на общо оборудване за калибриране от един и същ екип на една и съща смяна, практика за провеждане на ТОиР, която изисква възстановяване на конфигурацията на цяла система).
  4. Източниците на моделна неопределеност, свързаните допускания и разумни алтернативи, касаещи процеса на идентифициране на пред-аварийните ГП се оценяват чрез извършване на качествена или количествена оценка на ефектите на отделните източници на неопределеност или на техни комбинации представляващи интерес.
  5. Дейностите по ТОиР могат да бъдат отсети от по-нататъшен анализ, ако се докаже изпълнението на някое от следните условия:
* елемента получава автоматичен сигнал за връщане в нормално работно състояние при поискване на канала/системата;
* след ТОиР на самия елемент или друг съседен на него се провежда функционално изпитание, чрез което се доказва неговата правилна конфигурация;
* статусът на елемента се сигнализира (звуково или светлинно) от собствена сигнализация в блочния пулт за управление (БПУ), статуса се проверява рутинно и преконфигурирането на елемента може да се извърши от БПУ; или
* има изискване за периодична проверка на статуса (напр., най-малко веднъж на смяна или дори по-често).

Не се препоръчва отсяване на дейности, които биха могли да доведат до едновременно въздействие върху няколко канала на резервирана система или върху различни системи.

* 1. За всяка запазена дейност съгласно п.2.159 се дефинира пред-аварийна ГП, която представлява въздействието на човешките грешки на ниво функция, система, канал или компонент.
  2. Включват се тези режими на неразполагаемост, които след завършване на всяка запазена дейност ще доведат до неуспех на възстановяване на:
* оборудване в желания режим на готовност или работно състояние;
* начален сигнал или зададена уставка за стартиране или възстановяване конфигурацията на оборудването;
* автоматичен сигнал за връщане в нормално работно състояние или електрозахранване.
  1. Включва се въздействието на грешното калибриране като тип отказ при въвеждане и контрол на важните за безопасността КСК, които са моделирани във ВАБ.

##### След-аварийни действия тип С

* 1. За идентифициране на операторските действия, необходими в процеса на управление на всяка аварийна последователност, се преглеждат:
* специфичните за ЯЦ аварийни оперативни процедури и други свързани процедури (напр. СОАИ, инструкции за ликвидиране на авариите, процедури за реагиране на операторите при сработване на сигнал на панел на БПУ/ резервния пулт за управление (РПУ) и др.);
* експлоатационни инструкции за системите, на база на които се определят функциите на системите и интерфейса за ръчно управление.
  1. Действията, които следва да бъдат идентифицирани и анализирани могат да се определят като:
* действия необходими за пускане (за тези системи, които не се стартират автоматично), работа, контрол, изолиране или спиране на тези системи и компоненти, използвани за предотвратяване или смекчаване на последствията от повреда на активната зона/горивото в БОК, както е определено от критериите за успех (напр. действия на оператора да инициира отвеждане на остатъчното енергоотделяне);
* действия извършвани от оперативния персонал в БПУ/РПУ или в отговор на процедурно регламентирано изискване, или като умение[[18]](#footnote-18) за диагностициране и след това възстановяване на неизправна функция, система или компонент, които се използват при изпълнението на действие за реакция, както е посочено в п.2.187.
  1. Провеждането на разговори (т.е. подробен преглед) с оперативен персонал или обучаващ персонал може да се използва, за де се потвърди че тълкуването на процедурите е в съответствие с експлоатационната практика и провежданото обучение.
  2. Наблюдения на упражнения провеждани на симулатор или разговори с оператори може да се използва за потвърждаване на необходимите действия за моделираните сценарии.
  3. Източниците на моделна неопределеност, свързаните допускания и разумни алтернативи, касаещи процеса на идентифициране на след-аварийните ГП се оценяват чрез извършване на качествена или количествена оценка на ефектите на отделните източници на неопределеност или на техни комбинации представляващи интерес.
  4. След-аварийна ГП се дефинира за всяка човешка грешка чието въздействие води до отказ на ниво функция, система, канал или компонент. Неуспехите при изпълнение на няколко задачи могат да бъдат групирани в една ГП, ако въздействието е подобно или може да бъде консервативно ограничено.
  5. За дефинираните след-аварийни ГП се определят:
* специфичното за аварийната последователност време за поява на сигнал(и) за действието и времевия прозорец за успешно извършване;
* специфичните за аварийните последователности процедурни насоки (напр. СОАИ, инструкции за ликвидиране на авариите и други специализирани процедури);
* наличието на сигнали и други признаци за откриване и оценка на ситуацията;
* специфични приоритетни задачи (напр. на ниво канал), необходими за постигане целта на оператора.

#### Оценка на вероятностите за човешка грешка

##### Пред-аварийни действия тип А и В

* 1. Оценката на вероятността за човешка грешка (ВЧГ) за дефинираните пред-аварийни грешки се извършва чрез използване на систематичен количествен метод.
  2. За пред-аварийни ГП със значителен принос в оценката на риска (напр. имат принос повече от 1% към честотата за повреда на горивото) се извършва детайлно количествено определяне за средните стойности на ВЧГ.

За останалите пред-аварийни ГП се допуска използването на предварителни (консервативни) оценки за ВЧГ.

* 1. Процеса на оценка за всяка детайлна оценка на ВЧГ включва следната специфична за ЯЦ информация:
* качество (напр. формат, логическа структура, лекота на използване, яснота и изчерпателност) на писмените процедури (за изпълнение на задачи) и административни проверки, които осигуряват независим преглед на писмените процедури (напр. процес на контрол на документацията, процес на технически преглед, процеси на обучение и контрол с акцент върху спазване на процедурите);
* качество на интерфейса „човек-машина“, включващ както разположение на оборудването, така и разположението на средствата за контрол и управление на въпросното оборудване.
  1. При включване на възстановяващи фактори в оценката на ВЧГ за пред-аварийните ГП (напр. изпълнителя на действието сам извършва проверка или проверка се извършва от друг член на екипа), съответните коефициенти на възстановяване се използват по начин, съвместим с избраната методология. Ако се кредитира възстановяване на пред-аварийни ГП:
* посочва се максимална стойност на коефициента на възстановяване, който може да бъде даден при наличието на няколко възможности за възстановяване;
* допустимо е използване на следната информация за оценка потенциала за възстановяване за пред-аварийни ГП:
* провежда се тест след ремонт или след калибровка на КСК като съответно са налични процедури за тях;
* извършва се независима проверка на състоянието на компонента след ТОиР, като се използва чек-лист на хартиен носител или в електронен вид;
* изпълнителя на действието извършва отделна проверка на състоянието на компонента, по-късно във времето, като използва чек-лист на хартиен носител или в електронен вид;
* извършва се ежесменна или ежедневна проверка на състоянието на компонента, като се използва чек-лист на хартиен носител или в електронен вид.
  1. Идентифицира се потенциала за включване на зависимост за пред-аварийните ГП (т.е. дали събитията поради човешка грешка имат общи елементи в своите причини, като например дейност изпълнявана от един и същ екип в една и съща времева рамка) и оценка на общата вероятност[[19]](#footnote-19) за идентифицираните случаи на зависимости.

##### След-аварийни действия тип С1

* 1. За след-аварийни ГП със значителен принос в оценката на риска (напр. имат принос повече от 1% към честотата за повреда на горивото) се извършва детайлно количествено определяне за средните стойности на ВЧГ.

За останалите след-аварийни ГП се допуска използването на предварителни (консервативни) оценки за ВЧГ.

* 1. Оценката на ВЧГ за действия от тип С1 използва подход, който адресира, както неуспех на диагностичната (когнитивна) част, така и неуспех на реакцията (ръчна) част. Общата вероятност за грешка на оператора е Булева сума от двете анализирани части на грешката.
  2. При оценка на ВЧГ се отчита въздействието на следните фактори, влияещи на изпълнението (PSF[[20]](#footnote-20)), специфични за ЯЦ и за сценария:
* качество [вид (класна стая или симулатор) и честота] на обучението или натрупания опит на оперативния персонал;
* качество на писмените процедури и наличие на административен контрол;
* наличие на инструменти, необходими за предприемане на коригиращи действия;
* интерфейс човек-машина;
* разполагаемо време и време, необходимо за извършване на действията (реакцията);
* комплицираност (затрудненост) при откриването, диагностицирането, вземането на решение и изпълнение на изискваните действия;
* околна среда (напр. наличие на осветление, топлина, радиация), в която операторът работи;
* достъпност на оборудването, изискващо манипулиране;
* необходимост, адекватност и наличност на специални инструменти, приспособления, защитно облекло и т.н.

Като минимум следва да отчитат факторите, водещи до повишаване на нивото на стрес, разполагаемото време и времето, необходимо за извършване на действията, както достъпността на оборудването, изискващо манипулиране.

* 1. За определяне на разполагаемото време за извършване на действията се използват специфични за ЯЦ оценки, реалистични обобщени термохидравлични анализи или симулации от подобни ЯЦ (напр. ЯЦ с подобен дизайн и начин на експлоатация). Посочва се също така и моментът от време, в който се очаква операторите да получат съответните индикации за иницииране изпълнение на действието.
  2. Оценката на времето необходимо за извършване на дадено действие, се извършва въз основа на измервания на времето за извършване на това действие при провеждането на обходи, разговори с оператори или упражнения на симулатор.
  3. Извършва се преглед на след-аварийните ГП и техните окончателни ВЧГ една спрямо друга, за да се гарантира тяхната разумност, като се взима предвид контекста на сценария, историческите данни в ЯЦ, процедурите, оперативните практики и експлоатационния опит.
  4. Проверката на разумност включва определяне и обосноваване на минимални стойности за ВЧГ за отделните човешки грешки и общата вероятност от възникване на множество човешки грешки в дадено минимално сечение или аварийна последователност. При извършване на проверката е допустимо използването на обобщени в международните документи (напр. [14], [26], [28]) насоки, свързани с най-ниски разумни стойности на ВЧГ, т.е. какви ограничения и указания могат да бъдат намерени за това кога и как да се използват „ниски“ ВЧГ стойности.

Не е приемливо вероятностите за човешка грешка да са по-малки от 10-5 (средна оценка). За оценка на действията, които се основават на решение на аварийния екип (екипи в Център за техническа поддръжка/TSC[[21]](#footnote-21)/, Център за управление на аварии) се прилага ограничение 5.10-3 (средна оценка) за вероятността за отказ.

* 1. За множество човешки грешки в дадена аварийна последователност или минимално сечение, се отчита потенциалната зависимост между тях. При идентифициране на зависимост, в оценка ѝ се включват влиянието на успеха или неуспеха при изпълнение на предходни човешки действия и работоспособността на системите върху анализираното човешко събитие, включително:
* време, необходимо за извършване на действията по отношение на наличното време за изпълнение на действията;
* фактори, които биха могли до доведат до зависимост (напр. общи инструменти, общи процедури, повишен стрес и т.н.);
* наличие на ресурси (напр. допълнителен персонал).
  1. Ако след включване на оценените съгласно п.2.182 зависимости, общата вероятност за множеството от човешки грешки в дадена аварийна последователност или минимално сечение, е под минималната стойност определена в п.2.181, се завишава нивото на идентифицираните зависимости така, че да се изпълни условието за минимална стойност на общата вероятност. При използване на по-ниска обща вероятност въз основа на приложимата оценка, то за всяко минимално сечение или аварийна последователност с тази комбинация от човешки грешки следва да се предостави техническа обосновка.

##### След-аварийни действия тип С2

* 1. Установява се дали идентифицирани операторски действия могат да имат негативно влияние върху аварийната последователност (грешки при взимане на решението). Един от начините за идентифициране на такива действия е чрез т. нар. матрица на конфузиите. Матрицата се използва, за да се оцени вероятността за объркване на ИС ‘*k’* с ИС ‘*l’* [29].

Включването на този тип действия в моделите на ВАБ се изисква само в случаите, в които операторите не разполагат със симптомно-ориентирани аварийни инструкции, т.е. преди да предприемат каквито и да било ответни действия, трябва да диагностицират ИС.

* 1. За количествено определяне на вероятностите за отказ на действия от тип С2 най-често се използва „статистически метод“, който включва събиране, организиране и анализиране на данни за представянето на операторите по време на провеждането на противоаварийни тренировки на симулатор.

При отсъствие на специфични за ЯЦ данни от упражнения на симулатор, се допуска използването на налични обобщени данни или на приложими техники за оценка на човешка надеждност (напр. Technique for Human Error Rate Prediction /THERP/[30]).

* 1. Отчита се потенциалната зависимост между всяко грешно действие на оператора и другите човешки грешки в аварийната последователност, сценарии или минимално сечение, за който то е идентифицирано.

##### След-аварийни действия тип С3

* 1. Идентифицират се действията на оператора за възстановяване, които могат да възстановят функция, система или компонент, както е необходимо, като по този начин се осигурява по-реалистична оценка на значимите за риска аварийни последователности.
  2. Възстановяващи действия се дефинират само след доказване изпълнението на следните условия:
* налична е процедура и обучението на оператора включва действието като част от обучението на екипа или е предоставена обосновка за пропуска за едното или и за двете;
* съществуват „показания“ (напр. аларми), които алармират оператора за необходимост от предприемането на действие по възстановяване, и също така може да бъде доказано съществуването на процедури, обучение или умения за определените аспекти на работата18;
* обръща се внимание на съответните формиращи изпълнението фактори20, предвидени в п.2.177;
* има достатъчен персонал за извършване на действието.
  1. Оценката на ВЧГ за възстановяващите действия използва подход аналогичен на действията за управление на авариите посочени в аварийните процедури (тип С1).
  2. Отчита се потенциалната зависимост между всяко възстановяващо действие и другите човешки грешки в аварийната последователност, сценарии или минимално сечение, към който се прилага възстановяването.

##### Неопределеност на ВЧГ за моделираните действия на персонала

* 1. Неопределеността на всички оценени ВЧГ (пред- и след-аварийни ГП) следва да бъде оценена. Съответните оценки отразяват променливостта на индивидуалните човешки представяния, както и специфичните за сценария влияния (напр. контекст и свързания набор от формиращи фактори) върху взетото предвид действие.

При отсъствие на специфични данни за разработване на специфични разпределения за оценка на неопределеността на ВЧГ, е допустимо да се използват обобщените данни, определени в съответния използван метод. Това може да включва, уточняване на разпределението и диапазона на неопределеност, качествена оценка на диапазона на неопределеност или определяне на оценката като консервативна или обхващаща/ограничаваща/.

##### Грешки при изпълнение[[22]](#footnote-22)

* 1. Всички представени указания по отношение анализа на пред-аварийни или след-аварийни действия на персонала са приложими за идентифициране, моделиране и количествено определяне на грешката при изпълнение (EOC). Тоест, прилагат се същите добри практики [26], [27], независимо дали грешката е пропуск да се извърши[[23]](#footnote-23) (EOO) или грешка при изпълнение (EOC).
  2. Извършва се проверка за идентифициране на потенциални условия, които могат да направят EOC по-вероятни. Проверката следва да гарантира, че такива условия не са въведени чрез промяна или модификация на проекта на ЯЦ или че същата не е по-податлива на EOC за специфичния набор от условия, които се изследват.
  3. Като вероятни EOC могат да се отчитат следните фактори:
* при проблеми във взаимодействието „човек – машина“ (HSI)[[24]](#footnote-24):
* представената информация е грешна или неадекватна, или
* информацията може лесно да бъде интерпретирана погрешно.
* при проблеми във взаимодействието „процедура – обучение/оперативен персонал“, когато процедурите/обучението не покриват достатъчно добре реалната ситуация в ЯЦ:
* двусмислени насоки;
* няма никакви указания;
* неподходящи (опасни) указания;
* реална ситуация, която може да се е развила по някакъв неочакван път.
  1. В случай, че такива EOC са идентифицирани, техните последствия и възможни контрамерки следва да се разгледат.

Като минимум, насоките от [26], [27] могат да бъдат използвани за да се гарантира, че условията, предразполагащи към EOC, не съществуват или не са въведени като част от реализираните промени на първоначалния проект на ЯЦ.

#### Документиране на процеса на анализ на надеждността на персонала

* 1. Процесът, използван в анализа на човешката надеждност се документира, като се уточняват приложените методи, входните данни, резултатите и други необходими детайли, насочени към осигуряване на проследимост на процесите, формиращи анализа на действията на персонала. Документацията включва като минимум:
* методите и процесите използвани за идентифициране на пред- и след-аварийните ГП, включително идентифицираните специфични дейности свързани с тест, проверка или ремонт, процедури и т.н., водещи до дефиниране на ГП;
* критерии за отсяване и резултати от отсяването;
* фактори, използвани при количественото определяне на човешкото действие, как са получени и техните основи;
* количествени оценки на ВЧГ, включително консервативни оценки и тяхната основа, детайлни анализи на ВЧГ с оценка на неопределеността, методът и анализът на зависимостите за след-аварийните действия, както и ВЧГ за възстановяващи действия и тяхната зависимост с другите действия.
* източниците на моделна неопределеност, свързаните допускания и разумни алтернативи.

## Вътрешни опасности

* 1. Терминът „вътрешни опасности“ се използва за опасностите, които възникват в района на площадката на ЯЦ (т.е. в или извън сградите на ЯЦ, подлежащи на контрол от експлоатиращата организация). Вътрешните опасности се определят като въздействие, произтичащо от повреди на КСК или в резултат на изпълнението на дейности, което има потенциал да предизвика загуба на друго оборудване, намиращо се в обсега на въздействието.

Като примери за вътрешни опасности могат да се разглеждат:

* вътрешни пожари;
* вътрешни наводнения;
* изхвърляне на въртящи се елементи (напр. лопатка на турбината);
* падане на тежки товари;
* вътрешни експлозии;
* камшични удари, реактивни сили и други силови въздействия, причинени от разрушаване на тръбопроводи под високо налягане;
* електромагнитни смущения;
* изхвърляне на токсични газове;
* транспортни инциденти;
* вибрации;
* аварии на съседни енергийни блокове или съоръжения, които имат потенциал да засегнат анализираното съоръжение.
  1. Опасностите, които могат да повредят КСК, предизвиквайки отклонение от нормалната експлоатация на енергийния блок с потенциал за повреда на горивото, следва да бъдат включени в обхвата на ВАБ ниво 1.
  2. Оценката на всяка опасност или комбинация от опасности следва да обхваща както източника на опасността (или комбинацията от опасности), така и съответните директни и индуцирани вторични ефекти.

### Идентифициране на възможните вътрешни опасности, както и на комбинациите от тях

* 1. С цел генерирането на изчерпателен и проследим списък на потенциалните вътрешни опасности се препоръчва използването на подход, аналогичен на описания в п.2.22 и базиран на:
* преглед на основните нормативни документи и стандарти;
* преглед на проектната документация на ЯЦ (напр. ОАБ и/или подходящи за целта проучвания);
* преглед на опасностите, отчетени във ВАБ за подобни ЯЦ;
* преглед на експлоатационния опит;
* заключения, изведени от обхода на помещенията на ЯЦ.

Целта на обхода на помещенията на ЯЦ от една страна, е да потвърди пълнотата на списъкът на вътрешните опасности, определени от прегледа на различните документи, и от друга страна, да идентифицира наличието на допълнителни източници за специфични опасности. Провеждането на обходи не е възможно за ЯЦ, намиращи се на фазата на проектиране или строителство, което предполага заключенията по отношение на пълнотата на избраните вътрешни опасности да се провери след завършване на строителството.

* 1. Определените по п.2.200 вътрешни опасности подлежат на допълнителен анализ, целящ да идентифицира възможните комбинации от опасности, в съответствие с [7], [10] и [14]. Насоки по отношение на идентифицирането на комбинациите от вътрешни опасности, които следва да бъдат включени в модела на ВАБ ниво са представени в п.2.323÷ п.2.345.
  2. Съгласно Чл. 79, ал.3, 2), [1], ВАБ ниво 1 следва да обхваща детайлна оценка на вътрешни пожари и вътрешни наводнения. Останалите вътрешни опасности, характерни за площадката на ЯЦ могат да бъдат отсяти, т.е. да не се разглеждат във ВАБ, ако отговарят на определени критерии.

### Критерии за отсяване

* 1. Процесът на отсяване може да обхваща качествени и количествени критерии. Критериите за отсяване, следва да се избират така, че значимите фактори, допринасящи за риска, от която и да е вътрешна опасност или комбинация от опасности да не бъдат пропуснати.
  2. Използването на качествени критерии следва да е насочено към потвърждаване, че:
* директните и индуцираните последствията от дадена опасност или комбинация от опасности не предизвикват откази на КСК, които са включени в анализа на вътрешни събития като ИС или като базови събития в модела на системите (т.е., опасността или комбинацията не засягат ВАБ оборудване);

Отчитането на последствията, свързани с откази на КСК, включени като базови събития в модела на вътрешни събития е насочено към демонстриране, че честотата на повреда на горивото няма да се повиши значително за периода на мисията, разгледан в анализа на аварийните последователности.

При използването на подобни съображения, съгласно [16] следва да се демонстрира, че за съответната опасност най-тежкото физически възможно въздействие не представлява заплаха за КСК, важни за безопасността.

* опасността или комбинацията от опасности се развива достатъчно бавно и може да се докаже с висока степен на увереност, че има достатъчно време за елиминиране на източника/източниците на опасността и за осигуряване на надеждна и адекватна реакция;
* директните и индуцираните последствията от дадена опасност са обхванати от модела за вътрешни събития или от модела на друга анализирана опасност;
* демонстриране с качествени доказателства, че опасността би имала пренебрежим принос към честотата за повреда на горивото (в активната зона на реактора и/или в БОК).
  1. Количествените критерии за отсяване се формулират, изхождайки от общия подход за гарантиране на устойчивост на оценката за риска, т.е. ако отсетите опасности или комбинации от опасности бъдат отчетени, то това няма да промени съществено резултата за средната честота за повреда на горивото, получена от ВАБ изследването.
  2. Като количествени критерии за отсяване могат да се използват критериите, възприети при подбора на ИС в анализа на вътрешни събития.

В допълнение, дадена опасност или комбинация от опасности могат да бъдат отсяти, ако за тях се демонстрира, че предизвикват само изходно събитие (т.е. не предизвикват допълнителни зависими откази на оборудване, което е включено в модела на вътрешни събития) и имат честотата на възникване поне на порядък по-ниска от аналогичното ИС (група ИС), отчетено в анализа на вътрешни събития.

* 1. Съгласно [16], отсяването на опасности по ниска честота, следва да прилага при достатъчна увереност в използваните стойности. Затова, при прилагането на количествени критерии следва да се отчита неопределеността на съответните показатели (напр. честота на възникване на опасността, вероятност за отказ на засегнатото оборудване, вероятност на възникване на индуцираните вторични ефекти, и т.н.).
  2. Съображенията за избор на качествените и количествени критерии следва да бъдат еднозначно представени.
  3. Препоръчва се при промяна в проекта или експлоатационната практика, да се извършва преглед на актуалността на процеса на отсяване, т.е., че използваните във ВАБ аргументи по отношение на отсятите опасности остават валидни спрямо действителното състояние на ЯЦ.

Целта на подобен преглед е придобиването на увереност, че във ВАБ модела не са пропуснати нови опасности, както и потвърждение, че извършените промени не изискват преразглеждане на определените честоти на засегнатите от промяната опасности.

### Обща рамка на анализа на вътрешни опасности

#### Определяне на сценариите за изходни събития

* 1. Формално, изпълнението на тази задача определя точката на свързване на анализа на дадена опасност или комбинация от опасности с изградения модел на ВАБ ниво 1 за вътрешни събития или с модела на анализирани вече други вътрешни опасности.
  2. Всеки сценарий, определящ ИС се дефинира чрез мястото на възникване на опасността (или местата на възникване при комбинация от опасности) и свързаните директни или вторични ефекти, които предизвикват повреда на КСК или условия на експлоатация, изискващи действия по успешно смекчаване с цел предотвратяване на повредата на горивото.

Най-общо всеки сценарий се дефинира чрез повреденото оборудване, определящо изискването за смекчаващи действия и списък на останалото засегнато оборудване при сценарият, ако има такова.

* 1. За всяка опасност или комбинация на опасности, сценариите могат да бъдат определени в резултат на прилагане на процес на отсяване с качествени и количествени критерии. В този случай, приложените критерии и подход следва да бъдат представени и обосновани.
  2. Резултатите от проведените обходи следва да се използват в процеса на отсяване. За КСК, формиращи отделните сценарии е необходимо да се потвърди, че са инсталирани и поддържани по начина, по който са разгледани при отсяването.
  3. Като основа за групиране на сценариите се използват групите ИС, определени в анализа на вътрешните събития.

Формално, на базата на повреденото оборудване, определящо изискването за смекчаващи действия, се определя групата ИС от вътрешни събития, към която може да се отнесе съответния сценарий.

* 1. Сценариите, обединени в една група следва да се представят в модела чрез сценарият с най-тежкото въздействие в рамките на групата.
  2. В случай, че даден сценарий засяга едновременно оборудване, което е отнесено към различни групи ИС в анализа на вътрешни събития, то сценарият може да се отнесе към групата ИС с по-рестриктивни изисквания към реакцията на блока, т.е. към групата ИС, за която се очаква по-тежко протичане на аварийния процес.

При такъв казус, всички останали откази, определени от сценарият се третират като съпътстващи в рамките на оценката на избраната група ИС. Ако се прецени за по-целесъобразно, то могат да бъдат дефинирани и нови ИС.

#### Надграждане на вероятностния модел

* 1. Вероятностният модел, разработен за вътрешни събития (виж п.2.49 ÷ п2.196) се явява основа за разработване на модела за отделните вътрешни опасности или комбинации от опасности.
  2. В случай, че опасността или комбинацията от опасности предизвиква ИС, което не е обхванато от модела на вътрешни събития, то в рамките на анализа на съответната опасност следва да се разработи цялостен нов модел на аварийните последователности, отчитайки насоките дадени за вътрешни събития (виж п.2.49 ÷ п2.75).
  3. За всеки сценарий (или група сценарии), отнесени към дадена група ИС, се преглежда съответния модел на ДС от вътрешни събития за приложимост.

Ако съществуващия модел на аварийните последователности не отчита значимите за риска фактори, свързани със съответната опасност, то следва да се определят необходимите промени в модела или да се обмисли разработването на специфичен за сценария (или група сценарии) модел.

Когато моделът на ВАБ ниво 1 се разработва като интегриран, то въвежданите корекции в модела на аварийните последователности следва да бъдат реализирани по начин, който позволява отчитането им само при количествения анализ на съответната опасност (т.е. останалите категории събития, включени в обхвата на ВАБ няма да бъдат засегнати от внасяните корекции, ако използват същия модел на ДС). Ако използваната компютърна програма не позволява въвеждането на подобни корекции, то за съответния сценарий (или група сценарии) следва да се разработи отделен модел на ДС.

* 1. При адаптиране на съществуващ или разработване на нов модел на аварийните последователности, допълнително се отразяват:
* мерките от аварийните процедури за реакция при съответната опасност (или комбинация от опасности), ако има разработени такива;
* промяната в критериите за успех;
* зависимостите в развитието на аварийните последователности, произтичащи от спецификата на опасността или комбинацията от опасности.
  1. Моделът на системите се модифицира, за да се отразят коректно, произтичащите от опасността зависимости и механизми за повреда.

В зависимост от оцененото въздействие на съответната опасност могат да бъдат добавяни допълнителни базови събития (ако е преценено, че опасността предизвиква допълнителни откази на оборудването) или да бъдат добавяни логически оператори за изразяване на гарантираната загуба на оборудването.

Аналогично на корекциите, въвеждани в ДС, при разработването на интегриран модел е необходимо модификациите в модела на системите да се реализират по начин, който гарантира, че съответните промени ще се отчитат само при количествения анализ на съответната опасност или комбинация от опасности.

Решението относно подхода за модифициране на модела на системите следва да се определя с отчитане на функционалните възможности на използваната компютърна програма.

* 1. За всяка опасност или комбинация от опасности следва да се потвърди, че възприетото в рамките на анализа на вътрешни събития време на мисията е приложимо при съответната опасност. За целта, следва да се демонстрира, че въздействията причинени от опасността не обезсилват възприетото време на мисия на компонентите.
  2. Резултатите от извършени целеви обходи на помещенията на ЯЦ следва да се използват при определянето на основните аспекти, свързани с промени във вероятностният модел.
  3. За източниците на неопределеност, свързани с различни допускания при определяне на въздействието на съответната опасност или комбинация от опасности, следва да се определят разумни алтернативи, които да формират обхвата на анализа на чувствителност.
  4. Модела следва да се изгради така, че при количествената оценка да се включат както всички последствия и откази, причинени от опасността, така и независимите от опасността случайни откази и неразполагаемост на оборудването (отчетени като правило в модела на вътрешни събития).
  5. Документирането на процеса на надграждане на вероятностния модел (описание на ДС, ДО, действия на персонала и т.н.) следва да се осъществява при спазване на същото ниво на детайлност, каквото е възприето за вътрешни събития.

#### Общи насоки за анализа на персонала

* 1. Анализът на след-аварийните действията на персонала следва да се преразгледа с оглед отчитането на спецификата на опасността или комбинацията от опасности, които могат да рефлектират върху поведението и реакцията на персонала.

За всяка опасност или комбинацията от опасности следва да се провери за необходимост от отчитане на допълнителни действия, произтичащи от условията, налагани от директното и/или индуцираното въздействие на съответната опасност или комбинация от опасности.

* 1. В зависимост от спецификата на опасността, при анализ на надеждността на персонала се отчитат следните аспекти по отношение на ръчните действия, които са кредитирани:
* преглед на онези аспекти в оценката на действието, които могат да се променят поради въздействието на опасността;
* проверка на използваните формиращи фактори за определяне на потенциала да бъдат засегнати от съответната опасност. Общите и специфични аспекти, които се преразглеждат са обобщени в п.2.229 и в п.2.360.
  1. Анализът на човешкия фактор следва да отчита потенциалното изменение на следните общи условия:
* повишено ниво на стрес и объркване;
* редуциране на разполагаемото време;
* намалена наличност на персонал;
* ограничена достъпност и обитаемост на съответните зони (помещения);
* неизправни или грешни показания на параметри (симптоми);
* допълнително натоварване на персонала;
* допълнителни трудности при откриването/диагностицирането на определени опасности;
* липса на специфични процедури и обучение за конкретните опасности;
* ограничена достъпност;
* неблагоприятни аспекти на околната среда, причинени от въздействието на опасността, ако е приложимо.
  1. Извършва се оценка на осъществимостта[[25]](#footnote-25), която да гарантира, че в модела на съответната опасност се кредитират само възможни за изпълнение действия на персонала. Оценката на осъществимост използва данните от процеса на идентифициране, дефиниране и отсяване на действията на персонала, както и информацията, събрана от проведените интервюта и обходи и се отчита влиянието на дадената опасност върху формиращите изпълнението фактори, когато е приложимо.

### Вътрешни пожари

* 1. Методът, избран за анализ на вътрешни пожари следва да бъде обоснован. Необходимо е подбраният подход да е достатъчно подробен, за да позволи реалистична оценка на риска от пожар и идентифицирането на специфични силни и уязвими места на проекта.

Информацията от извършените обходи се документира в детайли. Връзката между информацията, събрана по време на обхода, и различните аспекти на ВАБ за вътрешни пожари следва да е проследима във всяка част на анализа.

Общите допускания на ВАБ за вътрешни пожари следва да са изложени и обосновани.

* 1. Общата граница на анализа е определена така, че да включва всички помещения на ЯЦ, които имат отношение към определянето на риска от вътрешни пожари, т.е. всички области на централата, свързани с нормалната експлоатация и с аварийни режими, включително поддържащи системи и производство на енергия, както и помещения свързани с друг блок, в които има споделено оборудване.

Анализът следва да потвърди, че общата граница на анализа при ВАБ на мощност обхваща всички зони на централата от потенциален интерес на ВАБ за вътрешни пожари при работа на ниска мощност и спрян блок. Ако това не е така, тогава общата граница на анализа на централата се разширява и се дефинират нови пожарни зони.

#### Идентифициране на пожарни зони

* 1. Сградите и съоръженията, включени във ВАБ за вътрешни пожари се разделят на отделни единици за физически анализ (пожарни зони), които по същество биха задържали пожар, който може да възникне.

В контекста на ВАБ за вътрешни пожари пожарна зона може да бъде добре затворено помещение, което не е оградено от огнеустойчиви бариери, но в което може да възникне пожар (т.е. отделянето от други пожарни зони е с разделяне чрез разстояние или чрез неоценени бариери, които не са подложени на високо топлинно натоварване). Критериите, които се прилагат за определяне на пожарните зони следва да са обосновани и документирани.

* 1. Документацията на ЯЦ се използва за събиране на следната информация:
* пожарни зони (съгласно концепцията за пожарна защита) и техните физически граници (стени, тавани/подове, врати, пожарни клапи, отвори);
* топлинно натоварване (вид, количество, защитен или незащитен, местоположение, постоянен или временен);
* потенциални източници на запалване (вид, количество, местоположение) и уязвими компоненти на ВАБ;
* процедури за контрол на горимите материали (получаване, съхранение, използване и движение);
* полагане на кабели (кабелни трасета);
* противопожарно оборудване за известяване, гасене на пожар, пожарни прегради и продължителност на тяхната устойчивост на пожар;
* вентилационни пътища (канали), които свързват пожарните зони;
* пътища за достъп до пожарната зона за ръчно гасене на пожара.
  1. Провежда се детайлен и систематичен обход на ЯЦ с цел:
* да се верифицира събраната от документацията на ЯЦ информация;
* да се проучи физическото разпределение и разделяне на потенциалните източници на запалване и топлинното натоварване;
* да се идентифицират и документират потенциалните пътища за разпространение на пожара и сценариите на пожара;
* да се анализира уязвимостта на компонентите на ВАБ от ефектите на пожара (топлина и дим) и от задействането на системите за пожарогасене.
  1. За всички експлоатационни състояния, моделирани във ВАБ на ниска мощност и спрян реактор следва да се идентифицират разликите с ВАБ при работа на блока на мощност по отношение на потенциалните източници на запалване, топлинното натоварване, разпространението на пожара и пожарогасенето.

Препоръчва се запазването на дефинираните на мощност пожарни зони с цел да се гарантира, че местоположенията на централата ще се идентифицират систематично между анализите и резултатите при различни експлоатационни условия да бъдат лесно определяни и интерпретирани.

#### Изходни събития от вътрешни пожари и избор на оборудването

* 1. Дефиницията и анализа на събитие от вътрешни пожари се подкрепя от следната информация, специфична за централата:
* разположение на оборудването и кабелите в различните помещения;
* видове откази на оборудване и кабели, потенциално предизвикани от пожар;
* критерии за повреда от пожар;
* действия на персонала при пожар;
* процедури за противопожарна защита.

Видовете откази на оборудването, потенциално предизвикани от пожар, са загуба на функция на оборудването, лъжливо сработване на оборудване (нежелано преконфигуриране на клапани или задействане на резервиращи системи), загуба и/или лъжливи сигнали и показания.

Видовете откази за свързаните кабели и вериги следва да включват всички значими видове откази, като отворена верига, късо съединение към земя, късо съединение, горещо късо (вътрешно-кабелно горещо късо, между-кабелно горещо късо) и тяхното потенциално въздействие върху оборудването.

Всички критерии за повреда от пожар, които се прилагат следва да бъдат обосновани.

* 1. Дефинирането на пожарно събитие във ВАБ на етапа на проектиране се основава на всяка информация, която е налична. Липсващите данни се компенсират чрез съответните реалистични допускания.
  2. Обосновката за броя на горещите къси съединения, включени в анализа на веригите следва да бъде документирана в детайли. Броят на горещите къси може да варира в зависимост от значимостта на оборудването и условната вероятност за горещо късо съединение, определена с прилагането на утвърдени методи за оценка.

Подходът следва да гарантира, че комбинации от значимо за риска оборудване, участващо в лъжливо сработване, са включени във ВАБ за вътрешни пожари.

* 1. Документацията на ВАБ за вътрешни пожари включва списък с оборудването за всяка пожарна зона, включително оборудването, необходимо за всяко експлоатационно състояние и/или кабелите, чиито откази, причинени от пожар водят до изходно събитие или влияят върху функциите за безопасност за смекчаване и действията на персонала след настъпването на изходно събитие.

#### Отстраняване на пожарни зони от анализ

* 1. Качествено отсяване: Пожарна зона може да бъде отстранена от анализ, ако отговаря на всички от следните критерии:
* не съдържа ВАБ оборудване или кабели на това оборудване;
* пожар, възникващ в пожарната зона не води до изходно събитие и не изисква ръчно сработване на аварийната защита или административно спиране на блока в планов ред, поради условията за безопасна експлоатация на ЯЦ;
* граничните (съседни) пожарни зони, както и пожарните зони, свързани по вентилационните пътища, не съдържат ВАБ оборудване.

Сценариите, включващи две или повече пожарни зони са идентифицирани и характеризирани изрично. Предоставено е доказателство, че пасивните пожарни бариери, предназначени за предотвратяване на разпространението на пожар между пожарните зони са адекватно оценени и правилно поддържани. Критериите за отсяване, приложени към анализа на повече пожарни зони, са в съответствие с качествените критерии за единични пожарни зони.

Допълнителни критерии за отсяване на сценарии на пожар в повече зони са допустими, но така, че да гарантират, че отстранените комбинации от пожарни зони са с нисък принос за риска от вътрешни пожари.

Потенциалното разпространение на пожар от един блок към пожарна зона на друг блок за централа с няколко енергийни блока следва да се вземе предвид при анализа.

* 1. Количествено отсяване: Пожарна зона може да бъде отстранена от детайлен анализ, ако сборът от всички приноси на пожарните сценарии към честотата на повреда на горивото (CDF/FDF) е по-малък от предварително определен и обоснован количествен критерий към всяко експлоатационно състояние.
  2. Кумулативният критерий за честотата на повреда на горивото от всички отстранени пожарни зони следва да бъде под определен праг. Този праг може да бъде определен като конкретна абсолютна стойност, [14], или да бъде даден в относителни стойности (напр. приносът на вътрешните събития към честотата на повреда на активната зона, [7], или приносът на вътрешните пожари, [21]).

Пресмятането на честотата на повреда на горивото се осигурява с модела на ВАБ за вътрешни събития, и се основава на следните консервативни допускания:

* разпространението на ефектите от пожара към други пожарни зони следва да вземе предвид всички съседни пожарни зони, както и всички пожарни зони, свързани чрез вентилационните пътища. Вероятността за такова разпространение се въвежда при изчисляването на честотата на повреда на горивото;
* цялото уязвимо оборудване в разглежданата пожарна зона, както и всички пожарни зони, към които се предполага разпространение на ефектите от пожара, се приемат като отказали поради пожара;
* повредата на кабелите води до най-лошите възможни въздействия (отказ или лъжливо сработване) за съответното оборудване.

Количественото отсяване не отстранява пожарни събития с ниска честота на възникване на пожари, но с потенциално значими последствия.

* 1. Резултатите от процедурата за отсяване (запазени и отстранени пожарни зони) следва да се документират по проследим начин.

#### Оценка на честотата на възникване на пожар

* 1. Оценката на честотата на възникване на пожар се изпълнява за всички пожарни зони, които са проверени качествено и се документира така, че да бъде проследима.
  2. Препоръчва се обобщени данни и специфична за ЯЦ информация за историята на пожарите да се използват посредством бейсов подход за установяване на честотите на пожари, свързани с отделните категории (типове) източници на пожар.

Всеки запис в обобщената база данни за пожарни събития се оценява за приложимост към модела за честотата на съответният тип източник на пожар.

Пожарните събития, специфични за централата следва да са описани, като се предоставя най-малко следната информация:

* състояние на работа на блока;
* местоположение на източника на запалване и причина за пожара;
* начин на потушаване на пожара и използвано оборудване;
* продължителност на пожара и време за потушаване;
* разпространение на пожара и последствия (повредено оборудване и степен на повреда, засегнати системи и пожарни бариери, понижаване на мощността и принудителен престой).

Прегледа на пожарните събития за включване в оценката за честотата на възникване на пожар следва две основни съображения. Първото съображение е кога и къде се е случил пожара. Второто съображение е дали дадено събитие е предизвикало или е могло да представлява опасност за ядрената безопасност (събитие, потенциално предизвикващо пожари).

Всяка честота на пожар, свързана с отделен източник на пожар се представя със средна стойност и статистически интервали на неопределеност.

* 1. Допускания, направени вместо специфични данни за централата, се правят само за все още неизградени ЯЦ и когато се използват, се идентифицират изрично, [18].
  2. Общата честота на възникване на пожар за пожарната зона се определя като сума от честотите на всички потенциални източници на пожар в пожарната зона и честотата на категориите преносими материали и огневи дейности, определена чрез отделен анализ на относително ранкиране за оценка на тегловите коефициенти.

Препоръчва се генерирането на списък на всички пожарни зони с техните честоти на пожар. Този списък следва да е проследим до поддържащите анализи.

* 1. За всеки пожарен сценарий, идентифициран в пожарната зона се определя честотата. Сценарият на пожар се определя от гледна точка на източника на запалване и степента на щетите от пожара в пожарната зона. В съответствие с нивото на детайлност на анализа, честотата, свързана с определен сценарий на пожар, зависи от честотата на запалване и вероятността за гасене на пожара.

#### Детайлен анализ на пожарните зони

* 1. Пожарните сценарии в пожарните зони, които следва да бъдат анализирани подробно е за предпочитане да бъдат анализирани посредством дървото на събитията на развитието на пожара, което показва източника на пожар, дефинирани етапи на нарастване на пожара, успех/неуспех на гасенето на пожара преди достигането на дадено състояние на повреда или възникване на изходно събитие. Крайните точки на тези анализи са едно или повече състояния на повреда от пожар със съответните честоти, които се прилагат при количествената оценка.

Вероятностите за отказ на системите за автоматично пожароизвестяване и пожарогасене, както и вероятността за отворени врати и пожарни клапи следва да бъдат оценени на база на обобщени и специфични данни на ЯЦ или чрез модел на ДО.

Вероятността за отказ на действията на персонала за ръчно откриване и потушаване на пожара, или действията на пожарната бригада се определя количествено въз основа на приложими методи за оценка в зависимост от категорията (тип) на източника на пожар.

Степента на повреда (от гледна точка на отказали ВАБ компоненти) на всеки сценарий на пожар се оценява и документира във функция на отказа на моделираните системи за пожароизвестяване и пожарогасене, както и на ефективността на пожарните бариери (стени, врати, пожарни клапи и уплътнения на проходките).

* 1. Последствията от пожари на кабели върху свързаните с тях компоненти следва да бъдат оценени по подходящ начин с прилагането на утвърдена методология (анализ на веригата) и определянето на условните вероятности за откази на кабелите, или да се запазят консервативните гранични условия, прилагани в процеса на количествено отсяване на пожарни зони и сценарии.
  2. Допусканията по отношение на пространственото разделяне и ефективността на пожарните бариери се проверяват за избрани пожарни зони посредством признат код за симулация на пожар или други признати методи.

Подробностите за конкретните източници на пожар и потенциалните мишени в пожарната зона са ясно документирани. Предоставени са доказателства, че всички потенциални източници на пожар са разгледани.

За пожарните зони, където е установен повече от един сценарий на пожар, е включено ясно и недвусмислено определяне на различните сценарии на пожар в пожарната зона. Предоставени са индивидуални анализи за отделните сценарии в пожарната зона.

Анализът на разрастването на пожара във всяка пожарна зона е проследим. Представени са доказателства, че моделът на пожара, използван за анализирането на нарастването на пожара, е валидиран и верифициран.

* 1. Анализът на действията на оператора при сценарии от вътрешни пожари следва комбиниран подход, който се основава на методологията за количествено определяне на вероятностите за човешки грешки при пожар с прилагането на различни методи за оценка на диагностичната част от действието и за оценка на ръчната част.

Специфичните въздействия от пожара върху действията на персонала като допълнителен стрес, потенциално съществуване на противоречиви сигнали, дим, загуба на осветление и трудности при влизане или преминаване през зона, засегната от пожара са анализирани и документирани така, че да се проследят.

Действията на оператора с напускане на БПУ са идентифицирани и документирани.

#### Анализ на пожар в блочен и резервен пулт за управление (БПУ/РПУ)

* 1. Моделът на ВАБ за вътрешни пожари в БПУ и РПУ следва да вземе предвид специфичните характеристики, свързани с тези местоположения, като ефектите от пожара във всички кредитирани системи, потенциала за лъжливо задействане на системи и въздействието на пожара върху действията на оперативния персонал. Последното следва да включва:
* въздействието на пожара и дима върху показанията и индикациите на БПУ и свързаното оборудване;
* възможността за откриване и потушаване на пожар;
* използването на алтернативно местоположение за безопасно спиране на блока, като се отчитат достъпност, взаимозависимост и други възможни ограничения;
* потенциалните видове откази, предизвикани от пожар, когато засягат едновременно БПУ и РПУ (напр. пожар в резервния пулт за управление, водещ до превключване на управлението от РПУ);
* ефектите от разпространението на дима и токсичните газове.
  1. Анализа на БПУ следва да включва потенциалните изходни събития в резултат на пожари в БПУ, включително пожари, които водят до загуба на функция, или водят до напускане на БПУ поради нарушени условия за обитаване, когато действителните повреди, причинени от пожара, не биха причинили откази на оборудването, които водят до спиране на централата.

#### Количествено определяне на риска от вътрешни пожари

* 1. Окончателното количествено определяне на приноса на вътрешни пожари към честотата на повреда на горивото се извършва за пожарните зони, останали след процеса на отсяване, като се отчитат резултатите от детайлния анализ.

Резултатите от ВАБ ниво 1 за вътрешни пожари се анализират чрез идентифицирането на основните фактори, които допринасят за честотата на повреда на горивото като пожарни зони, пожарни сценарии, аварийни последователности, основни събития (неготовности на оборудването и действия на персонала).

Резултатите следва да бъдат проследими до входните данни и допусканията, направени във ВАБ за вътрешни пожари.

* 1. Резултатите за честотата на повреда на горивото на пожарните зони, отстранени от детайлния анализ, остават част от крайните резултати на риска от вътрешни пожари.

Допусканията, свързани с отсяването на пожарни зони и сценарии, следва да бъдат прегледани, за да се прецени дали основанията за отсяване остават валидни и не се налага добавяне на отстранените пожарни зони и сценарии към детайлния модел.

#### Документация за ВАБ ниво 1 за вътрешни пожари

* 1. ВАБ ниво 1 за вътрешни пожари следва да бъде документиран по начин, който улеснява прегледа, прилагането и актуализирането на анализа. В съответствие с изискване 20 на GSR част 4, [5], следната информация следва да бъде включена:
* описание на противопожарните характеристики, специфични за централата, включително пасивни и активни мерки за пожарна защита, както и разделяне на централата на пожарни зони;
* описание на специфичните методи и данни, използвани за оценка на риска от вътрешни пожари;
* описание на промените, направени в модела на ВАБ ниво 1 за вътрешни събития, за да се отчетат ефектите от вътрешни пожари;
* характеристика на пожарните зони;
* обосновка за процеса на отсяване на определени пожарни зони от анализа;
* резултатите от детайлния анализ на пожарните сценарии, например за блочния пулт за управление, помещенията с електрически компоненти, пожар в много пожарни зони и множество опасности;
* крайните резултати от ВАБ ниво 1 за вътрешни пожари по отношение на честотата на повреда на горивото, както и определени междинни резултати;
* докладът от обхода на централата в подкрепа на анализа на вътрешни пожари.

### Вътрешни наводнения

* 1. Като вътрешно наводнение се дефинира всяко събитие свързано с опаряване, разливане, заливане, пръскане или изсипване на флуид (вода, пара, масло и различни реагенти) от скъсване на тръбопровод (паропровод) или друго оборудване.

Влиянието на разкъсванията на съдове с некондензируеми газове (водород, азот и др.) не се разглеждат, тъй като не предизвикват отказ на разположено в близост оборудване в контекста на термина наводнение.

* 1. ВАБ за вътрешни наводнения е насочен да оцени потенциалното въздействие върху безопасността при възникване на събития с наводнение в сградите на ЯЦ. В съответствие с общата практика, [16], [21], [25], процесът на разработване на ВАБ за вътрешни наводнения обхваща следните задачи:
* разделяне на ЯЦ на отделни зони на вътрешно наводнение;
* идентифициране и характеризиране на източниците на вътрешно наводнение;
* разработване на съответните сценарии на вътрешно наводнение;
* анализ на иницииращите вътрешно наводнение събития;
* анализ на реакцията на ЯЦ при вътрешно наводнение;
* анализ на надеждността на човешкия фактор при вътрешни наводнения;
* количествена оценка на риска от вътрешно наводнение.
  1. При разглеждането на експлоатационните състояния, различни от работа на мощност, допълнително се отчитат:
* значителното увеличаване на дейностите по ТОиР на КСК, което води до увеличаване възможностите за възникване на вътрешни наводнения;
* потенциалът за допълнителни пътища за разпространение на наводненията (напр. някои херметични врати може да са отворени по време на режими на ниска мощност и спрян реактор);
* повишената заетост на персонала в различни помещения по време на спиране за планов годишен ремонт може да подобри възможностите за откриване и локализиране на вътрешните наводнения;
* по време на изпълнение на ремонтни дейности системите са изведени, което може значително да редуцира източниците на вътрешни наводнения спрямо установените при работа на енергийния блок на мощност.
  1. Надграждането на вероятностния модел (разработване на ДС и ДО) и неговото документиране се изпълнява по описания в п.2.210 ÷ п.2.226 начин.
  2. Източниците на неопределеност в модела, идентифицирани при изпълнението на всяка от задачите, формиращи обхвата на анализа за вътрешни наводнения, както и свързаните с тях допускания и разумни алтернативи следва да бъдат определени и оценени, доколкото е възможно с качествени или количествени методи.

#### Разделяне на ЯЦ на отделни зони на вътрешно наводнение

* 1. Процесът на разделяне на ЯЦ на отделни зони е насочен към идентифициране на зоните за вътрешни наводнения по такъв начин, че:
* анализа на вътрешни наводнения да се основава на реалните физически граници, т.е. включени са всички зони или помещения на енергийния блок, където вътрешно наводнение може да повлияе неблагоприятно върху КСК, включително тези места на съседен енергоблок, които съдържат споделени КСК;
* реалната физическа компановка на ЯЦ да бъде коректно отчетена.
  1. Зони на наводнение се дефинират така, че да се гарантира тяхната независимост по отношение на потенциала за вътрешни ефекти и разпространение на наводненията към съседни зони.

Дефинирането на зоните се извършва на едно от следните нива:

* помещения или свързани помещения/зали, за които съществуват конструктивни характеристики, които забавят, ограничават или предотвратяват разпространението на наводнения към съседни зони, или
* сгради или части от тях, които са отделени от други зони, от които няма да има разпространение към други моделирани сгради или части от тях.
  1. За площадки с множество блокове със споделени КСК, се дефинират и зони споделени от няколко блока, ако е приложимо.
  2. Процеса на дефиниране на зоните на наводнения се базира на следните източници на информация за ЯЦ:
* информация за пространственото разпределение като: архитектурни чертежи на отделните сгради, общи компановъчни чертежи, проектни изчисления за вътрешни наводнения, и друга информация за анализа на наводненията, специфична за ЯЦ;
* конструктивни характеристики на ЯЦ като: проектни особености за защита против наводнения – дренажна система, водонепроницаеми/херметични врати, системи за откриване на наводненията, и други.
  1. Провеждането на обходи е необходимо, за да се провери точността на данните от източниците на информация за ЯЦ и да се определи или провери/потвърди наличието на конструктивните особености.
  2. Процесът, използван при разделяне на ЯЦ на отделни зони на вътрешни наводнения се документира, като се посочват използваната входна информация, приложения метод и получените резултати. Документацията включва като минимум:
* зони на наводнения, определени в анализа, и причините за изключване на всички зони от по-нататъшен анализ;
* общото естество и ключови или уникални характеристики на разделителните елементи (конструктивни характеристики), които определят всяка зона на наводняване);
* резултати от извършени обходи в подкрепа на разделянето на ЯЦ;
* източниците на неопределеност, свързаните допускания и разумни алтернативи (както са идентифицирани в п.2.262).

#### Идентифициране и характеризиране на източниците на вътрешно наводнение

* 1. За всяка зона на наводнение се идентифицират потенциалните източници на наводнение, включващи:
* оборудване (напр. тръбопроводи, клапани, помпи), разположено в зоната, което е свързано с флуидни системи (напр. система за циркулационна вода, система за техническа вода, система за охлаждаща вода за компоненти, система за подхранваща вода, водни пожарогасителни системи, системи за кондензат и пара);
* вътрешни източници на наводнение в ЯЦ (напр. баци, резервоари или басейни), разположени в зоната на наводнение;
* външни източници на наводнения (напр. резервоари или реки), които са свързани с дадена разглеждана зона чрез някаква система или структура;
* входящи течове от други зони на наводнение (напр. обратен поток през дренажи, врати и др.).
  1. Като потенциални източници на наводнения се идентифицират такива, които включват вода, пара и други течности (напр. смазочно масло, дизелово гориво, разтвори използвани за коригиране на водохимичен режим).
  2. За площадки с множество енергоблокове със споделени системи или структури, се включат всички източници с потенциално въздействие върху няколко енергоблока или между двойка енергоблокове.
  3. Една зона на наводнение може да бъде отсята (изключена от последващите стъпки на анализа ва вътрешни наводнения), ако се изпълнява един от следните критерии:
* зоната не съдържа нито един потенциален източник на наводнение изброен в пп.2.271 и 2.272;
* зоната не съдържа КСК което е включено в реакцията на блока при вътрешни събития, както възникването на наводнение в нея не води до ИС или до необходимост от незабавно спиране на блока;
* може да бъде демонстрирано с консервативни допускания (напр. дренажите се приемат запушени/задръстени), че оборудването включено в реакцията на блока, намиращо се в зоната, не се повлиява от наводнението (напр. очакваното максимално ниво на наводнението е твърде ниско за да достигне оборудването, максималните параметри на околната среда /температура, влажност/ са под проектните за оборудването стойности).
  1. Като потенциален източник на вътрешно наводнение се изключват всички тръбопроводи по първи контур, които са отчетени като теч от първи контур (LOCA) в модела за вътрешни събития.

По аналогичен принцип могат да бъдат изключени основните тръбопроводи по втори контур (тръбопроводи свежа пара и основна подхранваща вода за ПГ) и някои системи или отделни части от тях, които са включени като част от ИС за вътрешни събития. В този случай обаче, е необходимо да се извърши преглед на това доколко приетите граници на съответните тръбопроводи във вътрешни събития се покриват с реалните физически граници на тези тръбопроводи, включително по отношение на потенциала за вътрешни ефекти от наводнения и разпространение на наводненията.

* 1. За всеки потенциален източник на наводнение се идентифицират механизмите на повреда, които биха довели до изпускане на вода, пара или други течности от източника на наводнение, включително:
* видът отказ на компоненти като тръби, резервоари, уплътнения, тръбопроводна арматура и уплътнения;
* предизвикани от човека механизми на повреда, които биха могли да доведат до препълване на резервоари, отклоняване на потока през отвори, създадени и използвани по време на извършване на ТОиР, непреднамерено включване на водна пожарогасителна система;
* други събития, водещи до изпускане в зоната на наводнението.
  1. За всеки източник и неговия идентифициран механизъм на повреда, се определят характеристиките на изпускането и капацитета на източника, включително:
* характеристика на нарушението, включително тип (напр. теч, разкъсване, пръскане);
* диапазон на разхода през изтичането, всеки от които има уникална честота на поява (напр. малки течове, които причиняват само пръскане, са по-вероятни от големи течове, които могат да причинят заливане на оборудването);
* капацитет на източника (напр. обем или количество вода);
* налягане и температура на източника.
  1. Провеждането на обходи е необходимо за да се провери местоположението на източниците на наводнения и пътищата на изтичане.
  2. Документацията на процеса на идентифициране и характеризиране на източниците на вътрешно наводнени включва като минимум:
* идентифицирани източници на наводнения и произтичащият списък от източници, които са допълнително проучени в следващите стъпки от анализа;
* идентифицирани механизми на повреда и характеристики на наводнения;
* основанията за всяко предварително/качествено отсяване на зона на наводнение или източник на наводнения;
* всякакъв вид извършени изчисления или други анализи, използвани за подпомагане или прецизиране на оценката на наводненията;
* резултати от извършени обходи използвана в процеса на идентифициране и характеризиране на източниците на наводнения;
* източниците на неопределеност, свързаните допускания и разумни алтернативи.

#### Разработване на съответните сценарии на вътрешно наводнение

* 1. За всички дефинирани зони на наводнение се идентифицира пътя на разпространение на наводнението от източника на наводнение до неговата(ите) зона(и) на акумулиране за всеки източник на наводнение във всяка зона на наводнение.
  2. За всяка зона на наводнение и всеки източник на наводнение се идентифицират проектните характеристики, които имат способността да прекратяват или ограничават разпространението на наводнението.

Отчита се наличието на:

* аларми за наводняване/сигнализация за появата на вода в дадена зона;
* водни препятствия/защитни ограждения, прагове, шахти[[26]](#footnote-26) (т.е. физически структури, които позволяват акумулирането/натрупването и задържането на вода);
* дренажи (т.е. физически структури, които могат да функционират като дренажи за отвеждане на изпускането);
* дренажни помпи, щитове против пръскане/намокряне, водонепроницаеми врати и
* разривни/разтоварващи панели[[27]](#footnote-27) или клапи[[28]](#footnote-28) (напр. пожарни клапи, клапан за свръхналягане[[29]](#footnote-29)) с възможност за автоматично или ръчно управление.

За всяка зона на наводнение и всеки източник на наводнение се идентифицират тези автоматични или операторски действия, които имат способността да прекратят или задържат разпространението на наводнение.

Оценява се капацитета на дренажите и количеството вода, задържано от воднитe препятствия, прагове и шахти. Тези фактори се отчитат при оценката на обемите на изпусканията и въздействията на наводненията върху КСК.

* 1. За всяка зона на наводнение, която е запазена за анализ, се идентифицират КСК, разположени в зоната на наводнение и в зоните по пътищата на разпространение на наводненията, в случаите когато:
* съответните КСК са включени в модела на вътрешни събития, тъй като се изискват в реакцията на блока за изходно събитие или
* чиято повреда би затруднила нормалната работа на ЯЦ и са определени като уязвими на наводнение.

В допълнение, за всеки идентифициран КСК, за целите на определяне на неговата уязвимост, се определят неговото пространствено местоположение в зоната и всички характеристики за смекчаване на наводненията (напр., степен на защита[[30]](#footnote-30) срещу пръскане, намокряне, заливане или въздействие на водна струя).

* 1. За идентифицираните в п.2.281 КСК в зона на наводнение, се определя тяхната уязвимост към механизмите за повреда, причинени от наводнение.

Оценката на уязвимост се извършва по отношение на възможността за повреда на КСК вследствие на механизми като: заливане, пръскане, силово въздействие на водна струя, камшичен удар от реактивно въздействие при разкъсване на високо-енергиен тръбопровод, влажност, кондензация, проблеми с температурата и всички други идентифицирани механизми на повреда.

Като минимум се допуска да се оцени възможността за повреда вследствие само на заливане и пръскане. По отношение на останалите механизми, които не са изрично разгледани (напр. силово въздействие на водна струя, камшичен удар от реактивно въздействие при разкъсване на високо-енергиен тръбопровод и др.), е необходимо качествено да се оцени тяхното въздействие (чрез използване на консервативни предположения), или изрично да се уточни, че тези механизми не са включени в обхвата на оценката.

* 1. Оценката на уязвимост на КСК към механизмите за отказ предизвикани от наводнение (виж п.2.282) се извършва за всички КСК идентифицирани в п.2.281, освен ако функционалността на тези КСК при наличие на вътрешни ефекти от наводнение може да бъде подкрепена от едно или комбинация от следните:
* тест/изпитване или експлоатационни данни;
* инженерен анализ;
* експертна оценка.
  1. Определят се потенциалните пътища на разпространение чрез идентифициране на вътрешната свързаност на зоните посредством:
* дренажни линии;
* обратен поток през дренажни линии, включващ отказ на обратен клан;
* тръбни и кабелни проходки (включително кабелни скари) без уплътнения за проникване и достатъчно здрави за да предотвратят разпространението;
* врати и пролуки под тях;
* стълбищни клетки;
* люкове;
* разривни панели27;
* въздуховоди на системите за отопление, вентилация и климатизация[[31]](#footnote-31) (ОВК);
* решетки в пода и капаци;
* уплътнения на проходки.

При определяне на пътищата на разпространение се оценява и потенциала за структурна повреда (напр. врати, стени, уплътнения проходки) поради наводнението.

* 1. За всеки сценарий на наводнение, на базата на характеристиките на зоната на наводнение следва да се определят:
* списък на източниците на наводнение, размер на разкъсване и разход на изпускане;
* разпространението на наводнението и разхода на дрениране чрез включване на пътищата на потока през дренажите на пода, решетки и ремонтни капаци в пода, пролуки под вратите, отвори в стени и ОВК въздуховоди;
* степен на заетост (запълване) площта на пода с КСК в засегнатите от наводнението зони (само за сценарии на наводнение от механизъм заливане);
* потенциална повреда на преградите срещу наводнения;
* условия на влажност и температура на засегнатите от наводнението зони (само за сценарии с изпускане на гореща вода и пара).

Допуска се използването на консервативни стойности за проектните характеристики при невъзможност за изчисляване на специфични за отделните сценарии на наводнение стойности.

* 1. За всеки сценарий на наводнение със заливане следва да се определят резултантните нива на наводнение и свързаните времена за повреда на КСК, разположени в зоната на наводнението или в зоните на потенциалните пътища на разпространение.

За случаите при които е невъзможно да се определят конкретните нива на наводнение и свързаните времена за повреда на КСК се допуска използване на консервативни оценки, които се базират на консервативни допускания за проектните характеристики на зоната на наводнение (виж п.2.285).

За КСК включени в модела на ВАБ за вътрешни наводнения, също така се оценява въздействието причинено от пръскане, тежки условия на околна среда[[32]](#footnote-32) или хидравлично натоварване в зоната, инициираща наводнението, и зоните в потенциалните пътища на разпространение.

* 1. При определяне на нивото на наводнение за всяка зона на наводнение и за всеки сценарий на наводнение, което причинява заливане, се демонстрира, че:
* използваните скорости на разпространение на потока не водят до оптимистична височина на наводнение нито за зоната на възникване на наводнението (разход на изтичане), нито за приемащата зона на наводнение по пътя на разпространение, и
* всеки анализиран сценарий използва подходяща продължителност на аварийния процес при оценка на максималното ниво на наводнение или критичната височина на наводнението за податливото оборудване.
  1. Сценарии за наводнения (т.е. набор от информация относно зоната на наводнение, източник, разход на изпускане и капацитет на източника, действия на оператора и повреда на КСК, които заедно формират граничните условия за интерфейса с ВАБ за вътрешни събития) се разработват чрез изследване на оборудването и съответните характеристики на блока/ЯЦ в зоната на наводнението и зоните в потенциалните пътища на разпространение, като се отчитат подходящи системи за смекчаване на наводненията или действия на оператора и идентифициране на уязвимите КСК.
  2. За площадки с няколко енергоблока със споделени системи или структури, се анализира необходимостта от разработването на сценарии обхващащи няколко енергоблока.
  3. Отсяване на зоните на наводнения може да се извърши, ако бъде демонстрирано, че от зоната не се причинява ИС или необходимост от незабавно спиране на блока, и се изпълнява някое от следните условия:
* ако не се достига до загуба на ВАБ оборудване и се покаже, че:
* зоната на наводнението (включително съседните зони, където наводнението може да се разпространи) не съдържа оборудване, моделирано във ВАБ, или
* зоната на наводнение не съдържа източник на наводнение (, достатъчен да причини повреда на оборудването, идентифицирано в п.2.282.

За целите на отсяването, не се отчитат повреди, които могат да се третират като средство за благоприятно отводняване на зоната.

* ако се достига до загуба на ВАБ оборудване и се покаже, че:
* зоната на наводненията съдържа системи за смекчаване на наводненията (напр. дренажи или помпи за дрениране на пода), способни да предотвратят неприемливи нива на наводнения, и
* естеството на наводнението не причинява повреда на КСК, които са необходими за предотвратяване на повредата на горивото;
* няма разпространение към друга зона на наводнение.

Всички критерии, използвани за качествено отсяване следва да се обосновават и документират.

* 1. Потенциални смекчаващи действия на оператора могат да се използват като допълнителен критерии за отсяване на зони на наводнения, ако може да се покаже, че следните условия са изпълнени:
* налична е индикация за наводнение в контролната зала;
* източника на наводнение може да бъде изолиран;
* смекчаващото действие може да се извърши с висока надеждност за най-лошия инициатор на наводнение. Висока надеждност се установява чрез демонстриране, например, че действията са процедурно насочени, че има достатъчно време за реакция, че зоната е достъпна и че има достатъчно персонал за извършване на действията.
  1. Зона на наводнение може да бъде количествено отсята, ако се удовлетворява някой от следните критерии:
* произведението от сумата на честотите на сценариите с наводнения в дадена зона и ограничаващата условна вероятност за повреда на горивото е по-малка от 1,0Е-09 1/год.;

Като ограничаваща условна вероятност за повреда на горивото може да се приеме най-високата от стойностите, получени за CCDP/CFDP при разглеждане на сценариите на наводнение в дадена зона.

* приносът на даден сценарий към кумулативната честота за повреждане на горивото за вътрешни наводнения е по-малък от 1%.
  1. При използване на количествени критерии за отсяване, честотата за повреда на горивото следва да бъде оценена при следните допускания:
* за всяко оборудване, уязвимо към ефектите от наводняване на зоната е приет гарантиран отказ;

или

* наводнението води към най-неблагоприятното възможно въздействие (отказ или лъжливо сработване) за съответното оборудване.
  1. Провеждането на обходи е необходимо за да се определи или провери следната информация:
* КСК разположени във всяка определена зона на наводнение;
* смекчаващи характеристики на КСК срещу наводнение /пръскане/ или други приложими механизми, разположени във всяка определена зона на наводнение (напр. дренажи, щитове и др.);
* пътища на разпространение на наводнението (пътища от и до зоната на наводнение).

Обходите могат да бъдат извършени във връзка с п.2.268 и п.2.277.

* 1. Документацията на процесът, използван за разработване на сценариите на вътрешно наводнение включва като минимум:
* пътища на разпространение на наводненията и свързаните поддържащи изчисления;
* характеристики и бариери за смекчаване на наводнения, използвани в анализа и свързаната с тях обосновка;
* сценариите за наводняване, включени в анализа, и всеки процес, използван за отсяване на някой от тях;
* основанията за всяко извършено отсяване;
* обосновки и изчисления, използвани при определянето на механизми за повреда, предизвикана от наводнение (напр. обосновка за неуязвимост на КСК към механизми за повреда, предизвикана от наводнение);
* всички изчисления или други анализи, използвани за подпомагане или прецизиране на оценката на наводненията;
* всички извършени обходи;
* източниците на неопределеност, свързаните допускания и разумни алтернативи.

#### Анализ на иницииращите вътрешно наводнение събития

* 1. Идентифицираните в п.2.288 сценарии за наводнения могат да се групират само когато:
* могат да се считат за подобни по отношение на реакцията на блока, критериите за успех, времето и ефективността на действията на оператора и съответните смекчаващи системи, или
* групата се представя от едно ограничаващо въздействие, изразяващо най-тежките ефекти, включително потенциал за изхвърляне на радионуклиди, т.е. сценариите в рамките на групата и самото групиране не оказват влияние върху значимите за риска аварийни последователности.

Не се препоръчва добавянето на сценарии към група или включването на сценарии в група, освен ако въздействията не са сравними с тези на останалите сценарии в тази група.

* 1. За всеки сценарий за наводнение или група от сценарии, дефинирани съгласно п.2.296 се определя принадлежността към съответна група ИС от ВАБ за вътрешни събития в съответствие с насоките представени в п.2.32 ÷ п.2.35.
  2. За площадки с няколко енергоблока със споделени системи или структури, се анализира необходимостта от включване на въздействията от наводнението върху КСК на повече от един енергоблок в дефиницията и групирането на предизвикани от наводнения изходни събития.
  3. Количествената оценка на честотата за всяко инициирано от наводнение събитие или група ИС се извършва на база реакторна година и включва вероятността от повреда на всякакви смекчаващи характеристики и/или вероятности за човешка грешка, които са били използвани за определяне на сценария на наводнението и свързаното с него ИС.

Оценката на ВЧГ за дейности по ТОиР, които могат да доведат до предизвикани от човека наводнения се извършва чрез използване на налични обобщени и специфични за ЯЦ данни или чрез използване на техники за оценка на човешка надеждност при анализ на специфичните за ЯЦ дейности по поддръжка

* 1. Определя се честота за всеки идентифициран сценарий на наводнение въз основа на събраната специфична за ЯЦ информация относно проекта на блока, работните практики и условията, които могат да повлияят на вероятността от наводнение (т.е. текущо състояние на флуидни системи, експлоатационен опит с хидравлични удари и наводнения предизвикани от дейности при поддръжка).

За количествената оценка на честотата на групите изходни събитията, се използва комбинация от:

* обобщен и специфичен за ЯЦ експлоатационен опит;
* честота на повреда на тръби, компоненти и резервоари от обобщени източници и от специфични за ЯЦ данни, и
* инженерна оценка по отношение на събраната специфична за ЯЦ информация (комбиниране на специфичните за ЯЦ данни с обобщените такива, използвайки бейсов подход).

Оценката за честотата на групите изходни събитията следва да вземе предвид и потенциала за повреда на тръбопроводите поради ефектите на стареене когато е уместно и когато са подкрепени от приложими обобщени или специфични за ЯЦ данни.

* 1. Документацията на задачата с определяне на изходните събития от вътрешни наводнения включва като минимум:
* обосновка за групиране и включване на нови изходни събития, предизвикани от наводнения;
* процеса на количествена оценка на честотите на изходните събития, предизвикани от наводнение;
* неразполагаемост на компонентите и ВЧГ, използвани в анализа (т.е. стойностите на данните, уникални за анализ на вътрешни наводнения);
* всички изчисления или други анализи, използвани за подпомагане или прецизиране на оценката на честотите на наводненията;
* процеса и основата за отсяване на изходни събития, предизвикани от наводнения;
* обосновка приложимостта на използваните обобщени данни (честота на повреда на тръби, компоненти, резервоари и др.);
* източниците на неопределеност, свързаните с тях допускания и разумни алтернативи.

#### Анализ на надеждността на персонала при вътрешни наводнения

* 1. В рамките на анализа на действията на персонала е необходимо да се извърши преглед на всички след-аварийни ГП в модела на ВАБ за вътрешни събития, за да се определи дали всяко действие на оператора остава валидно в контекста на ВАБ на вътрешните наводнения, т.е. съответства на модела за реакция на ЯЦ за вътрешни наводнения и свързаните с тях сценарии.
  2. На базата на процедурите за действие при наводнения се идентифицират всички нови действия на персонала.

В съответствие с модела за реакция на ЯЦ за вътрешните наводнения и свързаните с тях сценарии се идентифицират и всички грешни/нежелани действия на оператора (напр. прекратяване на действие насочено към смекчаване на последствията), които биха могли да възникнат в резултат на повреди на индикатори и сигнализатори, причинени от механизмите за повреда вследствие на вътрешното наводнение.

* 1. Включват се и, ако е необходимо се модифицират ГП, съответстващи на действията на оператора идентифицирани в п.2.302, в модела за реакцията на ЯЦ при вътрешни наводнения по начин, съвместим с подхода за моделиране на ДС/ДО така, че ГП да представляват въздействието от неуспеха на персонала на ниво функция, система, канал или компонент според случая.

В модела на ДС/ДО се включват и новите ГП, съответстващи на идентифицираните нови действия на оператора при наводнения съгласно п.2.303.

* 1. Количествената оценка на вероятността за ГП може да се основава на предварителни скрининг значения като се отчитат съответните ефекти, свързани с наводнението.

Значимите действия на персонала, т.е. действията чиято оценка има съществено влияние към честотата на повреда на горивото подлежат на детайлен анализ. Необходимо е да се обоснове критерият за значимост.

* 1. За събитията поради човешка грешка във вътрешни наводнения, се отчитат следните специфични за сценария въздействия върху формиращите фактори за действията, изпълнявани в контролната зала и извън нея:
* допълнително натоварване и стрес (над това определено за подобни последователности, които не са причинени от вътрешни наводнения);
* наличност на сигнали;
* ефект от наводнението върху смекчаването, необходимата реакция, времевия прозорец и възстановяващите действия (напр. ограничения в достъпността, възможност за физическо увреждане);
* специфични за вътрешни наводнения помощни средства и обучение за работа (напр. процедури, упражнения за обучение).
  1. Възстановяващи действия[[33]](#footnote-33) на персонала се включват във ВАБ на вътрешни наводнения само ако е доказано, че действията са правдоподобни и осъществими за тези сценарии на наводнения, за които се прилагат.

### Изхвърляне на въртящи се елементи

* 1. Този тип вътрешна опасност се определя от специфични откази на оборудване с въртящи се елементи, при които се достига до изхвърляне на въртящите се елементи извън физическите граници на оборудването. В този случай, опасността се определя от потенциала на изхвърления елемент да предизвика допълнителни разрушения или повреда на друго оборудване, явяващо се мишена на удара.
  2. Основните специфични аспекти на анализа на тази опасност могат да се обобщят като:
* идентифициране на източниците;
* определяне на мишените и потенциала за тяхното разрушаване след удара;
* определяне на индуцираните опасности, където е приложимо;
* определяне на сценариите и дефиниране на ИС;
* определяне на количествените показатели, необходими за интегриране на модела на опасността към модела на вътрешни ИС.
  1. Надграждането на вероятностния модел (разработване на ДС и ДО) се изпълнява по описания в п.2.210 ÷ п.2.225 начин.

#### Идентифициране на източниците

* 1. Типичните източници за изхвърляне на въртящи се елементи, включват:
* фрагменти на турбина – лопатки, дискове или части от облицовката;
* работни колела на помпи;
* работно тяло на вентилатори;
* двигатели и техните маховици;
* елементи на оборудване, монтирано на високоенергийни тръбопроводи (фланци, болтове и други разглобяеми части).

Идентифицирането на източниците като цяло следва да се фокусира върху оборудването на ЯЦ, за което може да се очаква преобразуване на енергията на въртене в значителна кинетична енергия на изхвърлените фрагменти.

* 1. Анализът на всеки източник следва да обхваща както директните последствия, свързани с отказа на самия източник и засегнатите от удара потенциални мишени, така и възможните индуцираните ефекти като наводнение или пожар.
  2. Подборът на източниците следва да се извършва за всяко експлоатационно състояние, обхванато във ВАБ изследването. Следва да се има предвид, че в зависимост от експлоатационното състояние източниците за изхвърляне на въртящи се елементи могат да варират.
  3. Като правило, по-голямата част от възможните източници могат да бъдат отсяти на базата на качествени и количествени критерии.

Като приемливи в процеса на отсяване могат да се използват следните основания:

* енергията на изхвърлените елементи не е достатъчна да предизвика отказ на потенциалните мишени или максималният обсег на изхвърлените елементи е ограничен от тяхната енергия и маса;

При използването на това основание следва да се имат предвид техническите характеристики на източника (стоманен корпус, маса на статора и други), които са способни да редуцират значително кинетичната енергия на изхвърляните елементи

* в съответствие с общите критерии за отсяване, оборудване с въртящи се елементи може да не се разглежда като източник на тази опасност, ако отказите на потенциалните мишени не засягат ВАБ оборудване;
* в проекта са предвидени адекватни бариери или средства за защита между източника и потенциалните мишени;

Ако може да бъде демонстрирано, че наличните мерки за защита са достатъчно ефективни, за да предотвратят отказите на потенциалните мишени, то съответните източници могат да бъдат отсяти.

* последствията от отказа на мишените не се различават от последствията, свързани с отказа на оборудването, явяващо се източник за опасността. В тези случаи, следва да се демонстрира, че възможните вторични ефекти имат същия резултат;
* едновременния отказ на източника и потенциалните мишени вече е разгледан като ИС в рамките на анализа на вътрешни ИС или в анализа на друга група вътрешни опасности;
* честота на възникване на опасността от даден източник или честотата на определените сценарии от даден източник са съизмерими с възприетата за целите на ВАБ ниво 1 честота за отсяване на ИС.

Посочените основания не е препоръчително да се използват за отсяване на събитието с изхвърляне на елементи от турбината, поради очакването на редица вторични ефекти, свързани както със засегнатия енергиен блок, така и със съседните ядрени съоръжения на площадката (ако има такива).

* 1. Резултатите от обходи на помещенията на ЯЦ следва да се използват за потвърждаване на състоянието на бариерите и определяне на потенциалните препятствия за удар по различните мишени.

#### Определяне на мишените, засегнатото ВАБ оборудване и дефиниране на сценариите

* 1. Определянето на потенциалните мишени се осъществява на базата на възможните траектории на изхвърлените елементи. За целта се отчитат следните фактори:
* скорост на изхвърлените елементи;
* вариране на ъгъла на летене. Например, по отношение на изхвърляне на елементи от турбината, обикновено се приема ъгъл в пределите между -25° и +25°, измерен от плоскостта на въртене;
* възможните препятствия, способни да редуцират обсега (такива като постройки или стени).
  1. При определяне на мишените в резултат на повреда на турбината следва да се допусне, че се изхвърлят четири елемента (лопатките или части от облицовката) с независими траектории.
  2. При определяне на мишените, свързани с повреда на турбината, следва да се анализира възможността да бъдат поразени съседни ядрени съоръжения.

Независимо, че в този случай изхвърлените от повредената турбина елементи се явяват външна опасност за съседните съоръжения, препоръчва се анализа да се извършва съвместно с цел улавяне на определени важни от гледна точка на риска за площадката откази на оборудването.

* 1. За всяка мишена се определя потенциала да доведе до директен отказ на компоненти, включени в модела на ВАБ за вътрешни събития и/или индиректни ефекти (напр. падане на стени, наводнение или пожар), засягащи оборудването, включено в модела на ВАБ.
  2. На базата на определените последствия се дефинират сценариите (източник, мишени и засегнато ВАБ оборудване), определящи ИС, произтичащи от опасността, както свързаното с всеки сценарий оборудване, на което следва да се дефинира допълнителен отказ или да се приема за гарантирано отказало.
  3. От гледна точка на ВАБ модела, повредата на турбината се явява ИС. В случая с изхвърляне на лопатка и/или други части на турбината, освен самото спиране на турбината в модела следва да се отчетат по подходящ начин и съпътстващите вторични ефекти.

При допускане на пожар в машинна зала като директен резултат от отказа на турбината (поради възпламеняването на водорода, уплътняващи или смазочни масла), сценарият може да се разглежда аналогично на възприетото в рамките на анализа на вътрешни пожари, ако ефектите от възпламеняването на водорода и дима са отчетени в модела на вътрешните пожари, а останалите възможни мишени при същия отказ на турбината не водят до допълнителни по-сериозни последствия.

#### Определяне на необходимите количествени показатели

* 1. За всеки не отсят източник се определя честота на изхвърляне на въртящи се елементи на годишна база. Подхода за определяне на честотата за възникване на събитието с изхвърляне на въртящи се елементи следва да бъде обоснован и базиран максимално на данните от наблюдавания експлоатационен опит.

При определяне на честотата за реализиране на събитието могат да се отчитат фактори като:

* времето на работа за разглежданото експлоатационно състояние;
* конструкцията на оборудването с оглед на използваните материали, допустими вибрации, допустими напрежения и предвидения контрол на скоростта на въртене;
* способността на възприетия периодичен тест или безразрушаващ контрол да идентифицира коренните причини, допринасящи за реализиране на опасността;
* надеждността на оборудването и системите, осигуряващи контрола на скоростта. При тази оценка следва да се отчитат уредите за измерване, захранването им, процедурите за калибриране и други подходящи фактори, имащи отношение към изпълнението на функцията.
  1. Определянето на честотата на възникване на повредата на турбината с изхвърляне на лопатка или други части следва да се основава на комбиниране на специфичните за ЯЦ и обобщените данни, използвайки бейсов подход.
  2. За всяка от идентифицираните мишени по траекторията на изхвърления елемент се определя условната вероятност за отказ на мишената след удара.

В зависимост от предвидените защити и бариери, характеристиките на конструкцията и здравината на мишените, формата, масата и скоростта на изхвърлените елементи подхода за определяне на тази условна вероятност може да варира.

Консервативно, може да се приеме, че условната вероятност за отказ на мишената след удара е равна на условната вероятност за удар.

* 1. За всеки идентифициран по п.2.319 компонент на ВАБ модела се определя условната вероятност за отказ след поразяване на мишената. Определянето на условната вероятност за отказ на засегнатия ВАБ компонент следва да бъде обосновано с оглед на взаимовръзките му с мишената.

Консервативно, ако компонента на ВАБ модела се явява мишена, то за него следва да се приеме гарантиран отказ, т.е. условната вероятност за отказ е равна на 1. Аналогично, ако компонента на ВАБ е уязвим към въздействието на вторичните ефекти (наводнение или пожар), то отново следва да се приеме гарантиран отказ, т.е. условната вероятност да се приеме равна на 1.

### Падане на тежки товари

* 1. Анализът на тази опасност следва да се съсредоточи върху два основни типа товар:
* товари, свързани с пренос на горивото (напр. горивна касета, контейнер с отработило гориво, контейнер със свежо гориво);
* тежки товари, при падането на които може да се очаква въздействие (сила на удара), способно да предизвика разрушаване на КСК, необходими за изпълнение на функциите за безопасност.
  1. Определянето на сценариите с падане на тежки товари се базира на обобщаване на информацията от изпълнението на следните основни стъпки:
* определяне на товарите;
* определяне на трасетата на движение на тези товари;
* идентифициране на потенциалните мишени на удара по съответните трасета. Интерес представляват само мишени, които имат директно отношение към изпълнение на функциите на безопасност или мишени, чието разрушаване косвено би довело до подобен резултат;
* определяне на последствията и дефиниране на сценариите.
  1. Всеки товар, за който може да се демонстрира, че не причинява неприемливи щети може да бъде отсят от анализа. Следователно, анализът може да се ограничи до товари над определена маса така, че да се генерира въздействие, способно да повреди или разруши определени КСК.

Ако по дадено трасе минават различни товари, то като представително за трасето могат да се използват заключенията по отношение на най-тежкия товар.

* 1. Определянето на трасетата на движение на товарите и потенциалните мишени следва да се извършва на базата на утвърдените в ЯЦ процедури или инструкции, чертежи, характеристики на подемните съоръжения и друга специфична информация.

За потвърждаване на информацията, обобщаваща данните по движението на тежките товари се препоръчва извършването на целеви обход.

* 1. Дефинирането на сценариите с падане на тежък товар се осъществява в съответствие с насоките в п.2.210 ÷ п.2.215 като се определя чрез товара, мишената и засегнатото оборудване, предизвикващо ИС.
  2. Всички товари, за които е позволено движение над реактора следва да бъдат анализирани за потенциалът им да предизвикат повреда на корпуса на реактора или повреда на горивото в реактора.

Възприетите механизми и степен на повреда следва да бъдат обосновани. Допуска се преценката да се определя на база на заложените проектни основи.

* 1. Всички товари, за които е позволено движение над БОК следва да бъдат анализирани за потенциалът им да предизвикат повреда на строителната конструкция на БОК или директен отказ на съхраняваните в него касети с гориво.

Специално внимание следва да се отдели на процедурите, регламентиращи движението на контейнерите с отработено гориво, чиято маса като правило е значителна и могат да се очакват значителни повреди.

Преценката за степента на разрушаване на строителната конструкция, както и вида на повредата на горивните касети следва да се позовава на резултатите от детерминистични анализи или на заложените в проекта основи.

* 1. При значително разрушаване строителната конструкция на БОК или значителна повреда на корпуса на реактора следва да се постулира повреда на горивото, разположено в тях към момента на реализиране на събитието с падане на тежък товар.
  2. Изпускането на горивна касета като правило е събитие, което се разглежда в проекта на ЯЦ. Проектните данни следва да се използват при дефинирането на последствията.

Допуска се анализа да се ограничи до разглеждане на последствията при падане на горивна касета в реактора и в БОК.

Ако няма основания за друг подход, то след падане на горивна касета следва да се приеме механична повреда на горивото и изхвърляне в околната среда на активността от освободените продукти от газовата хлабина горивото. В този случай, на база на конструктивните характеристики и траекторията на падане, е необходимо да се определи броя на касетите, за които се възприема механична повреда.

* 1. За определянето на честотата събитията с падане на тежък товар могат да се използват различни методи като статистическа оценка, модел на ДО, използване на обобщени данни или прилагане на бейсов подход.

Какъвто и метод да се избере, следва да се демонстрира, че честотата е определена на базата на актуални данни, подходящи за проекта на ЯЦ и наблюдавания експлоатационен опит.

* 1. В случай, че честотата на събитието с падане на тежък товар (или горивна касета) е оценена за операция, то при определянето на честота за всяко експлоатационно състояние следва да се вземе предвид броя на изпълняваните операции.
  2. При установяване на няколко мишени по трасето на даден товар може да се приеме, че е равновероятно да бъде ударена всяка една от мишените.
  3. При използване на ДО за определянето на честотата на падане на тежък товар, следва да се демонстрира, че всички приложими откази на подемните съоръжения и пропуските на персонала, които могат да доведат до изпускане на товара са отчетени.
  4. Ако не може да бъде демонстрирано друго, то отказите на мишените и засегнатото ВАБ оборудване следва да се приемат за гарантирани, т.е. условната им вероятност за отказ да се приеме равна на 1.

### Комбинации на вътрешни опасности

* 1. В съответствие с [10] и [7], следните типове комбинации на вътрешни опасности следва да бъдат разгледани:
* индуцирани или явяващи се вторичен ефект от въздействието на дадена вътрешна опасност: Този тип комбинации на вътрешни опасности обхваща случаите, когато първоначалната опасност води до възникването на друга опасност. Пример за подобна комбинация е възникването на пожар при изхвърляне на лопатка на турбината;

Принципно, тези комбинации следва да са обхванати от анализа на индуцираните вторични ефекти, възникващи при реализирането на всяка отделна група вътрешни опасности.

* корелирани събития: Този тип комбинации на вътрешни опасности обхваща случаите, когато две или повече опасности (като поне една от тях представлява вътрешна опасност) възникват в резултат на една обща причина;

Общата причина може да бъде всяко неочаквано събитие, включително външна опасност, или може да се дължи на непредвидена зависимост. Приема се, че опасностите, свързани с тази обща причина се реализират практически едновременно[[34]](#footnote-34). Като пример за подобна комбинация от опасности може да се разглежда възникването на обезточване на определени секции на енергийния блок и вътрешен пожар в резултат на електромагнитни смущения като обща причина.

* несвързани (независими) събития: Опасностите възникват независимо една от друга без обща причина, но едновременно. Например възникване в относително кратък период от време на вътрешни наводнения и вътрешни пожари.
  1. При определянето на комбинациите от несвързани събития следва да се отчита продължителността на въздействието на отделните опасности в комбинацията, ако са времезависими.
  2. Определянето на възможните комбинации следва да се изпълни въз основа на пълния списък от вътрешни опасности, определени като приложими към проекта на ЯЦ, т.е. преди да бъде извършвано каквото и да е било отсяване на опасностите.
  3. Обхвата на комбинациите от опасности, възникващи независимо една от друга предполага генерирането на твърде голям списък от възможни комбинации, чийто анализ би бил непродуктивен. Затова, съгласно [10] се препоръчва прилагането на допълнителни критерии за отсяване:
* комбинацията от опасности не е реалистична;
* комбинацията от опасности, дори да е реалистична, не би довела до по-тежко въздействие от условията, налагани от отделните опасности в комбинацията.
  1. Следва да се отбележи, че редуцирането на възможните комбинации до посочените критерии не е задължително съществено да редуцира броя възможните комбинации от събития, които е необходимо да бъдат разгледани. Затова, се допуска използването на покриващи сценарии, които да обхващат ефектите от различни комбинации.

Изборът на покриващите сценарии следва да бъде съобразен със засегнатото ВАБ оборудване в резултат на въздействието на всички комбинации, обхванати от покриващия сценарий.

Представителната група ИС за покриващия сценарий следва да се избира с оглед на най-тежкото протичане на аварийния процес спрямо обхванатите в сценария комбинации.

При подбора на покриващите сценарии следва да се запазва симетричността на модела по отношение на конфигурациите на системите. Отклонението от това условие следва да бъде достатъчно добре обосновано.

* 1. В допълнение към детерминистичния подход за селектиране и отсяване на комбинациите се приема, че определени комбинации могат да бъдат отсети по количествени критерии, ако общите изисквания за прилагането им са изпълними (виж п. 2.205 и п.2.207).

### Документиране на анализа на вътрешни опасности

* 1. Документацията на процесът, свързан с анализа на вътрешните опасности може да бъде структурирана в отделни доклади за всяка отчетена във ВАБ изследването опасност или комбинации от опасности.
  2. Каквато и структура да бъде избрана, по подходящ начин следва да бъде документиран процеса на подбор на опасностите, включително използваните данни и източници, резултати от обходи, подходът за оценка на пълнотата и съгласуваността на определените опасности наблюдавания експлоатационен опит на ЯЦ и на индустрията като цяло, критериите за отсяване и описание на изпълнения процес на отсяване.
  3. За всяка отчетена опасност или комбинация от опасности следва да бъде представено:
* описание на опасността и нейните основни характеристиките, използвани в анализа;
* подхода за определяне на зоните на въздействие, потенциалните мишени и засегнато ВАБ оборудване;
* описание на подхода за избор на сценариите, свързани със съответната опасност или комбинация от опасности, резултати от количествен и качествен скрининг, ако е прилаган;
* резултати от обходите, насочени за определяне на сценариите;
* методите и данните, използвани за определяне на честотата на опасността или комбинацията от опасности за всяко експлоатационно състояние. Основните допускания и тяхната обосновка (експертна оценка, специфичен анализ, статистическа информация и други), източниците на обобщени данни, данни от експлоатационния опит (включително период на наблюдение, критерии за класификация, основания за групиране и други), използвани при оценката на честата следва да бъде представена. Неопределеността на получените оценки следва да бъде обоснована;
* описание на подхода за определяне на условните вероятности на отказите, възникващи в резултат на въздействието на опасността и свързаните с тях данни и/или резултати от детерминистични анализи;
* описание на подхода за надграждане на вероятностния модела. Следва да се представи обосновка за промените в критериите за успех, описание на модела на аварийните последователности, измененията в модела на ДО и оценката на персонала, източниците на неопределеност и свързаните с тях разумни алтернативи.
* анализ и интерпретация на резултатите
  1. Всички свързани анализи следва да се представят по подходящ начин в основния доклад за опасността, а детайлното им описание може да бъде оформено в приложения към доклада.

## Външни опасности

### Идентифициране на външните опасностите и общи съображения

* 1. Терминът „външни опасности“ се използва по отношение на природните опасности, както и по отношение на техногенните опасности, които възникват извън района на площадката на ЯЦ (т.е. засягат дейности, който не са под контрола на експлоатиращата организация).

Като примери за външни опасности могат да се разглеждат:

* земетресения;
* екстремни ветрове;
* торнадо;
* външно наводнения;
* падане на самолет;
* засушаване, което води до ниско ниво на реката и ниско ниво на подпочвените води;
* горски пожари;
* висока лятна температура (температура на въздуха и водата);
* ниска зимна температура;
* заледяване (леден дъжд, натрупване на лед по конструкции, замръзване на реката);
* екстремен снеговалеж (навявания, виелици, снежни бури, натрупване на снежна покривка);
* градушка;
* мълнии;
* слънчева буря;
* свлачища;
* отклоняване на реката;
* задръстване на водовземащите съоръжения от транспортирани по реката материали (трупи, листа, миди, водорасли). Задръстването на водовземните съоръжения вследствие на ефектите от външно наводнение е необходимо да се разгледа при анализа на външни наводнения;
* намаляване/увеличаване на затвърдяването на почвата;
* аварии на обекти с индустриално или военно предназначение;
* аварии на тръбопроводи;
* изхвърляне на химикали на площадката;
* транспортни аварии.
  1. Подбора на приложимите за площадката на ЯЦ следва да бъде извършен така, че да се демонстрира изчерпателност. Препоръчва се използването на източници като:
* основни нормативни документи и стандарти;
* проектната документация на ЯЦ (напр. ОАБ и/или резултати от подходящи за целта проучвания);
* преглед на опасностите, отчетени във ВАБ за подобни ЯЦ;
* преглед на експлоатационния опит;
* обход на района около площадката.
  1. В обхвата на анализа на външни опасности следва да се включат както единичното въздействие на приложимите опасности, така и възможните комбинации.

Като примери за възможни комбинации от външни опасности могат да се разглеждат:

* земетресение, последвано от външно наводнение;
* тежки зимни условия, включително сняг (напр. снеговалежи, навявания, виелици, снежни бури) и ниски температури и обледеняване;
* тежки летни условия, включително високи температури, засушаване, горски пожари и ниски речни нива.
  1. При подбора на комбинациите следва да се отчита и възможността една или няколко външни опасности да се комбинират с една или няколко вътрешни опасности. Избраният метод за подбор, следва да демонстрира, че няма значими комбинации, които да не са обхванати от анализа.

Избора на комбинациите от опасности може да следва подхода, представен в п. 2.341÷ п.2.345.

* 1. Не е необходимо да бъдат отчитани във ВАБ външни опасности, за които е изпълнено едно от следните две условия:
* може да бъде демонстрирано с качествени аргументи, че опасността има пренебрежимо влияние върху честотата за повреда на горивото (напр. ако последствията върху ЯЦ не изискват задействане на защитните системи или са вече обхванати от събития, имащи значително по-високи честоти на възникване);
* получената от ограничаващият анализ честотата за повреда на горивото, дължаща се на опасността показва стойност по-ниска от 1Е-09 1/год [15].

Отсяването на външните опасности по посочените условия следва да се изпълнява след определянето на приложимите комбинации.

### Обща рамка на анализа на външните опасности

* 1. Основните стъпки, определящи анализа на всяка външна опасност или комбинация от опасности могат да се обобщят като:
* оценка на характеристиките на опасността (хазарта);
* анализ на уязвимостта на КСК;
* анализ на аварийните последователности и надграждане на вероятностния модел;
* анализ на действията на персонала;
* количествени пресмятания и анализ на резултатите.
  1. Всяка опасност или комбинация от опасности следва да бъде определена чрез подходящите физически параметри на въздействието, което оказва върху КСК на площадката. Подбора на параметрите се определя изцяло от спецификата на опасността.

В случай, че оценката хазарта от дадена опасност се явява входна информация за ВАБ изследването, то в рамките на изпълнение на дейностите по разработване на модела е достатъчно да се отбележат основните характеристики на използваната оценка и нейната адекватност спрямо целите на ВАБ.

* 1. След като характеристиките на външната опасност или комбинация от опасности са дефинирани, то изпълнението на останалите стъпки следва обща рамка, аналогична на описаната по отношение на вътрешни опасности (виж п.2.210 ÷ п.2.230).

Специфични насоки по отношение на моделирането на земетресения, екстремни ветрове, торнада, външни наводнения и самолетни катастрофи са представени в раздели за „Земетресения“, „Екстремни ветрове“, „Торнада“, „Външни наводнения“ и „Самолетни катастрофи“.

Останалите външни опасности и комбинации от опасности, за които е оценено, че са приложими за площадката на ЯЦ могат да се анализират или чрез ограничаващ анализ, или по-детайлно като се изпълнят стъпките, определени в п.2.355.

* 1. Ако не може да бъде демонстрирано друго, то откази на идентичното оборудване, в резултат на въздействието на външната опасност следва да се приемат за напълно корелирани, ако КСК отговарят на следните условия:
* намират се в една и съща сграда;
* разположени са на една и съща кота (ниво);
* по същество КСК са идентични като съоръжения;
* имат идентична ориентация и укрепване (особено важно за случаите на сеизмично въздействие).

Пълна корелация се приема за КСК, които са подложени на приблизително еднакъв хазарт и имат приблизително еднакъв капацитет.

* 1. Анализа на аварийните последователности, определя включването на последствията от съответната външна опасност или комбинация от опасности във вероятностния модел. Надграждането на вероятностния модела се изпълнява аналогично на описания в п.2.210 ÷ п.2.225 начин.
  2. В допълнение към общите насоки за анализ на действията на персонала в условията на дадена опасност (виж п.2.227 ÷ п.2.230), в анализа за външни опасности се включват следните специфични аспекти:
* параметри, които характеризират дадената опасност и техният предполагаем ефект върху вероятността за грешка, се определят и обосновават;
* прилаганият подход и числовите стойности (като коефициенти на увеличение) се определят и обосновават;
* психологическите и евентуално физическите последици от опасността се вземат предвид при оценката на ВЧГ.
  1. Документирането на анализа на всяка външна опасност следва същото ниво на детайлност, каквото е възприето за вътрешни събития. В документацията следва да бъдат представени:
* описание на входните данни, методите и резултатите от оценката на хазарта;
* описание на всички основни допускания;
* описание на методите за оценка на параметрите на крехкост на КСК (или вероятността за отказ);
* описание на последствията от отказите на КСК;
* описание на сценариите, определящи изходните събития от съответната опасност;
* описание на подхода на интегриране към модела на вътрешни събития. Детайлно описание на аварийните последователности;
* анализ и интерпретация на резултатите.

### Земетресения

#### Оценка на сеизмичния хазарт

* 1. За целите на оценката на сеизмичния риск е необходимо са се извърши специфичен за площадката вероятностен анализ на сеизмичния хазарт. Резултатът от този анализ са годишните честоти на превишение на определени нива на колебателните движения на почвата за площадката, включително неопределеността.
  2. Вероятностния анализ на сеизмичния хазарт е необходимо да отговаря на следните методически изисквания:
* подходът за анализ на ефектите от специфичните за площадката почвени условия да е еквивалентен на ниво 4 на методологията на SSHAC (Senior Seismic Hazard Analysis Committee [31]);
* да бъде създадена актуална и съобразно обхвата на проекта цялостна база данни от геоложки, сеизмологични, геофизични и геотехнически данни. Базата данни да се поддържа през цялото време на проекта;
* за да се отчете честотата на поява на земетресения в района, анализът на сеизмичния хазарт обхваща всички надеждни източници на земетресения, които могат да засегнат площадката. Алеаторна и епистемичната неопределеност следва да бъдат отчетени.
* вероятният анализ на сеизмичния хазарт следва да отчита ефектите от локалното реагиране на площадката.
* определяне на долна граница на магнитуда на земетресенията, за която се допуска, че всички земетресения по-слаби от тази граница не водят до последствия на площадката. Съгласно [15], опасността следва да се определи количествено за всички земетресения с магнитуд М≥4,5;
* дейностите, които имат директно влияние върху резултатите на разработката или по възпроизвеждането на тези резултати е необходимо да бъдат предмет на специфични процедури за осигуряване на качеството;
* като параметър за характеризиране на хазарта и кривите на крехкост следва да се използва спектралното ускорение или максималното земно ускорение.
* неопределеността от всяка стъпка от анализа на сеизмичния хазарт е необходимо да бъде определена. Резултатите включват фрактилни хазартни криви, средни и медианни криви на опасност както и равномерни спектри на реагиране.
* необходимо е да бъде извършен анализ, за да се определи дали в допълнение към колебателните движения на почвите е необходимо да бъдат разгледани и други сеизмични опасности, като втечняване на почвите на площадката, свлачища, разместване на разломи и други.
* вероятностният анализ на сеизмичния хазарт се документира изчерпателно по начин, който позволява преглед, използване и обновяване;
* след завършване на анализа на сеизмичния хазарт, разработената в тази връзка база данни (и софтуер) е необходимо да бъде поддържана с оглед осигуряване на възможност за нейното представяне и съхраняване на резултатите;
  1. Вероятностният анализ на сеизмичния хазарт е необходимо да осигури следните резултати:
* резултати за земните движения за референтния подслой на скални проявления и състоянието им, за нивото на фундиране на реакторната сграда и за локалната земна повърхност, съответно за свободно поле;
* изчислена средна геометрична стойност на двата хоризонтални компонента и поотделно вертикалния компонент на земното ускорение;
* хазартни криви за спектрални честоти от 0,5 Hz до 50 Hz, с подходящо отчитане на резонансните честоти на почвата и за пиково земно ускорение (PGA), което може да бъде приблизително избрано като ускорение при 100 Hz [15];
* резултати за нива на земни движения от 0,01g и най-малко до нива на земни движения с годишна честота на превишение 10-7 на година [15];
* епистемичната неопределеност (на хазарта) представени най-малко от 25 криви групирани и претеглени (по тежест), базиращи се на подобни характеристики (наклон, ниво) или 25 еднакво претеглени (по тежест) криви, разработени на статистическа основа при условие че кривите на 5%, 16%, 50%, 84% и 95% фрактил и кривата на средната стойност са показани.
* равномерният спектър на риска при 5% затихване за всяко изменение в порядъка на величината на честотата за годишно превишаване от 10-2 на година до 10-7 на година [15] включително;
* директни резултати, насоки или комбинация от тях за улесняване на оценката на максималната земна скорост (PGV), средно спектрално ускорение и спектри при всяка стойност на затихване, както и избора на времеви истории;
* хоризонтални компоненти на резултатите от хазарта групирани по величина, разстояние и число на стандартните отклонения;
* чувствителност на резултатите за:
* приноси към риска по сеизмичен източник
* принципни приноси към неопределеността
* оценки на горната граница на земното движение
* фундиране/дълбочинно ниво
* сравнения с предишни оценки на сеизмичния хазарт (проведени в България и международни)
  1. Необходимо е да се документира процесът на анализ на сеизмичния хазарт. Документирането е необходимо да включва:
* описание на специфичните методи за характеризиране на източниците и земните движения;
* описание на специфичните допускания, които са основа за входните данни и резултатите
* описание на източниците на неопределеност и свързаните с тях допускания

#### Анализ на сеизмичната крехкост

* 1. Анализът на сеизмичната крехкост е насочен към определяне на специфични и реалистични параметри на сеизмична крехкост на КСК, чиито отказ има принос към честотата за повреда на горивото.
  2. За изчисляване на етажните спектри на реагиране са приложими следните препоръки:
* до колкото е възможно, е необходимо да се осигури консистентност на свойствата на почвата и движенията на свободно поле с моделите и резултатите от анализа на сеизмичния хазарт;
* необходимо е да се използват три компонента на земното движение (два хоризонтални и един вертикален) с корелация между компонентите съгласно резултатите от сеизмичния хазарт;
* необходимо е да се използва набор от времеви истории, който е консистентен с резултатите от хазарта, спектрите на реагиране и достатъчно голям на брой и характеристики за да се присвои променливостта;
* анализът на взаимодействието почва-конструкция отчита свойствата на почвата, съвместими с деформации (напр. модул на срязване и затихване), подходящи динамични свойства и приложими модели на феномените за поведението на структурните елементи и напълно триизмерни реагирания, които представляват постъпателните и ротационните вибрации на системата почва-конструкция;
* обхватът на параметрите, за които не се вземат предвид неопределеността, следва да бъде обоснован.
* всяко скалиране на етажните спектри на реагиране е необходимо да бъде идентифицирано и адекватността на скалиращите фактори да бъде потвърдена;
  1. Анализът на сеизмичната крехкост се извършва за всички КСК, чиито отказ има отношение към изпълнението на функциите за безопасност след сеизмичното въздействие.
  2. Анализът на сеизмичната крехкост е необходимо да се базира на сеизмичното реагиране на КСК по време на отказ. Оценката на сеизмичната крехкост се извършва за всички критични видове откази на КСК.
  3. При определяне на сеизмичната крехкост на КСК се препоръчва използването на специфични данни. Допуска се и използване на обобщени данни, но е нужно да се демонстрира, че тези данни са достатъчно консервативни.
  4. Оценката на сеизмичната крехкост включва констатациите от извършените сеизмични обходи на ЯЦ, фокусирани върху закрепването, страничните сеизмични опори и възможните взаимодействия на КСК.
  5. Информацията отнасяща се до сеизмичния капацитет на конструкциите и компонентите отчита:
* списък на оборудването от ВАБ, включително неговото местоположение;
* технологични чертежи на тръбопроводите;
* предварителен списък на конструкциите и компонентите, които имат потенциала да компрометират оборудването отчитано във ВАБ, тръбопроводи или други конструкции и компоненти, които имат отношение към ВАБ;
* проектни документи за КСК осигуряващи информация за разположението, размерите, свойствата на материалите, армирането, режимите на отказ, методи за проектиране, квалификационни тестове и резултатите от тях;
* обобщена информация относно сеизмичния проект и параметрите на сеизмична крехкост.
  1. Сеизмичната крехкост на КСК се характеризира от логнормален модел, чиито параметри са медианна стойност на капацитета, βR и βU. βR е стойността на логаритмичното стандартното отклонение на капацитета и представлява променливостта поради случайния характер на характеристиките на земетресенията. βU е логаритмичното стандартно отклонение на капацитета и представлява неопределеността на модела и параметрите на модела.
  2. Необходимо е да бъде извършен изчерпателен и систематичен обход на ЯЦ и района около нея, съгласно международните стандарти (напр. [32], [33]) 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 и;
* да се оцени потенциалът за възникване на аварии със загуба на топлоносител и възможността за отказ на херметичната конструкция по сеизмична причина;
* да се идентифицират КСК, които имат потенциал при земетресение да компрометират оборудване разглеждано във ВАБ (напр. механично въздействие, пожари наводнения и експлозии, възникнали по сеизмична причина);
* да се идентифицират и оценят доминантните типове откази на КСК компрометиращи оборудване от 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 вибрации релета, контакти и превключватели);
* да се идентифицират аномалиите при закрепването на оборудването (като неправилно инсталирани/монтирани компоненти, корозирали опори/компоненти и др.);
* да се определи потенциалът за възникване на сеизмично индуцирани пожари и наводнения и да се определят последствията от тях;
* да се идентифицират въпросите, отнасящи се до организацията и поддръжката на ЯЦ срещу сеизмично въздействие;
* да се завърши събирането на данни за пресмятане на параметрите на сеизмична крехкост на КСК
  1. Основавайки се на изводите, получени в резултат на прегледа на документацията и обхода на ЯЦ, за всяка КСК имаща отношение към ВАБ е необходимо да бъдат изчислени стойностите на сеизмичните откази в резултат на входното въздействие, използвайки следните съображения за отсяване:
* за земни движения по-високи от възприето ниво на отсяване се приема отказ на всички КСК и като следствие гарантирана повреда на горивото. Приносът на риска в резултат на земни движения, по-високи от нивото на отсяване, следва да бъде по-малко от 10% от получените значения за честотата на повреда на горивото при сеизмично въздействие [15];
* КСК могат да бъдат отсети от детайлния анализ на сеизмичната крехкост, ако се демонстрира, че те имат висок сеизмичен капацитет (висока увереност за ниска вероятност за отказ) по-висок от нивото на отсяване и отказът им не води директно до байпас на херметичната конструкция. За отсетите КСК не е необходимо а се отчитат структурата и сеизмичните откази в модела на ВАБ;
* когато КСК се отсяват на базата на обобщени данни е необходимо да се демонстрира, че тези обобщени данни са използвани по консервативен начин;
* за всички КСК, които не са отсети и които имат влияние върху честотата за повреда на горивото или отказът им води до байпас на херметичната конструкция е необходимо да се изчислят реалистични параметри на сеизмична крехкост;
* за останалите КСК могат да се определят консервативни параметри на сеизмична крехкост на базата на експертна оценка.
  1. За всички КСК уязвими към индиректни ефекти от сеизмичното движение се изчисляват параметри на крехкост както следва:
* за механични взаимодействия се оценява тяхната вероятност както и условната вероятност (на дадено взаимодействие), като функции на земното движение;
* условната вероятност за отказ на КСК в следствие на сеизмично индуцирани пожари, експлозии и наводнения е необходимо да бъде оценена като функция на сеизмичното въздействие или да се приеме гарантиран отказ.
  1. Анализът на сеизмичната крехкост следва да обобщи следната информация за всички сгради, системи и оборудване:
* технологично обозначение на компонента;
* производител и вид на компонента;
* местоположение, кота;
* видове откази;
* параметри на сеизмична крехкост;
* висока увереност за ниска вероятност за отказ (HCLPF)[[35]](#footnote-35);
* оборудване, засегнато от отказа, неговият вид на отказ и условната вероятност за отказ;
* приложен отсяващ анализ.
  1. За външно електрозахранване (електрическа мрежа и водна електрическа централа) се определят реалистични параметри на сеизмична крехкост.
  2. Авария с много малък теч от първи контур, предизвикана от сеизмичен отказ на измервателна линия е необходимо да бъде разгледана във ВАБ. Еквивалентният диаметър на изтичането следва да бъде определен основно от резултатите от извършения обход.
  3. При експлоатация на ЯЦ на ниска мощност е необходимо да се идентифицират разликите в потенциала на механичните взаимодействия и характеристиките на сеизмично индуцираните пожари и наводнения, като се сравнят с тези за пълна мощност. Специфичните условия на ЯЦ при спрян блок, имащи отношение към оценката на сеизмичния риск е необходимо да бъдат определени посредством анализ на план-графиците за ремонт и презареждане както и обсъждания с персонала, отговарящ за тяхното изпълнение.
  4. Процесът на определяне на параметрите на сеизмична крехкост следва да бъде надлежно документиран като включва като минимум:
* описание на методологията използвана за определяне на сеизмичната крехкост на КСК, както и основните допускания;
* стойности на параметрите на сеизмична крехкост на КСК (медианен капацитет, βR и βU) заедно с основните типове откази на КСК, източниците на информация и локацията на КСК;
* описание на отсяващ анализ, ако е извършен такъв;
* описание на обходите и резултатите от тях.

#### Други сеизмични опасности

* 1. В допълнение към отказите, причинени от директните ефекти на сеизмичните колебателни земни движения е необходимо да бъдат разгледани последствията от други сеизмични опасности, такива като разместване (земно), свличане, втечняване на почвата, слягане на почвата, индустриални опасности и скъсване на язовирни стени. Необходимо е да бъде оценено дали рисковете от тях водят до допълнителни последствия, които следва да бъдат моделирани във ВАБ.

#### Анализ на сеизмичните аварийни последователности

* 1. Аварийните последователности в резултат на сеизмичното въздействие е необходимо да бъдат изчерпателно моделирани и свързаният с тях риск да бъде определен количествено.
  2. Моделът на сеизмичните аварийни последователности е необходимо да включва всички сеизмично индуцирани изходни събития, сеизмични откази на КСК, несеизмични откази на КСК и откази на действията на операторите.
  3. Изходните събития е необходимо да бъдат дефинирани както следва:
* диапазонът на земни движения между най-ниската стойност на параметъра HCLPF и стойността на отсяване, като правило, да обхваща повече от едно изходно събитие (напр. както е указано в [14]);
* за земните движения, превишаващи критерия на отсяване е необходимо да се дефинира едно изходно събитие.
  1. От изключителна важност е да се идентифицират специфичните откази на КСК (структурни, механични и електрически), които водят до изходни събития. Обикновено списъкът на сеизмично индуцирани изходни събития включва:
* отказ на корпуса на реактора, както и откази на други големи компоненти като парогенератори, компенсатор на налягане, циркулационни помпи и др.;
* аварии със загуба на топлоносител с различен размер и различна локация;
* транзиенти.
  1. Сеизмичните изходни събития заедно с резултатите от анализа на сеизмичната крехкост на КСК е необходимо да бъдат включени в модела на ВАБ, като се вземат предвид следните съображения:
* за земните движения надвишаващи нивото на отсяване се приема гарантирана повреда на горивото;
* вероятностите за човешка грешка използвани в модела на вътрешни събития се преглеждат и коригират, съгласно насоките в п.2.388;
* моделът на ВАБ да обхваща всички идентифицирани откази, предизвикани от сеизмичното въздействие, които не са отпаднали при отсяването при анализа на крехкост;
* директните и индиректните откази на оборудване се моделират отделно;
* при анализа на сеизмичните аварийни последователности е необходимо да се допусне загуба на външно електрозахранване.
  1. Въздействието на земетресенията върху вероятностите за отказ на действията на персонала се преразглеждат, отчитайки следните насоки:
* изборът на параметри (в т.ч. максимално земно ускорение, времетраене на земетресението), които характеризират земетресението и предполагаемият им ефект върху вероятностите за отказ на човешките действия е необходимо да бъдат дефинирани и обосновани;
* психологическите и евентуално физическите ефекти от земетресението е необходимо да бъдат отчетени при определянето на вероятностите за отказ на персонала. По специално, неопределеността за състоянието на ЯЦ в резултат на сеизмичното въздействие е необходимо да бъде отчетена при определяне на вероятностите за отказ.

Използваният подход и числовите стойности (като фактори за увеличаване на вероятностите за отказ определени за вътрешни събития е необходимо да бъдат обосновани.

### Екстремни ветрове

#### Оценка на хазарта за екстремни ветрове

* 1. Целта на оценката на хазарта е да се определят годишните честоти на превишение на определени нива на ветрово въздействие за площадката, включително неопределеността.
  2. За оценката на хазарта е необходимо е да бъде разработена актуална и изчерпателна база данни за ветрови явления и максимална скорост на поривите на вятъра, която да включва:
* специфични за площадката данни за скоростта на вятъра (кратковременни) от сертифицирани метеорологични станции;
* данни за вятъра от дълговременни измервания от поне една допълнителна станция;
* исторически данни за ветрови явления извън разглеждания кратковременен и дълговременен период.
  1. В съответствие с [14], скоростите на вятъра, които се отчитат за площадката е необходимо да бъдат извлечени от кратковременни измервания в района на площадката и дълговременни измервания от друга метеорологична станция.
  2. Необходимо е да бъде разработена специфична за площадката хазартна крива (честота за годишно превишение на максималната стойност на скоростта на вятъра) посредством статистическа оценка на екстремните стойности от наличните данни от измервания. Необходимо е да се определи средната стойност на хазарта. За изчисляване на неопределеността е необходимо да се използват признати методи.
  3. Достоверността на получените хазартни криви е необходимо да бъде проверена. Поне на качествена основа достоверността на резултатите от оценката на хазарта е необходимо да бъдат валидирани на базата на исторически данни за ветрови явления карти на вятъра за България.
  4. Необходимо е да бъде извършен обход на ЯЦ. Обходът включва идентифициране на уязвимите КСК (прозорци и съоръжения такива като ауспуси на дизелгенераторите, вентилационни комини) и възможните източници на летящи предмети.

#### Анализ на крехкостта на КСК към ветровото въздействие

* 1. Необходимо е да бъдат оценени реалистични криви на крехкост от вятъра за КСК, които имат отношение към ВАБ.
  2. Тежкият случай на „екстремен вятър“ е необходимо да бъде представен в модела на ВАБ от подходящ брой изходни събития.

За тежкия случай на „екстремен вятър“ може да се допусне загуба на външно електрозахранване или да се използва вероятността за отказ, определена на базата на анализа на уязвимост.

* 1. За вятър със скорост по-голяма от 180км/ч се допуска повреждане на прозорците (стъклата) [15]. Последващите откази (напр. поради постъпване на вода, повишаване на налягането) в засегнатите сгради е необходимо да бъдат отчетени във ВАБ.
  2. Допуска се, че отказът на дадена сграда от силния вятър води до отказ на всичкото оборудване поместено в нея.
  3. В допълнение към директните ефекти от вятъра, е необходимо да бъдат разгледани и оценени индиректните ефекти, такива като летящи предмети и повишаване на скоростта на вятъра между конструкциите (в резултат на каналния ефект).

### Торнадо (смерч)

#### Оценка на хазарта от торнадо

* 1. При ограничени данни за площадката, за определяне на хазарта от торнадо може да се използва подобрената скала на Фуджита (EF scale).
  2. Дължината на пътя на торнадото и площта на засягане следва да бъде оценена максимално на базата на реални данни за възникване на съответните категории торнадо на територията на България. Допуска се използване на заимствани от територията на други държави в Европа.
  3. На базата на определените стойности за честотата на възникване, размерите на площта на поражение и размерите на площта на площадката, е необходимо да се определи годишната честота за въздействие на торнадо върху площадката на ЯЦ.
  4. Хазартна крива за торнадо (годишната вероятност за превишение на скоростта на поривите на вятъра за площадката) следва да бъде определена със средна стойност и 5%, 50% и 95% фрактили.

#### Анализ на уязвимостта на КСК при торнадо

* 1. Необходимо е да бъде извършен обход на ЯЦ. Обходът включва идентифициране на уязвимите КСК (включително прозорци и съоръжения като ауспусите на дизел-генераторите и вентилационни тръби), както и възможните източници на летящи предмети.
  2. За КСК, имащи отношение към модела на ВАБ (отчетени са в модела на вътрешни събития) е необходимо да се изчислят реалистични параметри на крехкост. Неопределеността следва да се вземе предвид при пресмятането.
  3. За всяка категория торнадо се допуска повреждане на стъкла (прозорци). Последващите откази (напр. поради постъпване на вода, повишаване или падане на налягането) в засегнатите сгради е необходимо да бъдат оценени във ВАБ.
  4. При определяне на последствията следва да се допусне, че повредата на дадена сграда води до отказ на всичкото оборудван, разположено в нея.
  5. В допълнение към директните ефекти (причинени от торнадото откази) е необходимо да бъдат разгледани и оценени индиректните ефекти (напр. поражения от летящи предмети). Различните условия при различните нива на мощност на блока е необходимо да бъдат отчетени.
  6. На базата на идентифицираните ефектите, които предизвиква въздействието на торнадото се определят съответните сценарии и свързаните с тях изходните събития.

За тежкия случай на торнадо се допуска гарантирана загуба на външно електрозахранване. Потенциала за възникване на външно електрозахранване може да се разгледа по-прецизно, ако може да се определи на базата на анализ на крехкост.

### Външни наводнения

#### Оценка на хазарта за външни наводнения

* 1. Оценката на хазарта от външни наводнения се базира на отчитането на следните източници за външно наводнение:
* силни дъждовни бури или неочаквани събития със интензивно снеготопене, които водят до повишаване на нивото на реката при ЯЦ;
* отказ (разрушаване) на структури регулиращи водния поток (язовирни стени, преливници, диги) нагоре или надолу по течението, както и на самата площадка, включително възможни откази по „ефекта на доминото“ и едновременни откази (поради земетресение);
* събития с интензивни валежи на площадката на ЯЦ и близките околности.
  1. Извършването на обходи е част от формирането на данни, както за оценка на характеристиките на хазарта, така и обобщаването на данни, необходими за определянето на уязвимостта на КСК. Като правило, при обходите се събира информация относно:
* възможности за оттичане на площадката (дренажи, наклон на района);
* местни съоръжения за контрол на водния разход, включително процедури и изисквания за експлоатация и поддръжка;
* пътища за проникване на водата;
* Конструкции и компоненти, изложени на наводнения;
* възможности за събиране на вода по покрива (проверка на покривите, канализационната система на покривите, процедури за поддръжка);
* местни фактори, които могат да влошат последиците от наводнението (запушване на канализационна тръба, блокиране на речното корито в резултата на земни свличания).
  1. На базата на данните за речното ниво на площадката е необходимо да се изготви хазартна крива за външни наводнения (годишна честота за превишаване на максималното ниво на водата). Вземат се предвид топографските и хидроложките особености на местния район. Получената хазартна крива е необходимо да бъде съобразена с националните исторически данни за събития с наводнения.
  2. С цел да се определи водното ниво в критичните структури е необходимо да се извършат анализи с пренос на седименти с отчитане на локалните топографски и хидроложки условия. По специално е необходимо да бъдат анализирани тесните участъци на реките, изложени на риск от засядане на отломки, чието натрупване може да има значително влияние върху нивото на водата на площадката. Необходимо е да се идентифицират хидравличните съоръжения, чиято неизправност може да окаже значително въздействие върху нивото на водата на площадката на ЯЦ, и да се вземе предвид вероятността за тяхната неизправност при определяне на честотата на превишаване на критичните водни нива.
  3. При извършване на детайлен анализ се приема, че дигата или язовирната стена отказват с определена честота на година (логнормално разпределение) със следните последствия:
* 100% загуба на запас във водохранилището в 10% откази на язовирна стена/дига;
* 50% загуба на запас във водохранилището в 80% откази на язовирна стена/дига;
* 20% загуба на запас във водохранилището в 10% откази на язовирна стена/дига.
  1. Опасностите, получени в резултат на екстремни валежи в района на ЯЦ могат да бъдат отсети, ако свързаните с тях рискове като събиране на вода на покривите, проникване на вода и електрическо късо съединение не са възможни или не водят до изходно събитие. В противен случай е необходимо да бъде определена честотата на изходното събитие.

#### Анализ на уязвимостта на КСК при външно наводнения

* 1. Мерки за смекчаване на последствията (напр. отваряне на преливник) може да се разглеждат само в случаите с достатъчно време за тяхната ефективна работа.
  2. Необходимо е да бъде анализирана реакцията на съответните структури по отношение на хидростатичните и хидродинамичните натоварвания (включително кратковременно механично износване и динамичното въздействие на наводнението/отломките). В случай на рухване на сграда, се приема гарантиран отказ на всички компоненти в нея. В случай на частична повреда или навлизане на вода в сграда е необходимо да се идентифицират пътищата на разпространение на водата и засегнатото ВАБ оборудване.
  3. Необходимо е да бъде взето предвид запушването на водовземното съоръжение в резултат на проникване на отломки и утайки.
  4. За събития с наводнение, водещи към ниво на водата над котата на ЯЦ или над котата на която се намират външните трансформатори и свързаното с тях електрическо оборудване се приема загуба на външно електрозахранване.
  5. Опасности, предизвикани от т.нар. домино ефект или едновременна повреда на хидравлични съоръжения могат бъдат отсяти, ако количествената оценка показва, че сумата от приноса им към честотата за повреда на горивото е по-ниска от 10-9 на година [15].
  6. Всяка категория от събития с наводнения, която не е отсята е необходимо да бъде разгледана отделно в модела на ВАБ и приносът и към риска да бъде определен количествено.

### Самолетна катастрофа

#### Оценка на хазарта при самолетна катастрофа

* 1. Следните категории самолети е необходимо да бъдат разгледани във ВАБ:
* търговски самолет (маса >5,7 тона);
* боен самолет с реактивен двигател;
* лек самолет (маса <5,7 тона) и хеликоптер.

##### Търговски самолет

* 1. Необходимо е да се оцени рискът от следните изходни 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 приложимо;
* катастрофа на търговски самолет върху останалата част на площадката на ЯЦ.
  1. Честотите на самолетна катастрофа следва да се определят по начин, който отчита количеството на самолетни полети, вероятността, че ще катастрофира самолет, вероятността за дадена катастрофа, че самолетът ще катастрофира на площ от един квадратен километър, където е разположена ЯЦ и виртуалната площ на динамично въздействие:
  2. В зависимост от местоположението на площадката, анализът на честотата за катастрофа на търговски самолет може да се раздели на следните две фази:
* полет в района на летището (излитане и кацане);
* в полет
  1. Количеството полети на търговски самолет се оценява реалистично като се вземат предвид миналите и очакваните в бъдеще вариации за отказ.

Количеството полети следва да се определи като се отчита всички летища в радиус от 50км около ЯЦ.

* 1. За определяне на годишния брой полети е необходимо да се отчетат всички въздушни коридори в радиус 100км около площадката.
  2. Виртуалната площ на въздействие за сграда е необходимо да се осредни от съответните виртуални площи на четири перпендикулярни направления на приближаващи самолети:

##### Военен самолет

* 1. Необходимо е да се оцени приносът към риска на следните изходни събития:
* катастрофа на военен самолет в сградата на РИ;
* катастрофа на военен самолет в бункерно защитена аварийна сграда, ако е предвидена в проекта.
  1. Годишната честота за катастрофа на реактивен военен самолет на единица площ се изчислява директно по броя катастрофи на територията на република България. Минималният времеви интервал може да се приеме като 20 години. Неопределеността може да бъде описана от логнормално разпределение със средна стойност и стандартно отклонение.

##### Леки самолети и хеликоптери

* 1. Ефектите от катастрофа на лек самолет (хеликоптер) следва да се разглеждат само за сградите, които не са проектирани да издържат на летящи предмети.
  2. Годишната честота за катастрофа на леки самолети на единица площ се пресмята директно от броя катастрофи на лек самолет на територията на република България. Времевият интервал, който следва бъде разгледан е минимум 5 години. Неопределеността може да се опишат с логнормално разпределение със средна стойност и стандартно отклонение, определени от данните.
  3. Рискът за ЯЦ при катастрофа на малък самолет може да бъде пренебрегнат, ако може да се демонстрира чрез ограничаващ анализ, че честотата на повреда на горивото е по-малка от 10-09 на година [15].

#### Анализ на уязвимостта на КСК при самолетна катастрофа

* 1. За всички сгради, които не са проектирани да издържат на удар следва да се приеме отказ на всичкото оборудване, разположено в тях, независимо от вида на самолета.

За облекчаване на анализа може да се приеме подобно допускане и спрямо класифицираните сгради и съоръжения, но само, ако не се внася прекомерен консерватизъм в оценката за честотата за повреда на горивото.

* 1. Оборудване, което е разположено на открито се приема за отказало след удар.

##### Директни ефекти от самолетната катастрофа (механични въздействия)

* 1. За сградата на РИ или бункерно защитените сгради, условната вероятност за отказ (като се има предвид, че самолетът се удря в сградата) се изчислява като се вземат предвид варирането на различните типове самолети (напр. по размери и тегло) и техните скорости. Отчитат се локалните (проникването през стената) и глобалните (събаряне, разместване) структурни реакции, отнасящи се до динамичното въздействие на самолета.
  2. Оценява се и въздействието на вибрациите и ускоренията в следствие на катастрофата върху компонентите в сградата на РИ или в бункерно защитените сгради.
  3. За аварийните последователности, които включват проникване през стената на сградата е необходимо да се приеме или гарантиран отказ на всичкото оборудване в сградата, или допусканията за повреди поради отломки, вътрешни пожари, вътрешни наводнения и последващи ефекти следва да бъдат потвърдени от детайлни анализи.
  4. За всички сгради, за които не е оценена условна вероятност за отказ се приема гарантиран отказ на всичкото оборудване поместено в сградата, в случай, че самолетът удари сградата. В този случай действията на операторите за смекчаване на последствията не се кредитират.

##### Индиректни ефекти от самолетната катастрофа (летящи предмети, пожари и ефекти от експлозията)

* 1. Последствията от летящи предмети, пожари и експлозии в резултата на самолетната катастрофа върху сградата и останалата част от площадката се анализират и се оценяват вероятностите за отказ на сградите, като се отчита варирането на типовете самолети.
  2. За сгради, проектирани да противодействат на летящи предмети могат да се оценяват само ефектите от пожарите и източниците на пожар и експлозия (напр. количество гориво в самолета, складове с газ и масло на площадката), пътища на дима и горещия газ (приток на въздух за аварийните дизел-генератори) и пътища на разливане на самолетното гориво на площадката на ЯЦ.
  3. Ако защитата срещу индиректни последствия от самолетната катастрофа е недостатъчна (съгласно съответни анализи) се допуска гарантиран отказ на всичкото оборудване в сградата.

## Определяне на експлоатационните състояния

* 1. Както е посочено в Чл. 79, ал.3, ВАБ ниво 1 следва да обхваща всички експлоатационни състояния на енергийния блок (т.е., пълна мощност, ниска мощност и спряно състояние).
  2. Обикновено, под експлоатационно състояние на блока (POS)[[36]](#footnote-36) за целите на ВАБ, се приема такова състояние, при което основните параметри на енергийния блок и конфигурацията на системите могат да се приемат за постоянни, а изпълняваните дейности (основно тези с потенциал за ефект върху риска) са относително сходни. Следователно, може да се приеме, че експлоатационните състояния определят граничните условия, в рамките, на които няма да настъпят съществени изменения в основните характеристики на блока и разработеният вероятностен модел е представителен за съответното състояние.

Въвеждането на експлоатационни състояния предполага разработване на вероятностен модел за всяко отделно състояние като по този начин се гарантира пълнотата на ВАБ изследването. Може да се обобщи, че за всяко експлоатационно състояние се разработва модел на вътрешни ИС, вътрешни опасности и външни опасности, за които се анализира потенциала за повреда на горивото в реактора и в БОК.

* 1. Като правило, работата на блока на нива на мощност се приема за едно експлоатационно състояние, независимо, че също са възможни различни конфигурации на разполагаемото оборудване.

Стабилността на основните параметри на блока във времето позволява възможните изменения в състоянието на системите да се отрази чрез различни утвърдени техники на моделиране (напр. чрез въвеждане на базови събития за отчитане на неготовност поради ремонт, включване на условни събития и други). Аналогично, при подходящо дефинирани експлоатационни състояния за работа на ниска мощност и спрян блок, определени изменения в конфигурацията на системите, също могат да се отразят в модела, ако това облекчава процеса на разработване на вероятностния модел.

* 1. В съответствие с [7] и [13] определянето на експлоатационните състояния се състои в изпълнение на следните подзадачи:
* определяне на видовете спирания;
* определяне на списъка от експлоатационни състояния за съответните спирания;
* групиране на експлоатационните състояния;
* определяне на честотата и продължителността на експлоатационните състояния.
  1. Препоръчва се определянето на експлоатационните състояния на работещи ЯЦ да се осъществява на базата на актуални данни от експлоатацията, утвърдените регламенти за експлоатация, процедури за пуск и спиране на енергийния блок, инструкции, графици, записи от експлоатацията, изисквания и правила за превантивна поддръжка на съоръженията и други релевантни документи на ЯЦ.
  2. За ЯЦ в етап на изграждане, е препоръчително да се използват данни от проектна документация или данни от референтни ЯЦ. При анализа на изцяло нов тип проект на ЯЦ следва да се извърши задълбочена оценка на времето, необходимо за различните дейности, изпълнявани при различните видове спирания.

Информацията, използвана за ЯЦ в проект, следва да бъде проверена и актуализирана на етапа на въвеждане в експлоатация и през първите години от експлоатацията.

### Видове спирания

* 1. Като основа за определяне на експлоатационните състояния следва да се проучат следните видове спирания на енергийния блок:
* планирано спиране за презареждане на горивото (с частично или пълно преместване на горивото от реактора), по време на които се извършват и основни дейности по поддръжката;
* планирани спирания, по време на които се извършват само специфични дейности по поддръжката;
* непланирани спирания, които се налагат в резултат на отклонения по време на работа на мощност с или без намаляване на нивото на топлоносителя в реактора и презареждане на горивото.
  1. Основните видове спирания следва да се разглеждат в съответствие с документацията на ЯЦ, от където следва да се определят специфичните изисквания по отношение на разполагаемостта на КСК и изискваното крайно състояние (т.е. студено състояние или горещо състояние на РИ).
  2. Като добра практика се приема да бъдат анализирани всички видове спирания, приложими за изследваната ЯЦ.

В съответствие с [7] и [13], спиране за презареждане на горивото следва да бъде цялостно оценено.

По отношение на непланираните спирания, в [7] и [13] се препоръчва изменението в конфигурацията на системите да се разглежда до достигане на стабилни и безопасни състояния.

### Определяне на предварителен списък от експлоатационни състояния

* 1. По отношение на РИ, основните характеристики, които следва да се вземат предвид за дефиниране на експлоатационните състояния, могат да се определят както следва:
* ниво на мощност;
* критичност на реактора;
* температура и налягане на топлоносителя в реактора;
* ниво на топлоносителя в първи контур;
* ниво на остатъчно топлоотделяне;
* състояние на първи контур (уплътнен или разуплътнен);
* статус на контейнмънта (отворен или затворен);
* разположение на горивото;
* положение на регулиращите органи;
* системи в работа за отвеждане на остатъчното топлоотделяне (и брой на работещите канали);
* наличност на системите за безопасност и на поддържащите системи;
* състояние на функциите за автоматична защита.
  1. По отношение на БОК, основните характеристики, които следва да се вземат предвид за дефиниране на експлоатационните състояния, могат да се определят както следва:
* ниво на топлоносителя в БОК;
* ниво на остатъчно топлоотделяне на горивото в БОК;
* температура на топлоносителя в БОК;
* разположение на горивото (в зависимост от проекта на БОК);
* извършване на операции с горивото;
* статус на контейнмънта (отворен или затворен);
* системи в работа за отвеждане на остатъчното топлоотделяне (и брой на работещите канали);
* наличност на системите за безопасност и на поддържащите системи.
  1. При наличие на взаимосвързаност между състоянията за РИ и БОК (изисквания за извеждане на канали на системите, свързаност по нива на топлоносителя, изисквания към изпълнение на операциите с горивото и други) е допустимо експлоатационните състояния да бъдат определени като общи за двата източника на радиоактивност. При обединяване на експлоатационните състояния, водещи са определените за РИ.

Използването на едно общо множество от експлоатационни състояния за РИ и БОК не се препоръчва, ако това въвежда прекален консерватизъм по отношение на честотата за повреда на горивото в БОК.

* 1. Определени характеристики (като ниво на остатъчното топлоотделяне, температура на топлоносителя или налягане в първи контур) могат да се изменят в рамките на едно експлоатационно състояние, ако останалите характеристики остават неизменни в рамките на това експлоатационно състояние.

Това отклонение от изискването за постоянност на характеристиките е допустимо с оглед на практическата невъзможност да се обхванат по друг начин състоянията, свързани с разхлаждане или разгряване. В такива случаи се допуска стойността на неустойчивите във времето характеристики да се приема консервативно за цялата продължителност на експлоатационното състояние. В общия случай се препоръчва:

* нивото на остатъчно топлоотделяне да се приема като равно на максималното за даденото експлоатационно състояние;
* нивото на топлоносителя (ако се понижава и увеличава няколкократно) да се приема като равно на минималното за даденото експлоатационно състояние;
* температурата и налягането на първи контур да се приемат за равни на стойностите, които съответстват на началото на дадено експлоатационно състояния, свързано с разхлаждане. Съответно, температурата и налягането на първи контур да се приемат за равни на стойностите, които съответстват на края на дадено експлоатационно състояние, свързано с разгряване.

### Групиране на експлоатационните състояния

* 1. В зависимост от нивото на детайлизация, прегледът на изменението на посочените в п.2.452 и п.2.453 характеристики за всяко от възприетите за изследването видове спирания (посочени в п2.449÷ п.2.451) може да идентифицира прекалено голям брой експлоатационни състояния, които следва да се анализират.

Използването на по-прецизно ниво на детайлизация предполага по-голяма завършеност на изследването и по-голяма увереност, че няма пропуснати важни аспекти в оценката. За целите на ВАБ, обаче, е по-практично да се изследват ограничен брой експлоатационни състояния, за които основните характеристики са достатъчно стабилни и представителни. Затова, при генерирането на голям брой предварителни експлоатационни състояния се препоръчва тяхното групиране.

* 1. Критериите за групиране на идентифицираните предварителни експлоатационни състояния в едно експлоатационно състояние за целите на ВАБ са свързани с установяване на идентичност в:
* основните параметри на блока (критичност, налягане, температура на топлоносителя, ниво на топлоносителя в реактора, ниво на остатъчно топлоотделяне, брой работещи главни циркулационни помпи, ниво в парогенераторите и др.);
* конфигурация на защитните, осигуряващите и управляващите системи;
* конфигурация на основните системи за нормална експлоатация;
* необходими функции за безопасност;
* очаквани изходни събития;
* последствия при еднотипна реакция на блока;
* очаквани действия на персонала и условия за тяхното реализиране;
* състояние на реактора – отворен/затворен;
* статус на контейнмънта (отворен или затворен);
* месторазположение на горивото.
  1. По отношение на нестабилните във времето параметри се процедира аналогично на представеното в п.2.455.
  2. За намаляване на броя на експлоатационните състояния, респективно облекчаване на изследването се допуска обединяването в едно експлоатационно състояние на състояния, за които и други характеристики могат да не бъдат напълно идентични (напр. различни изисквания към разполагаемостта на системите).

Аналогично на п.2.455, моделът на реакцията на блока във ВАБ следва да се изгражда на базата на най-консервативните характеристики.

* 1. Въведения консерватизъм при определянето на експлоатационните състояния подлежи на анализ на чувствителност и може да изисква преразглеждане на въведените граници на избраните експлоатационни състояния.

### Определяне на честота и продължителност

* 1. За всяко дефинирано експлоатационно състояние следва да се определи неговата продължителност за една календарна година. Следователно, продължителността на всяко експлоатационно състояние се явява фракция от времето на една календарна година. Сумата от продължителността на всички дефинирани експлоатационни състояния следва да е равна на продължителността на една календарна година.
  2. Средната продължителност на дадено експлоатационно състояние за една календарна година се явява произведението между неговата честота и средната му продължителност.

Ако дадено експлоатационно състояние е възможно при различни видове спирания на блока (виж п. 2.449 ÷ п.2.451), то средната продължителност на това експлоатационно състояние за една календарна година се явява сума от средната продължителност на състоянието, оценена за всяко от приложимите спирания.

В случай, че някои видове спирания са изключени от изследването, то това следва да бъде аргументирано, както и да бъде демонстрирано, че продължителността на експлоатационните състояния за изключените спирания на блока не формират значителна част от календарната година.

* 1. За определянето на честотите и средната продължителност на експлоатационните състояния се събират и обработват реалните данни от експлоатацията на ЯЦ. Препоръчва се данните да се обработват по вида спиране и в съответствие с достигнатото стабилно състояния. По този начина се гарантира коректното отчитане на честотата на отделните видове спирания и свързаните с тях продължителност на съответните експлоатационни състояния.

Определянето на честотата и продължителността на отделните експлоатационни състояния за новостроящи се ЯЦ може да се извърши на базата на експлоатационния опит на референтната ЯЦ или на базата на подобни ЯЦ. При разлика в планирания горивен цикъл или планираните дейности по поддръжката, то следва да се подберат и обосноват съответните коригиращи коефициенти.

* 1. В случай, че за определяне на експлоатационните състояния е използвано групиране, то продължителността на дадена група се получава като сума от продължителността на всички експлоатационни състояния, включени в групата.

Аналогичен е подхода, ако експлоатационното състояние се дефинира като група от предварителни експлоатационни състояния (виж п.2.456 ÷ п.2.459)

* 1. Всички планирани промени в плановете или графиците за осъществяване на различните видове спирания следва да се анализират, за да се гарантира, че продължителността на експлоатационните състояния и техните характеристики остават валидни.

В случай, на значителна промяна следва да се разгледа възможността за актуализиране на възприетите в модела на ВАБ експлоатационни състояния и свързаните с тях количествени показатели по отношение на честота и продължителност.

### Документиране

* 1. С оглед осигуряване на необходимата проследимост, бъдеща актуализация или използване в рамките на различни ВАБ приложения, документацията на процеса на анализ на експлоатационните състояния следва да обхваща следните аспекти:
* видовете спирания, отчетени в анализа и свързаните с тях допускания;
* процеса и характеристиките, използвани за идентифициране на предварителните експлоатационни състояния;
* процесът и критериите, използвани за групиране на предварителните експлоатационни състояния;
* описанието на всяко експлоатационно състояние с основните параметри, които го определят;
* приложимата продължителност и средната честота на всяко експлоатационно състояние;
* описание на подхода за обработка на експлоатационния опит, включително суровите данни и записи от експлоатационната практика, интервюта на персонала на ЯЦ и друга информация, използвана като входни данни за оценка на честотите и продължителността на експлоатационните състояния.
  1. Неопределеността на анализа, свързана с възприетите допускания относно границите между отделните експлоатационни състояния, както и възприетите показателите на основните характеристики да бъде надлежно обоснована и документирана.

## ВАБ ниво 1 за площадката на ЯЦ

### Цели и обхват на ВАБ ниво 1 за площадката на ЯЦ

* 1. Цялостната оценка на риска за площадка на ЯЦ, на която са разположени няколко енергийни блока предполага да бъдат разгледани в по-голяма дълбочина възможните взаимодействия между отделните блокове, определящи важни показатели за риска на площадката, които не могат да бъдат получени при самостоятелното разглеждане на отделните енергийни блокове.
  2. Разработването на ВАБ за площадка с множество енергийни блокове (MUPSA)[[37]](#footnote-37) позволява да се оценят различните комбинации между повредата на горивото в отделните енергийни блокове така, че да се улесни използването на резултатите от ВАБ в процеса на вземане на решения за управление на безопасността. За целта се определят показатели за риска на площадката, които отчитат наличието на различни източници на радиоактивност и разглеждат риска спрямо площадката.
  3. В обхвата на ВАБ за площадката могат да бъдат отчетени всички съоръжения, разположени на площадката на ЯЦ, в които се съхранява ядрено гориво. В съответствие с [7], [9] и [11] обхвата на ВАБ за площадката следва да се включат като минимум реакторите на енергийните блокове на площадката на ЯЦ.
  4. Обхватът на ВАБ за площадката на ЯЦ следва да включва всички значими за риска ИС (вътрешни събития, вътрешни и външни опасности), определени спрямо резултатите за един блок и имащи потенциал да въздействат върху няколко блока, както и всички комбинации от експлоатационните състояния на блоковете, дефинирани като състояния на площадката.

Всички ограничения на обхвата, които биха могли да повлияят върху оценките за показателите на риска на площадката следва да бъдат ясно определени и разгледани.

* 1. Моделът на ВАБ на площадката като правило се разработва на базата на моделите на отделните енергийни блокове (SUPSA)[[38]](#footnote-38), които могат да подлежат на допълнително прецизиране с оглед на коректното отчитане на потенциалните зависимости между тях.

Ако не са разработени модели за всеки от енергийните блокове на площадката (напр. използва се един модел като представителен за идентични по своя проект енергийни блокове), то като първа стъпка от разработването на модел на площадката следва да се разглежда изграждането на специфични модели за всеки блок.

Разработването на модела на площадката се фокусира върху отчитането на съответните зависимости между отделните енергийни блокове, корелациите и отчитане на споделеното оборудване и зависимостите в поведението на персонала. В подразделите по-долу е представена повече информация относно тези аспекти.

### Мерки за риска на площадката

* 1. В съответствие с [7], [9] и [11], могат да се използват следните показатели за риска на площадката:
* Честота на повреда на активната зона на реактора на един енергиен блок (SUCDF), определена като честота за повреда на активната зона само на един реактор от многоблокова площадка и оценена спрямо календарна година на площадката (площадко-година[[39]](#footnote-39)).

SUCDF се явява обобщената честота от повредата на горивото в активната зона, която следва да отчита всички реактори на площадката, но включва само аварийните последователности, които засягат само и единствено един енергиен блок;

* Честота на повреда на активната зона на реактора на няколко блока (MUCDF), определена като честота за площадко-година на едновременна повреда на активната зона на два или повече реактора от многоблокова площадка.

При площадка с повече от два блока (т.е. когато са налице различни комбинации на повече от два блока), броя на засегнатите реактори, за които се оценява едновременна повреда на горивото може да бъде ясно определен, ако представлява интерес за анализа;

* Честота на повреда на активната зона на площадката (SCDF), определена като честота за площадко-година на повреда на активната зона на един или повече реактори от многоблокова площадка.

По аналогични начин, могат да се въведат и показатели на риска за площадката, оценени спрямо честотата за повреда на горивото в БОК. Целесъобразността на използването на подобни показатели може да се определи на базата на приноса на честотата за повреда на горивото в БОК към общата честота за повреда на горивото за един енергиен блок.

* 1. Като показатели за риска на площадката следва да разглеждат оценки, които обхващат честота за повреда на горивото от различни източници (напр. реактор и БОК, или реактор и друг обект на съхранение на горивото). Съгласно [11], препоръчва се използването на показатели като:
* честота на повреда на горивото от няколко източници (MUFDF), определена като честота за едновременна повреда на горивото в два или повече източника на радиоактивност на площадката и оценена спрямо календарна година на площадката;
* честота на повреда на горивото на площадката (SFDF), определена като честотата за повреда на гориво на един или повече източници на радиоактивност на площадка и оценена спрямо календарна година на площадката
  1. Препоръчва се за всеки енергиен блок да бъде оценена честотата за едновременна повреда на горивото в реактора и БОК.
  2. Под „едновременна повреда“ (виж п.2.473 и п.2.474), не следва да се приема, че повредата на горивото в повече от едно съоръжение настъпва в буквалния смисъл едновременно. По-скоро следва да се разглежда като реализиране в достатъчно кратък интервал от време, така, че да може да се приеме, че радиоактивното изхвърляне в резултат на такава повреда може последователно да засегне едно и също лице или група лица.

### Експлоатационни състояния на площадката

* 1. Както е представено в раздел „Определяне на експлоатационните състояния“, разполагаемостта на системите на даден блок се изменя в зависимост от експлоатационното състояние и тази специфика следва да бъде коректно отразена при разработване на модел за площадката. Това налага да бъдат определени експлоатационни състояния за площадката, които ясно да изразяват комбинациите между дефинираните експлоатационни състояния за всеки един от енергийните блокове на площадката на ЯЦ (виж п.2.456÷ п.2.460).

В случай, че във ВАБ за един енергиен блок са дефинирани отделни набори от експлоатационните състояния за реактора и за БОК, то при формиране на експлоатационните състояния на площадката, комбинирането следва да се извършва като се вземат предвид всички набори от експлоатационни състояния.

Препоръчва се използването на матрична форма за определяне на комбинациите.

* 1. В съответствие с [7], [9] и [13], комбинации от експлоатационни състояния могат да бъдат ограничени до представителен набор за площадката, който отчита най-значимите по отношение на риска комбинации. Определени комбинации (или състояния на площадката) могат да бъдат отсяти от анализа, ако за тях се демонстрира:
* наличие на административни ограничения в експлоатационната практика на ЯЦ, съгласно които определени комбинации са практически невъзможни (напр. всички блокове на площадката да бъдат спрени за презареждане на горивото);
* твърде кратка продължителност във времето на дадена комбинация, така че очакваният принос към оценките за риска на тази комбинация да е пренебрежителна;
* наличие на достатъчно дълго време до достигане на повреда на горивото, така че да бъде обосновано предприемането на съответните действия по възстановяване на състоянието на блоковете.

След получаването на показателите за риска на площадката, отсятите експлоатационните състояния на площадката следва да бъдат проверени от гледна точка на приносът им към получените оценки.

* 1. За ограничаване на броя на експлоатационните състояния на площадката се препоръчва групиране на комбинациите. Това групиране следва да определи представителен набор от комбинации така, че да се гарантира обхващането на състоянията с най-висок риск и да не се маскира потенциала на значими за риска на площадката ИС.

Например, за площадка с два блока, като първо приближение, могат да се разглеждат следните състояния на площадката:

* двата блока работят на мощност;
* първият блок е спрян за презареждане, а втория работи на мощност;
* първият блок работи на мощност, а втория е спрян за презареждане.
  1. За всяко състояние на площадката, което е определено за анализ следва да се определи продължителността и съответно делът от времето спрямо една календарна година.

Тези оценки следва да се базират на наблюдаваната експлоатационна практика и възприетите стратегии за извършване на планов годишен ремонт и презареждане.

### Изходни събития за площадката

* 1. Като правило ИС могат да бъдат категоризирани, както следва:
* ИС, които засягат само един енергиен блок – това са ИС, които възникват само в един енергиен блок и не засягат други блокове (освен евентуално като развитие на аварийните последователности), напр. теч от първи контур.
* ИС, които засягат едновременно повече от един енергиен блок – такива събития като правило се явяват по-голямата част от външните опасности, напр. земетресение или екстремни ветрове.

Списъкът на селектираните ИС в модела на един енергиен блок следва да бъдат прегледани, за да се определи кои ИС изначално засягат само един блок и кои ИС засягат повече енергийни блокове на площадката на ЯЦ.

Прегледът на ИС следва да обхваща причините за ИС, за да се потвърди, че общите за повече енергийни блокове ИС са коректно отчетени (напр. може да се наложи дефиницията на ИС със загуба на външно захранване да се преразгледа така, че ясно да се отделят причините водещи до загуба на външно захранване на един блок от причините, които могат да доведат до загуба на външно захранване на няколко или всички блокове на площадката).

* 1. За всяко ИС, за което е определено, че засяга само един енергиен блок следва да се провери потенциала му да въздейства на съседните енергийни блокове. При извършването на тази проверка се препоръчва да се отчитат следните механизми на въздействие:
* каскаден ефект – този механизъм определя възникването на условия, чието въздействие може да се прехвърли върху останалите блокове. Например, спирането на засегнатия от ИС енергиен блок да предизвика колебания във външната електрическа мрежа, които да доведат до загуба на външно захранване за всички останали блокове на площадката.

Като част от този механизъм, също могат да се разглеждат условията, които една тежка авария налага върху останалите блокове;

* разпространение на въздействието, напр. сценарий с разпространение на вътрешен пожар или сценарий с възникване на комбинация от вътрешни опасности, която има потенциал да се прехвърли към съседни енергийни блокове.

При идентифицирането на този тип взаимодействие следва да се отчитат условията, налагани от различните аварийни последователности и пространствената свързаност между системите на различните енергийни блокове;

* възникване на ООП – този механизъм предполага да се изследва възможността в относително кратък период от време на съседен енергиен блок да възникне ООП на оборудване, идентично с оборудването, предизвикало ИС на първия блок.

Този механизъм може да се очаква основно при идентични проекти на разположените на площадката енергийни блокове. Анализа на този механизъм следва да се съсредоточи върху ИС, които по дефиниция възникват като резултат от ООП, за да се определи потенциала тези ООП да бъдат споделени и от оборудването на съседните енергийни блокове.

Препоръчва се прегледът на ИС да се съсредоточи върху ИС с висока честота на възникване, както върху ИС, които имат висок принос към честотата на повреда на горивото за един енергиен блок.

Следва да се има предвид, че този процес е итеративен и може да се приеме за завършен когато се демонстрира, че няма пропуснати събития, които да са значими спрямо оценката за риска на площадката.

* 1. ИС, които са отсяти в анализа на един енергиен блок като правило могат да бъдат отсяти и при разработване на модел на площадката, ако критериите за отсяване остават валидни.

Ако за целите на отсяването е използван опростен модел на реакцията на блока, включващ споделени между отделните блокове системи, то следва да се потвърди, че зависимостта, произтичаща от споделените системи не променя основанията за отсяване. В противен случай, отсятите ИС следва да се разгледат в модела за площадката.

Прилагането на критерии за отсяване следва да бъде обосновано, отчитайки съображения, подобни на тези в п.2.31, но отнесени към площадката.

* 1. ИС, за които е преценено, че засягат само един енергиен блок и не могат да въздействат върху съседните блокове могат да бъдат изключени от модела, който се използва за оценка на показателите на площадката.
  2. Всяко ИС, което остава за анализ може да бъде определено като ИС за площадката. Тези ИС могат да подлежат на допълнително групиране с цел облекчаване на последващото изграждане на модела на площадката, като всяко ИС (група ИС) за площадката следва да бъде адресирано към избраните за анализ експлоатационни състояния на площадката.
  3. За всяко ИС, определено като засягащо повече от един блок следва да се определи групата ИС, към която може да се адресира в контекста на модела на всеки от блоковете.

Необходимо е да се има предвид, че въздействието на вътрешните опасности може да бъде по същество асиметрично, т.е. да води до различни ИС в засегнатите блокове. Например възможно е изхвърляне на лопатка на турбината да причини загуба на отвеждане на нормалния топлоотвод по втори контур в единия блок и късане на парна линия в друг.

* 1. За целите на ВАБ ниво 1 на площадката, честотите на ИС следва да бъдат оценени спрямо определените експлоатационните състояния на площадката. Това налага преизчисляване на определените стойности на честотите за един блок или въвеждане на съответните коригиращи коефициенти, отчитащи вероятността на отделните експлоатационни състояния на площадката.

Определянето или коригирането на честотите на ИС следва да бъде детайлно описано и съобразено с общия подход за количествено пресмятане на показателите на риска за площадката (виж п 2.506 ÷ п.2.513).

### Моделиране на споделени системи

* 1. КСК и ресурсите, които се споделят между различни енергийни блокове следва да бъдат изрично моделирани при разработване на модел за ВАБ ниво 1 на площадката.
  2. Разработването на моделите на ДО на споделените системи, като правило е част от изпълнението на общата задача по моделиране на системите, имащи отношение към овладяване на последствията от ИС.

Ако по някакви съображения споделените системи не са отчетени в модела на ВАБ на отделните енергийни блокове, то следва да бъде проверено, че използваните съображения продължават да бъдат валидни в контекста на модела за площадката.

В случай, че съображенията на са валидни или в случай, че тези съображения водят до маскиране на важни зависимости, то в съответствие с п.2.488, моделите на споделените системи следва да бъдат разработени и включени по подходящ начин в модела на всеки от блоковете. Разработването на ДО на споделените системи, методологично не се различава от разработването на моделите на останалите системи, т.е. следват се същите нива на детайлизация и съображения като описаните в п.2.76 ÷ п.2.100. Схемата на кодиране на базовите събития в модела на споделените системи следва да бъде избрана така, че да гарантира правилното отчитане на зависимостта между блоковете.

* 1. Разполагаемостта на всяка споделена система в условията на ИС спрямо отделните енергийни блокове следва да е определена на базата на експлоатационните документи и практика. Особено внимание следва да се обърне на функционирането на споделените системи при възникване на ИС, засягащи всички (или повече от един) енергийни блокове на площадката.
  2. Приоритетите при използване на споделени КСК и ресурси следва да са отчетени в модела по възможно най-реалистичния начин. Функционалните и пространствени взаимодействия между КСК на отделните блокове следва също да бъдат коректно представени в модела на системите.

### Отчитане на взаимодействието в анализа на персонала

* 1. Съгласно, [7], [9] и [11] анализа на действията на персонала следва да отчете зависимостите, произтичащи от възникване на авариен режим на повече от един блок, повишеното ниво на стрес, споделените човешки ресурси и други фактори, които могат да окажат въздействие върху поведението на персонала.
  2. Специално внимание следва да се обърне на аспектите (напр. процедури, зависимости, вземане на решения), които могат да променят оценките за действията на персонала, включените в модела на всеки от блоковете или да включват нови фактори, за отразяване на сложността на аварийните последователности при засягане на повече от един енергиен блок.

Следният списък обобщава някои от специфичните фактори, които следва да се вземат предвид:

* споделени човешки ресурси между енергоблоковете;
* споделени контролни помещения/зали (ако е приложимо за даден проект на ЯЦ);
* повишено ниво на стрес поради условията на аварии в повече от един блок;
* въздействие върху достъпността поради увредено състояние на друг(и) енергиен блок на площадката;
* фактори, свързани с условията на тежка авария на други блокове на площадката (напр. радиационно изпускане, детонация на водород, запалване на дизелово гориво/хидразин).

Изпълнението на този анализ предполага да бъдат идентифицирани действията на персонала, включени в модела за един енергиен блок, които следва да бъдат преоценени в контекста на модела на ВАБ за площадката. Възможно е да бъдат определени и действия, които следва да бъдат добавени в модела, когато въздействието на ИС засяга повече блокове.

* 1. Зависимостите между идентифицирани ГП за различните енергийни блокове следва да бъдат изследвани. Целта на тази подзадача е да се потвърди, че възможните зависимости в действията на персонала, ангажиран с овладяване на аварийния процес са коректно отразени. Препоръчва се следните основни фактори да бъдат разгледани при третиране на зависимостите в действията на персонала:
* необходимост от взаимодействия между персонала на отделните енергийни блокове и ниво на споделяне на кадровия ресурс.

Нивото на зависимост се очаква да бъде относително високо в случай на споделени ресурси между различните енергийни блокове на площадката (напр. когато решението, отговорността или изпълнението на действието за използването на споделените ресурси се взема от един човек или в съгласуваност между персонала на отделните блокове). И обратния случай, нивото на зависимост се очаква да бъде относително ниско, ако екипите за всеки енергиен блок са напълно самостоятелни;

* потенциалните зависимости, свързани с центъра за управление на авариите или друга организация, координираща дейностите на място, отчитайки спецификата на формиране на решения при ИС, засягащо повече от един енергиен блок;
* разлики във въздействието на вътрешните или външните опасността върху всеки един енергиен блок.

Опасността може да засегне отделните блокове по различен начин, особено ако някой от тях е по-податлив на въздействието на дадена опасност[[40]](#footnote-40). Това може да доведе до различно представяне на човешкия фактор между блоковете и също така до по-ниска степен на зависимост между специфичните ГП от различните енергоблокове.

Аналогично на п.2.493, анализа на зависимостите може да идентифицира необходимост от промяна на заложените в модела на един енергиен блок нива на зависимост, както и да определи нови зависимости, които да се отчитат в рамките на модела на площадката.

* 1. Подхода за отчитане на необходимите промени в модела на действията на персонала за следва да бъде съобразен с общия подход за количествено пресмятане на показателите на риска за площадката (виж п 2.506 ÷ п.2.513).

### Разширяване на обхвата на отказите по обща причина

* 1. При разработване на модел, който да удовлетворява целите на ВАБ ниво 1 на площадката е необходимо анализът на ООП да се разшири с оглед за отчитане на потенциала за ООП на оборудването на различните енергийни блокове.
  2. Както е посочено в [7], [9], [11] и [24], с оглед на практическа съобразност и ефективност, разширяването на обхвата на анализа на ООП може да бъде редуцирано, използвайки качествени или количествени критерии, подобни на дефинираните в п.2.110 и п.2.113.

В съответствие с [24], като минимум за целите на модел на площадката, следва да се разгледат групи за ООП, формирани от идентичното оборудване на различните енергийни блокове, принадлежащо на идентични технологични системи. Подобно допускане опростява значително анализа и моделирането ООП между оборудването на различните блокове.

Подобен подход не отменя необходимостта от моделиране на други важни междублокови ООП, ако прегледът на резултатите идентифицира минимални сечения, в които влизат откази на оборудване, които могат да се реализират като ООП.

* 1. В зависимост от възприетият общ подход за количествено пресмятане на показателите на риска за площадката и функционалните възможности на използваната компютърна програма следва да се избере подхода за отчитане на междублоковите ООП в модела. Какъвто и подход да бъде избран, той следва да бъде детайлно обоснован.

Отчитането на междублоковите ООП може да се реализира директно в модела на системите чрез опростено или детайлно моделиране. Опростеното моделиране предполага отчитане само на отказа на групата като цяло или само на значимите комбинации за ООП, докато детайлното моделиране предполага цялостно предефиниране на групата за ООП и отчитане на всички комбинации.

Друг приемлив подход за отчитане на междублоковите ООП е свързан с допълнителна обработка на минималните сечения (така наречения „post processing”). При този подход не се въвежда допълнителен консерватизъм в оценката за честотата на повреда на горивото на един енергиен блок, но следва да се потвърди, че правилата за обработка на минималните сечения обхващат всички значими междублокови ООП.

* 1. Като правило, за енергоблокове от различен тип не се очаква ООП между оборудването на отделните блокове (поради общото очакване, че оборудването е достатъчно различно). Въпреки това, следва да се провери дали групите оборудване (напр. дизелгенератори) действително са различни и няма свързващи фактори, които да предполагат реализирането на ООП.
  2. Отказите на пасивно оборудване, за което не е разглеждан ООП в модела на един енергиен блок следва да бъдат прегледани за идентифициране на възможни коренни причини и свързващи фактори, които да изискват отчитането на допълнителни ООП.
  3. Подхода за определяне на модела и параметрите, необходими за оценка на вероятността за междублоковите ООП следва да бъде съобразен с насоките, представени в п.2.116 ÷ п.2.119.

Аргументите за избор на модела и параметрите за определяне на вероятността на избраните за анализ междублокови ООП следва да бъдат обосновани с оглед на наблюдаваната експлоатационна практика и приемливостта на въведения консерватизъм.

### Корелации при разглеждане на опасностите

* 1. Концепцията за отчитане на корелацията при определяне на отказите на КСК, в резултат на въздействието на дадена външна опасност е свързана с възприемане на някое от следните основни допускания:
* пълна корелация (т.е. вероятността за корелиране е равна на 1 и се приема, че ако откаже едно КСК, то отказват и всички идентични КСК);
* възприемане на отказите на КСК като напълно независими (т.е. вероятността за корелиране е равна на 0).

Обикновено, за подобните КСК на един енергиен блок се приема пълна корелация (виж п.2.358).

* 1. За серийни енергийни блокове (изградени по един и същи проект) няма основания да се смята, че подобните КСК ще се различават по своя капацитет. Възможно е да има известни разлики в ориентацията на КСК, но въпреки това може да се приеме че идентичните КСК са по-скоро напълно корелирани по отношение на дадена опасност.

Това позволява групите оборудване, за които е приета пълна корелация в модела на външни опасности за един енергиен блок да бъдат директно отчетени при разработване на модела на площадката.

Отчетените за един блок групи следва да бъдат проверени за пълнота, т.е. да се потвърди, че няма оборудване, което да не е разгледано в модела за един блок или ако има такова, то да бъдат добавени нови групи, които да се отчитат в модела на площадката.

* 1. Поради пространственото разположение на енергийните блокове на площадката на ЯЦ може да се очаква, че допускането за пълна корелация на отказите на КСК при външни опасности може да е твърде консервативно и в същото време да определя риска за едновременна повреда на горивото на площадката. Препоръчва се провеждане на анализ на чувствителност по отношение на степента на корелация, чиято цел е да се определят групите КСК, за които може да се препоръча по-детайлен анализ на корелацията (насоки за провеждане на подобен анализ са дадени в [9] и [11]).
  2. Ако може да бъде показано, че в рамките на площадката опасността изменя значително своите характеристики, то отказите на КСК на различните енергийни блокове могат да се приемат за независими. Въпреки допускането за независимост, потенциала за корелиране следва да бъде разгледан, но с по-малка степен от пълната корелация.

Допуска се степента на корелиране да бъде оценена експертно. Отчитането на корелираните откази в модела се реализира подобно на включването на ООП.

Аналогичен подход следва да се приложи, ако енергийните блокове на площадката са от различен тип или с различи по своята същност изменения в проекта.

### Количествена оценка на показателите на риска за площадката

* 1. Интегрираният модел на площадката може да бъде разработен с помощта на различни техники за моделиране, основавайки се и надграждайки моделите, разработени за отделните енергийни блокове.

Допуска се прилагането на някой от следните подходи:

* разработване на ДС за площадката;
* обработване на списъците с минимални сечения, получени за отделните енергийни блокове.

И двата подхода позволяват получаване на необходимите количествени резултати, включително анализ на значимост и неопределеност за оценяваните показатели за риска на площадката.

#### Дърво на събитията за площадката

* 1. Използването на ДС за площадката позволява надлежно и проследимо отчитане на всички зависимости и взаимодействия между отделните енергийни блокове. В съответствие с [9] и [11], са приложими следните подходи за разработване на ДС на площадката:
* Изграждане на модел на ДС за всяко идентифицирано ИС (група ИС), определено ИС за площадката. В този случай, модела на ДС комбинира в един модел реакцията на всеки от засегнатите енергийни блокове на съответното ИС. Функционалните събития в ДС за площадката са аналогични (или подобни) на използваните в модела за един блок.
* Изграждане на един по-общ модел на ДС, насочен към оценяване на конкретен показател за риска на площадката. При този подход, функционалните събития в ДС изразяват статуса на отделните енергийни блокове по отношение на конкретно ИС (група ИС) на площадката при възприетите експлоатационни състояния на площадката. Съответно, ДО кореспондиращи на отделните функционални събития съчетава логиката за реализиране на оценявания показател за всеки от отделните блокове. Това предполага разработване на допълнителни ДО за всеки енергиен блок, в които да бъдат обобщени аварийните последователности, чиито крайни състояния изразяват оценявания показател.
* Хибриден подход, явяващ се комбинация от горните два.

Какъвто и подход да бъде изпран за разработване на модел на ДС на площадката, той следва да бъде основан и съобразен с функционалните възможности на използваната компютърна програма.

* 1. Крайните състояния в модела на ДС за площадката в известна степен зависят от избрания подход за изграждане на ДС на площадката. Независимо от това, те следва ясно да представят статуса на крайните състояния на всички засегнати енергийни блокове.
  2. Документирането на процеса на изграждане на модела на ДС за площадката следва да осигурява последователно описание на изпълнените дейности, направените допускания и опростявания.

Формирането на логиката на отделните функционални събития следва да бъде представено в необходимите детайли, позволяващи преследването на модела на площадката до използваните части от моделите на отделните енергийни блокове.

#### Използване на списъците с минималните сечения

* 1. Подхода за използване на минималните сечения, получени от моделите на отделните енергийни блокове се базира на обединяването на списъците с минимални сечения от няколко блока в един общ списък с последваща допълнителна обработка (редактиране) на минималните сечения.

Базирайки се на правилата на булевата алгебра, може да се приеме, че комбинирането на списъците с минимални сечения от различен брой енергоблокове в един общ списък следва да предостави коректен списък от минимални сечения за оценявания показател спрямо площадката. Допълнителната обработка е необходима за отчитане на вероятността за експлоатационното състояние на площадката, отчитане на зависимости или други аспекти, които не са взети предвид (или не могат) в модела за един енергиен блок.

Списъците, които подлежат на обединение се определят от показателите за площадката, чиято оценка е обект на ВАБ ниво 1 за площадката.

Подхода позволява получаване на оценки както по отделните категории ИС (вътрешни събития, вътрешни и външни опасности), така и тяхното агрегиране за всяко от избраните за анализ експлоатационно състояние на площадката.

* 1. Подхода с обединяване на списъците с минимални сечения се базира на допускането, че използваните списъци с минимални сечения за един блок са коректни и пълни.

Следва да се има предвид, че условието за пълнота предполага, че в модела за един блок са отчетени всички ИС, които въздействат върху повече от един блок и да са отчетени аспектите, разгледани в п.2.488 ÷ п.2.491. Експлоатационните състояния на площадката следва да са формирани съгласно насоките в п.2.477 ÷ п.2.480, т.е. чрез наслагване на експлоатационните състояния на отделните енергийни блокове с необходимите корекции, произтичащи от експлоатационните ограничения на ЯЦ и използваните опростявания.

В случай, че има пропуснати важни детайли, то следва да се обмисли тяхното отчитане чрез допълнителната обработка на минималните сечения или коригиране на моделите на отделните енергийните блокове.

* 1. Всички правила за обработка и редактиране на минималните сечения (post-processing) следва да бъдат документирани и обосновани.

Избраната компютърна програма следва да позволява надеждно проследяване въведените правила за манипулиране на минималните сечения.

Използването на опцията с редактиране на минималните сечения се допуска, ако се потвърди, че компютърната програма извършва минимизиране на редактираните сечения в съответствие с правилата на булевата алгебра (т.е. полученият след редактирането списък продължава да съдържа само минимални сечения). В противен случай, следва да се предвидят още правила по минимизиране на списъка.

* 1. Получените списъци на минималните сечения за оценка на различни показатели на риска за площадката следва да се използват за извличането на тази част от тях, която определя едновременната повреда на повече от един енергиен блок.

Това предполага допълнителни правила за редактиране, които се прилагат към получените списъци от минимални сечения за площадката при дадено експлоатационно състояние на площадката.

Следва да бъде подбрана такава структура на организиране на модела (анализи за пресмятания), че резултатите за едновременната повреда на повече от един блок да могат да се съхраняват отделно и независимо от списъците с минимални сечения, от които са извлечени.

### Документиране на анализа на площадката

* 1. В случай, че оценката на показателите на риска за площадката се изпълнява като част от цялостно ВАБ изследване на ЯЦ, то документирането на процеса следва общата рамка, възприета за ВАБ изследването.
  2. В случай, че анализа за площадката се изпълнява самостоятелно, то структурата на отчетната документация следва да бъде избрана така, че да осигури последователност и проследимост на изпълнените дейности. Връзките с модела на отделните енергийни блокове следва ясно да бъдат представени
  3. Независимо дали анализа на площадката се изпълнява самостоятелно или като част по-общо изследване, документацията на ВАБ ниво 1 следва да представян по подходящ начин следната информация:
* методологичната основа и подход, използвани за разработването на модел на площадката;
* обосновка на избраните показатели за риска на площадката;
* основни допускания при разработването на модела и тяхната обосновка;
* дефиниране и избор на експлоатационните състояния на площадката. Критерии за отсяване и резултати от прилагането им, ако са използвани. Подход за определяне на количествените параметри. Използвани данни и резултати;
* описание на избора на ИС и преглед на избраните за анализ ИС. Критерии за отсяване и резултати от прилагането им, ако са използвани;
* обхват на разширяване на анализа за ООП. Използвани данни и определяне на параметрите за ООП;
* определяне на действията на персонала и зависимостите при отчитане на взаимодействието между повече от един енергиен блок. Подход за определяне на параметрите и количествена оценка на зависимостите и вероятността за отказ на персонала;
* отчитане на корелация в отказите на оборудването при въздействието на разгледаните опасности;
* подход за реализиране на количествената оценка на показателите за риска на площадката;
* основните изводи и заключения по отношение на риска на площадката като специален акцент следва да се отдели на онези прозрения по отношение на осигуряване на безопасността, които са различни от получените при анализа на резултатите за един енергиен блок;
* резултати от анализа на чувствителност и неопределеност.

Информацията следва да бъде представени в достатъчна детайлност, позволяваща независима проверка.

## Количествена оценка и анализ на резултатите от ВАБ ниво 1

### Методи за интегриране на модела

* 1. Процеса на осигуряване на необходимите връзки и настройки между дефинираните ИС (включително, вътрешни събития, вътрешни и външни опасности) с разработените ДС и ДО, както със съответните надеждностни параметри, определят обхвата на задачата с интегриране на различните категории изходни събития. Интегрирането на модела следва да осигури логическата структура на модела, подлежаща на количествено определяне.

Изходните събития, за които не се разработва модел на аварийните последователности, т.е. за които се предполага, че водят директно до повреда на горивото, също следва да бъдат включени в интегрирания модел.

* 1. Настройките в модела (управление на логическите събития, включени в ДО) следва да бъдат зададени по начин, който гарантира, че установените зависимости (въздействия от ИС, функционални зависимости, произтичащи от развитието на аварийните последователности, разполагаемост на системите в различните експлоатационни състояния и други) се отчитат коректно и в съответствие с описанието на модела на аварийните последователности.

При използване на едни и същи ДС за различни ИС, следва да се потвърди, че настройките на ДС не водят до смесено отчитане на въздействието от съответните ИС, т.е. ефекта от дадено ИС ще се отчита само при неговото количествено пресмятане.

* 1. Процеса на интегриране на модела следва да осигури, че логическите цикли са отстранени по начин, който минимизира загубата на информация и не дава оптимистични резултати (напр. чрез пропуск на определени откази на оборудването на осигуряващите системи).

Подхода за прекъсване на логическите цикли следва да бъде ясно определен и документиран.

* 1. Модела следва да бъде организиран така, че да позволява получаването на следните резултати:
* честота на повреда на горивото в активната зона (точкови оценки и неопределеност) за всяка една категория ИС при всяко едно разгледано експлоатационно състояние, както и обща интегрална оценка (от всички категории ИС) по отделните експлоатационни състояния и като цяло от всички състояния на ЯЦ;
* честота на повреда на горивото в БОК (точкови оценки и неопределеност) за всяка една категория ИС при всяко едно разгледано експлоатационно състояние, както и обща интегрална оценка (от всички категории ИС) по отделните експлоатационни състояния и като цяло от всички състояния на ЯЦ;
* честота на повреда на горивото в активната зона и в БОК, взети заедно (точкови оценки и неопределеност) за всяка една категория ИС при всяко едно разгледано експлоатационно състояние, както и обща интегрална оценка (от всички категории ИС) по отделните експлоатационни състояния и като цяло от всички състояния на ЯЦ.

Получаването на посочените оценки позволява коректното извличане на всички резултати, необходими за окончателния анализ на резултатите и тяхната интерпретация.

При опасности, дефинирани в различни нива на въздействие, модела следва да е организиран по начин, позволяващ получаването на резултати по отделните нива.

* 1. При разработване на модел на площадката, освен посочените в п.2.520 показатели, модела следва да осигури оценка на показателите на риска за площадката. Препоръчва се анализите за площадката да бъдат организирани така, че да се предоставят резултати за всички дефинирани експлоатационни състояния на площадката.

### Изисквания към количествените пресмятания

* 1. За пресмятането на модела на ВАБ ниво 1 следва да се използват валидирани компютърни програми. Съображенията, свързани с отчитане на ограниченията на компютърните програмите или метода за количествена оценка (напр. третиране на успешните последователности в модела на ДС) е необходимо бъдат описани.
  2. Ако за изключването на несъвместими събития се осъществява в процеса на количествените пресмятания, то използваният подход следва да бъде детайлно описан. Всички групи от събития, за които е възприето, че са взаимноизключващи се следва да бъдат обосновани и документирани.
  3. Препоръчва се количествените пресмятания да се реализират в две основни фази – предварителна и окончателна.

Предварителните пресмятания са подходящи за потвърждаване, че всички настройки на модела са коректно зададени и правилно отчетени в резултатите.

Предварителните пресмятания могат да се използват за идентифициране на пропуски в самия модел (ако има нелогични минимални сечения), както да идентифицират области на модела, които могат да бъдат доразвити и прецизирани (напр. уточняване на действията на персонала, подлежащи на детайлна оценка).

* 1. Необходимо е да се демонстрира, че използваните алгоритми за оценка на точковата стойност на честотата на повреда на горивото (CDF и FDF) са подходящи за количественото пресмятане на модели, съдържащи голям брой откази с големи стойности (характерни за отказите на КСК при външни опасности).

Може да се приеме, че използваните алгоритми не са подходящи, ако за условната вероятност за повреда на горивото (CCDP и CFDP) се получат стойности по-големи от 1. Ако бъде установено, че компютърната програма не може да реши този проблем, се препоръчва да се приеме, че възникването на ИС (за което се наблюдава този казус) води до директна повреда на горивото.

* 1. За облекчаване и ускоряване на процеса на количествено пресмятане, повечето компютърни програми предоставят възможност за ограничаване на броя на получените минимални сечения. Възможни са критерии по честотата на сеченията или по броя на събитията, включени в сечението (ранг на сеченията).

Обичайния подход е да се задава отсичаща вероятност, с която се дефинира, че минимални сечения с по-ниска честота от зададената се изключват от резултата. При използване на отсичащи вероятности следва да се демонстрира, че избраните стойности са достатъчно ниски, така изборът им да не компрометира точността на пресмятанията, т.е. не са изгубени важни сечения и крайната оценка не е сериозно подценена.

В съответствие с [13] и [21], при избора на отсичащата вероятност може да бъдат прилагани следните съображения:

* степента на отсичане следва да се определя като стойност, за която може да се твърди, че резултатът, получен при използване на порядък по-ниска степен на отсичане няма да дава разлика в полученият резултат по-голяма от 1%;
* стойността на отсичащата вероятност може да се определи като подходяща, ако е поне три порядъка по-ниска от порядъка на първите сечения на даден анализ.

Използването на ранг на сеченията е препоръчително за предварителни пресмятания на системите, насочени към проверка на изградената логика на модела. В случай, че този критерий се използва за определяне на честотата на повреда на горивото, то той следва да бъде добре обоснован, с оглед на потенциала да доведе до значителни разлики в резултата.

### Преглед на резултатите

* 1. Задачата с преглед на резултатите предполага преглед на получените минимални сечения и при необходимост определяне на корекции в модела.
  2. Получените минимални сечения подлежат на преглед за коректност, пълнота и последователност. Прегледът на минималните сечения следва да потвърди, че те са уместни и действително водят до реализиране на оценявания елемент (аварийна последователност, ДО или крайно състояние), в съответствие с изградената логика и зададени гранични условия (активиране на логически оператори, промяна на стойности на базови събития и т.н.).

На преглед, обикновено се подлага основната част от доминиращите сечения. Обхвата на прегледа следва да е достатъчен, за да се приеме, че полученият резултат е адекватен спрямо модела. Сеченията следва да бъдат проследени до нивото на включване в модела.

Ако е провеждана оценка на риска за площадката, то следва да се провери, че съответните количествени параметри са правилно адресирани спрямо експлоатационното състояние на площадката и всички зависимости (напр. произтичащите от ООП или действията на персонала) са правилно отразени.

* 1. При използване на допълнителни манипулации и обработка на минималните сечения, прегледът на резултатите следва да потвърди, че всички правила за обработка са коректно приложени. Прегледът, също така, следва да потвърди, че сеченията, получени след въведените промени отговарят на условията, определени в п.2.528.
  2. Получените коефициентите на значимост могат да се използват и за целите на проверка на модела. За целта, получените коефициенти следва да се съпоставят спрямо първоначалните очаквания за доминиращи откази, имайки предвид възприетата в проекта концепция за осигуряване на безопасността. Причините за възможните неочаквани резултати следва да бъдат изяснени и да се потвърди, че в модела няма допуснати пропуски.
  3. Прегледът на резултатите може да се използва за определяне на групите откази, за които следва да се предвидят ООП, в това число между оборудването на различни системи.
  4. Прегледът на минималните сечения следва да се използва за определяне на комбинациите от действия на персонала, за които следва да се отчете зависимост. В допълнение, прегледът може да предостави необходимата база за определяне на възможните възстановяващите действия на персонала.
  5. Прегледът на резултатите следва да се използва за определяне на степента на завършеност на всички итеративни задачи, при които е използвано количествено отсяване. Следва да се потвърди, че няма потенциално значими за риска ИС, аварийни последователности или откази, които да са останали отсяти.

Прегледът следва да покаже, че критериите за отсяване са приложени така, че кумулативният риск от отсетите елементи на модела остава малък (както спрямо резултатите за един енергиен блок, така и спрямо тези за площадката, ако са оценявани).

### Анализи на неопределеност

* 1. Неопределеността на получените резултати се определя от следните основни източници:
* *непълнота на модела* - определя се от невъзможността да се демонстрира, че изследването обхваща всички възможни аварийни последователности
* *неопределеност на модела -* определя се от ограниченията на използваните методи, наличието на различни допускания и опростявания в модела.
* *параметрична неопределеност* – определя се от неопределеността на използваните данни за надеждностните параметри.
  1. В съответствие с [7] и [13], независимо, че разработването на модела се основава на систематичен процес по идентифициране и моделиране на аварийните последователности, не може да бъде гарантирана неговата пълнота и завършеност. Този източник на неопределеност на резултатите е не само труден за определяне, но е практически невъзможно да бъде количествено оценен. Затова, анализ на завършеност на модела не се извършва като част от анализа на неопределеност.
  2. Определени аспекти на неопределеността на модела като използвана отсичаща вероятност или направени допускания могат да бъдат оценени, но други като адекватност на методите или използваните математически приближения не могат.

По отношение на използваната отсичаща вероятност (виж п.2.526) следва да бъде демонстрирано, че този аспект има несъществено влияние върху получените резултати.

Като правило, [7], [10] и [21] неопределеността на модела се оценява за направените допускания при изпълнението на отделните задачи.

* 1. Неопределеността, свързана с направени различни допускания при изграждането на модела се оценява чрез анализ на чувствителност. Насоки към извършването на анализ на чувствителност са представени в п.2.547 ÷2.552.
  2. Оценката на неопределеността вследствие на неопределеността на входните параметри е основната цел, която си поставя анализът на неопределеност.

Резултата от анализа на параметричната неопределеност представлява вероятностно разпределение на оценявания резултат. Вероятностното разпределение се изразява чрез средната стойност и съответните стойности за 5%, 50% и 95% процентили.

* 1. Анализът на параметричната неопределеност се осъществява чрез разпространяване на неопределеността на базовите събития (изходни събития, откази на оборудване, откази на персонала, ООП, хазартни криви и т.н.) върху получените минимални сечения.
  2. За определяне на параметричната неопределеност следва да се използват подходящи методи като симулации на Monte Carlo или LHS симулации[[41]](#footnote-41).

Повечето специализирани компютърни програми за ВАБ имат необходимата функционалност за провеждане на анализ на параметрична неопределеност. Броят на симулациите следва да се избира по начин, гарантиращ относителната стабилност на резултатите.

* 1. Анализът на параметричната неопределеност следва да отчита корелацията между използваните надеждностни параметри. Подхода за отчитане на корелацията следва да бъде обоснован.

### Анализ на значимост

* 1. Анализът на значимост предоставя допълнителни данни, които могат да се използват за по-доброто разбиране и интерпретация на получените резултати.

Коефициентите на значимост, които обикновено се оценяват във ВАБ ниво 1 включват:

* значимост по Fussell-Vesely (FV) - представлява делът на фракцията на базовото събитие към общата оценка за изследвания резултат;
* коефициент на увеличаване на риска[[42]](#footnote-42) - показва колко пъти ще се увеличи резултата, ако даден компонент откаже;
* коефициент на намаляване на риска[[43]](#footnote-43) - показва колко пъти ще се намали резултата, ако даден компонент се направи 100% надежден;
* значимост по Birnbaum – показва колко ще се увеличи резултата при гарантиран отказ на дадено събитие спрямо резултата, когато дадения компонент е 100% надежден.
  1. Определянето на коефициентите на значимост, като правило, е част от функциите на специализираните компютърни програми. Следователно, коефициентите на значимост, които биха могли да се използват при анализа на резултатите се определя от функционалните характеристики на избрания софтуер.
  2. Различните коефициенти на значимост осигуряват различен поглед за фокусиране при интерпретацията на резултатите.

Коефициентите по FV и намаляване на риска определят базовите събития, които се явяват доминиращи за оценката на риска. Коефициент за увеличаване на риска позволява идентифицирането на събитията, които имат основен принос към за поддържане на постигнатото ниво на безопасност, докато коефициент по Birnbaum позволява анализа да се фокусира върху събитията, към които резултата е най-чувствителен.

* 1. Резултатите от анализа на значимост могат да се използват за определяне на онези условия на експлоатация на значимите КСК, за които да се обмислят съответните подобрения. Факторите, определящи доминирането на отделни КСК могат да определят области на проекта или експлоатационната практика, изискващи по-задълбочено изследване.
  2. Използвайки сортиране по всеки един от оценените коефициенти на значимост се препоръчва да се определи наличието на откази и изходни събития, чиито надеждностни параметри значително надвишават аналогични показатели в източниците на обобщени данни и в международния опит.

При идентифициране на подобни откази или изходни събития следва да се уточнят основанията за подобна разлика и изведените поуки да бъдат документирани.

### Анализ на чувствителност

* 1. Като правило, [7], [10], [14], [18], [19] и [21], анализът на чувствителност е насочен да определи ефекта върху резултатите от направените в модела допускания и използваните надеждностни показатели.

Анализът на чувствителност следва да се насочи към онези допускания и надеждностни показатели, които са определени с голяма неопределеност или за които се очаква да имат значително въздействие върху крайните резултатите.

* 1. По отношение на използваните надеждностни показатели, почти всички съвременни компютърни програми разполагат с функционалната възможност да предоставят оценка за коефициентите на чувствителност на резултата спрямо базовите събития, които го определят.

Надеждностните параметри на базовите събития с високи коефициенти на чувствителност следва да бъдат прегледани с цел придобиване на увереност, че максимално отразяват наблюдавания експлоатационен опит.

* 1. Анализът на чувствителност по отношение на направените допускания се изпълнява чрез промяна на направеното допускане с друго (в общия случай напълно противоположно), коригиране на модела в съответствие с алтернативното допускане и повторно пресмятане. Съотношението между ново-получения и основния резултат се използва за определяне на нивото на чувствителност.

Анализът на чувствителност се извършва последователно за всяко едно отделно допускане. В допълнение, чувствителността към различни комбинации от допускания също може да бъде оценена. Оценката на комбинации от допускания е ключова в случаите, когато са направени различни допускания, засягащи едни и същи аспекти на модела.

Извършването на анализ на чувствителност спрямо допусканията, използвани при разработване на модел на площадката следва да бъде съобразено с избрания подход за получаване на показателите на риска за площадката и възможността за количествено определяне. Препоръчва се да бъдат подложени на анализ на чувствителност основните допусканията, свързани с такива аспекти на модела като детайлност и параметри на ООП, подход за отчитане на корелацията на отказите в резултат на въздействието на значимите за площадката външни опасности и допусканията при отчитане на взаимодействието в действията на персонала.

* 1. Препоръчва се нивата на чувствителност да бъдат предварително дефинирани и документирани. Определянето им може да се основава на абсолютни или относителни числени критерии, качествени критерии или на комбинация от количествени и качествени критерии.
  2. Резултатите от анализа на чувствителност нямат статистическа значимост, но предоставят основа за придобиване на увереност в представителността на резултатите и изводите от ВАБ ниво 1.

Резултатите от анализа на чувствителност следва да се използват за определяне на степента, с която дадени неотчетени в модела фактори могат да повлияят върху оценката на риска, изводите относно съответствието с целевия критерий за честотата за повреда на горивото или изводите по отношение на профила на риска и постигането на балансиран проект.

* 1. За всеки проведен анализ на чувствителност следва да се представят основанията за провеждането му, основното и алтернативното допускане, извършените промени в модела, получените резултати и тяхната интерпретация.

### Анализ на резултатите

* 1. Целта на анализа на резултатите е да предостави инженерна интерпретация по отношение на основните аспекти в проекта и експлоатационната практика, които оказват влияние върху риска.

Изпълнението на задачата включва:

* представяне на оценената честота за повреда на горивото и оценената неопределеност;
* разглеждане на профилите на риска;
* описание на основните минимални сечения;
* представяне на резултатите от анализа на значимост;
* представяне на резултатите от анализа на чувствителност;
* сравнение на получените резултати с предходно ВАБ изследване, ако е приложимо;
* определяне на основните изводи и препоръки от ВАБ изследването.

Ако е извършвана оценка на показателите за риска на площадката, то по аналогичен начин следва да бъдат представени и заключенията от анализа на резултатите за площадката.

* 1. Оценените стойности за честотата на повреда на горивото (CDF и FDF) следва да бъдат представени както за всяка отделна категория изходни събития, включени в обхвата на ВАБ (вътрешни събития, разгледаните вътрешни и външни опасности), така и за общия резултат.
  2. Получената обща оценка за честотата за повреда на горивото от всички експлоатационни състояния и всички категории изходни събития следва да бъде сравнена с целевия критерий за безопасност (виж п.2.11).

Основните причини за не удовлетворяване на целевия критерий следва да бъдат определени и анализирани.

* 1. Демонстрирането на балансиран проект може да се осъществи чрез представяне на различни профили на риска. Обикновено, [7], [10], [14], [18], [19] и [21], анализът на резултатите включва следните профили на риска:
* разпределение на общия резултат по категориите изходни събития, разгледани в обхвата на ВАБ ниво 1;
* разпределение на общия резултат по групи ИС;
* за всяка категория изходни събития също следва да се представи разпределението по отделните дефинирани групи ИС.

Посочените разпределения следва да се определят по отношение на честотата за повреда на горивото в активната зона на реактора, честотата за повреда на горивото в БОК, както и за честотата за повреда на горивото в реактора и БОК, взети заедно.

В допълнение, съответните профили следва да бъдат представени в цялост от всички експлоатационни състояния, както за всяко едно от тях. При голям брой на експлоатационните състояния се допуска съответните профили да бъдат показани за режима при работа на блока на мощности и обобщено за режимите със спряно състояние и ниска мощност.

* 1. Профила на честотата за повреда на горивото по отделните експлоатационни състояния следва да се използва като част от общото представяне на резултатите.

Аналогично на п.2.556 този профил следва да бъде определен по отношение на честотата за повреда на горивото в активната зона на реактора, честотата за повреда на горивото в БОК, както и за честотата за повреда на горивото в реактора и БОК, взети заедно.

Профила на разпределението на риска по експлоатационни състояния следва да се представя както за всички категории изходни събития взети заедно, така и за всяка отделна категория.

* 1. За потвърждаване на представителността на получените резултати следва да се покаже, че кумулативното въздействие на изключените от модела ИС в резултат на прилаганите процеси на отсяване не влияят върху крайната оценка за риска.

Отчитайки, че критериите за отсяване могат да бъдат различни за отделните категории изходни събития, то е препоръчително тази оценка да бъде извършена за всяка една отделна категория. Оценката следва да бъде направена както по отношение на честотата за повреда на горивото в активната зона на реактора, така и по отношение на честотата за повреда на горивото в БОК.

Следователно, ако пренебрежителното влияние на кумулативното въздействие на изключените от модела ИС бъде демонстрирано за всяка една от категориите изходни събития, то общия резултат за повреда на горивото в активната зона на реактора или в БОК също няма да бъде повлиян от отсятите изходни събития.

* 1. Доминиращите минимални сечения при работа на блока на мощност, при работа на ниска мощност и спрян блок следва да бъдат определени и описани. За всяко минимално сечение се представя приносът към оценявания резултат и описание на формираните от него условия (ИС и откази).

Определянето на доминиращите минимални сечения при различните състояния на ЯЦ следва да бъде извършено както за общите резултати, така и за всяка категория изходни събития.

Специално внимание следва да се отдели на наличието на единични минимални сечения, независимо от техния принос. Установените единични сечения следва да бъдат обсъдени в светлината на причините за нарушаване на принципа на единичния отказ.

* 1. Резултатите от дадено ВАБ изследване следва да се сравнят с получените от предходното такова за същия енергиен блок или ЯЦ, ако е приложимо. Разликите в резултатите следва да бъдат анализирани и обосновани.

Като част от този анализ следва да се определи наличието на тенденции в надеждностните параметри за отказите на оборудването или тенденции в честотите на ИС. Причините за тези тенденции следва да бъдат обсъдени.

* 1. Резултатите от сравнението с предходни ВАБ изследвания, ако е приложимо, следва да бъдат обобщени в контекста на наблюдаваните тенденции и основните фактори, формиращи разликата.
  2. Съгласно Чл. 80, ал.1 на НОБЯЦ, [1], въз основа на получените резултати и направените изводи следва да бъдат определени съответните препоръки за повишаване на безопасността.

Препоръките се определят като възможни изменения в проекта или експлоатационните практики, включително технически и организационни мерки за управление на авариите. За всички потенциални подобрения е препоръчително извършването на анализ на чувствителност, с оглед оценката на тяхната ефективност.

## Документация на ВАБ ниво 1

### Общи съображения

* 1. Документацията на ВАБ ниво 1 обхваща работни файлове[[44]](#footnote-44), компютърните модели и изчисления, междинни отчети и окончателните доклади. Документацията за ВАБ ниво 1 следва да бъде структурирана по начин, който осигурява проследимост на изследването, улеснява извършването на независима проверка или бъдеща актуализация, както използването на ВАБ за целите на различни приложения.
  2. Документацията на ВАБ ниво 1 следва да представя последователно и детайлно описание на цялостния процес като отчита максимално логическата последователност на изпълнение на дейностите.
  3. Документацията следва да е организирана така, че да позволява лесно разширяване, допълване или коригиране (напр. при разширяване на обхвата на ВАБ ниво 1 или коригиране на модели).
  4. Всички допускания, ограничения, опростявания и свързаните с тях аргументи следва да бъдат изрично документирани за всяка отделна задача, формираща цялостното изпълнение на изследването. Документацията следва да предоставя необходимата обосновка на използваните методи, модели, данни или съпътстващи анализи, както да осигури съответните взаимовръзки между различните части на ВАБ ниво 1, включително инженерна интерпретация на самите резултати.
  5. Документацията по ВАБ е необходимо да бъда пълна и лесно проследима до проектната документация, чертежите, анализите, експлоатационни процедури и всякаква друга подкрепяща информация. С цел избягване на съмнителни допускания или грешно използване на различни показатели или стойности, се препоръчва в документацията да се осигуряват ясни и точни препратки към използваните източници.
  6. Нивото на детайлизация на отчетните доклади следва да позволява с приемливи усилия извършването на независимо възпроизвеждане и разглеждане на всички аспекти на анализите и резултатите.
  7. Насоки по отношение на нивото на детайлизация при документиране на отделните задачи, формиращи ВАБ ниво 1 са представени при разглеждането на всяка отделна задача.

### Организация на документацията

* 1. В съответствие с добрата практика, [7], се препоръчва документацията за ВАБ ниво 1 да бъде структурирана в следните основни части:
* Обобщен доклад;
* Основен доклад;
* Приложения към основния доклад.
  1. Обобщеният доклад следва да бъде разработен така, че да осигури обща представа за целите, обхвата, допусканията, резултатите и заключенията от ВАБ ниво 1, т.е. да е ориентиран към по-широка аудитория. В основата си този доклад следва да бъде организиран така, че да осигури обща представа за достигнатото ниво на безопасност и важните аспекти в осигуряването на безопасността, както да представи базова информация за изпълнението на основните задачи, формиращи обхвата на изпълнения ВАБ ниво 1;
  2. Обобщеният доклад следва да съдържа раздел, в който се описва структурата и съдържанието на основния доклад и неговите приложения. Препоръчва се в този раздел да бъде представени и връзките между различните части на основния доклад.
  3. Основният доклад е насочен към цялостното представяне на ВАБ ниво 1 изследването. Основния доклад може да бъде структуриран като пакет от различни отчети със съответните приложения, където използваните методи, данни, модели и получени резултати се публикуват в пълната си детайлност.
  4. Приложенията към основния доклад следва да съдържат подробни данни, записи на инженерни изчисления и подробни модели. Доколкото е възможно, приложенията следва да бъдат структурирани така, че да съответстват директно на разделите и подразделите на основния доклад.

# Технически изисквания към ВАБ ниво 2

## Общи съображения за ВАБ ниво 2

### Цели

* 1. Общите цели на ВАБ, посочени в п.2.1÷п.2.8 са приложими и за ВАБ ниво 2. Този раздел посочва само специфичните за ВАБ ниво 2 цели.
  2. ВАБ ниво 2 оценява хронологичното развитие на последователностите от момента на повреда на активната зона и/или горивото, идентифицирани във ВАБ ниво 1, до реализиране на изхвърляния на радиоактивни продукти в околната среда или достигане на стабилно безопасно състояние. ВАБ ниво 2 идентифицира начините, по които радиоактивни продукти от горивото могат да достигнат в околната среда, включително дава количествена оценка на феномените, произтичащи от тежката повреда на горивото в реактора и/или отработеното гориво.

ВАБ ниво 2 дава оценка за честотата и други съществени характеристики на изхвърлянията на радиоактивни продукти в околната среда и предоставя допълнителна информация за относителното значение на мерките за предотвратяване и смекчаване на аварии и физическите бариери пред изхвърлянето на радиоактивни продукти в околната среда (напр. херметичната конструкция).

* 1. Основна цел на ВАБ ниво 2 е да се определи дали са предвидени достатъчно мерки за безопасност за управление на тежка авария и за смекчаване на последствията от такава авария, за да се гарантира, че е постигната достатъчна защита на населението и околната среда. По отношение на новостроящи се ЯЦ, ВАБ ниво 2 се използва за демонстриране на "практическото изключване" на последователности, които биха могли да доведат до ранно или голямо радиоактивно изхвърляне, така че да се отговори на изискванията на чл. 42 т. 4 от [1].
  2. Демонстрирането на баланс в проектните основи на ЯЦ в контекста на управлението на тежки аварии и смекчаване на последствията от тях е друга основна цел на ВАБ ниво 2. Достатъчността на предвидените мерки и балансираното им проектиране обикновено се демонстрират чрез удовлетворяване на целевите критерии за безопасност и чрез анализ на индивидуалния им принос към общия профил на риска.
  3. Специфичните цели на ВАБ ниво 2 могат да включват:
* да се придобие представа за развитието на тежки аварии и за изпълнението на функцията за ограничаване, осигурена от конкретни КСК (напр. херметичната конструкция), за да се сведе до минимум изхвърлянето на радиоактивни продукти;
* да се идентифицират специфичните за централата предизвикателства и уязвимости на предвидените в проекта КСК, осигуряващи функцията на задържане, по отношение на тежки аварии;
* да се осигури принос към разрешаването на специфични регулаторни въпроси;
* да се определят основните механизми на отказ на предвидените в проекта КСК, осигуряващи функцията на ограничаване (напр. механизми на отказ на херметичната конструкция), и тяхната честота, както и да се оценят свързаните с тях честота и величина на изхвърлянията на радиоактивни продукти в околната среда;
* да се осигури информация, необходима за разработването на мерки за аварийна готовност и реагиране извън площадката;
* да се осигури информация, необходима за разработването на стратегии за управление на тежки аварии, специфични за ЯЦ;
* да допринесе за определянето на специфични за централата варианти по отношение на проектирането, насоките и стратегиите за управление на тежки аварии;
* да допринесе за определяне на приоритетите на научноизследователски дейности с цел минимизиране на значителна неопределеност, свързана с риска;
* да осигури входни данни за ВАБ ниво 3, ако се предвижда такъв анализ;
* да предостави принос към оценката на въздействието на централата върху околната среда;
* да се получи информация за възможните прагови ефекти, водещи до радиоактивни изхвърляния.
  1. Основните и специфичните цели на всяко ВАБ ниво 2 изследване, отразяващи последващото му приложение и използване, се дефинират в началото на изследването. По-специално, за етапа на проектиране на ЯЦ, нивото на детайлност на ВАБ ниво 2 следва да бъде достатъчно за постигане на горепосочените цели, като се има предвид трудността или невъзможността за внедряване на системи и проектни характеристики за управление на тежки аварии на по-късен етап.

### Обхват

* 1. Обхватът на ВАБ ниво 2 се определя от неговите цели и предназначение. Моделът на ВАБ ниво 2 следва да се разработва така, че да обхване изчерпателния списък от състояния с повреда на ЯЦ (PDS[[45]](#footnote-45)), свързани с крайните състояния, получени във ВАБ ниво 1.

Съответно, обхватът на ВАБ ниво 2 се основава на обхвата на ВАБ ниво 1 по отношение на дефинираните изходни събития, състояния на ЯЦ и други. В този смисъл, предпоставка за получаване на ВАБ ниво 2 с пълен обхват[[46]](#footnote-46) се явява пълнотата на обхвата на ВАБ ниво 1 (в п.2.7÷п.2.10 са представени насоки за обхвата на ВАБ ниво 1).

* 1. За случаите, при които ВАБ ниво 2 се основава на ВАБ ниво 1 с ограничен обхват или ниво на детайлност, тези ограничения се взимат предвид при прилагането на резултатите от ВАБ ниво 2.
  2. Ако отправната точка на ВАБ ниво 2 е съществуващ ВАБ ниво 1, тогава резултатите от ниво 1 е възможно да не обхващат всички характеристики, които се очаква да бъдат взети предвид в ниво 2. Например, ако целта на ВАБ ниво 1 е била количественото определяне на честотата на повреда на активната зона или горивото в БОК, тогава състоянието на КСК, осигуряващи функцията на ограничаване (локализиране) на изхвърлянията, може да не е разгледано в явен вид във ВАБ ниво 1 и следователно ще следва да бъде предвидено в обхвата на ВАБ ниво 2.
  3. За случаите, при които обхватът на ВАБ ниво 1 включва вътрешни и/или външни опасности (напр. пожари, наводнения, земетресения, опасности, предизвикани от човека и т.н.), тяхното потенциално въздействие върху функцията на ограничаване (локализиране) и предизвиканите от тях зависими откази, се включват в обхвата на ВАБ ниво 2, ако преди това не са били отчетени във ВАБ ниво 1. Примери за такива зависими откази включват откази на системата за изолиране на херметичната конструкция поради пожар на кабел, повреди на структурите на херметичната конструкция поради сеизмични събития и други.
  4. Ако БОК е разположен в обема на херметичната конструкция, в рамките на ВАБ ниво 2 се отчита възможността за реализиране на едновременно развитие на тежка авария в РИ и БОК, както и последствията от нея върху херметичната конструкция и изхвърлените радиоактивни продукти в околната среда.
  5. В случай че, обхватът на ВАБ включва източници на радиоактивност (напр. течни радиоактивни отпадъци или сухо, дългосрочно съхранение на отработено гориво), разположени извън херметичната конструкция, то тези източници и потенциалния риск от изхвърляне на радиоактивни продукти в околната среда са обект на изследване във ВАБ ниво 2.

Както е отбелязано в п.1.5 на това ръководство, изхвърляне на радиоактивни продукти от други източници (различни от реактор и БОК), като отработено гориво и съхранявани радиоактивни отпадъци, не са подробно описани в това ръководство.

* 1. Всички анализи и допускания, свързани с ВАБ ниво 2, следва да са възможно най-реалистични, в степен съответстваща на предвиденото използване и приложения на ВАБ ниво 2, както и да включват оценка на неопределеност, съответстваща и обхвата на изследването.
  2. Стъпките в изпълнението на ВАБ ниво 2 могат да се обобщят най-общо чрез следната фигура:



### Количествени критерии и цели за безопасност

* 1. За нови проекти (проекти след приемане на редакцията на НОБЯЦ от 2016 г.) критериите за безопасност (целевите показатели) трябва да са в съответствие с чл. 2, ал. 1, т. 3 от [1]. Следователно, за тези проекти, авариите със стопяване на ядрено гориво, водещи до ранни или големи радиоактивни изхвърляния в околната среда, трябва да са практически изключени, а другите тежки аварии (които не са практически изключени) следва да имат само ограничено радиационно въздействие.

В съответствие с чл. 4, ал. 4, т. 2 от [1], за авариите със стопяване на ядрено гориво, които не могат да са практически изключени, се предприемат такива проектни решения, че да са необходими само ограничени мерки по площ и време за защита на населението (без постоянно преселване, липса на необходимост от евакуация извън непосредствената околност до ЯЦ, ограничено укриване, липса на дългосрочни ограничения за консумация на храни) и да е налично достатъчно време за прилагане на тези мерки. Постигането на тези изисквания за безопасност по отношение на съществуващите блокове е необходимо да се преследва, доколкото това е практически приложимо.

* 1. Представените по-долу количествени целеви показатели са препоръчителни и целта им е да се демонстрира минимално допустимо ниво на безопасност.
  2. Големи изхвърляния са всички изхвърляния, за които защитните мерки извън площадката, ограничени по отношение на времето и областите на прилагане, са недостатъчни за защита на хората и околната среда. В случай че, не са налични анализи на последствията от изхвърлянията, то като големи изхвърляния се третират всички изхвърляния с активност по Cs-137 над 100 TBq.
  3. Ранни изхвърляния са тези, за които са необходими защитни мерки извън площадката, но е малко вероятно те да бъдат напълно ефективни своевременно. В случай че, не са налични солидни доказателства, че ефективни защитни мерки могат да се вземат преди 10-ия час след настъпване на повреда на активната зона или горивото, то това време може да се използва за дефиниране на ранни изхвърляния. По отношение на величината на изхвърлянето, като големи ранни изхвърляния се третират всички изхвърляния с активност по I-131 над 1000 TBq.
  4. Честотата на големите ранни изхвърляния за енергиен блок (LERF) следва да бъде равна или по-ниска от 1.0Е-06 (1/година) за съществуващи блокове и 1.0Е-07 (1/година) за нови блокове.
  5. Честотата на големите изхвърляния за енергиен блок (LRF) трябва да бъде равна или по-ниска от 1.0Е-05 (1/година) за съществуващи блокове и 1.0Е-06 (1/година) за нови блокове.

## Интерфейс между ВАБ ниво 1 и ВАБ ниво 2

### Състояния с повреда на блока за вътрешни събития при работа на мощност

* 1. Целта на тази част от анализа е да се осигури ефективен трансфер на информацията между честотата за повреда на горивото в РИ и/или БОК и последващото протичане на аварията, което се изследва в рамките на ВАБ ниво 2. Основната цел на интерфейса между ВАБ ниво 1 и ниво 2 е да се осигури всеобхватност (пълнота) на изследването като се оптимизира броят на сценариите, които да се анализират във ВАБ ниво 2 до разумно число, като максимално се запази информацията за началните и граничните условия, получени за отделните крайни състояния с повреда на активната зона, горивото в БОК и други.
  2. Аварийните последователности на ВАБ ниво 1 със сходно развитие на тежка авария следва да се групират в състояния с повреда на ЯЦ (PDS) така, че последователностите в рамките на един PDS могат да бъдат третирани идентично за целите на ВАБ ниво 2. PDS представляват група от аварийни последователности, които имат сходно развитие на аварийните процеси във времето, сходно състояние на херметичната конструкция и системите на херметичната конструкция, и които генерират сходни натоварвания на херметичната конструкция, т.е. при които се очаква сходно развитие на тежката авария и изхвърляния на радиоактивни продукти в околната среда.

Най-общо, могат да се обособят следните две основни групи аварийни последователности:

* група с аварийни последователности, които не предизвикват байпас на херметичната конструкция към момента на повреда на активната зона и/или горивото в БОК (напр. теч от първи контур в обема на ХК, транзиенти свързани с откази на системи по първи или втори контур и т.н.);
* група с аварийни последователности, които предизвикват байпас на херметичната конструкция (напр. теч от първи към втори контур, междусистемен теч от първи контур извън ХК).
  1. Аварийните последователности, които не предизвикват байпас на херметичната конструкция, следва да се характеризират с PDS, за които е определено най-малко следното:
* тип 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);
* налягане в първи контур към момента на повреда на активната зона или горивото в БОК;
* състояние на защитните системи на РИ, които имат отношение към развитието / управлението на тежката авария;
* състояние на системите за електрозахранване с променлив и постоянен ток;
* състояние на изолиране на херметичната конструкция;
* състояние на системите на херметичната конструкция за отвеждане на топлина или за намаляване на налягането и на продуктите на делене;
* време / момент на повреда на активната зона (относително спрямо момента на сработване на аварийната защита) или горивото в БОК (относително спрямо момента на задействане на СОАИ);
* действия на оператора, които са предприети преди или към момента на повреда на активната зона или горивото в БОК.
  1. Аварийните последователности с отказ на изолирането на херметичната конструкция към момента на повреда на активната зона или горивото в БОК следва да се третират като последователности с байпас на херметичната конструкция.
  2. За аварийните последователности, които предизвикват байпас на херметичната конструкция основно съображение e идентифицирането на атрибути, които са свързани с намаляването на концентрациите на радиоактивни продукти по пътя на изхвърлянето или влияят на времето на изхвърлянето. Това може да включва:
* тип на изходното събитие;
* състоянието на системата за аварийно охлаждане на активната зона (включително време на повреда на активната зона/горивото);
* състояние на системите за изолиране на изтичането и възможности за изолиране на изтичането след определен период от време;
* вид на изтичането, т.е. директно в атмосфера или през воден слой, когато филтрирането на радиоактивните продукти може да бъде значително;
* състояние на системите от смукателна вентилация (вкл. филтри), системи за отопление и климатизация (при течове в реакторно отделение);
* състояние на реакторно отделение или на външната херметичната конструкция (при наличие на двойна херметична конструкция) към момента на повреда на активната зона или горивото в БОК, за случаите при които тяхното наличие може да смекчи / филтрира значително изхвърлянията на радиоактивни продукти в околната среда.
  1. Изборът и дефинирането на характеристиките (атрибутите) на PDS се обосновават. Нивото на детайлност при избор на PDS атрибути и техните състояния зависи от целите на изследването и подхода при свързването на моделите на ВАБ ниво 1 и ниво 2. Препоръчва се следният подход:
* за случаите, когато се използва интегриран подход, част от информацията може да не бъде отчитана в явен вид (т.е. чрез атрибутите на PDS или състоянията им) ако се демонстрира нейното автоматично прехвърляне;
* съответно, в случаите, когато се използват несвързани модели (в рамките на един или повече програмни продукта), се препоръчва цялата, важна за модела на ВАБ ниво 2, информация да се моделира в явен вид.
  1. В случай че, отчитането на всички фактори и параметри, които влияят на развитието на тежката авария, води до твърде голям брой потенциални PDS, тогава те следва да бъдат намалени до управляем брой. За тази цел могат да се използват два подхода:
* комбиниране на подобни PDS и изпълнение на обхващащ анализ. При този подход следва да се избере представителна последователност, която характеризира групираните последователности;
* използване на отсичаща честота като средство за игнориране на по-незначителните PDS.

Съответно, при прилагане на първия подход е възможно да се извършат по-малък брой пресмятания, резултатите от които да се присвоят на повече от един PDS, при които се очаква развитието на аварията да е сходно. Това би могло да позволи да се работи с голямо количество PDS, без да се изпълняват прекалено голям брой детерминистични анализи.

За целите на втория подход следва да се обоснове, че извършеният скрининг (игнориране на PDS) не въвежда значително подценяване на оценката на риска, изчислен от ВАБ ниво 2. Сумарната честота на изключените PDS е необходимо да бъде не по-голяма от 1% от честотата за повреда на активната и/или горивото. Освен това, въвеждането на критерий за отсичане по честота на ниво PDS изисква допълнителна оценка, особено за последователностите или PDS, при които може да се реализира ранно или голямо радиоактивно изхвърляне в околната среда.

И при двата подхода, следва да се взима предвид неопределеността, въведена във ВАБ ниво 2 чрез групирането на аварийните последователности в PDS и се дискутира как това се отразява на специфичните цели на ВАБ.

* 1. 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[[47]](#footnote-47)) следва да се отчитат в анализа, т.е. не подлежат на изключване.
  2. Неопределеността в честотата на всяко PDS се определят от ВАБ ниво 1.

### Съображения при дефиниране на състоянията с повреда на блока при работа на ниска мощност и спрян блок

* 1. За групирането на аварийните последователности на ниско ниво на мощност и спряно състояние се взимат в предвид допълнително специфичните характеристики на експлоатационните състояния, определени в рамките на ВАБ ниво 1 (напр. месторазположение на горивото, отворен или затворен реактор).
  2. Допълнителни PDS, различни от тези при работа на пълна мощност, се дефинират в рамките на интерфейса между ВАБ ниво 1 и ниво 2, за да се обхванат специфичните конфигурации на РИ или БОК, които биха могли да окажат голямо влияние върху поведението на ЯЦ при тежки аварии.

Примери за такива конфигурации са спряно състояние с демонтиран капак на реактора или отворен люк на херметичната конструкция. Като допълнителни характеристики на PDS за ниска мощност и спрян блок, могат да се разгледат:

* остатъчно енергоотделяне (време след спиране);
* състояние на изолиране на херметичната конструкция и свързаните ръчни действия за изолирането й преди повреда на активната зона или горивото в БОК;
* условия, които определят времето за възстановяване на изолирането на херметичната конструкция и нейната потенциално намалена ефективност (херметичност) през това време;
* цялост на границите на първи контур при състояния с отворен реактор, разуплътнени приводи, отстранени или заклинени предпазни клапани, отворени въздушници на реактора и др.;
* наличност на топлоносител в първи контур.

### Съображения по отношение на вътрешни и външни опасности

* 1. За да се разшири обхватът на ВАБ ниво 2, като се включат вътрешни и външни опасности (пожари, наводнения, сеизмични събития и др.), потенциалното въздействие на опасностите върху системите, необходими за смекчаване на тежки аварии, включително системи, които са необходими за реализиране на конкретни действия на оператора, както и въздействието върху целостта на херметичната конструкция, се взимат под внимание, ако тези аспекти не са отчетени във ВАБ ниво 1.
  2. При групирането на аварийните последователности произтичащи от вътрешни и външни опасности се отчитат всички възможни откази на КСК към момента на ИС, които не са отчетени във ВАБ ниво 1, но имат отношение към протичането на тежката авария.
  3. Необходимостта от въвеждане на нови PDS и възможностите за асимилиране на новите PDS в съществуващи такива е необходимо да се обоснове; например, някои откази на системите, осигуряващи функцията за изолиране, могат да бъдат отнесени във вече дефинирани откази за изолиране на херметичната конструкция.
  4. Действията на оператора, които се реализират преди или скоро след повреда на активната зона или горивото, могат да бъдат кредитирани във ВАБ ниво 1 и използвани като част от атрибутите за дефиниране на PDS за ВАБ ниво 2. При разширяване на обхвата на ВАБ ниво 2 с други вътрешни и външни опасности, условията на околната среда или физическите условия, произтичащи от съответните опасностите или комбинация от опасности, могат да възпрепятстват тези операторски действия и следователно се вземат под внимание при определяне на PDS групи за други вътрешни и външни опасности.
  5. Онези опасности, единични или комбинирани, които са били изключени от по-нататъшен анализ в рамките на ВАБ ниво 1, подлежат на преразглеждане, за да се гарантира, че няма изпуснати опасности с много ниска честота, но с потенциално тежки последици по отношение на изхвърлянето на радиоактивни продукти. За да се определи дали такива опасности следва да се вземат предвид във ВАБ ниво 2, е необходимо да се анализира дали те могат да повлияят на функцията за изолиране. В този контекст, практично е да се направи разграничение между:
* опасности, за които специфичният за площадката и централата скрининг анализ е показал, че не е необходимо те да бъдат анализирани подробно, а е достатъчна обхващаща оценка на PDS (с повреда на активната зона и/или горивото). За тях не е необходимо да се разработва детайлен модел на аварийните последователности, а е достатъчна обхващаща оценка на честотата на радиоактивното изхвърляне (честота за големи изхвърляния или честота за големи ранни изхвърляния);
* опасности, за които се разработва детайлен модел на аварийните последователности и съответно количествена оценка в рамките на ВАБ ниво 2.
  1. Аналогично на препоръките към ВАБ ниво 1, комбинираните опасности следва да се третират като единични и за целите на ВАБ ниво 2.

### Съображения по отношение на БОК

* 1. Специфичните фактори, които са съществени за анализа на горивото в басейна за отлежаване на касети, включват елементи, които влияят върху развитието на аварията и количеството на радиоактивни продукти, като:
* време от последната презарядка;
* натоварването на басейна (напр. брой ТОК, дълбочина на изгаряне на ТОК, схема на зареждане с ТОК);
* конфигурация на БОК (т.е. дали БОК е изолиран или свързан към реактора или към басейните за отработено гориво в друг(и) блок(ове)), воден запас на басейна и скорост на изтичане на вода при теч от БОК;
* състояние на системите за охлаждане на горивото в БОК;
* състояние на системите за топлоотвеждане от обема на херметичната конструкция (аналогично на РИ).
  1. В случай че, моделите на БОК и РИ са интегрирани в един ВАБ модел, PDS списъка следва да отчита PDS с едновременни аварийни последователности в РИ и БОК, ако такива последователности са идентифицирани. Освен това, следва да се отчете и възможността аварийните последователности от реактора да повлияят на развитието на авария в БОК, например вентилирането на херметичната конструкция може да ускори кипенето на водата в БОК, ако БОК е разположен вътре в херметичната конструкция.

В допълнение, могат да се анализират аварийни последователности в РИ, които не водят до повреда на активната зона във ВАБ ниво 1, но е възможно да повлияят на смекчаващите действия при развитието на аварийните последователности в БОК. Съответно, при идентифициране на такива последователности, последните се отчитат в съответните PDS.

### Документиране на интерфейса между ВАБ ниво 1 и ВАБ ниво 2

* 1. Документирането на тази част от анализа следва да бъде детайлно, като се осигурят лесно проследими връзки между моделите на интерфейса и модела на ВАБ ниво 1. Характеристиките и средните оценки на честотите на PDS се представят преференциално във вид на матрица. Документирането следва да позволява бъдещи актуализации на анализа.
  2. Документирането включва, но не се ограничава до:
* детайлно описание на подхода използван за трансфер на информацията от ВАБ ниво 1 в модела на ВАБ ниво 2;
* детайлно описание на PDS и техните атрибути;
* обосновки за направените допускания при групирането, изключване на последователности (ако е приет такъв подход);
* резултати от получените честоти на PDS, анализите на чувствителност, неопределеност и значимост.

## Анализ на протичане на тежките аварии

* 1. Задачата за анализ на протичане тежките аварии обикновено се състои от различни групи анализи, извършвани в различни фази на проекта за ВАБ ниво 2. В началото на проекта могат да бъдат извършени анализи на тежка авария за ключови изходни събития, за да се изучи общото развитие на аварията след повреда на активната зона, осигурявайки отправна точка за ВАБ ниво 2. Впоследствие, такива анализи могат да се извършват при дефиниране на PDS, подпомагайки последващия анализ в дърво на събитие на тежка авария[[48]](#footnote-48) (ДС на ТА), с цел да установят кои системи и характеристики на развитието на аварията са най-важни за определяне на реакцията на ЯЦ и следователно да бъдат включени в характеристиките на PDS. Трета област, в която анализите на тежки аварии могат да се използват, е вероятностната оценка на специфични явления (феномени) или при определяне на времената, необходими за операторски действия включени в логическите модели на дървото на събитие за тежка авария. И накрая, анализите на тежки аварии, обикновено, се използват при групирането на крайните състояния на дървото на събитие за тежка авария, т.е. при определяне на категориите на изхвърляния и за получаване на количествена оценка на изхвърлените радиоактивни продукти за всяка категория на изхвърляне.
  2. Специфичните за изследваната ЯЦ детерминистични анализи е предпочитания подход за анализа на протичане на тежки аварии, феномените в корпуса на реактора, БОК, обема на херметичната конструкция и реакторно отделение. В допълнение, свободно достъпни анализи от подобни централи за конкретни феномени или за реакцията на херметичната конструкция могат да бъдат използвани като допълнение към обхвата на специфичните такива с цел разширяване възможните условия на протичане на аварията.

### Анализ на тежки аварии с повреда на активната зона на реактора

* 1. В общия случай, за всеки PDS, имащ значителен принос към честотата на повреда на активната зона, се разработва представителен сценарий (детерминистичен анализ на протичане на аварийната последователност), чрез който да се анализира протичането на тежката авария. Само за случаите, при които е обосновано, един сценарий може да се ползва за повече от един PDS (виж параграф 3.27). Допълнително, сценарии могат да бъдат разработени за PDS с ниска честота, но с потенциал за ранни и/или големи изхвърляния на радиоактивни продукти в околната среда. Пример за такива сценарии са последователности с директен байпас на херметичната конструкция или ранен отказ на първичната или вторичната херметична конструкция. Така съставяният списъка със сценарии за детайлен анализ следва да обхване всички анализирани PDS.
  2. За целите на разработване и обосноваване на конкретни въпроси или разклонения в ДС на ТА, се използват специфични, детайлни анализи. Началните и граничните условия за тези сценарии се определят на база на PDS, които представляват и конкретното разклонение в ДС на ТА.
  3. Възможен подход при провеждане на анализите на тежки аварии е първоначално да се обхванат ключовите последователности за всеки PDS, водещи или до успешно стабилно състояние на ЯЦ, където работят достатъчно системи за безопасност, така че да са изпълнени всички необходими функции за безопасност, необходими за овладяване на аварията, или до състояние с работеща филтърна вентилация на херметичната конструкция (ако има такава) или до крайно състояние с един или повече отказа на херметичната конструкция. Съответно, като втора стъпка, се провеждат анализи за оставащите последователности в ДС на ТА, с които да се потвърдят резултатите от първоначалните пресмятания.
  4. За целите на ВАБ ниво 2, детерминистичните анализи се очаква да се използват както за анализ на общото протичане на тежка авария и поведение на ЯЦ, така и за анализи на конкретни феномени характерни за отделните последователности в ДС на ТА. Анализът на общото поведение на ЯЦ стартира от момента на изходното събитие и се прекратява при изпълнение на някой от следните, най-често използвани критерии:
* при стабилизиране на изхвърлянията на радиоактивни продукти в околната среда;
* при стабилизиране на кориума (стопилката) в корпуса или извън него;
* при достигане на предварително зададено време на мисията.

Обосноваването на момента за прекратяване на пресмятането, обикновено, се основава на тенденцията на изчисляваните параметри (напр. изхвърлянията на радиоактивни продукти в околната среда) като целта е да се докаже, че получените резултати и заключения няма да се изменят, ако се продължи пресмятането.

* 1. За определянето на натоварванията на херметичната конструкция е необходимо да се вземат в предвид следните явления при развитието на тежка авария:
* вътрешно корпусното окисляване на метала и генерацията на водород, последствия от всякакви приложими механизми на горене на водорода в херметичната конструкция (вкл. дефлаграция, детонация, преход от 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 механизми на повреждането му (вкл. влиянието на външно охлаждане на дъното на корпуса на реактора, ако е приложимо);
* загуба на целостта на първи контур (поради високотемпературен отказ на елементи на първи контур);
* отказ на корпуса;
* изхвърляне на стопилка при високо налягане;
* 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 отказ 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, аблация (разпадане) на бетона на дъното и стените на херметичната конструкция, генериране на водород и въглероден окис, генериране на други некондензиращи газове (напр. въглероден двуокис);
* квази-статично повишаване на налягането, като резултат от дълговременно генериране на топлина, пара и некондензиращи газове в атмосферата на херметичната конструкция.
  1. Мерките в ръководствата за управление на аварии (до и след повреда на активната зона или горивото), които предвиждат превенция на повредата на активната зона или горивото и смекчаване на последствията от нея, следва да се отчитат в анализите на протичане на тежката авария, като се използват реалистични времеви прозорци за изпълнение на операторските действия.
  2. Най-общо, анализите на протичане на тежка авария се изпълняват по метода на най-добрата оценка[[49]](#footnote-49) по отношение на използваните програмни продукти, модели и параметри, както и по отношение на началните и гранични условия. Използването на консервативни допускания, по аналогия на тези характерни за анализите в ОАБ, следва да бъдат максимално ограничени и внимателно да се използват, за да не доведат до значителни изкривявания на резултатите и изводите от ВАБ ниво 2.
  3. За целите на анализите на протичане на тежката аварията могат да бъдат използвани един или повече програмни продукти (компютърни кодове). Най-общо видовете кодове използвани за целите на ВАБ ниво 2 могат да се обособят в следните 3 групи:
* механистични[[50]](#footnote-50) или детайлни компютърни кодове – анализират водещите феномени по метода на „най-добра“ оценка, като използват детайлни числени методи (уравнения) за решаване на конкретна задача и в повечето случи изискват значителни компютърни ресурси. Тези компютърни кодове, обикновено, се използват за провеждане на експерименти и за симулиране на феномените и поведението на ЯЦ при протичане на тежка авария с възможно най-висока точност;
* интегрални[[51]](#footnote-51) компютърни кодове – най-често използваните кодове, при които се прилагат по-опростени модели за някои от феномените (в сравнение с механистичните кодове), като целта при тях е да се съкрати времето за пресмятане. Характерното за тях е, че могат да симулират поведението на ЯЦ в условията на тежка авария от постулирането на изходното събитие до изхвърлянето на радиоактивни продукти в околната среда;
* специализирани[[52]](#footnote-52) кодове и алгоритми, чрез които се извършва оценка на конкретни параметри, за целите на ВАБ ниво 2. Обикновено, специализираните кодове са базирани на опростени параметрични модели, които определят стойност на параметъра чрез интерполация между фиксирани точки, предварително пресметнати от детайлни кодове. Използването на тези кодове намира приложение в анализите на неопределеност, но следва да се има предвид, че параметрите използвани от съответния код или алгоритъм, както и резултатите от тях следва да бъдат калибрирани чрез детайлни пресмятания или експериментални данни.
  1. В последните години, за изпълнение на стандартен ВАБ ниво 2, основно намират приложение интегралните компютърни кодове, които дават възможност да се симулира автоматично взаимодействието между отделните феномени. Тенденцията е тези кодове да обхващат всички съществени феномени за развитието на тежката авария или за поведението и изхвърлянията на радиоактивни продукти в околната среда.
  2. Верификацията и валидацията на компютърните кодове са ключови механизми, които повишават доверието в тяхното прилагане. Следва да се има предвид, че статус, който може да се определи като валидация, за компютърните кодове за тежки аварии, към момента не е постигнат. Повече информация, за валидацията и верификацията на компютърни кодове за тежки аварии може да се намери в [35] и [36].
  3. Изборът на компютърен код или кодове, както и броят на проведените анализи, зависи основно от целите на ВАБ ниво 2. При вземане на решение, следва да се имат в предвид следните по-важни аспекти:
* кодът или кодовете да могат да симулират поведението на ЯЦ при повечето изходни събития моделирани във ВАБ ниво 1 и феномените характерни при протичане на тежка авария в съответствие с най-съвременните познания в областта[[53]](#footnote-53);
* взаимодействието между различните физикохимични процеси и явления да бъде коректно симулирано от съответния код (кодове);
* степента на валидиране и сравнителни анализи[[54]](#footnote-54), както и съпровождащата кода документация, да бъдат достатъчно изчерпателни за целите на провежданите анализи;
* кодът или кодовете са верифицирани и валидирани за феномените, които се симулират с тях, т.е. да има налична валидационна матрица.

Специалистите, които използват кода (кодовете), се очаква да бъдат адекватно обучени за използването им и да са наясно с техническите ограничения и слабостите на избрания код (кодове).

### Анализ на тежки аварии с повреда на горивото в БОК

* 1. За целите на ВАБ ниво 2 за БОК се очаква да се проведат специфични детерминистични анализи за протичане на тежка авария в БОК с един или повече компютърни кодове, чрез които може да се симулират протичането на авария и съответните феномени в БОК. Значими феномени, които следва да се симулират реалистично са:
* топлообмен в БОК и във всички конструктивни елементи в него, като стелажи, чохли и стените и дъното на БОК;
* поведение на горивото (дълбочина на изгаряне, остатъчно енергоотделяне, поведение на обвивката на ТОЕ);
* деградация на ТОК и стелажите, включително чохлите, в които са поставени ТОК, ако има такива – пароцирокониева реакция, генериране на водород, реакция въздух-цирконий (запалване на циркония) и взаимодействие между стопилката (отломките) и бетона на стените и дъното на БОК;
* транспорт на кориума (стопилката) в съседни на БОК помещения и неговото взаимодействие с бетона в тези помещения след отказ на БОК (прояждане на стени и подове), включително разстилане и охлаждаемост на стопилката;
* транспорт на радиоактивните продукт – генериране от горивната матрица и транспорт в обема на БОК и извън него.

Тези анализи дават информация и за частта от горивото, което се разрушава, в зависимост от подреждането на касетите в БОК, дълбочината на изгаряне и времето на отлежаване в БОК.

* 1. При пресмятанията, изборът на гранични условия следва да отчита реалистичното запълване на БОК при презареждане, както и случаите с пълно преместване на ТОК от активната зона (в случай че, има такава процедура).
  2. Аналогично на анализите за РИ, мерките предвидени за управление на тежки аварии в БОК (ако са налични такива) се отчитат в провежданите анализи.
  3. В общия случай, достигане на критичност в БОК не е вероятен сценарий, предвид количеството делящ се материал в БОК, конфигурацията на БОК и наличието на поглъщащи материали. Въпреки това, въпросите свързани с критичността в БОК се коментират в документацията на ВАБ.

### Анализ на взаимодействието между реактора и БОК

* 1. В зависимост от проекта на ЯЦ (напр. дали БОК е в или извън херметичната конструкция), в анализите на протичане на тежка авария може да се наложи отчитане на взаимодействието между РИ и БОК. Примерно, възможно е да са налични механизми, при които протичането на авария в РИ да предизвиква авария в БОК или обратното, включително и едновременно протичане на авария в РИ и БОК. Възможно е чрез този анализ на взаимодействието да се идентифицират нови аварийни последователности за анализ във ВАБ ниво 2, ако вече не са отчетени във ВАБ ниво 1, като например:
* общи изходни събития за РИ и БОК (напр. пълно обезточване на ЯЦ, загуба на техническа вода отговорни потребители и други) или предизвикани от ИС откази по време на развитието на аварията в единия източник, която засяга функциите за безопасност на другия радиоактивен източник;
* влияние на стратегиите за управление на авариите за РИ върху състоянието на БОК (напр. работата на филтърна вентилационна система може да повлияе върху скоростта на изпарение на водата в БОК, в случаите, в които БОК се намира в обема на херметичната конструкция);
* възможно горене (дефлаграция/детонация) на водород, генериран в РИ, което може да доведе до отказ на структури и/или механично/електрическо оборудване обслужващо БОК или обратното;
* разпространение на радиоактивни продукти, които да преустановят достъпа на персонал до конкретни помещения или зони в реакторно отделение за извършване на действия по място;
* влияние на топлоотделянето при деградация на ТОК в БОК върху структурите на херметичната конструкция или стоманената облицовка;
* отказ на цялото инсталирано проектно оборудване, необходимо за управление на аварията, което може да доведе до необходимост от използване на мобилно оборудване налично на площадката, изискващо допълнителни действия за въвеждане в работа.
  1. В случай че, БОК е разположен в обема на херметичната конструкция и едновременното протичане на авария в РИ и БОК не е отхвърлено като незначително в последователностите на ДС на ТА, то се очаква такъв анализ да бъде проведен, за да се демонстрира общото влияние от РИ и БОК върху условията в херметичната конструкция (напр. налягане, температура, концентрации на некондензиращи газове, пара, разпространение на кориум (стопилка), ускорение на изпаряването на водата от БОК) и изхвърлянията на радиоактивни продукти в околната среда.

### Съображения по отношение на анализите на тежки аварии при работа на ниска мощност и спрян блок

* 1. За протичането на тежка авария при работа на ниска мощност и спрян блок се провеждат специфични анализи, които имат за цел да обхванат конкретни значими разлики в поведението на ЯЦ и характеристиките на радиоактивните продукти, които имат потенциал да достигнат до околната среда. Началните и граничните условия за тези сценарии се обосновават на база на резултатите от ВАБ ниво 1. По-важните характеристики, които се отчитат при избора на състояния за анализ са:
* ниво на остатъчното енергоотделяне;
* състояние на херметичната конструкция – за някои състояния на ЯЦ, херметичната конструкция може да се намира в отворено състояние и автоматичното й изолиране да не е възможно. В допълнение, конфигурацията на изолиращата система се очаква да е различна, тъй като при студено състояние е възможно някои системи, които са били в работа при пълна мощност да са изведени, за сметка на други, които пък са въведени в работа;
* състояние на РИ - разуплътнено или отворено. При тези състояния, феномените характерни при авария с високо налягане се изключват (напр. изхвърляне на стопилка под високо налягане и директно нагряване на херметичната конструкция);
* възможност за реализиране на феномени, които не са характерни при авария, протичаща при плътен първи контур, като например взаимодействие на цирконий и въздух;
* свързаност между РИ и БОК, която позволява използването на общи системи за инжектиране на вода и съответно едновременно охлаждане на горивото и на двете места. За тези състояния се отчита енергоотделянето и от двата източника, както и възможни операции с горивото.

### Определяне на източниците на неопределеност

* 1. Необходимо е да се състави специфичен за ЯЦ списък с параметри на неопределеност, които да се изследват в анализ на неопределеност или чувствителност. Този списък от параметри не следва да включва параметри като: коефициенти на корелация, параметри на модела и други, които се използват в моделирането на феномените от използвания компютърен код и са установени като част от процедурата за валидиране на този код. В противен случай, тяхното вариране може да доведе до некоректни резултати в анализа на неопределеност. Примерен списък на такива параметри е представен в следващата таблица.

| Събитие от протичането на ТА | Свързани феномени |
| --- | --- |
| Вътрешно-корпусна деградация на активната зона | Формиране на непроходими канали (блокиране[[55]](#footnote-55)) в активната зона.  „Раздуване“ [[56]](#footnote-56) на обвивката на ТОЕ и отказ на ТОЕ.  Релокация (преместване) и застиване (втърдяване) на стопено гориво.  Окисление и генериране на водород.  Релокация на кориума към дъното на корпуса на реактора.  Стратификация на кориума (образуване на метален слой, оксиден слой и формиране на фокус ефект по отношение на топлинния поток през стената на реакторния корпус).  Външно-корпусно охлаждане с цел задържане на кориума в корпуса на реактора. |
| Вътрешно-корпусна принудена/естествена циркулация | Циркулация на потоци в първи контур контролирана от наличието на вода в студените кръгове (наличие на еднопосочни или противотокови потоци пара или горещи газове)  Конкуриращи се механизми на деградация и отказ на уплътненията на главни циркулационни помпи. |
| Вътрешно-корпусни взаимодействия на кориума (стопилката) с вода (с мигновено отделяне на голямо количество топлина или не) | Ефекти от инжектиране на вода в корпуса на реактора (замръзване[[57]](#footnote-57)) след възстановяване на системи/компоненти, като: пиково повишаване на налягането, генериране на водород. охлаждане на горивото в зависимост от степента на деградация на активната зона и дебита на инжектираната вода.  Възможност за прекратяване на деградацията на активната зона в корпуса на реактора  Повторна критичност.  Парен взрив, отказ на корпуса на реактора при високо налягане.  Изхвърляне и транспорт на радиоактивни продукти извън корпуса на реактора. |
| Отказ на първи контур | Размер на отказа.  Място на отказа. |
| Механизми на отказ на корпуса и границите на първи контур | Стопяване или охлаждане през тръбите на органите за регулиране (за случаите, в които те преминават през дъното на реактора).  Локален и глобален отказ на дъното на корпуса на реактора: механичен отказ от провлачване[[58]](#footnote-58) или отказ вследствие топене.  Ефекти от външно-корпусното охлаждане.  Нагряване и високо-температурно провлачване на компоненти от първи контур (щуцер на горещ кръг, дихателен тръбопровод на компенсатор на налягане и тръбен сноп на ПГ). |
| Изхвърляне на стопилка под високо налягане[[59]](#footnote-59) и/или директно нагряване на херметичната конструкция[[60]](#footnote-60) | Задържане на стопилка (отломки[[61]](#footnote-61)) върху структурите на херметичната конструкция.  Освобождаване на топлина от доокисляване на цирконий и допълнително генериране на водород. Транспорт на стопилка (отломки) от корпуса на реактора (реакторната шахта) до горният обем на херметичната конструкция.  Едновременно възпламеняване на наличния водород с топлоотдаването от отломките към атмосферата на херметичната конструкция (опресоване на херметичната конструкция).  Освобождаване (изхвърляне) на радиоактивни продукти. |
| Външно-корпусни взаимодействия на кориума с вода (с мигновено отделяне на голямо количество топлина или не) | Фрагментиране на стопилката (отломките) и замръзването им (охлаждане).  Квази-статично повишаване на налягането в обема на херметичната конструкция (пиково парообразуване).  Локални, динамични натоварвания на херметичната конструкция от парна експлозия в шахтата на реактора и последващи откази на структури на херметичната конструкция.  Освобождаване (изхвърляне) на радиоактивни продукти. |
| Взаимодействие между стопилката и бетона[[62]](#footnote-62) | Ерозия на структурите на херметичната конструкция (долната плоча) от взаимодействието между стопилката и бетона  Генериране на некондензиращи и/или горими газове (като CO, CO2 и H2).  Странично/аксиално разпространение (разстилане[[63]](#footnote-63)) на стопилката и възможност за контакт с граничните структури на херметичната конструкция.  Механизми на разпространение (разстилане) на стопилката (отломките).  Охлаждаемост на стопилката (отломките)  Ефекти от наличието на метал в стопилката или в бетона, стратификация на стопилката (метален/оксиден слоеве).  Освобождаване (изхвърляне) на радиоактивни продукти. |
| Горене на водород и въглероден окис | Смесване и/или стратификация на горимия газ в атмосферата на херметичната конструкция.  Инертизиране на атмосферата на херметичната конструкция от наличие на пара или азот.  Рекомбиниране на водород и въглероден окис.  Момент на запалване и горене.  Ускорение на фронта на горене и преход от дефлаграция към детонация.  Топлоотнемане от структурите на херметичната конструкция.  Реакция на структурите на херметичната конструкция спрямо изменението на налягането в процеса на горене (отваряне на врати, отказ на панели, изместване на водни количества и други).  Транспорт и разпространение на горим газ в помещенията на реакторно отделение и вентилационните системи на херметичната конструкция. |

### Документиране на анализа на протичане на тежките аварии

* 1. Всички проведени анализи, обосноваващи протичането на тежка авария (включително допусканията и резултатите от тях) се документират в детайли, като се представя информация за протичане на аварийния процес с дискусия по отношение на феномените/събитията, изводи. Допълнително, представя се, в графичен вид, информация за ключовите параметри във функция от времето, а по-важните събития от аварийната последователност се представят хронологично в табличен вид.
  2. Неопределеностите от изчислените ключови параметри (напр. максимално налягане и температура, маса на кориума (стопилката), маса на водород, който участва в горенето, времена на ключови събития и т.н.) се документират за целите на количественото пресмятане на протичането на аварията, т.е. ДС на ТА.

## Анализ на херметичната конструкция

### Оценка на целостта на херметичната конструкция в резултат на вътрешни натоварвания

* 1. Анализът на целостта на херметичната конструкция, включително осигуряването на функцията за локализиране на радиоактивните продукти, изисква използването на детерминистични и вероятностни подходи, които включват като минимум анализ на:
* способността на херметичната конструкция да запази херметичност от вътрешни натоварвания;
* способността на херметичната конструкция да запази херметичност от външни натоварвания, при външни опасности, като сеизмично въздействие, силни ветрове и други;
* възможността за загуба на херметичност при феномени свързани с взаимодействие на структурите й със стопилка (отломки);
* възможността за загуба на херметичност поради отказ на функцията за изолиране или байпас, които водят до директно изхвърляне на радиоактивни продукти в околната среда.
  1. Анализът на капацитета на ХК включва идентифициране на всички възможни механизми на отказ преди повреда на горивото или вследствие от протичането на тежка авария. В този смисъл анализът обхваща и възможните механизми на отказ на ХК от въздействието на разгледаните във ВАБ ниво 1 външни опасности.
  2. По отношение на вътрешните натоварвания, целта на структурния анализ е да оцени вероятността за отказ на херметичната конструкция във функция от налягането и/или температурата, в условията на тежка авария, която се представя във вид крива на крехкост[[64]](#footnote-64) или (хипер)повърхност на крехкост[[65]](#footnote-65).

Обикновено, свойствата на материалите на структурите на херметичната конструкция се изменят във функция от температурата. За отчитането на това изменение, най-често, се избира обхващаща температура (на база на детерминистичните анализи на протичане на ТА), която да се използва в структурния анализ за оценка на максималното налягане, при което херметичната конструкция губи херметичност.

Освен анализите на отказ на херметичната конструкция предизвикани от свръхналягане, се оценяват и механизмите на отказ от температура, ако са приложими за съответната херметичната конструкция. В крайна сметка, като резултат от проведените анализи следва да се идентифицират всички възможни механизми на отказ и техните местоположения.

* 1. За всеки механизъм на отказ се извършва реалистична оценка на характеристиките на отказа (неплътността), като е необходимо да се дефинира съответния критерий за отказ или допустима неплътност (изтичане), под който се счита че е запазена херметичността на конструкцията. По отношение на големината на отказа на херметичната конструкция, широко се използва следната класификация: отказ с малка площ (дефинира се като теч[[66]](#footnote-66) или надпоректна неплътност) и отказ с голяма площ (дефинира се като разкъсване[[67]](#footnote-67) или катастрофално разкъсване[[68]](#footnote-68)).
  2. В зависимост от целите на ВАБ ниво 2, при използването на получените криви на крехкост в ДС на ТА, може да са необходими отделни оценки на вероятността за всеки кредитиран механизъм на отказ, дефинирани в т. 3.68. Освен това, при оценката на механизма на отказ от тип разкъсване, могат да се разгледат два основни модела: прагов модел[[69]](#footnote-69) и модел на теч преди отказ[[70]](#footnote-70). При първият модел се определя праг, след който настъпва разкъсване на херметичната конструкция, с потенциал за значително и бързо изхвърляне на атмосферата от обема на херметичната конструкция в околната среда. Съответно, при втория модел, отказа се очаква да настъпи преди дефинираната прагова стойност на налягане, като в зависимост от скоростта на изтичане в околната среда и скоростта на повишаване на налягането в обема на херметичната конструкция, е възможно големината на отказа да не достигне до предварително дефинираните размери за разкъсване, а да остане по-малък и равен по размер на отказ от тип теч.
  3. За получаване на реалистична оценка на ограниченията на ефективността на херметичната конструкция, е необходимо събирането на подробна информация за проекта на херметичната конструкция и проходките (включително шлюзовете) в херметичната конструкция, такава като:
* свойства на конструкционните материали и на арматурата;
* размери и местоположения на проходките / шлюзовете в херметичната конструкция;
* конструкция и материали на проходките / шлюзовете;
* локални изменения[[71]](#footnote-71), напр. преходни форми, промени в стоманената обшивка или арматурата (на бетонните конструкции);
* възможни взаимодействия между структурата на херметичната конструкция и съседните структури (строителни или др.).
  1. Като цяло, се препоръчва разработването на анализ на максималния капацитет на херметичната конструкция по метода на най-добрата оценка, чрез специфични за ЯЦ структурни анализи. Въпреки това, в зависимост от обхвата и целите на ВАБ ниво 2, се допуска използването на резултати от подобни проекти за херметични конструкции, като се привежда детайлна обосновка за тяхната приложимост.
  2. За случаите, при които се разработват специфични за ЯЦ структурни анализи, последните се извършват с валидирани структурни модели, верифицирани данни и реалистични критерии за отказ. Използваните критерии за отказ се обосноват, като това може да стане на база на публично достъпна информация от експерименти. За разлика от анализите на капацитета на херметичната конструкция за квазистатичното повишаване на налягането, за динамичните натоварвания се допуска използване на опростени подходи или модели (напр. изчисления с една степен на свобода). В допълнение, в анализите за капацитета на херметичната конструкция следва да се отчитат механизмите на стареене на структурите. Като резултат от анализите се получават механизмите на отказ (теч или разкъсване), мястото и големината за всеки механизъм и стойностите на свръхналягането и/или температурата, при които са получени съответните механизми на отказ.

При разработване на специфичен модел за структурен анализ се отчита и специфичния за ЯЦ експлоатационен опит, например резултати от тестовете за плътност на херметичната конструкция и от програмата за контрол на стареенето.

* 1. В случай че, температурата и радиационното натоварване върху елементите на херметичната конструкция оказват значително влияние върху поведението им (най-вече това се изразява в изменение на якостните характеристики на материалите) и съответно капацитета на херметичната конструкция, то анализите следва да обхванат и тези механизми на деградация на елементите или на отказ на херметичната конструкция.
  2. Шлюзовете (напр. шлюз на транспортен коридор, основен и авариен шлюзове), както и херметичните проходки, могат да бъдат относително слаби места в херметичната конструкция. Влиянието на тези елементи се отчита в анализа за определяне на капацитета на херметичната конструкция. Това може да се извърши с отделни модели обхващащи само тези елементи, като граничните условия за извършване на анализите се взимат от глобалния модел на херметичната конструкция.
  3. Освен феномените, които водят до повишаване на температурата и налягането в херметичната конструкция, анализ на капацитета й се извършва и за други възможни механизми, които могат да доведат до загуба на херметичност. Пример за такъв механизъм е ерозия на бетона, вследствие на взаимодействието между стопилката и бетона, което води до намаляване на дебелината на бетона на съответната структура (опорна плоча, стени). Ефектите от това взаимодействие се отчитат в анализа на протичане на тежката авария (виж т. 3.48), като за този механизъм на отказ също е необходимо да се дефинира критерий на отказ (напр. минимална дебелина на бетона) и да се обоснове.
  4. Оценката на вероятността за неизолиране на херметичната конструкция, обичайно, се прави като част от анализа на интерфейса между ВАБ ниво 1 и ниво 2. Същественото в този анализ е да се анализират всички херметични проходки и шлюзове в различните състояния на ЯЦ, като се идентифицират само онези линии, неизолирането на които води до загуба на херметичността. Скрининг анализът на проходките и шлюзове допуска изключването на нормално изолирани линии, чиято изолираща арматура не се очаква да се отвори в хода на аварията или на системи, които образуват затворен кръг с обема на херметичната конструкция (примерно САОЗ НН), при условие че в хода на аварията затворения кръг може да се гарантира.
  5. Възможността за байпас на херметичната конструкция, ако не е идентифицирана във ВАБ ниво 1, следва да бъде отчетена във ВАБ ниво 2. Практиката е всички идентифицирани последователности с байпас от ВАБ ниво 1 да се групират отделно, което се извършва в анализа на интерфейса между ВАБ ниво 1 и ниво 2. Другите възможни байпаси, реализиращи се в хода на тежката авария, се идентифицират в анализа на протичане на тежка авария и ДС на ТА.

### Оценка на целостта на херметичната конструкция при работа на блока на ниска мощност и спрян блок

* 1. При ниски мощности и спрян блок, основните аспекти, които се отличават от работа на пълна мощност, са свързани със състоянието на херметичните проходки и шлюзове, които в определени POS могат да бъдат отворени (в зависимост от проектните решения за конкретната ЯЦ). При наличие на такива неплътности в херметичната конструкция, се допуска да не се анализират останалите й възможни механизми на отказ, като директно се приеме байпас на херметичната конструкция.
  2. По отношение на изолирането на херметичната конструкция, особено внимание се обръща на:
* състоянията, при които основния, аварийния или транспортния шлюзове са отворени към момента на изходното събитие. Оценява се възможността за затварянето и уплътняването им към момента на повреда на горивото в реактора или БОК (ако БОК е в херметичната конструкция). В оценката се включват необходимото време, зависимости от поддържащи системи, напр. захранване (ако е необходимо), и момента на иницииране на действията по възстановяване на херметичността (напр. ако те са част от действията в СОАИ се отчита забавянето до момента на достигане до тази стъпка);
* линии, които са нормално затворени при работа на блока на мощност, но могат да бъдат отворени при ниски мощности и/или спрян блок и за които не се генерира сигнал за автоматично изолиране (не е наличен или няма условия за генерирането му).

### Характеризиране на неопределеността

* 1. Свързаните със структурната оценка на капацитета на херметичната конструкция неопределености се оценяват количествено. Основните фактори, които подлежат на анализ на неопределеност включват:
* параметрична неопределеност на материалите свързана с вътрешната неопределеност на свойствата на материалите, като еластичност, якост на опън, изменение на свойствата на материалите във функция от температурата и т.н.;
* моделна неопределеност свързана с моделирането на геометрията, модела на поведение на материалите или надеждността на изчисленията.
  1. Обикновено, вероятността за отказ на херметичната конструкция се дава чрез композитна крива на крехкост получена от комбинирането на кривите на крехкост за отделните механизми на отказ. Всяка от тези криви се характеризира с медианна оценка на налягането, при което настъпва отказа и с параметри на параметричната и моделната неопределености. За определените размери на отказ на ХК може да се анализира неопределеността на получения размер като се използват анализи на чувствителност.
  2. Неопределеностите свързани с ерозията на бетона, вследствие на взаимодействието между стопилката и бетона се отчитат в анализа на протичане на тежка авария. Изчислените неопределености, също могат да се характеризират с параметрична и моделна неопределености.
  3. Неопределеностите свързани с неизолирането или байпаса на херметичната конструкция се отчитат в анализа на интерфейса между ВАБ ниво 1 и ниво 2, и включват неопределеностите в:
* данните на оборудването;
* действията на оператора;
* моделите на феномените съпровождащи тежката авария, които водят до байпас на херметичната конструкция.

### Документиране на анализа на херметичната конструкция

* 1. Документират се детайлно следните по-важни части от анализа:
* механизми на отказ, както и методът за селектирането им;
* критерии за отказ, дефинирани за всеки механизъм на отказ със съответните обосновки;
* обосновки за мястото и размера на отказа причинени за всеки един от разгледаните механизми на отказ, както и техническа обосновка за вероятностите използвани за характеризиране на неопределеността на получените размери;
* описание на модела (моделите), с който са извършени анализите, както и на валидационните анализи (за определяне на кривите на крехкост);
* източниците на неопределеност и всички допускания направени в анализа.

## Анализ на системите

* 1. Използваните във ВАБ ниво 1 техники за моделиране на надеждността на оборудването, са приложими и за оборудването, кредитирано във ВАБ ниво 2, напр. анализ на данните, метод ДО и т.н. Повече информация за подхода при моделиране на системите е представен в п. 2.76 ÷ п. 2.100.
  2. Ефектите от промяна на условията, вследствие на протичане на тежката авария, се отчитат в анализ на устойчивостта на компонентите и системите, кредитирани в рамките на ВАБ ниво 2. В случай че, кредитираните компоненти и системи, не са квалифицирани за работа в условия на тежка авария или условията надхвърлят тяхната квалификация, то се привежда обосновка за устойчивостта им, основана на специфични изследвания или експертна оценка. В оценката на влиянието на средата върху компонентите и системите се отчитат изменението на налягането, температурата (напр. висока температура в обема на ХК или реакторно отделение), влажността и радиационната обстановка.
  3. Оценката на надеждността на кредитираното във ВАБ ниво 2 оборудване (особено, това което не е отчетено във ВАБ ниво 1) отчита периодичността на изпитанията и ремонта, които могат значително да се отличават от тези за оборудването кредитирано във ВАБ ниво 1.
  4. Критериите за успех на системите, кредитирани във ВАБ ниво 2, се обосновават с резултатите от анализа на протичане на аварията, като се отчитат всички феномени и явления, които имат отношение (напр. след иницииране на автокаталитичната реакция между парата и циркония, топлината, която следва да се отведе от активната зона или горивото в БОК, може да превиши стойността на остатъчното енергоотделяне). Допълнително, критериите за успех отчитат времето за изпълнение на мисията на системата, което гарантира достигане на безопасно състояние или изпълнение на функцията на моделираната система.
  5. Специфично за ВАБ на ниво 2, времето на мисията се дефинира, така че да се отчете развитието на тежката авария, времето необходимо за ефективното управление на тежката авария, включително възможни прагови ефекти и гарантира, че рисковете, натрупани след изтичане на времето на мисията, са незначителни.
  6. Времето на мисията за оборудването, което се очаква да работи продължително време, се обосновава на база на резултатите от анализа на протичане на аварията. Особено внимание следва да се обърне на системите, които се моделират в интерфейса между ВАБ ниво 1 и ниво 2, тъй като времето на мисията за двете изследвания може да се отличава значително. Допуска се разделянето (дискретизиране ) на конкретни откази на оборудване в различни времеви прозорци, специфични за отделните последователности, за да се анализират различните последствия като функция от момента на повреда на оборудването. Времето на мисията за различни POS може да бъде различно, в зависимост от продължителността на протичането на аварията.
  7. Всички зависимости между ВАБ ниво 1 и ВАБ ниво 2 свързани с наличността на системите се моделират коректно.
  8. Третирането на неопределеностите свързани с надеждностните данни на компонентите е идентично с това прилагано във ВАБ ниво 1.
  9. Неопределеността относно квалификацията на оборудването или устойчивостта по отношение на условията вследствие от протичането на тежката авария се анализират, като се вземат предвид както специфичните условия на околната среда, така и устойчивостта на оборудването.

## Анализ на надеждността на персонала

* 1. Анализът на действията на персонала (оператора) във ВАБ ниво 2 следва да се основава на съвременна методика, която максимално реалистично отчита условията на тежка авария и типа процедури, които се използват в конкретната ЯЦ. Методиката, използвана във ВАБ ниво 2 следва да е консистентна с тази използвана за целите на ВАБ ниво 1.

Там, където е необходимо (напр. поради ограничения в използваната методика) се допуска използването на експертна оценка. Избраната методика за оценка на действията на персонала, както и използването на експертна оценка следва да бъдат обосновани от гледна точка на тяхната приложимост и реалистично отразяване на поведението на персонала.

* 1. Обикновено, действията, които се отчитат в анализа се идентифицират от следните документи на ЯЦ:
* симптомно-ориентирани аварийни процедури (СОАИ) – по-специално, действия които не са отчетени във ВАБ ниво 1, но са приложими във ВАБ ниво 2 (напр. действия по изолиране на херметичната конструкция, действия по понижаване на налягането в обема на херметичната конструкция и други)
* ръководство за управление на тежка авария (РУТА), включващо:
* действия извършвани от персонала на блока до сформирането на аварийните структури;
* действия след сформиране на аварийните структури и поемане на управлението на тежката авария от ръководителя на аварийните работи (т.е. действия, които се подпомагат от сформираните аварийни структури);
* стратегии и процедури свързани с използването на мобилно оборудване или стратегии, които са извън СОАИ и РУТА, ако са налични.
  1. Действията на персонала могат да бъдат отчетени, както в модела на интерфейса, така и в модела на ДС на ТА. Действия, които се очаква да се изпълнят към момента на повреда на горивото в активната зона или БОК, обикновено, се включват в модела на интерфейса. Пример за такива действия са сваляне на налягането от оператор, изолиране на херметичната конструкция от ключ на БПУ или РПУ, ако има такъв. Успехът или неуспехът от тези действия се отразяват в явен или неявен вид (чрез влиянието им върху останалите характеристики) в характеристиките на PDS. Съответно, тези действия, които се очаква да се изпълняват на по-късен етап от аварията, обикновено, се моделират в ДС на ТА.
  2. Особено внимание се обръща на консистентността при действията на персонала моделирани за външни и вътрешни опасности. Ефектите, предизвикани от външни или вътрешни опасности или комбинации от тях, влияещи върху формиращите изпълнението фактори (PSF) на действията на оперативния персонал, се отчитат консистентно във ВАБ ниво 1 и ВАБ ниво 2.
  3. В модела на действията включени във ВАБ ниво 2 се отчитат следните специфики:
* как са предписани действията на персонала. В зависимост от организацията, въведена за управление на тежка авария, някои действия могат да бъдат извършени от персонала на блока преди сформиране на аварийните структури, докато други следва да бъдат одобрени или ръководени от аварийните структури на ЯЦ или извън нея. В последния случай, това изисква аварийните структури да са сформирани и да има добра координация с персонала на блока (блоковете);
* използване на различни процедури (включително РУТА), които се различават от аварийните процедури (напр. СОАИ) по редица начини, включително формат, ниво на детайлност и изисквания за вземане на решения. Обикновено, действията, описани в РУТА, са по-малко детайлни спрямо тези в СОАИ. Липсата на детайли по изпълнение на действието, може да доведе до завишаване на риска от грешка на персонала, включително грешките при изпълнение (EOC) или пропуск да се извърши действието (EOO);
* по-малко количество и точност на информацията за условията на РИ и БОК, които се очаква да бъдат важни входни данни за вземане на решенията (напр. неясноти по отношение на степента на повреда на горивото, загуба на точност/деградация/ или функция на измервателни инструменти при излагането им на екстремни условия на околната среда, загуба на критично измервателно оборудване след изчерпване на батериите по време на обезточване на ЯЦ);
* вземане на решения, които включват компромиси между варианти без еквивалент на "път на успеха" (в традиционния смисъл на ВАБ) и без очевиден "по-добър път";
* условия на изпълнение на действията. Отчита се възможността условията за изпълнение на действието да са влошени (по-специално висока радиация и/или висока температура в определени помещения, потенциално влошено или липсващо осветление, деградация на измервателните прибори и др.), особено когато необходимите действия се извършват по място, тъй като тези условия могат да повлияят на надеждността на персонала;
* разполагаемост на персонал и оборудване. Следва да се разгледа достатъчността на персонала и оборудването в условия, формирани от опасности, засягащи няколко източника на радиоактивни продукти (напр. комбинация от опасности, свързани с реактора и басейна за отработено гориво), особено ако повредата в ЯЦ или оборудването доведе до необходимост от предприемане на едновременни мерки.
  1. Оценката на надеждността на персонала, в контекста на мобилното оборудване (включително транспортиране от мястото за съхранение/домуване до местата за подвързване, разполагане/инсталиране и подвързване/подключване към специално изградените входящи връзки), следва същите принципи като при оценката на надеждността на персонала във ВАБ ниво 1. В оценката се отчитат:
* по-високо ниво на комплексност/сложност при изпълнение на задачите. Докато действията, изпълнявани от БПУ/РПУ се свеждат до натискане на бутон или завъртане на ключ, използването на мобилно оборудване изисква повече подзадачи, като например преместване и инсталиране на оборудването и активиране на неговата функция. Следователно, с увеличаването на броя на ангажирания персонал и включването на допълнително оборудване, броят на задачите и видовете задачи се също се увеличава;
* неблагоприятни условия на площадката и в близост до нея (напр. климатични условия, блокирани маршрути за транспорт на оборудването или ограничен достъп, радиологични условия поради развитието на тежка авария);
* забавяне на действията при изпълнение на едновременни действия, които споделят едни и същи ресурси (напр. общ компонент, общ източник на вода/ел. захранване и общ екип) или при изпълнение на други действия с по-висок приоритет;
* наличие на специфични за обекта процедури за използване на мобилно (неинсталирано) оборудване и провеждане на редовни учения на място;
* координацията между организацията на ЯЦ и външните екипи, ако мобилното (неинсталираното) оборудване се доставя и въвежда в работа от външни екипи.
  1. Важно е да се гарантира, че потенциалните зависимости между действията на персонала са оценени и отчетени в модела. Това включва зависимостите между действията на персонала, кредитирани във ВАБ ниво 2, и зависимостите между действията на персонала, кредитирани във ВАБ ниво 1 и ниво 2. Особено внимание се обръща, ако действията се извършват от един и същи екип, използва се споделено оборудване или са близки във времето.
  2. Потенциалните негативни ефекти от изпълнението на действията на персонала се отчитат в логическия модел на ДС на ТА. Например, инжектирането на вода в първи контур или БОК след началото на деградацията на горивото, може да доведе до прекратяване на самата деградация, но също така може да има и негативни ефекти, като разрушаване на запазилите цялост ТОК, поради голямата температурна разлика, интензивно взаимодействие между инжектираната вода и обвивките на ТОЕ, които да доведат до рязко увеличаване на генерирания водород, пара и изпускане на радиоактивни продукти от горивната матрица.
  3. Действия по възстановяване на оборудване във ВАБ ниво 2 се кредитират, само при наличие на солидна обосновка за тяхната осъществимост. Допуска се кредитиране на действия по възстановяване на оборудване, ако е ясен типа на отказа за конкретната последователност и ако са налице следните фактори:
* налична е възможност за диагностициране на отказа;
* налични са резервни части и персонал, който да извърши действието;
* условията в помещенията или местата, където това се изпълнява (отчитайки типа на изходното събитие и промяната в условията вследствие на протичане на тежката авария), гарантират изпълнимостта на действието;
* времевия прозорец е достатъчно голям за изпълнение на действието, като се отчете времето за доставяне на резервни части и пристигането на съответния персонал.
  1. За оценката на отказа на възстановяване на оборудване / система, се използват специфични данни от ЯЦ, докато за отказа на възстановяване на външно захранване се допуска използването на обобщени данни, които са приложими за ЯЦ.
  2. В случай че, се кредитират грешки на персонала, които по своята същност имат положителен ефект върху развитието на аварията, то е необходимо последните да се обосноват, особено когато водят до значително изменение в крайните резултати от ВАБ ниво 2.
  3. Неопределеността в оценките на надеждността на персонала се адресират идентично на тези от ВАБ ниво 1.
  4. Анализът на неопределеността в оценката на надеждността на персонала се основава на факторите, които влияят върху надеждността. Тези фактори включват, но не се ограничават до: времето за реакция (вземане на решение), време за изпълнение на действието, условия на околната среда, качество на процедурите, по които се изпълнява действието, обучение на персонала и координацията между персонала на блока и аварийните структури, след тяхното сформиране. Много от методите за оценка на надеждността на персонала използват опростен подход за оценка на неопределеността чрез използване на фактор на грешката[[72]](#footnote-72) приложим за различните вероятности за човешка грешка. В този случай, се препоръчва прилагане на анализи на чувствителност, за да се оцени обхватът на изменение на вероятността за човешка грешка, повлиян от ключовите фактори.

## Дърво на събитията за тежка авария

* 1. За всяко състояние с повреда на ЯЦ (PDS) или аварийна последователност се моделира развитието на тежка авария от повредата на активната зона (или горивото) до изхвърлянето на радиоактивни продукти, като се използват дървета на събитията на тежка авария. Целта на вероятностното третиране на авариите чрез ДС на ТА, които са обект на изследване във ВАБ ниво 2 и радиоактивните изхвърляния е да се създаде структурна рамка, чрез която да се извърши систематична оценка на последователностите с повреда на горивото идентифицирани във ВАБ ниво 1 достатъчно детайлно, за да се гарантира че:
* методиката е ясна и консистентна с оценката от ВАБ ниво 1, т.е. позволява адекватен трансфер на информацията от модела на ВАБ ниво 1;
* операторските действия, системите за управление на тежка авария и феномените характеризиращи аварията, които влияят върху хода на аварията или изхвърлянията в околната среда са адекватно оценени и моделирани;
* зависимостите са коректно отразени в структурата на модела;
* феномените са коректно описани и моделирани;
* налични са анализи, които подкрепят избраните критерии за успех на оборудването, времевите интервали за действията на персонала, изискванията за достъпност на помещения и други;
* крайните състояния във ВАБ ниво 2 са дефинирани достатъчно детайлно, така че да описват механизма на отказ на ХК, времето на иницииране на радиоактивните изхвърляния, мястото и големината на изхвърлянията;
* дава възможност за получаване на количествена оценка на честотите на дефинираните категории изхвърляния.
  1. Използват се два подхода за разработване на вероятностните модели (т.е. ДС на ТА) за ВАБ ниво 2: интегриран модел, при който моделите на ВАБ ниво 1 и ниво 2 се разработват в средата на един компютърен код и са директно свързани и подход с физически отделни модели, при който моделите или са разработени в средата на един компютърен код, но не са свързани или са разработени в различни компютърни кодове. Както е споменато и в т. 3.26, препоръчително е използването на интегриран подход. Повече информация за различните подходи може да се намери в [37].

### Структура на дървото на събитията по отношение на реактора

* 1. Структурата на ДС на ТА е препоръчително да бъде феноменологично и хронологично последователна и да отчита правилно зависимостите между събитията и/или феномените в зависимост от технологията на реактора, както и да е разработена с подходящо ниво на детайлност удовлетворяващо целите на ВАБ ниво 2. По отношение на хронологията, обичайно е ДС на ТА, да се раздели на последователни във времето фази, като преходите между фазите представляват важни промени в състоянието на ЯЦ, които определят развитието на аварията. 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 до отказ на корпуса на реактора;
* непосредствено след отказа на корпуса на реактора;
* в по-дългосрочен план след отказ на корпуса на реактора.
  1. В структурата на ДС на ТА се включат следните върхови събития (наричат се още възлови въпроси[[73]](#footnote-73)) за всеки етап от аварията:
* феномени на тежката авария, които могат да генерират механични натоварвания и/или термични заплахи към структурата на ХК достатъчни да доведат до отказ на последната, да увеличат изхвърлянията или да предизвикат байпас на ХК;
* наличност на системите, които се изискват за управление на тежки аварии (напр. система за филтърно понижаване на налягането в ХК (скрубер), пасивни автокаталитични рекомбинатори на водород (ПАР)), в случай че не са отчетени в модела на интерфейса;
* действия на персонала, свързани с управлението на тежки аварии, вкл. възстановяване на захранването и/или функциите на системите (напр. стартиране на системата за понижаване на налягането в херметичната конструкция);
* състояние на херметичната конструкция, РИ и структурите на БОК през различните фази на аварията;
* време, място и големина на отказ на ХК.
  1. Броят на въпросите и детайлността на модела на ДС на ТА зависи основно от обхвата и целите на ВАБ ниво 2. За случаите, при които изследването обхваща само идентифициране на последователности водещи до големи ранни изхвърляния, е възможно да се използва опростен (с малък брой върхови събития) модел, докато при пълномащабен[[74]](#footnote-74) ВАБ ниво 2 (при който се анализират количествено пълния набор от възможни радиоактивни продукти, изхвърлени в околната среда по време на авария[[75]](#footnote-75)), този брой може значително да нарасне и съответно да усложни структурата на ДС на ТА. Във всички случаи, структурата на модела на ДС на ТА е необходимо да бъде проследима от независими проверяващи и лесна за манипулиране от ВАБ екипа.
  2. ДС на ТА отчитат спецификите както на различните POS, така и разликите в протичането на аварията в зависимост от мястото на горивото. В общия случай, ДС на ТА за ниски мощности и спрян блок се разработват на база на разработените такива за пълна мощност, като се изключват феномени, системи и действия на персонала, които са неприложими за тези състояния и се включват специфичните такива.
  3. Изключването на феномени, които имат потенциал да доведат до отказ на ХК или да окажат влияние върху развитието на аварията и големината на изхвърлянията се обосновава с резултатите от проведените детерминистични анализи или експертна оценка.
  4. За значимите последователности може да се отчете работата на системите извън ХК, които могат да смекчат последствията от протичането на аварията или да намалят количеството на изхвърлените радиоактивни продукти в околната среда. В допълнение могат да се отчетат, механизми на отказ (ако има такива), които могат да благоприятстват протичането на аварията.

### Структура на дървото на събитията по отношение на БОК

* 1. За ЯЦ, при които БОК се намира в обема на ХК, ДС на ТА се разработват аналогично на тези за РИ. Съответно, за случаите при които БОК е извън обема на ХК се допуска използване на опростени модели на ДС на ТА, детайлността на които зависи от степента на кредитиране на стратегиите за смекчаване на последствията.
  2. Влиянието на неблагоприятните условия (висока температура, влажност и нива на радиация), които се очакват от протичането на аварията в БОК върху устойчивостта на оборудването, като маркучи, фитинги и дюзи, намиращи се около БОК, както и наличността на измервателните системи (напр. за ниво в БОК), също следва да бъдат разгледани във ВАБ ниво 2. Тези условия се отчитат и в анализа на действията на персонала, когато действията се извършват по място.

### Третиране на зависимостите

* 1. Разработеният модел на ДС на ТА следва да отчита всички зависимости, както между действията на персонала и системите моделирани във ВАБ ниво 1 и ниво 2, така и тези които произтичат от феномените съпътстващи тежката авария. В случай че, конкретен феномен води до неработоспособност на система / оборудване или предотвратява изпълнението на конкретно действие, това се отчита в модела. Техниките за моделиране на тези зависимости са в пряка зависимост от използвания програмен продукт.
  2. Зависимостите между феномените също са обект на третиране в ДС на ТА. Пример за такава зависимост е горене на водород, което може да се реализира във всяка една от фазите на аварията. Необходимо е, моделът адекватно да отчита количеството на реагиралия водород на всяка предходна фаза, за последователностите при които ХК запазва своята цялост.
  3. В ДС на ТА за БОК е удачно да се отчетат зависимостите между реактора и БОК (системи, действия на персонала, реакция на херметичната конструкция). За разлика от независимия модел на ВАБ ниво 1 за БОК (ако така е третиран БОК), във ВАБ ниво 2 е възможно да се появят допълнителни сценарии с аварии в БОК, предизвикани от авария с разтопяване на активната зона в реактора.

### Количествено определяне на събитията

* 1. Присвояването на условни вероятности в разклоненията на ДС на ТА, се подкрепя от документирани анализи и данни, за да се осигури обосновано представяне на неопределеността на резултата във всяко разклонение. Следва да се вземат предвид въпросите, които биха могли да повлияят на способността на аналитика да прогнозира развитието на аварията и да оцени неопределеността, включително ограниченията в познанията по отношение на аспектите на феномените, пълнотата на модела, коректността и валидационния статус на наличните компютърни кодове, приложимостта на наличните експериментални данни при използването им за РИ и др. Примерни методи за оценка на такива неопределености и използване на експертна оценка и експертни проучвания могат да бъдат намерени в [38]÷[45].
  2. Възможно е използването на декомпозитни ДО или модели за обосноваване на вероятностите в конкретно разклонение от ДС на ТА. При този подход, описан подробно в [46] и [47], въпросът или върховото събитие се разбива на подвъпроси свързани с водещия феномен, като за всеки подвъпрос се присвояват обосновани вероятности, а чрез логиката на декомпозитното ДО или модела, се симулира връзката между тях.
  3. Независимо от възприетия подход за определяне на стойностите на вероятностите на събитията, процесът следва да е проследим и да се прилага последователно към целия набор от събития или въпроси, описани в ДС на ТА.
  4. Когато възможните изходи за един върхов въпрос са повече от един, за всеки възможен изход се присвоява вероятност, която изразява количественото изражение на увереността, че изходът е именно този. Използваният термин в литературата е фракции на вероятността[[76]](#footnote-76). По отношение на моделирането на конкретни феномени, броят на изходите могат да бъдат един, два или повече в зависимост от степента на детайлност на модела. Сумата на вероятностите от всички разклонения за една последователност и даден върхов въпрос винаги е единица.
  5. При определяне на вероятностите (неопределеността на изходите от даден върхов въпрос) се използват актуални източници с приложима към въпроса информация. Информацията, използвана в подкрепа на количественото определяне на вероятностите, може да включва:
* установени зависимости или специфични модели за оценка на феномените за съответните предизвикателства, свързани протичането на тежката авария;
* резултати и/или изводи от детерминистичните анализи, получени от утвърдени компютърни кодове за моделиране на тежки аварии;
* приложими експериментални резултати;
* резултати и/или изводи от анализи за подобни централи;
* експертни оценки.
  1. Информацията за феномените съпътстващи тежката авария и подходите за тяхната оценка се обновява непрекъснато, което следва да се отразява във всяка актуализация на ВАБ ниво 2. Някои съвременни източници на информация, които отразяват текущите познания за феноменологията на тежката авария, са [49], [50] и [37]. В редица области са извършени разработки приложими за леководни реактори, като например:
* вътрешно-корпусна парна експлозия (алфа механизъм за отказ на херметичната конструкция) – референтна информация в [46];
* директно нагряване на херметичната конструкция – референтна информация в [51] и [52];
* отказ на дъното корпуса на реактора – референтна информация в [53] и [54];
* ускоряване на фронта на горене и преход от дефлаграция към детонация– референтна информация в [55];
* високотемпературно разкъсване на тръбния сноп на ПГ и отказ на горещия кръг– референтна информация в [56];
* възстановяване охлаждането на горивото при частична деградация на активната зона– референтна информация в [57] и [58].
  1. За трансформиране на наличната информация във вероятност (количествена стойност) са налични няколко метода и подхода. Примерни такива подходи са: подход на прага[[77]](#footnote-77) и подход чрез конволюция[[78]](#footnote-78), описани по-подробно в [6]. Различните подходи, използвани за получаване на вероятностите за реализиране на конкретен феномен, могат да се прилагат поотделно или в комбинация. Независимо от използвания подход или комбинация от подходи, за да се гарантира, че вероятностите (епистемичните неопределености[[79]](#footnote-79)) са получени по систематичен начин за целия спектър от явления и феномени оценявани във ВАБ ниво 2, се разработват правила. Тези правила следва да включват обосновката, използвана за присвояване на конкретни вероятностни оценки.

### Групиране на крайните състояния в категории на изхвърляне

* 1. След като бъдат идентифицирани крайните състояния на отделните ДС на ТА, те се групират в категории на изхвърляне. За процеса на групиране се прилага систематичен подход (на база на предварително установени правила). Конкретният начин, по който се извършва това, зависи от софтуера, използван за количествена оценка на ДС на ТА, но може да включва последваща обработка на крайните състояния на ДС на ТА или включване на атрибутите, необходими за групирането, в ДС на ТА.
  2. Очаква се крайните състояния на ДС на ТА, групирани в една категория на изхвърляне, да имат сходни характеристики на изхвърлените радиоактивни продукти и последствия извън площадката на ЯЦ, така че анализът на количеството на радиоактивните продукти, изхвърлени в околната среда, да е приложим за всички крайни състояния в групата. Подробности за подхода при избор на категории на изхвърляне е представен в 3.130÷3.154.

### Документиране на ДС на ТА

* 1. Документирането на ДС на ТА включва, но не се ограничава до:
* описание на подхода за разработване на структурата на ДС на ТА;
* детайлно описание и графично представяне на ДС на ТА, което включва всички върхови събития;
* Описание на връзката между върховите събития в ДС на ТА и хронологичните стъпки в протичането на аварията;
* детайлно описание на доминантите физични процеси, събития и феномени, които съпътстват протичането на аварията;
* описание на условията на средата, които застрашават работата на оборудването, както и работоспособността му при тези условия;
* обосновки за използваните оценки за разпределението на вероятността (фракциите на вероятността по разклоненията за даден върхов въпрос) и вероятностните оценките за феноменологичните събития;
* детайлно описание на системите и действията на оператора, които са кредитирани в модела;
* описание на характеристиките на категориите изхвърляния;
* описание на подхода и ограниченията, ако има такива, за извършване на количествените оценки на средните значения и неопределеността на категориите на изхвърляния.

## Анализ на количеството на радиоактивните материали, изхвърлени в околната среда. Категории на изхвърляне

* 1. За всяка категория на изхвърляне се извършва анализ на радиоактивните продукти, изхвърлени в околната среда[[80]](#footnote-80), което обхваща като минимум количеството, времето и мястото, от където се реализира радиоактивното изхвърляне. Нивото на детайлност на анализа зависи от целите на ВАБ ниво 2. В случай, че резултатите от този анализ ще се използват за ВАБ ниво 3, то се очаква детайлно описание на радиоактивните продукти, които се изхвърлят в околната среда. От друга страна, ако целта на ВАБ ниво 2 е да оцени само честотата на големи ранни изхвърляния, то не е необходимо детайлно специфициране на радиоактивните продукти, изхвърлени в околната среда. В този смисъл, препоръките дадени по-долу, следва да се адаптират спрямо целите на ВАБ ниво 2.
  2. Анализът на радиоактивните продукти, изхвърлени в околната среда се състои от две задачи: дефиниране на категориите на изхвърляне и количествена оценка на радиоактивните продукти, изхвърлени в околната среда за всяка дефинирана категория на изхвърляне. За решаване на първата задача е необходимо да се разработи списък от категории на изхвърляне на база на набор от характеристики влияещи върху количеството, времето и мястото на изхвърлянето, които се присвояват на крайните състояния в ДС на ТА. Процесът на създаване на този списък може да бъде подкрепен от детерминистични анализи и обикновено е итеративен. Втората задача обхваща количествено пресмятане на самите радиоактивните продукти, изхвърлени в околната среда, чрез детерминистичен компютърен код, за една или повече последователности, представителни за съответната категория на изхвърляне. Представителните последователности за дадена категория на изхвърляне се определят от ДС на ТА, като това, обикновено, се извършва след количественото пресмятане на ДС на ТА, за да може да се определи техния принос към честотата на категорията на изхвърляне.

### Дефиниране на категориите на изхвърляне и групиране на крайните състояния в ДС на ТА

* 1. Крайните състояния на ДС на ТА се групират в категории изхвърляния, характеризиращи се със сходство в развитието на аварията и количеството на радиоактивни продукти изхвърлени в околната среда, имайки в предвид най-малко следните характеристики:
* състояние на херметичната конструкция, напр. отворена, поради дейности при спряно състояние, изолирана (с отчитане на проектните неплътности), неизолирана, байпасирана, разкъсана ХК, с отказ на фундаментната плоча или шахтата на реактора;
* време на изхвърляне (напр. ранно или късно);
* мястото на изхвърляне;
* големина на сечението, през което се осъществява изхвърлянето;
* механизъм на очистване на продуктите на делене от херметичната конструкция при изхвърляне (напр. посредством спринклерна система, наличие на воден слой, филтриране на радиоактивните продукти и т.н.).
  1. След определяне на всички важни феномени и характеристики, които влияят съществено върху количеството, времето и мястото на изхвърлянето, се разработва списък от атрибути (по аналогия на тези в анализа на интерфейса между ВАБ ниво 1 и ниво 2), които да се използват като характеристики на категориите на изхвърляне. Примерни такива са дадени в таблица 7 на SSG-4, [6]. Очаква се изхвърлените в околната среда радиоактивни продукти да са функция на тези характеристики.
  2. Когато се използват значителен брой атрибути е възможно да се получи прекалено голям брой категории на изхвърляне. В този случай, се препоръчва допълнителен анализ с цел намаляването им до разумен брой. В някои методики за ВАБ ниво 2 се използва двустъпков подход, при който първо се разработва детайлен списък от категории на изхвърляне, които се анализират и прегрупират в по-малък списък на база на подобието в характеристиките на изхвърлянията.
  3. В случай, че за някои сценарии се реализират повече от един механизъм на отказ на херметичната конструкция, то е необходимо това да се отчете при количественото определяне на честотата на отделните механизми на отказ, с цел да се определи коректно приноса на всеки от тях.

### Съображения по отношение на БОК

* 1. Препоръките за БОК представени по-долу се отнасят за случаите, при които БОК е разположен в херметичната конструкция (или сграда, която може да гарантира задържане на радиоактивни продукти). Съответно, за случаите при които това не е така, една от практиките е да се допусне, че всички изхвърляния от горивото в БОК водят директно до големи радиоактивни изхвърляния. Като допълнение към този подход, е възможно да се анализират и обосноват задържащите способности на сградата, в която се намира БОК или източниците на вода, в условията на тежка авария.
  2. Анализът на изхвърлянията от БОК се провеждат по аналогичен начин на този за РИ. Пътищата на изхвърляне на радиоактивни продукти зависят основно от разположението на БОК (в или извън херметичната конструкция). В случай че, БОК е разположен в обема на ХК, то възможните пътища на изхвърляне са близки до тези при авария в РИ. Анализират се допълнителни възможни пътища на изхвърляне, например след отказ на бетонните структури на БОК стопилката (отломките) могат да взаимодействат с бетона (фундаментна плоча или стени) на ХК на различни места от тези при развитие на авария в РИ. Освен това, следва да се анализира възможен контакт на кориума и стопяването на проходки инсталирани във фундаментната плоча или стените на ХК. За случаите на БОК, разположен извън ХК, потенциалните пътища на изхвърляне към околната среда зависят от конкретния дизайн на вентилационните системи, врати на сградата, големина на помещенията, покрива и т.н. Отлагането на аерозоли в сградата по пътя на изхвърляне би смекчило въздействието върху околната среда и следва да се вземе предвид.
  3. По отношение на количеството на изхвърлените радиоактивни продукти, от съществено значение е състава на горивото намиращо се в БОК, което деградира в хода на аварията. В този смисъл, се очаква реалистичен подход при определяне на различните видове и брой ТОК, намиращи се БОК към момента на изходното събитие.

### Методи за оценка на изхвърлянията

* 1. Във ВАБ ниво 2, за изхвърлянията се определят количеството и състава на радиоактивния материал, изхвърлен в околната среда, както и времето, мястото и кинетичната енергия на изхвърлянето. Много проектни характеристики на централата и явления съпътстващи конкретния авариен сценарий влияят върху количеството и характеристиките на изхвърлянията. Възможно е използването на един или комбинация от следните подходи:
* прилагане на интегрални компютърни кодове към ограничен брой представителни аварийни сценарии;
* прилагане на специализиран бързодействащ код за определяне на изхвърлянията към голям брой аварийни сценарии;
* прилагане на детайлни модели или обхващащи оценки на изходните условия, а също резултати от друга, подобна ЯЦ за получаване на предварителни оценки, например по време на фазата на проектиране на ЯЦ.

Адекватността на приложеният подход следва да се обоснове спрямо целите на ВАБ ниво 2.

* 1. Препоръчително е да се използва интегриран компютърен код за извършване на специфичен за ЯЦ анализ на изхвърлянията за всяка от категориите на изхвърляне. За тази цел избраният компютърен код следва да може да моделира интегрираното поведение на феномените при тежки аварии: термохидравлична реакция на реактора и/или БОК, разгряване и повреда на активната зона/горивото и преместване на материалите от активната зона/горивото, условия в обема на ХК и съседните сгради, освобождаване на радиоактивен материал от горивната матрица и пренос на радиоактивни аерозоли и пари през първи контур или в обема на БОК и обема на ХК, и характеристиките на изхвърлянията към околната среда.
  2. В анализа на изхвърлянията се моделират всички процеси, които влияят върху освобождаването и преноса на радиоактивни продукти в ХК (и съседните сгради, ако не са изключени от анализа), като например:
* освобождаване на радиоактивни продукти от горивото по време на вътрешно-корпусната фаза на аварията;
* освобождаване на радиоактивни продукти по време на външно-корпусната фаза на аварията;
* задържане на радиоактивни продукти в първи контур или по структурите на БОК;
* задържане на радиоактивни продукти в ХК (и съседните сгради, ако не са изключени от анализа);
* механизми на ресуспензия[[81]](#footnote-81), повторно изпаряване[[82]](#footnote-82), кондензация и повторно задържане[[83]](#footnote-83) (напр. енергийни взаимодействия, химични реакции, механични въздействия).
  1. Анализите с интегралния компютърен код се извършват за ограничен брой, представителни сценарии, като е добра практика да се извършат анализи на чувствителност, с които да се потвърди коректността на резултатите за съответната категория на изхвърляне, за да се гарантира, че няма неоправдано вариране в количеството на изхвърлянията в различни последователности обединени в една категория на изхвърляне.
  2. В повечето интегрални компютърни кодове за тежки аварии, радиоактивните елементи се симулират като се обединяват в групи елементи или химични съединения. Това опростяване е необходимо, за да се сведат стотиците радиоизотопи на радиоактивни продукти и актиниди, генерирани в горивото, до разумен брой групи радиоактивни елементи, които могат да бъдат проследени от интегралния компютърен код. В различните компютърни кодове се използват различни радиологични групи, но всички те се базират на сходство в термодинамичните и химични свойства на радионуклидите. Групирането на елементите отчита също така сходствата в химическия афинитет на елементите към реакции с други радиоактивни елементи и нерадиоактивни материали, с които те могат да взаимодействат при транспортирането им в обема на първи контур, ХК или БОК, напр. пара, водород, структурни материали. Примерни радиологични групи, които се разглеждат са:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № | Представителен елемент / хим. съединение | Име на групата | Елементи |
| 1 | Xe | Благородни газове | Xe, Kr, Ne, Ar, Rn, H, N |
| 2 | I | Халогени (аерозоли) | I, Br, Cl, F |
| 3 | I2 | Халогени (газ) | I2, Br2, Cl2, F2 |
| 4 | ICH3 | Халогени (органични) | ICH3, BrCH3 |
| 5 | IOx | Халогени (оксиди) | IOx, BrOx |
| 6 | Cs | Алкални метали | Cs, Rb, Li, Na, K, Fr, Cu |
| 7 | Ba | Алкалоземни метали | Ba, Mg, Ca, Sr, Be, Ra, Es, Fm |
| 8 | Te | Халкогени | Te, S, Se, Po |
| 9 | Ru | Платиноиди (труднотопими метали) | Ru, Mo[[84]](#footnote-84), Pd, Tc, Rh, Re, Os, Ir, Pt, Au, Ni |
| 10 | Mo | Преходни метали | Mo, V, Cr, Fe, Co, Mn, Nb, Tc, Ta, W |
| 11 | La | Тривалентни метали | La, Al, Sc, Y, Ac, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Am, Cm, Bk, Cf |
| 12 | Ce | Четиривалентни метали | Ce, Ti, Zr, Hf, Th, Pa, Np, Pu, C |
| 13 | Cd | Основна група на по-летливите метали | Cd, Hg, Zn, As, Sb, Pb, Tl, Bi |
| 14 | Sn | Основна група на по-малко летливите метали | Sn, Ga, Ge, In, Ag |
| 15 | B | Бор | B, Si, P |
| 16 | CsI | Цезиев йодид | CsI |
| 17 | Cs2MoO4 | Цезиев молибдат | Cs2MoO4 |

* 1. Ефективността, с която групите радионуклиди, се пренасят в средата, зависи силно от химичната форма, която те приемат, след като напуснат горивната матрица. Могат да възникнат многобройни химични взаимодействия, които да предизвикат реакции между елементните форми на тези видове[[85]](#footnote-85) като образуват съединения с широк спектър от физични свойства. Известно е например, че йодът реагира с цезия, като образува летлив цезиев йодид. Това обаче не е единствената форма, под която йодът може да се пренася по пътя на изхвърлянето му. Няколко вида (виж таблицата) могат да се пренасят в повече от една химическа форма. Разделяне[[86]](#footnote-86) на състава на горивото[[87]](#footnote-87) на техните възможни химични форми се счита за най-добра практика, което може да бъде и източник на неопределеност. Съответно, въздействието от този подход, по отношение на резултатите от анализа на изхвърлянията, може да се изследва чрез анализ на чувствителност.
  2. Количеството на йода и цезия или на конкретни техни изотопи, а именно I-131 и Cs-137, са често избирани като представителни за охарактеризиране на цялостното количество на изхвърлянето на радиоактивни продукти в околната среда. Единият или и двата елемента или изотопа, заедно с времето и мястото на изхвърлянето, могат да се използват в процеса на намаляване на крайният брой на категориите на изхвърляне.
  3. Използването на бързодействащ компютърен код за извършване на анализ на изхвърлянията на ЯЦ не изисква ограничение на броя на пресмятанията. Такъв код не оценява интегралното поведение на феномените (напр. термохидравличната реакция на реактора, разтопяването на активната зона и т.н.), а изчислява само освобождаването на радиоактивни продукти от горивото и преноса на радиоактивни аерозоли и пари през системата за охлаждане на реактора (първи контур) в обема на херметичната конструкция, поведението на радиоактивните продукти в обема на херметичната конструкция и изхвърлянето им извън нея. Информацията за термохидравличната реакция, разтопяването на горивото, условията в херметичната конструкция, феномените или кинетиката на аварията се съдържа в атрибутите на категориите на изхвърляне и се явяват входни данни за бързодействащия код.
  4. Използваният бързодействащ компютърен код следва да бъде валидиран с резултати от интегрален компютърен код или от експериментални данни. Приложимостта на такъв компютърен код се обосновава, като се обвързва и с целите на ВАБ ниво 2. Обикновено, такива кодове се използват, когато те могат да се куплират (свържат) с ДС на ТА, така че оценката на количествата на изхвърлянията и неопределености й, да се получават автоматично. В този смисъл, неопределеностите за ключовите параметри свързани с феномените и характеристиките на тежката авария, се оценяват също от бързодействащия компютърен код.
  5. При използването на резултати от референтна ЯЦ следва да се извърши задълбочен анализ на подобието между двете ЯЦ и да се оцени приложимостта на резултатите. Като цяло, такъв подход не се препоръчва и може да се използва само като експертна оценка във фазата на проектиране на нова ЯЦ.
  6. С цел използването на резултатите от пресмятането на количеството радиоактивни материали, изхвърлени в околната среда е необходимо да бъдат обсъдени ограниченията на използвания компютърен код и разработения модел.

### Определяне на източниците на неопределеност

* 1. Анализите на неопределеност и чувствителност подпомагат разбирането как различните варианти на моделиране в рамките на даден код влияят върху изчислените резултати. В допълнение към неопределеността при моделирането на феномените, свързани с тежката авария, много от химичните и физичните процеси, управляващи освобождаването на радиоактивни продукти от горивото, отлагането и задържането му върху вътрешните повърхности на първи контур, повърхностите на херметичната конструкция и отмиването им от системите инжектиращи вода в първи контур или в обема на херметичната конструкция, все още са обект на изследвания. Основните източници на неопределеност по отношение на изхвърлянията, както са представени в таблица 9 на SSG-4, [6], са:
* неопределености свързани с повреждането на горивото и поведението на ХК;
* ефекти от работата на горивото (напр. дълбочина на изгаряне) върху относителния дял на радиоактивните продукти в горивната матрица;
* химични форми на летливите и полулетливите продукти;
* химични взаимодействия с горивото, поглътителите и структурните материали в процеса на деградация на горивото;
* скорост на отлагане на радиоактивните продукти и аерозолите върху повърхностите от първи контур или структурите на БОК;
* отлагане на радиоактивните продукти в тръбопроводите и други компоненти при байпас на ХК;
* освобождаване на радиоактивни продукти и аерозоли при взаимодействието на стопилката и бетона;
* химични реакции при взаимодействието на стопилката и бетона;
* взаимодействие между горенето на водорода или радикалите във фронта на горене и пренасяния във въздуха на радиоактивен материал (напр. възможно ресуспендиране на отложени радиоактивни продукти);
* ефективност на отмиване[[88]](#footnote-88) на аерозоли и пари във вода (напр. при струйно вихров кондензатор, ледoкондензатори и други);
* химични реакции на радиоактивните продукти, уловени във водни басейни;
* повторно изпаряване и ресуспензия на радиоактивни продукти от повърхности;
* химическо разлагане на аерозоли от радиоактивни продукти;
* изхвърляне на радиоактивни продукти в зависимост от големината на отказа на ХК, скорост на изхвърляне, относителен дял на изхвърлените радиоактивни продукти, химични реакции на йода.
  1. ВАБ ниво 2 следва да отразява най-съвременните познания за тежките аварии и за поведението на продуктите на делене. Оценката на неопределеността може да бъде извършена чрез провеждане на анализи на чувствителност за ключовите източници на неопределеност, които влияят върху резултатите от ВАБ ниво 2. Моделирането на неопределеностите може да бъде реализирано и директно в ДС на ТА (чрез разпределение на вероятността), ако това се позволява от използвания компютърен код.

### Документиране на анализа на изхвърлянията и категориите на изхвърляне

* 1. Общите резултати от анализа на изхвърлянията (маса на радиоактивните продуктите по групи, активност по изотопи или частта на радиоактивните продуктите спрямо началната им маса) се документират достатъчно ясно и детайлно, така че да се осигури лесна проследимост.
  2. Представят се атрибутите на изхвърлянията за всяка от дефинираните категории на изхвърляне, като се покаже връзката между атрибутите и получените резултати за изхвърлянията. Един от начините да се направи това е да се представят резултатите под формата на матрица.
  3. Изводите и заключенията, получени от количествената оценка на изхвърлянията на радиоактивните продуктите се дискутират в детайли. Резултатите от количествения анализ на чувствителност или анализа на неопределеност също следва да бъдат представени и обсъдени.

## ВАБ ниво 2 за площадката на ЯЦ

### Цели и обхват на ВАБ ниво 2 за площадката на ЯЦ

* 1. Целта на разработването на ВАБ ниво 2 за ЯЦ с няколко блока е да допълни ВАБ ниво 2 изследването за отделните блокове (SUPSA) на площадката по отношение на въпроси, които не са напълно разгледани. Сред въпросите, които представляват интерес, могат да бъдат:
* опасности, засягащи цялата площадка, особено последствията за системите за управление на риска от тежки аварии, надеждността на оборудването и човешките ресурси;
* свързани или общи КСК и ресурси между различните блокове;
* въздействие на последствията, предизвикани от един блок с протичаща тежка авария, върху останалите блокове.
  1. Наличието на модел на ВАБ ниво 1 за площадката (виж п.2.468 ÷ п.2.513 ) е предпоставка за разработването на ВАБ ниво 2 за площадката на ЯЦ с няколко енергийни блокове.
  2. За обосноваване на изборът на един или друг въпрос в анализа на ВАБ ниво 2 за площадката (като се разглеждат освен реакторите и басейните за отлежаване на касетите на площадката) се допуска използването на отсяващ (скрининг) анализ.
  3. Изборът на въпроси / аспекти на ВАБ ниво 2 за множество блокове следва да бъде такъв, че тяхното разглеждане да не предизвика прекомерна сложност при разработването на ВАБ ниво 2 за ЯЦ с няколко блока.

### Мерки за риска на площадката

* 1. Показателите на риска във ВАБ ниво 2 за площадката (MUPSA), като цяло, включват следните оценки:
* честота на голямо ранно изхвърляне на площадката (SLERF[[89]](#footnote-89)) - представлява честотата на площадко-година[[90]](#footnote-90) за авария, включваща голямо ранно изхвърляне, от един или повече реактора/БОК, или други съоръжения на площадката;
* честота на категориите на изхвърляне на площадката (SRCF[[91]](#footnote-91)) - представлява честотата на площадко-година за всяка отделна категория на изхвърляне за MUPSA ниво 2, като се има предвид изхвърляне от един или повече реактора/БОК на площадката. Тези категории на изхвърляне включват такива категории, които вече са дефинирани във ВАБ ниво 2 на един блок, както и категории за аварии, обхващащи няколко блока или съоръжения на площадката.

Тези показатели на риска се определят на ниво площадка и разглеждат както един, така и няколко реактора или съоръжения на площадката. Те са приложими независимо от източника, който се разглежда (например активна зона или БОК).

* 1. В зависимост от целите на ВАБ ниво 2 могат да бъдат разработени алтернативни показатели за риска, оценяван чрез ВАБ ниво 2, като се вземат предвид нежеланите крайни състояния само за няколко реактора/БОК или други съоръжения на площадката. Примери за такива показатели са:
* честота на голямо ранно изхвърляне от няколко блока (MULERF[[92]](#footnote-92)) - представлява честотата за площадко-година на авария, включваща голямо ранно изхвърляне при два или повече реактора или съоръжение на площадката;
* честота на категориите за изхвърляне от няколко блока (MURCF[[93]](#footnote-93)) - представлява честота за площадко-година на категория на изхвърляне, включваща два или повече блока;
* честота на категорията за изхвърляне от няколко източници (MSRCF[[94]](#footnote-94)) - представлява честотата за площадко-година, включваща два или повече източника на дадена площадка.

### Съображения за интерфейса между ВАБ ниво 1 и ВАБ ниво 2

* 1. По принцип методологията за групиране на последователностите в PDS за ВАБ за един блок може да се приложи към ВАБ ниво 2 на площадката. Атрибутите за PDS се адаптират, така че да могат едновременно да представят блоковете на площадката, като същевременно се ограничи сложността на модела. Степента на адаптиране на PDS зависи от идентифицираните въпроси за отразяване в площадковия или много блоковия ВАБ модел.
  2. PDS за аварии, включващи няколко блока следва да групират последователности от аварии, идващи от ВАБ от ниво 1 за площадката, които са еквивалентни по отношение на риска от изхвърляне, като се отчита паралелното развитие авариите на разглежданите енергийни блокове (скорост на развитие на аварията и наличие на системи за управление на риска).
  3. Последователностите, които водят до повреда на активната зона (ядреното гориво) на един блок следва да бъдат разграничени от тези, които водят до едновременната повреда на активната зона (ядреното гориво) на два и повече блока за съответната площадка, ако има такива.
  4. При дефиниране на атрибутите на PDS следва да се отчита състоянието на съседния блок и общите за блоковете системи, които имат отношение към протичането на тежката авария.

### Съображения за анализа на протичане на тежките аварии и оценката на целостта на херметичната конструкция

* 1. Съществуващите анализи за ВАБ ниво 2 за отделните енергийни блокове се използват, доколкото това е възможно, като основа при анализа на развитието на аварията и капацитета на ХК в контекста на ВАБ ниво 2 за площадката. Възможно е да са необходими допълнителни анализи на развитието на авариите в зависимост от различията в технологиите/проектите на блоковете на площадката и идентифицираните въпроси за допълване на отделните ВАБ ниво 2 за съответните блокове.
  2. Същите техники и инструменти могат да бъдат приложени за извършване на анализ на едновременното развитие на тежка авария на няколко блока, като се отчита наличието на системите за управление на тежки аварии, общите системи споделени между блоковете и способността на операторите да извършат необходимите действия.
  3. Основното съображение, което може да се различава от анализа за единични блокове, е възможността да има корелирани феномени, които да повлияят на развитието на тежката авария. Възможно е начинът, по който тези феномени се корелират при авария, протичаща на няколко блока едновременно, да повлияе върху времето и количеството на генерираните летливи радиоактивни продукти, отказите на херметичните конструкции и изхвърлянията в околната среда.

### Съображения за анализа на надеждността на КСК и на персонала

* 1. Препоръките за анализа на надеждността на КСК и на персонала, представени за един блок, са приложими и следва да се използват в оценката на ВАБ ниво 2 за площадката. Специфичните аспекти на ВАБ ниво 2 за площадката (напр. възстановяване след повреда на горивото, осигуряване на работоспособно на херметичната конструкция) налагат разглеждане на влиянието на състоянието на другите блокове на площадката, по отношение на наличните ресурси и осъществимостта на специфични действия на персонала.
  2. Взаимодействията между енергийните блокове от гледна точка на поведението на персонала или споделени системи (както положителни, така и отрицателни от гледна точка на риска) следва да са отчетени при разработването на модела на площадката за ВАБ ниво 1.
  3. Важно съображение в оценката на надеждността на персонала е да се идентифицират случаи, при които организацията на персонала на площадката зависи от общи екипи за реализиране на някои от действията, необходими за смекчаване на последствията от аварията (напр. една обща пожарна команда за площадката). В такива случаи следва да се оцени възможността тези действия да се осъществят паралелно на няколко блока.
  4. Третирането и отчитането на ООП в рамките на ВАБ ниво 2 на площадката следва същия подход като възприетия за ВАБ ниво 1 на площадката (виж п2.496 ÷ п.2.501).

### Вероятностен модел за площадката

* 1. Разработването на дърво на събитията на тежка авария за ВАБ ниво 2 за площадката се основава на представените по-горе препоръки за един блок. Аналогично на анализа за един енергиен блок, и тук следва да се взимат предвид общите системи между блоковете и влиянието на протичане на тежката авария на един блок върху останалите блокове на площадката.
  2. Тъй като броят на блоковете на една площадка може значително да увеличи сложността и размера на ДС за тежка авария, се допуска опростяване на моделите за отделните блокове преди комбинирането им. Това се налага и от факта, че всяка последователност от ниво 1, по дефиниция, води до множество последователности в ниво 2. Методите за опростяване при моделирането могат да включват, но не се ограничават до:
* обосновано изключване на изходните събития (или последователностите) с малък принос към риска;
* съсредоточаване първо върху онези изходни събития (или последователности), които могат да засегнат няколко блока на площадката едновременно (напр. пълна загуба на външно електрозахранване, пълна загуба на краен поглътител, външно наводнение, земетресение);
* групиране на сходни последователности от ниво 1 в един PDS и/или групиране на категориите на изхвърляне, за да се отчете общото представяне на последователността на аварията.

### Анализ на радиоактивните изхвърляния

* 1. Насоките, дадени за анализ на един енергиен блок, са валидни и при оценката на авария протичаща едновременно в повече от един блок.
  2. При анализа на количеството на изхвърляния и категориите на изхвърляния във ВАБ ниво 2 за площадка, следва да се вземат предвид малките и ранните изхвърляния от различни източници на площадката, тъй като те могат да станат значими, когато се обобщят при изчисляването на показателите на риска от голямо изхвърляне или голямо ранно изхвърляне за площадката.
  3. Желателно е да се опростят категориите за изхвърляния, когато се разглеждат множество блокове, за да се избегне експоненциално нарастване на потенциалните комбинации с ограничени ползи по отношение на получаването на информация за риска от ВАБ ниво 2 за площадката.
  4. Оправдано би било също да се намали допълнително общият брой на категориите на изхвърляния за ВАБ ниво 2 за площадката, като се вземе предвид относителният принос на отделната категория на изхвърляне спрямо конкретен показател, като например величина на изхвърляне, класове на категориите на изхвърляне по отношение на тяхната активност (т.е. Bq), честота и/или време. Например, ако конкретна комбинация от категории на изхвърляне се определя в голяма степен от приноса на една категория изхвърляне, може да се приложи инженерна оценка, за да се прецени дали е необходима допълнителна детайлност за целите на ВАБ ниво 2 за площадката в сравнение с анализа на един блок.
  5. По подобен начин може да се приложи скрининг и опростяване при разглеждането на аварийните последователности протичащи в РИ при ниски мощности, спрян блок или в БОК.
  6. Обобщаването и опростеното комбиниране на категориите на изхвърляне за различните съоръжения на дадена площадка може да бъде допълнително оценено въз основа на общото или различното в изхвърлянията от различните съоръжения.

Например независимо че, РИ и БОК могат да имат различни характеристики по отношение на горивото в тях, за да се улесни групирането им в една категория изхвърляния, могат да се определят изхвърлянията от всяко от съоръженията като превишаващи определена големина на изхвърляне.

### Интегриране на модела и количествена оценка на ВАБ ниво 2 за площадката

* 1. Процесът на интегриране и получаване на количествени оценки за ВАБ ниво 2 за площадката се основава на подхода, използван при ВАБ ниво 2 за един енергиен блок. В случай на свързване на моделите на ВАБ от различни блокове в един общ, интегриран модел на ВАБ, основният проблем би бил усложняването от допълнителните крайни състояния на ДС, категориите изхвърляния и комбинациите, разгледани по-горе. Може да се очаква, че за получаване на количествена оценка ще се наложи допълнително обобщаване и скрининг, за да се получи управляем брой групирани последователности за анализ във ВАБ ниво 2 за площадката, които отчитат ефекта от множество блокове.

### Документиране на ВАБ ниво 2 за площадката

* 1. В допълнение, към дадените вече препоръки за анализа на един блок, документирането на анализа на ВАБ ниво 2 за площадката следва да отрази всички детайли по приетите допускания, ограничения и опростявания. Също така, представя се детайлна информация за взаимовръзките между блоковете, последствията от едновременното протичане на авария на повече от един блок или на всички едновременно, спецификите при моделиране на действията на персонала и системите.
  2. По-специално, в документацията могат да се включат следните съображения:
* времето за изхвърляне от различните блокове, които имат еднакви и различни категории на изхвърляне;
* моделирането на феномените, които влияят върху модела на MUPSA за ниво 2;
* неопределеността, свързана с анализа на изхвърлянията, включително времето на изхвърляне и ефектите или опростяването при получаване на категориите на изхвърляне.

## Количествена оценка и анализ на резултатите от ВАБ ниво 2

### Подход за интегриране

* 1. Вероятностната количествена оценка във ВАБ ниво 2 се извършва с помощта на подходящ компютърен код, който е напълно валидиран и проверен. Повечето компютърни кодове, използвани за ВАБ ниво 1, са подходящи и за анализ за ВАБ ниво 2. При извършването на тези анализи ползвателите на кодовете следва да имат достатъчен опит в моделирането, да познават подробно спецификите на развитието на тежка авария и да разбират ограниченията на кода. Ограниченията на програмите или метода за количествена оценка е необходимо да бъдат описани.
  2. При използване на един и същи компютърен код за вероятностните модели е възможно моделите на ВАБ ниво 1, интерфейса между ВАБ ниво 1 и ниво 2 и ДС на ТА да се свържат чрез автоматични връзки. Съответно, чрез подходящи техники на моделиране, крайните резултати за категориите на изхвърляне ще съдържат цялата информация от възникването на ИС, като получаването й се реализира автоматично. Във всички останали случаи, е необходимо тази информация да се трансферира ръчно по подходящ начин.
  3. Преди да се извърши количествената оценка, модела се проверява за наличие на логически цикли[[95]](#footnote-95). Ако съществуват такива цикли, прекъсването им е предварително условие за количественото пресмятане.
  4. Всички препоръки за интегрирането и количествените оценки за РИ са приложими и към анализа на БОК. За да се моделират правилно зависимостите от общите системи, ВАБ моделите за РИ и за БОК се интегрират, по начин който позволява коректна оценка на тези последователности. Това е особено важно за изходните събития, които засягат едновременно РИ и БОК (по-специално за ЯЦ с БОК разположен в обема на херметичната конструкция).

### Изисквания към количествените пресмятания

* 1. Най-общо, количествените резултати от ВАБ ниво 2 включват:
* честоти на PDS – извършва се в анализа на интерфейса между ВАБ ниво 1 и ниво 2;
* честоти на категории на изхвърляне;
* честоти на целевите показатели (още показатели на риска[[96]](#footnote-96)) – тук могат да се включат:
* честота на голямо ранно изхвърляне за един блок – LERF;
* честота на голямо изхвърляне за един блок – LRF;
* честота на голямо ранно изхвърляне за площадката – SLERF;
* честота на голямо изхвърляне за площадката – SLRF;
* принос на PDS или на група ИС (когато моделите на ВАБ ниво 1 и ниво 2 са свързани) към всяка категория на изхвърляне;
* списък с минималните сечения и техните честоти (когато модела на ВАБ ниво 2 използва ДО) или сценариите и техните честоти (когато модела на ВАБ ниво 2 използва само ДС);
* принос на доминиращите последователности (феномени, откази на оборудване, грешки на оператора, ООП и т.н.) за съответната категория на изхвърляне или целеви показател;
* резултати от анализи на чувствителност и неопределеност;
* резултати от анализ на значимост.
  1. Показателите на риска или целевите показатели, които са обект на количествените пресмятания, се дефинират в целите и обхвата на ВАБ ниво 2.
  2. За ограничаване на времето на пресмятане, се въвеждат съответните граници на отсичане[[97]](#footnote-97) на получения резултат, чрез специфициране на отсичащи честоти или други подобни техники. Стойностите на отсичащите честоти се избират, така че сумата от честотите на минималните сечения с по-ниска честота от отсичащата да имат незначителен принос към изчисляваната честота, например честота на конкретна категория на изхвърляне. Подходът за избор на отсичаща честота, обикновено, е итеративен като при всяко намаляване на отсичащата честота полученият резултат се сравнява с предходния и се търси тази стойност на отсичане, при която разликата в резултатите между две стойности на отсичащата честота е незначителна. Например, за значимите категории на изхвърляне може да се счита за незначителна разлика, когато намаляването на отсичащата честота води до изменение в резултата по-малко от 5%.
  3. Когато различни събития, моделирани във ВАБ ниво 2, зависят от общи или сходни параметри, ефектът от корелацията, произтичащ от тези параметри, се моделира, освен ако не е представена обосновка, че корелацията е незначителна или е адекватно обхваната. Ако се използва последният подход за обхващане, то се предоставя обосновка, че реалистичността на моделите не е компрометирана.

### Преглед на резултатите

* 1. Извършва се преглед на резултатите, за да се потвърди тяхната коректност. Добра практика е да се извърши преглед на причините, поради които профила на риска е подобен или различен от този на подобни централи, доколкото това е практически възможно предвид наличието на резултати за подобни централи.
  2. Проверява се, че аварийните последователности или минималните сечения получени във ВАБ ниво 1 са правилно разпространени в структурата ДС на ТА и коректно отнесени в съответните категории на изхвърляне. Допълнително се проверява, че минималните сечения (или последователностите), представляващи комбинации от ИС, откази на оборудване, действия на персонала и феномени, които се очаква да водят до отказ на херметичната конструкция, са налични в списъка с минималните сечения. Компютърният код следва да може да пресмята коректно успешните клонове в ДС на ТА, т.е. третирането на успешните клонове в ДС да дава достатъчно коректни резултати и подходът, който е избран да е обоснован, особено за върховите събития с големи стойности на вероятностите.
  3. В случаите, при които е използванa последваща обработка[[98]](#footnote-98) на резултатите, например за изтриване на взаимно изключващи се събития[[99]](#footnote-99) или за включване на действия по възстановяване, резултатите се проверяват за коректност след прилагането й.
  4. С цел верифицирането на коректността на резултатите от ДС на ТА, сумата от всички категории на изхвърляне се сравнява (валидира) спрямо сумата от честотите на повредата на активната зона и горивото. При наличие на значителни отклонения, причините за тези отклонения се дискутират и обосновават.

### Документиране на резултатите от ВАБ ниво 2

* 1. Процесът на получаване на количествените оценки от ВАБ ниво 2 се документира детайлно, така че да могат бъдат възпроизведени от независим проверяващ. С достатъчно ниво на детайлност са описани всички настройки, апроксимации, отсичащи честоти и други.
  2. Детайлно се представят всички резултати получени от количествените оценки, което като минимум включва:
* минимални сечения (последователности) с техните честоти и базови събития;
* стойности на значимостите на базовите събития;
* стойности на значимостите на съответните групи компоненти или базови събития;
* принос на значимите последователности за съответните категории на изхвърляне и целевите показатели.
  1. Резултатите за различните групи ИС и/или състояния на ЯЦ се обобщават, така че да бъдат консистентни с обхвата на ВАБ ниво 2, като например:
* резултати при работа на пълна мощност;
* резултати при работа на ниски мощности и спрян блок;
* резултати за индивидуални групи ИС;
* резултати за външни или вътрешни опасности при работа на мощност или при ниски мощности и спрян блок;
* резултатите за БОК;
* резултати за отделните POS.
  1. Резултатите от анализите на неопределеност и чувствителност осигуряват висока степен на увереност, че общите заключения, получени от ВАБ ниво 2, са валидни. Включено е обобщение на резултатите от ВАБ на ниво 2 придружени с тяхната интерпретация. Това обобщение е достатъчно, за да могат ВАБ специалистите и такива, които не са ВАБ специалисти, да получат ясна представа за риска от определените категории радиоактивни изхвърляния, откъде произтича риска и кои са най-значимите неопределености. Представено е обяснение за причините, поради които резултатите от ВАБ ниво 2 се считат за валидни въпреки установените неопределености.

### Анализи на неопределеност

* 1. Аналогично на п.2.534, в анализа на неопределеност по отношение на ВАБ ниво 2 е необходимо да се разгледат и коментират следните източници на неопределеност:
* неопределеност поради непълнота на изследването – третира невъзможността ВАБ ниво 2 изследването да оцени всички възможни сценарии (последователности), които могат да доведат до реализиране на изхвърляне на радиоактивни продукти в околната среда. Тази неопределеност се генерира още във ВАБ ниво 1 при дефиниране на ИС и се разпространява във ВАБ ниво 2, тъй като не може да се гарантира, че този процес е завършен и че всички възможни сценарии са идентифицирани и правилно оценени.

Общото разбиране е, че тази неопределеност е трудно да се оцени количествено и съответно не може да се третира директно чрез техниките на ВАБ.

* неопределеност на неопределеност, за която по отношение на ВАБ ниво 2 следва да се разгледат следните източници:
* загуба на детайлност поради обобщаване - третира неопределеността произтичаща от опростяванията чрез обобщаване, които се въвеждат в изследването с цел последното да бъде изпълнено с разумни усилия и в разумни срокове. Такива обобщавания се правят като минимум в няколко стъпки от изпълнението на ВАБ ниво 2, например при групирането на последователностите (минималните сечения) от ВАБ ниво 1 в PDS групи и в последствие при групирането на последователностите от ДС на ТА в категории на изхвърляне. Аналогично на предходния тип, и тази неопределеност е невъзможно да се избегне и е трудно да бъде оценена количествено. За намаляването й, подходите за групиране в рамките на ВАБ ниво 2 следва да бъдат подробно обяснени, обосновани и добре документирани, като могат да бъдат проведени подходящи анализи на чувствителност, чрез които да се оцени влиянието на тази неопределеност върху реакцията на ЯЦ.
* Неопределеност от липса на знания – третира липсата на познания за конкретен феномен или събитие, ограниченията, свързани с възпроизводимостта на реалните условия на тежката аварията чрез експерименти, и приложимостта на методите, моделите, допусканията и приближенията, използвани при оценката на тези процеси и отделните задачи за анализ. Този източник на неопределеност се въвежда директно в модела на ВАБ ниво 2, чрез присвояване на условни вероятности, изразяващи увереността на аналитика за реализирането на един или друг изход от дадено върхово събитие.
* параметрична неопределеност – третира невъзможността да се определи с точност стойността на вероятностните параметри използвани във ВАБ ниво 2, като честота на отказ на оборудване, честота на аварийните последователности и т.н. Този е източникът на неопределеност, който се адресира количествено в анализа на неопределеност, чрез разработване на функции на разпределение за всички параметри и анализи на чувствителност или чрез разпространението им в целия модел.

За всяка стойност в рамките на диапазона от стойности, която параметъра с неопределеност може да получи, се присвоява вероятност, като по този начин се генерира плътността на разпределение или функцията на разпределение. Субективните оценки, отразени във функциите на разпределение (или плътността на разпределение) за параметрите с неопределеност, следва да бъдат подкрепени с данни, анализи и изводи от публични анализи и да бъдат подложени на независимата проверка.

* 1. Наличието на твърде много източниците на неопределеност във ВАБ ниво 2 не позволява цялостна оценка на всички източници. Опитът показва, че ефектите върху неопределеността от някои източници са по-големи и са доминиращи в сравнение с ефектите на неопределеността от други източници. Следователно, практично е общата неопределеност на резултатите от ВАБ ниво 2 да бъде оценена, като се изберат доминиращите източници на неопределеност, които да се разгледат подробно, т.е. да се даде количествена оценка на неопределеността.

За оценка на неопределеността е общоприето да се прилагат следните два метода:

* анализ на чувствителност;
* анализ на параметрична неопределеност.
  1. Неопределеностите се разпространяват, за да се генерират граници на неопределеност на резултатите от категориите на изхвърляне и целевите показатели. Разпространението на неопределеността включва както неопределеностите от ВАБ ниво 1, така и тези от ниво 2.
  2. Във ВАБ моделите могат да се използват вероятности за събития, които представляват случайни събития (параметрична неопределеност), и вероятности за събития, които представляват неопределеността в резултатите от детерминистичните анализи (моделната неопределеност). Разграничението между тези видове събития се отчита при разпространението на неопределеността и разпределенията на неопределеността се определят по метод, който е подходящ за вида на събитието.
  3. Методите за получаване на параметричната неопределеност са в съответствие с методите, използвани във ВАБ ниво 1. Отклоненията от методите използвани във ВАБ ниво 1 или несъответствията с тях се описват и обосноват.

Аналогично на п.2.540, практиката е да се използват симулационни техники, основани на прости случайни извадки (Монте Карло[[100]](#footnote-100)) или на стратифицирани процедури за обработване на статистически извадки (Латински хиперкуб[[101]](#footnote-101)).

* 1. Методът за получаване на моделната неопределеност при генериране на разпределенията на неопределеността, отчита информацията за неопределеността в моделирането, използвана за генериране на средните оценки за тези събития. Присвоеното разпределение е в съответствие с това моделиране.
  2. Резултатите от анализа на неопределеност се анализират внимателно и се използват за постигане на увереност в заключенията направени във ВАБ ниво 2. Препоръчва се резултатите да се представят чрез хистограми, плътности или функции на разпределение на вероятността или в таблична форма, показващи различните квантили[[102]](#footnote-102) на изчислените неопределености, заедно с оценките на средната и медианата стойност на вероятностните разпределения.

### Анализ на значимост

* 1. Показателите на значимост, които компютърните програми за ВАБ като правило оценяват са дадени в п.2.542. Показателите за значимост могат да бъдат получени за базови събития, групи от базови събития, системите за безопасност, групите от изходни събития, феномени и т.н. се изчисляват и използват при интерпретиране на резултатите от ВАБ ниво 2.

Показателите за значимост обикновено са съсредоточени върху приноса към честотата на отказите на херметичната конструкция, честотата на ранните изхвърляния и честотата на големите изхвърляния, като интерес могат да представляват и други потенциални крайни състояния. Тези показатели могат да бъдат по-специфични или да обхващат повече от един режим на работа или състояние на блока / ЯЦ.

* 1. Различните мерки за значимост дават информация за това кои основни събития и т.н. допринасят най-много за текущата оценка на риска (значимост по Fussell-Vesely, по стойност за намаляване на риска), кои допринасят най-много за поддържане на нивото на безопасност (стойност за нарастване на риска) и по отношение на кои основни събития резултатите са най-чувствителни (коефициент на Birnbaum). Чрез тези коефициенти може да се идентифицират областите от проекта или експлоатацията, за които са необходими подобрения.

### Анализ на чувствителност

* 1. Анализът на чувствителност, специфичен за параметър/събитие/феномен, може да се използва като допълнение за получаване на по-изчерпателен анализ на неопределеността. Анализът на чувствителност е също и полезен инструмент за определяне на доминиращите източници на неопределеност. В случай че, анализът на чувствителност се използва вместо анализ на неопределеност, то се разработват съответните показатели, чрез които да се демонстрира влиянието на алтернативните модели или стойности на параметрите върху резултатите от ВАБ ниво 2.

### Анализ на резултатите от ВАБ ниво 2

* 1. Резултатите и изводите получени от количествената оценка на ДС на ТА се обобщават и детайлно дискутират.
  2. За да може да се извърши качествен и задълбочен анализ на резултатите, е необходимо да се извършат различни разрези, които в последствие да бъдат коментирани и анализирани. Такива разрези на резултатите могат да включват:
* разпределение на условните вероятности на всеки PDS за реализиране на конкретна категория на изхвърляне;
* разпределение на условните вероятности на механизмите на отказ на херметичната конструкция за реализиране на конкретна категория на изхвърляне или на целевите показатели;
* разпределение на условните вероятности на откази на оборудване, принос на POS, действия на оператора и т.н. за реализиране на конкретна категория на изхвърляне или на целевите показатели;
  1. Основните доминанти в честотата на категориите на изхвърляне (най-вече тези, които водят до големи изхвърляния) и в оценката на целевите показатели се идентифицират и детайлно се дискутират.
  2. Изводите и препоръките от ВАБ ниво 2 са в пряка зависимост от дефинираните в началото на изследването цели. В общия случай, водещите елементи при формиране на изводите от ВАБ ниво 2 и препоръките са нивото на безопасност на ЯЦ в смисъла на целевите показатели и баланса на профила на риска. Целта е да се определи дали целевите критерии са изпълнени или дали е необходимо да се осигурят допълнителни мерки или изменения в проекта за предотвратяване или смекчаване на тежка авария. Съответно, анализът на профила на риска идентифицира дали рискът е балансиран или са налице конкретни изходни събития, откази на оборудване, действия на оператора, механизми на отказ на ХК и т.н., които да имат значително по-висок принос спрямо останалите такива.
  3. В допълнение, изводите от ВАБ ниво 2 могат да включват:
* списък с идентифицирани уязвимости на проекта или на експлоатацията на ЯЦ;
* ключовите операторски действия за управление и смекчаване на последствията от тежка авария;
* ползите от различните системи предвидени за управление и смекчаване на последствията от тежка авария;
* области за възможни подобрения в експлоатацията или проекта на ЯЦ.
  1. На база на идентифицираните уязвимости, слабости в проекта или организацията, се предлагат коригиращи действия за отстраняване им. За всяка коригираща мярка, ако е възможно, се дава количествена оценка на изменението на риска (целевите показатели). В този смисъл, може да се извърши приоритизиране на предложените коригиращи мероприятия или изменения в проекта на ЯЦ.
  2. 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 (специфично за ЯЦ);
* има някакви идентифицирани проблеми (въпроси), които е необходимо да бъдат проучени в бъдеща програма (проекти) за изследване на тежките аварии.
  1. Препоръчва се заключенията да бъдат отчетливи и да отразяват не само основните общи резултати, но и да подчертават изводите, направени от анализа на неопределеност, свързани с феномените, моделите и данните, както и от допълнително извършени анализи (ако има такива). Влиянието на основните допускания, неопределеност и консерватизъм в използваните анализи и методи върху резултатите на ВАБ ниво 2 може да се демонстрира чрез анализи за чувствителност.

## Документация на ВАБ ниво 2

### Общи съображения

* 1. Основните цели на документацията на ВАБ ниво 2 са да отговаря на нуждите на нейните потребители и да бъде подходяща за специфичните приложения на ВАБ ниво 2. Възможните потребители на резултатите от ВАБ ниво 2 включват:
* експлоатационната организация (ръководен и експлоатационен персонал);
* проектанти и доставчици;
* проверяващи;
* регулаторни органи и лица или организации, които им предоставят техническа помощ;
* други държавни органи;
* обществеността.
  1. Някои части от документацията могат да бъдат предназначени за използване в рамките на експлоатационната организация, докато други части от документацията могат да бъдат предназначени за по-широка аудитория. Характерът и обемът на информацията включена в документацията за широката аудитория в сравнение с тази, предназначена за ВАБ специалисти, се установят в съответствие с политиките, определени в експлоатационната организация, като процеса на вземане на решения може да включва екипа на ВАБ и ръководството на проекта за ВАБ ниво 2.
  2. Документацията на ВАБ ниво 2 може да включва работни файлове, входни и изходни данни от компютърни модели, кореспонденция, междинни отчети, вътрешни отчети и референтни отчети, които може да са или да не са допълнения към отчета за анализ на безопасността. Документацията на ВАБ ниво 2 като цяло следва да бъде пълна, добре структурирана, ясна и лесна за проследяване, т.е. редът на поява на анализа в окончателната документация да следва, доколкото е възможно, реда, в който той е бил действително извършен.
  3. Документацията на ВАБ ниво 2 съдържа цялата необходима информация за възстановяване на резултатите от изследването. Резултатите от вътрешни прегледи, одити и партньорски проверки, свързани с изследването, са документирани и предоставени за справка като част от документацията за ВАБ ниво 2 или като част от вътрешните отчети. Предоставена е достатъчно информация, за да се постигнат целите на изследването и да се подкрепят нуждите на потребителите на ВАБ ниво 2.
  4. Ако се предполага непрекъснато обновяващ се ВАБ[[103]](#footnote-103), в съответствие с изисквания 12 и 24 на GSR част 4 (Rev.1) [5], документацията на ВАБ ниво 2 следва също така да улесни последващото му усъвършенстване, актуализиране и поддържане по отношение на промените в конфигурацията на ЯЦ, научния напредък в областта, интегрирането на нови теми, използването на подобрени модели, разширяването на обхвата на конкретния ВАБ ниво 2 и използването му за алтернативни приложения.
  5. В документацията се включват всички допускания, ограничения, изключвания (скрининг) и специфични характеристики на изследването, използвани за разширяване на обхвата и интерпретация на резултатите.
  6. В документацията, във вид на приложения или като вътрешни отчети, се представя проследима и подлежаща на проверка информация за изчисленията извършени във ВАБ ниво 2, включително междинни анализи, обосновки за вероятностните оценки, предположения и подкрепящи изчисления. Това е много важно за възстановяване и актуализиране на всеки детайл от анализа в бъдеще или за улесняване на независимия преглед на ВАБ ниво 2.
  7. Специфичните препоръки към документацията на отделните части са представени към съответната част.

### Организация на документацията

* 1. Като цяло препоръките за организацията на документацията по ВАБ ниво 1, представени в това ръководство, са приложими и за ВАБ ниво 2. Поради това, тук се акцентират препоръките специфични за ВАБ ниво 2. Документацията може да се организира в следните типове отчети:
* Обобщаващ отчет;
* Основен отчет;
* Приложения към основния отчет.
  1. Обобщаващият отчет предоставя общ преглед на мотивите, целите, обхвата, предположенията, резултатите и заключенията от ВАБ ниво 2, както и потенциалните въздействия върху проектирането, експлоатацията и поддръжката на ЯЦ.
  2. В обобщаващия отчет се представя и изложение на съдържанието на основния отчет, за да се насочат проверяващите към разделите, в които са включени допълнителни подробности и анализи, свързани с развитието на тежки аварии, надеждността на персонала и на оборудването, анализите, обосноваващи капацитета на херметичната конструкция и други части от изследването.
  3. Обобщаващият отчет може да включва подраздел за структурата на отчета, в който да се представят кратки описания на съдържанието на разделите на основния отчет и на отделните приложения. В този подраздел е подходящо да се коментират и връзките между различните части на ВАБ ниво 2.
  4. Основният отчет, заедно с приложенията към него, следва да:
* осигурява техническия преглед на ВАБ ниво 2;
* осигурява ключова, подробна информация на заинтересованите потребители;
* да позволи ефективното и разнообразно прилагане на моделите и резултатите от ВАБ ниво 2;
* да улеснява актуализирането на моделите, данните и резултатите с цел подпомагане на непрекъснатото управление на безопасността на ЯЦ.
  1. Основният отчет съдържа, ясно и в проследим вид, цялостното изследване на ВАБ ниво 2, включително:
* описание на ЯЦ, чрез съответните й характеристиките, имащи отношение към изследването;
* целите, обхвата и подхода на изследването;
* използваните методи и данни;
* групирането на аварийните последователности от ВАБ ниво 1 и анализираните PDS, както и критериите за скрининг на окончателния набор от PDS (ако е прилаган такъв);
* допусканията и резултатите, свързани с анализа на протичане на тежки аварии, по отношение на моделирането на феномените, анализа на якостта на херметичната конструкция, моделирането на надеждността на персонала и системите, ДС на ТА, анализа на изхвърлянията;
* подходите, допусканията и ограниченията при получаване на количествените оценки от вероятностните модели;
* резултатите и заключенията от проучването на ВАБ ниво 2, документиращи категориите на изхвърляне, показателите на риска и анализите на неопределеност, чувствителност и значимост.
  1. Приложенията към основния отчет, в които, обикновено, се представя детайлна информация за данни, изчисления или детайлно описание на модел, се структурират така, че да съответстват пряко на разделите и подразделите на основния доклад, доколкото това е възможно.

# Осигуряване на качеството

## Общи съображения

* 1. Съгласно общата практика, [14], [16] и изискванията на Чл. 79, ал. 4 на [1], ВАБ следва да се извършва, документира и поддържа в актуално състояние в съответствие с изискванията на Система за управление на качеството на експлоатиращата организация.

Осигуряването на качеството на ВАБ се разглежда като неразделна част от разработването му. В контекста на едно ВАБ изследване, под подходящо качество се разбира краен продукт, който е правилен и използваем, и който отговаря на целите и обхвата на ВАБ. Целите и отговорностите по качеството се осъществяват чрез планиране на качеството, гарантиране на качеството, контрол и подобряване на качеството в рамките на утвърдена Програма за управление на качеството на ВАБ изследването.

* 1. Изпълнението на ВАБ следва да се основава на съвременна и доказана методология, като се вземе предвид наличния международен опит. За постигане на необходимото качество се препоръчва утвърждаване на методологичния подход и аналитичните методи чрез разработване на подходящите технически процедури или инструкции за изпълнение на основните задачи на ВАБ.

Всяка от техническите процедури следва да обхваща целия процес за изпълнение на съответната задача като определя приложимите стандарти, представя детайлна методика за анализ, определя необходимите входни данни и подхода за тяхната верификация, както дефинира приложимите допускания и ограничения. Където е необходимо, взаимодействието с останалите задачи на ВАБ следва да бъде надлежно застъпено.

* 1. Процедурите по качеството е необходимо да осигуряват контрол на основните дейности по отношение на организация и разпределение на отговорностите, техническа дейност и документиране.

По отношение на изпълнението на отделните технически задачи, процедурите за осигуряване на качеството се фокусират върху контрола и независимата проверка на елементите, осигуряващи свързаност между цели, обхват, методи, допускания, както и коректност при прилагане на отделните методи и количествените пресмятания.

Проверките по изпълнение на основните задачи следва да се възлагат на компетентни специалисти, неучастващи пряко в изпълнение на дейностите. Резултатите от проверките и изпълнените коригиращи действия се документират и съхраняват като част от общите записи за ВАБ.

* 1. Екипът, който разработва ВАБ (или актуализира предишен такъв), следва да бъде формиран от експерти, притежаващи необходимия практически опит, аналитични умения и задълбочени познания за методите на ВАБ. Съгласно Чл. 60, ал.4 на [1], експертите, разработващи компютърните модели следва да са преминали подходящо обучение за работа със съответните програмни продукти.
  2. Експлоатиращата организация (лицензиантът) е необходимо да участва пряко в разработването, актуализирането и използването на ВАБ, както и да преглежда и одобрява документацията на ВАБ изследването.
  3. Така наречената „дата на замразяване“ (т.е. датата, към която състоянието на проекта и експлоатационните характеристиките на ЯЦ са взети предвид при разработването на модела на ВАБ) следва да бъде изрично посочена.

## Използване на компютърни кодове

* 1. В съответствие с Чл.60 ал.1 и ал. 2 на [1], както и в съответствие с [5] и [7], компютърните програми, използвани за осъществяване на ВАБ изследването е необходимо да са верифицирани и валидирани.

Компютърните програми следва да се използват само в областите на приложение, за които са валидирани. При прилагане на различни програмни продукти следва да се гарантира последователност и възпроизводимост на резултатите.

Необходимо е да се отбележи, че верифицирането и валидирането на компютърните програми, използвани за анализ на тежки аварии може да бъде сериозно затруднено с оглед на ограниченото наличие на експериментални данни, приложими към проекта на изследваната ЯЦ. Въпреки това, съответните съображения относно приложимостта на получените резултати следва да бъдат представени, както да се предвидят съответния обем анализи на чувствителност, позволяващи минимизиране на неопределеността.

* 1. Ограниченията на програмите или метода за количествена оценка е необходимо бъдат описани.
  2. Използването на утвърдени специализирани програмни продукти е препоръчително, за да се гарантира, че заложените в тях уравнения и алгоритми за обработка на данните са коректни спрямо реалните физически процеси и математически операции.

В процеса на изграждане на моделите на ВАБ ниво 1 и ниво 2 са необходими резултати от различни анализи, напр. термични хидравлични анализи, анализ на структурната цялост на КСК, анализи на тежки аварии и други. Количествената оценка на вероятностните модели сама по себе си изисква използването на различни алгоритми за определяне на минимални сечения и тяхното количествено определяне. Следователно, адекватността на използваните количествени методи и алгоритми следва максимално реалистично да представят реалните процеси и да осигуряват минимална погрешност на резултатите.

* 1. За да се осигури, че компютърните програми са използвани в границите на тяхната приложимост се препоръчва основните въпроси, свързани с използването им да бъдат определени в рамките на цялостната система за осигуряване на качеството на ВАБ.
  2. Изборът на подходяща компютърна програма за целите на разработване на вероятностните модели следва да се базира на следните фактори:
* капацитет за изграждане на големи и сложни логически модели, и обработка на големи масиви от данни;
* генериране на минимални сечения чрез прилагане на булева редукция;
* бързина на пресмятане;
* функционални възможности за провеждане на анализ на значимост, неопределеност, редактиране на минималните сечения и други;
* съвместимост с други програми, използвани в изследването.

## Независими проверки

* 1. В съответствие с Чл. 71, ал.1 на [1], [7], **Error! Reference source not found.**[8] и [16]÷[20], ВАБ следва да е преминал независима проверка преди неговото използване или представяне за регулаторен преглед.

Целта на независимата проверка е да се осигури увереност в техническата адекватност на ВАБ изследването и неговото съответствие на текущите международно признати добри практики за разработване на ВАБ.

* 1. Независимата проверка следва да се извършва от експерти с подходяща квалификация и опит, които не са участвали в разработването на ВАБ.

Съгласно [7] и [8], честа практика е експлоатиращата организация да възлага извършването на независимата проверка на външен орган или друга организация, различна от изпълнявалата изследването.

* 1. Резултатите от независимата проверка следва да се третират като интегрална част от документацията по ВАБ

## Поддържане на ВАБ в актуално състояние

* 1. Съгласно Изискване 24 на [5] и Чл. 88 на [1] експлоатиращата организация следва да извършва периодичен преглед на всички аспекти на безопасността на енергийните блокове и ЯЦ като цяло, за да определи съответствието й с лицензионната основа, с действащите изисквания и стандарти по безопасност и с международно признатите добри практики.
  2. По време на експлоатацията на ЯЦ, често се правят модификации в проекта на КСК или промени в експлоатационните изисквания, които могат да окажат влияние върху нивото на оценения за ЯЦ риск. Затова, в съответствие с препоръките и изискванията на [1], [5]÷ [8], [14]÷ [16] ВАБ следва да се поддържа актуален през целия жизнен цикъл на ЯЦ, за може да бъде използван адекватно в процеса на взимане на решения.
  3. Поддържането на "актуален ВАБ" се постига чрез периодична актуализация на ВАБ, свързана с обновяване и допълване на модела с оглед на реализираните изменения в проекта или в експлоатационната практика, натрупаните данни от експлоатацията, утвърждаването на нови подходи и методи за анализ.
  4. Актуализацията на ВАБ следва да се извършва толкова често, колкото е необходимо, за да бъде гарантирано, че моделът отразява адекватно текущото състояние на ЯЦ. В съответствие с [2] и [15] периодичността на актуализацията на ВАБ може да се основава на следните принципи:
     1. За ВАБ ниво 1:
* пълна ревизия и актуализация на ВАБ ниво 1 следва да се провежда в рамките на Периодичен преглед на безопасността или да се базира на неговите заключения. В рамките на тази актуализация следва да се отчитат промени в изискванията, стандартите или утвърдените нови методи и техники. При пълна ревизия на ВАБ ниво 1, отчетната документацията цялостно се преиздава;
* най-малко веднъж на всеки 5 години с цел отчитане на натрупаните данни от експлоатацията. В случай, че за съответния период са регистрирани модификации с потенциал за значително кумулативно влияние върху безопасността, то те също могат бъдат обект на отразяване при актуализацията на ВАБ. В този случай, отчетната документация на ВАБ, подлежаща на преиздаване се определя от реализираните промени в модела;
* независимо от горните условия, актуализация на ВАБ може да бъде проведена, ако са изпълнени модификации, за които се очаква, че единично или кумулативно могат да доведат до изменение на средната честота на повреда на активната зона или средната честота на повреда на горивото в БОК, възлизащо на повече от 10%, [13], [15], [18] и [23].
  + 1. За ВАБ ниво 2:
* пълна ревизия и актуализация на ВАБ ниво 2 следва да се провежда в рамките на Периодичен преглед на безопасността или да се базира на неговите заключения. Аналогично на ВАБ ниво 1, в рамките на тази актуализация освен натрупаните данни за ЯЦ се отчитат и промени в изискванията, стандартите или утвърдените нови методи и техники. Тази актуализация на ВАБ ниво 2 следва да бъде съпроводена с цялостно преиздаване на отчетна документация;
* актуализирането на ВАБ ниво 2 извън обхвата на Периодичния преглед на безопасността подлежи на обсъждане с Регулиращия орган и зависи от естеството на отделни модификации, натрупаните експлоатационни данни, както и натрупаното изменение в резултатите на ВАБ ниво 1.

# Списък на съкращения

|  |  |
| --- | --- |
| АВЕО | Анализ на вида и ефекта на отказите |
| АЯР | Агенция за ядрено регулиране |
| БОК | Басейн за отлежаване на касети (отработило ядрено гориво) |
| БПУ | Блочен пулт за управление |
| ВАБ | Вероятностен анализ на безопасността |
| ВЧГ | Вероятност за човешка грешка |
| ГП | Грешка на персонала |
| ДО | Дърво на отказите |
| ДС | Дърво на събитията |
| ДС на ТА | Дърво на събитията на тежка авария |
| ИС | Изходно събитие |
| КСК | Конструкции, системи и компоненти |
| НОБЯЦ | Наредбата за осигуряване безопасността на ядрените централи |
| ОАБ | Отчет за анализ на безопасността |
| ОВК | Системите за отопление, вентилация и климатизация |
| ООП | Отказ по обща причина |
| ПАР | Пасивен автокаталитичен рекомбинатор |
| РИ | Реакторната инсталация |
| ПГ | Парогенератор |
| РПУ | Резервен пулт за управление |
| РУТА | Ръководство за управление на тежка авария |
| САОЗ НН | Система за аварийно охлаждане и заливане ниско налягане |
| СОАИ | Симптомно-ориентирана аварийна инструкция |
| ТА | Тежка авария |
| ТОЕ | Топлоотделящ елемент |
| ТОиР | Техническо обслужване или ремонт |
| ТОК | Топлоотделяща касета |
| ХК | Херметична конструкция |
| ЯЦ | Ядрена централа |
| ATWS | Anticipated Transient Without SCRAM |
| CCDP | Conditional Core Damage Probability |
| CCF | Common Cause Failure |
| CDF | Core Damage Frequency |
| CFDP | Conditional Fuel Damage Probability |
| EOC | Error of Commission |
| DCH | Direct Containment Heating |
| EF | Enhanced Fujita |
| EOC | Error of Commission |
| EOO | Error of Omission |
| FDF | Fuel Damage Frequency |
| FMEA | Failure Modes and Effects Analysis |
| FV | Fussell-Vesely |
| GSR | General Safety Requirements |
| HCLPF | High Confidence of Low Probability of Failure |
| HPME | High Pressure Melt Ejection |
| HSI | Human-System Interface |
| ISLOCA | lntersystem Loss of Coolant Accident |
| LBB | Leak Before Break |
| LERF | Large Early Release Frequency |
| LHS | Latin Hypercube Sampling |
| LOCA | Loss of Coolant Accident |
| LRF | Large Release Frequency |
| MCCI | Molten Core Concrete Interaction |
| MSRCF | Multi-Source Release Category Frequency |
| MUCDF | Multi-Unit Core Damage Frequency |
| MUFDF | Multi-Unit Fuel Damage Frequency |
| MULERF | Multi-Unit Large Early Release Frequency |
| MUPSA | Multi-Unit Probabilistic Safety Analysis |
| MURCF | Multi-Unit Release Category Frequency |
| PDS | Plant Damage State |
| PGA | Peak Ground Acceleration |
| PGV | Peak Ground Velocity |
| POS | Plant Operating State |
| PSA | Probabilistic Safety Analysis |
| PSF | Performance Shaping Factor |
| RAW | Risk Achievement Worth |
| RRW | Risk Reduction Worth |
| SCDF | Site Core Damage Frequency |
| SFDF | Site Fuel Damage Frequency |
| SLERF | Site Large Early Release Frequency |
| SLRF | Site Large Release Frequency |
| SRCF | Site Release Category Frequency |
| SSG | Specific Safety Guide |
| SSHAC | Senior Seismic Hazard Analysis Committee |
| ST | Source term |
| SUCDF | Single Unit Core Damage Frequency |
| SUPSA | Single Unit Probabilistic Safety Analysis |
| THERP | Technique for Human Error Rate Prediction |
| TSC | Technical Support Center |

# Препратки, използвани документи

1. Наредба за осигуряване безопасността на ядрените централи, изм., бр. 37 от 4.05.2018 г.
2. Ръководства по безопасност, Прилагане на вероятностния анализ на безопасността в управлението на безопасността на ядрените централи, РР - 6/2023, Агенция за ядрено регулиране, 2023
3. Safety of Nuclear Power Plants: Design, Specific Safety Requirements SSR-2/1 (Rev. 1), IAEA, Vienna, 2016
4. Safety of Nuclear Power Plants: Commissioning and Operation, Specific Safety Requirements SSR-2/2 (Rev. 1), IAEA, Vienna, 2016
5. Safety Assessment for Facilities and Activities, General Safety Requirements GSR Part 4 (Rev. 1), IAEA, Vienna, 2016
6. Development and Application of Level 2 Probabilistic Safety Assessment for Nuclear Power Plants, Specific Safety Guide SSG-4, IAEA, Vienna, 2010
7. Development and Application of Level 1 Probabilistic Safety Assessment for Nuclear Power Plants, Specific Safety Guide SSG-3 (Rev 1), IAEA, Vienna, 2024
8. Development and Application of Level 2 Probabilistic Safety Assessment for Nuclear Power Plants, Draft Specific Safety Guide DS528, IAEA, Vienna, 2023
9. IAEA, Technical approach to probabilistic safety assessment for multiple reactor units, Safety reports series No. 96
10. IAEA, Protection against internal hazards in the design of nuclear power plants, Specific Safety Guide No. SSG-64, 2021
11. IAEA, Multi-unit Probabilistic Safety Analysis, Safety reports series No. 110, 2023
12. Application of PSA for NPPs, IAEA-TECDOC-1200, International Atomic Energy Agency, Vienna, 2001
13. Attributes of Full Scope Level 1 Probabilistic Safety Assessment (PSA) for Applications in Nuclear Power Plants, IAEA-TECDOC-1804, IAEA, Vienna, 2016
14. Probabilistic Safety Analysis (PSA): Quality and Scope, Guideline for Swiss Nuclear Installations ENSI – A05\e, 2019
15. Probabilistic Safety Analysis (PSA): Applications, Guideline for Swiss Nuclear Installations ENSI – A06\e, 2015
16. WENRA Safety Reference Levels for Existing Reactors, Revision 2020
17. RHWG Report on Safety of new NPP designs, WENRA, 2013
18. Probabilistic Safety Analysis, Nuclear Safety Technical Assessment Guide NS-TAST-GD-030 Revision 7, ONR GUIDE, 2019
19. Probabilistic risk assessment and risk management of a nuclear power plant, Finish Nuclear Radiation and Safety Authority (STUK), Guide YVL A.7, 2019
20. Acceptability of probabilistic risk assessment results for risk-informed activities, Draft Regulatory Guide DG-1362, Proposed Revision 3 to Regulatory Guide 1.200, US NRC, 2020
21. Standard for Level 1/Large Early Release Frequency Probabilistic Risk Assessment for Nuclear Power Plant Applications, American Society of Mechanical Engineers, ASME/ANS RA-S-1.1–2022
22. Severe Accident Progression and Radiological Release (Level 2) PRA Standard for Nuclear Power Plant Applications for Light Water Reactors (LWRs), American Society of Mechanical Engineers, ASME/ANS RA-S-1.2-2014, 2015
23. An approach for using probabilistic risk assessment in risk-informed decisions on plant-specific changes to the licensing basis, Regulatory Guide 1.174, Revision 3, US NRC, 2018
24. Framework from Assessing Multi-Unit Risk to Support Risk-Informed Decision-Making, 3002020765, EPRI, June 2021
25. Guidelines for Performance of Internal Flooding Probabilistic Risk Assessment. EPRI 1019194, Electric Power Research Institute, Palo Alto, CA, 2009
26. Good Practices for Implementing Human Reliability Analysis (HRA), NUREG-1792, Final Report, U.S. Nuclear Regulatory Commission, Washington, D.C., April 2005
27. Evaluation of Human Reliability Analysis Methods. Against Good Practices, NUREG-1842, Final Report, U.S. Nuclear Regulatory Commission, Washington, D.C., September 2006
28. Establishing Minimum Acceptable Values for Probabilities of Human Failure Events: Practical Guidance for Probabilistic Risk Assessment. EPRI, Palo Alto, CA. 2010. 1021081
29. NSAC-60, Oconee PRA, A probabilistic Risk Assessment of Oconee Unit 3, 1984
30. Swain, A.D., and H.E. Guttmann, “Handbook of Human Reliability Analysis with Emphasis on Nuclear Power Plant Applications,” NUREG/CR-1278/SAND80-0200, Sandia National Laboratories for the U.S. Nuclear Regulatory Commission, Washington, DC, August 1983
31. 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
32. EPRI 3002000709. Seismic Probabilistic Risk Assessment Implementation Guide. Final Report, December 2013
33. EPRI 3002012994. Seismic Fragility and Seismic Margin Guidance for Seismic Probabilistic Risk Assessments. Final Report, September 2018
34. 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
35. Deterministic Safety Analysis for Nuclear Power Plants, Specific Safety Guide SSG-2 (Rev. 1), IAEA, Vienna, 2019
36. Status and Evaluation of Severe Accident Simulation Codes for Water Cooled Reactors, IAEA-TECDOC-1872, IAEA, Vienna, 2019
37. ASAMPSA2, 2013, WP2-3-4/D3.3/2013-35 IRSN-PSN/RES/SAG 2013-0177 Best-Practices Guidelines for Level 2 PSA Development and Applications, Volume 1 – General considerations on L2 PSA, Volume 2 – Best practices for the Gen II PWR, Gen II BWR L2PSAs. Extension to Gen III reactors, Volume 3 – Extension to Gen IV reactors, Raimond E. & al., Euratom
38. Khatib-Rahbar, M., et al., A probabilistic approach to quantifying uncertainties in the progression of severe accidents, Nucl. Sci. Eng. 102 (1989) 219
39. Budnitz, R.J., et al., Recommendations for Probabilistic Seismic Hazard Analysis: Guidance on Uncertainty and Use of Experts, Rep. NUREG/CR-6372, Lawrence Livermore Natl Lab., CA (1997)
40. NUREG-1563, Branch Technical Position on the Use of Expert Elicitation in the High-Level Radioactive Waste Program, J.P. Kotra, M.P. Lee, N.A. Eisenberg, A.R. DeWispelare, U.S. Nuclear Regulatory Commission, Washington DC 20555-0001 (1996)
41. Ortiz, N.R., et al., Use of Expert Judgment in NUREG-1150, Nuclear Engineering and Design, Volume 126, Issue 3, May 1991, pages 313-331
42. NUREG/CR-4551, Vol. 2, Part 1, Evaluation of Severe Accident Risks: Quantification of Major Input Parameters: Expert Opinion Elicitation on In-Vessel Issues. Harper, F.T. et al (1990)
43. NUREG/CR-4551, Vol. 2, Part 2, Evaluation of Severe Accident Risks: Quantification of Major Input Parameters: Expert’s Determination of Containment Loads and Molten Core Containment Interaction Issues. Harper, F.T. et al (1990)
44. Meyer, M.A., Booker, J.M., Eliciting and analyzing expert judgment: A practical guide, Rep. NUREG/CR-5424, Los Alamos Natl Lab., NM (1990)
45. OECD NUCLEAR ENERGY AGENCY, Evaluation of Uncertainties in Relation to Severe Accidents and Level-2 Probabilistic Safety Analysis, Rep. NEA/CSNI/R(2007)2, OECD, Paris (2007)
46. Theofanous, T., Yan, H., ROAAM: A risk-oriented accident analysis methodology, Probabilistic Safety Assessment and Management (Proc. Int. Conf. Beverly Hills, 1991), Elsevier Science, New York (1991) 1179
47. Harper, F.T., et al., Evaluation of Severe Accident Risks: Quantification of Major Input Parameters, Rep. NUREG/CR-4551, Vol. 2, Part 4, Sandia Natl Labs, NM (1991)
48. OECD NUCLEAR ENERGY AGENCY, Level 2 PSA Methodology and Severe Accident Management: 1997, Rep. NEA/CSNI/R(97)11, OECD, Paris (1997)
49. Sehgal, B.R., Accomplishments and challenges of the severe accident research, Nuclear Engineering and Design. 210 (2001) 79
50. Kress, T., Nourbakhsh, H., Assessment of Phenomenological Uncertainties in Level 2 PRAs, (OECD-NEA (2007))
51. NUREG/CR-6338, Resolution of Direct Containment Heating Issue for All Westinghouse Plants with Large Dry Containments or Subatmospheric Containments, Pilch, M., et al, February 1996
52. Pilch, M.M., Yan, H., Theofanous, T.G., The Probability of Containment Failure by Direct Containment Heating in Zion, Rep. NUREG/CR-6075, Suppl. 1, Sandia Natl Labs, NM (1994)
53. Rempe, J.L., et al., Light Water Reactor Lower Head Failure Analysis, Rep. NUREG/CR-5642, Idaho Natl Eng. Lab., ID (1993)
54. Chu, T.Y., et al., Lower Head Failure Experiments and Analyses, Rep. NUREG/CR-5582, Sandia Natl Labs, NM (1998)
55. Breitung, W., et al., Flame Acceleration and Deflagration-to-Detonation Transition in Nuclear Safety, State-of-the-Art Report by a Group of Experts, Rep. NEA/CSNI/R(2000)7, OECD, Paris (2000)
56. NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, Consequential SGTR Analysis for Westinghouse and Combustion Engineering Plants with Thermally Treated Alloy 600 and 690 Steam Generator Tubes, Final Report, NUREG 2195. USNRC, May 2018
57. Hering, C., et al, Status of Experimental and Analytical Investigations on Degraded Core Reflood, NEA/CSNI/R(2010)11
58. Hering, C., et al, Integration of New Experiments into the Reflood Map, Proceedings of the International Congress on Advances in Nuclear Power Plants, 2015 (pages 1420-1428)

# Определения

| Обозначение | Термин/определение | Описание |
| --- | --- | --- |
| CDF | Честота за повреда на активната зона | Честотата на повреда в активната зона (CDF) /гориво (FDF), количествено определена във ВАБ ниво 1 на енергиен блок, която е осреднена спрямо зависимите от времето аспекти на модела. Параметрите на модела отчитат средното поведение на системите в течение на една година, т.е. очакваните промени в конфигурацията на системите, извеждане на оборудване от експлоатация за извършване на тест или ремонт, реализиране на изходни събития и други аспекти, които всъщност могат да варират. |
| FDF | Честота за повреда на горивото |
| CCDP | Условната вероятност за повреда на активната зона | Това е условната вероятност за повреда на активната зона/горивото при настъпване на дадено изходно събитие. Изчислява се чрез задаване на честотата на дадено изходното събитие равна на 1 и пресмятане на модела на ВАБ за повреда в активната зона/горивото при условието, че изходното събитие е настъпило. |
| CFDP | Условната вероятност за повреда на горивото |
| FV | Коефициент на значимост по Fussell-Vesely | Показател на значимост, който измерва общия процентен принос на минималните сечения, съдържащи дадено базово събитие към всички генерирани минимални сечения.  FVi = F(i) / F(x), където   * F(i) – резултат, базиран само на минималните сечения, съдържащи базовото събитие i * F(x) – резултат от всички минимални сечения |
| HCLPF | Висока увереност за ниска вероятност за отказ | HCLPF изразява нивото на сеизмично въздействие, при което има висока увереност (95%) за ниска (≤ 5%) вероятност за отказ на компонент или структура. |
| LERF | Честота на голямо ранно радиоактивно изхвърляне | Честотата на голямо ранно радиоактивно изхвърляне се дефинира като очакван брой събития за един блок за календарна година с изхвърляне на повече от 1х1015 Bq I-131 в околната среда в рамките на 10 часа след повреда на активната зона или горивото. |
| LRF | Честота на голямо радиоактивно изхвърляне | Честотата на голямо радиоактивно изхвърляне се дефинира като очакван брой събития за един блок за календарна година с изхвърляне на повече от 1х1014 Bq Cs-137 в околната среда. |
| MSRCF | Честота на категорията за изхвърляне от няколко източници | Представлява честотата за площадко-година, включваща два или повече източника на дадена площадка. |
| MUCDF | Честота на повреда на активната зона на реактора на няколко блока | Честота за едновременна повреда на активната зона на два или повече реактора от многоблокова площадка, оценена спрямо календарна година на площадката (площадко-година). |
| MUFDF | Честота на повреда на горивото от няколко източници | Честота за едновременна повреда на горивото в два или повече източника на радиоактивност на площадката, оценена спрямо календарна година на площадката |
| MULERF | Честота на голямо ранно изхвърляне от няколко блока | Представлява честотата за площадко-година на авария, включваща голямо ранно изхвърляне при два или повече реактора или съоръжение на площадката. |
| MURCF | Честота на категориите за изхвърляне от няколко блока | Представлява честота за площадко-година на категория на изхвърляне, включваща два или повече блока. |
| PDS | Състояния с повреда на блока | Група от аварийни последователности, които имат сходно развитие на аварийните процеси във времето, сходно състояние на херметичната конструкция и системите на херметичната конструкция, и за които се очаква сходно развитие на тежката авария и изхвърляния на радиоактивност в околната среда. |
| POS | Експлоатационно състояние на енергийния блок | Стандартно състояние, при което основните параметри на енергийния блок и конфигурацията на системите могат да се приемат за постоянни, а изпълняваните дейности (основно тези с потенциал за ефект върху риска) са относително сходни. |
| RAW | Коефициент на нарастване на риска | Показател, който определя с колко би се увеличил общия резултат, ако вероятността за отказ дадено базово събитие е 1 (т.е. компонента е изведен за обслужване или е гарантирано отказал)  RAWi = F(1) / F(x), където   * F(1) – резултат, базиран от всички минимални сечения, при условие, че вероятността на базовото събитие i е равна на 1; * F(x) – резултат от всички минимални сечения при базови стойности на вероятностите за отказ |
| RRW | Коефициент на намаляване на риска | Показател, който определя с колко намалява общия резултат, ако вероятността за отказ на дадено базово събитие е 0 (т.е. никога не отказва)  RRWi = F(x) / F(0), където   * F(0) – резултат, базиран от всички минимални сечения, при условие, че вероятността на базовото събитие i е равна на 0; * F(x) – резултат от всички минимални сечения при базови стойности на вероятностите за отказ |
| SCDF | Честота на повреда на активната зона на площадката | Честота за повреда на активната зона на един или повече реактори от многоблокова площадка, оценена спрямо календарна година на площадката. |
| SFDF | Честота на повреда на горивото на площадката, | Честотата за повреда на горивото от един или повече източници на радиоактивност на площадка, оценена спрямо календарна година на площадката |
| SLERF | Честота на голямо ранно радиоактивно изхвърляне за площадка | Честотата на голямо ранно радиоактивно изхвърляне се дефинира като очакван брой събития за площадка за календарна година с изхвърляне на повече от 1х1015 Bq I-131 в околната среда в рамките на 10 часа след повреда на активната зона или горивото. |
| SLRF | Честота на голямо радиоактивно изхвърляне за площадка | Честотата на голямо радиоактивно изхвърляне се дефинира като очакван брой събития за площадка за календарна година с изхвърляне на повече от 1х1014 Bq Cs-137 в околната среда. |
| SRCF | Честота на категориите на изхвърляне на площадката | Представлява честотата на площадко-година за всяка отделна категория на изхвърляне за MUPSA ниво 2, като се има предвид изхвърляне от един или повече реактора/БОК на площадката. Тези категории на изхвърляне включват такива категории, които вече са дефинирани във ВАБ ниво 2 на един блок, както и категории за аварии, обхващащи няколко блока или съоръжения на площадката. |
| ST | Source term / радиоактивно изхвърляне | Количеството и изотопният състав на радиоактивния материал, който се освобождава (или се допуска, че се освобождава) от съоръжение. |
| SUCDF | Честота на повреда на активната зона на реактора на един енергиен блок | Честота за повреда на активната зона само на един реактор от многоблокова площадка, оценена спрямо календарна година на площадката. |
| βR |  | βR - показател за стойността на логаритмичното стандартното отклонение на капацитета. Представлява променливостта поради случайния характер на характеристиките на земетресенията. |
| βU |  | βU - показател за стойността на логаритмичното стандартното отклонение на капацитета. Представлява неопределеността на модела и параметрите на модела |
|  | Аварийна последователност | Сценарий на развитие на аварийния процес, определен от изходно събитие, набор от начални условия, свързани с експлоатационното състояние и поредица от успешни или неуспешни действия на системите и персонала, насочени към изпълнение на определени функции за безопасност, Всяка аварийна последователност води до реализирането на определено крайно състояние (безопасно състояние, повреда на горивото, изхвърляне на радиоактивност или друго). |
|  | Алеаторна неопределеност | Неопределеност, присъща на стохастично (случайно) явление. Алеаторната неопределеност се представя чрез вероятностен модел за разпределение на явлението. По принцип, алеаторната неопределеност може да бъде намалена чрез натрупване на повече данни или допълнителна информация. |
|  | Базово събитие | Базово събитие е събитие в ДО, което не подлежи на допълнително раздробяване на съставящи го части. Обикновено чрез базово събитие се дефинират в модела отказите на оборудването, пропуск на персонала и изходни събития. |
|  | Бейсов подход | Бейсовият подход е метод за получаване на оценка на параметрите чрез обединяването на априорно разпределение (характеризиращо предишното знание за параметъра, т.е. функцията, за която вярваме, че изразява параметъра) с наличните наблюдавани данни.  Подхода се основава на прилагане на теоремата на Бейс и изисква определяне както на априорното разпределение, така и определяне на функцията на правдоподобие (на основата на наблюдаваните реализации, свързани с оценявания параметър). |
|  | ВАБ компонент | ВАБ компонент е всеки компонент, чийто откази или статус са изрично включени в модела.  Компоненти, които не са отчетени в модела, но изрично са посочени и оценени като част от дадено ИС, също следва да се третират като ВАБ компоненти. |
|  | Време на мисия (Mission Time) | Време на мисия се определя като времето, през което система или компонент се изисква да работят с оглед успешното изпълнение на своята функция. |
|  | Външна опасност | Опасности от природен или техногенен характер, които възникват извън района на площадката на ЯЦ (т.е. засягат дейности, който не са под контрола на експлоатиращата организация). |
|  | Вътрешна опасност | Опасностите, която възниква в района на площадката на ЯЦ (т.е. в или извън сградите на ЯЦ, подлежащи на контрол от експлоатиращата организация). Вътрешните опасности се определят като въздействие, произтичащо от повреди на КСК или в резултат на изпълнението на дейности, което има потенциал да предизвика загуба на друго оборудване, намиращо се в обсега на въздействието, напр. вътрешни пожари и вътрешни наводнения. |
|  | Вътрешни събития | Термин, използван за обхващане на изходните събитията, които се реализират в резултат на откази на оборудването на ЯЦ, пропуски на персонала или загуба на външно захранване (освен, в случаите когато загубата е причинена от друга опасност).  Вътрешни събития не включват вътрешни пожари и вътрешни наводнения (освен в случаите, когато източника на наводнение не води директно до изходно събития, както при късане на тръбопровод от първи контур).  Традиционно, събития които не водят директно до изходно събитие, но представляват източник за отказ на друго оборудване могат да се разглеждат в рамките на други вътрешни опасности, вместо като част от вътрешни събития. Изключение от това правило е изхвърлянето на въртящи се елементи (напр. изхвърляне лопатка на турбината). |
|  | Допускане | Преценка, която се прави при разработването на модела на ВАБ за удобство на моделирането или поради липса на информация или знания. Допускането е източник на неопределеност на модела. |
|  | Епистемична | Неопределеност, дължаща се на непълно познаване на дадено явление (феномен), което влияе на способността ни да го моделираме. Епистемичната неопределеност се представя от диапазони от стойности на параметрите, набор от приложими модели, ниво на детайлност на модела, множество експертни интерпретации и статистическа достоверност. По принцип епистемичната неопределеност може да бъде намалена чрез натрупване на допълнителна информация. |
|  | Изходно събитие | Изходно събитие е събитие, което представлява отклонение от нормалната експлоатация на енергийния блок и което изисква успешни смекчаващи действия с цел предотвратяване на повредата на горивото |
|  | Интегриран модел на ВАБ | За интегриран модел на ВАБ се приема модел, който позволява оценка, както на честотата на повреда на горивото, така и на честотата на радиоактивните изхвърляния. |
|  | Интегриран модел на ВАБ ниво 1 | Под интегриран модел на ВАБ ниво 1 се приема модел, който позволява оценка на честотата на повреда на горивото за всички категории събития, включени в обхвата на ВАБ (вътрешни събития, вътрешни опасности и външни опасности) за всички експлоатационни състояния. |
|  | Категория ИС | Термин използван за обобщаване на типа на ИС – вътрешни събития, вътрешни опасности или външни опасности |
|  | Конфигурация от неразполагаемо оборудване | Конфигурация, определена от оборудване, за което е възприето, че не е налично при определено експлоатационно състояние |
|  | Крайно състояние | Наборът от условия в края на дадена аварийна последователност, които характеризират въздействието на последователността върху енергийния блок или околната среда. |
|  | Минимално сечение | Резултат от количественото пресмятане на вероятностния модела, изразяващ минимална група от базови събития (или ИС с базови събития), чието едновременно реализиране е достатъчно за осъществяването на изследваното върхово събитие (отказ на система, крайно състояние на аварийна последователност и т.н.). |
|  | Ограничаващ (граничен) анализ | Под ограничаващ (граничен) анализ се разбира анализ, при който са заложени най-консервативните условия/допускания или граничните параметри, свързани с изследвания казус.  Ограничаващ (граничен) анализ се използва като покриващ/представителен за редица други сценарии. Ограничаващия (граничен) анализ се прилага за облекчаване или намаляване на по-нататъшните действия. |
|  | Отказ по обща причина (ООП) / Common Cause Failure (CCF) | Отказ по обща причина изразява настъпването на повреда на два или повече компонента, в резултат на въздействието на една обща причина и съответния свързващ механизъм в рамките на определен времеви интервал. |
|  | Пожарна зона | Зона в сгради и инсталации, която е отделена от останалите пожарни зони чрез пожароустойчиви конструкции като противопожарни прегради, стени и тавани, огнеупорни уплътнения и т.н. |
|  | Показател на риска | Показател, който може да бъде оценен чрез пресмятане на модела на ВАБ, чрез който се определя какво представлява „риск“ съгласно дефиницията на определена вероятностна цел за безопасност |
|  | Прагов ефект | Значителна вариация (отклонение) в реакцията на енергийния блок в резултат на малка промяна във входното въздействие (напр. промяна във височината на наводнение, смущение на електрическата мрежа поради леко колебание в напрежението или честота). |
|  | Практически изключени състояния | Състояния, събития, аварийни последователности, сценарии, процеси, явления, условия и натоварвания, които физически не могат да се случат или за които с комбинация от детерминистичен и вероятностен анализ на безопасността е доказана ефективността на предприетите мерки и изключително ниската вероятност състоянията да възникнат, определена с високо ниво на доверие. Критерият за физическа невъзможност се прилага приоритетно при демонстрирането на практически изключени състояния. |
|  | Фракции на вероятността / Split fraction | Разпределяне на пълната вероятност по отделните възможни хипотези, за реализиране на дадено събития. Сумата от всички фракции, представящи възможните реализации трябва да бъде единица. |
|  | as-built, as-operated | Концептуален термин, който изразява, че ВАБ изследването отчита текущото, актуално състояние на проекта, прилаганите процедури и инструкции за експлоатация на ЯЦ.  Отчитайки, че на етапа на проектирането, ЯЦ нито е построена, нито се експлоатира, то този термин следва да се разбира като „както е проектирано, както трябва да бъде изградено и както се планира да се експлоатира“. |
|  | skill-of-the-craft | Терминът описва действия, които може да се предположи, че обучен персонал би могъл лесно да изпълни без писмени процедури (напр. прости задачи като завъртане на превключвател или отваряне на ръчен вентил, за разлика от поредица от последователни действия или набор от действия, които трябва да бъдат координирани) |
|  | state-of-the-art | Много модерен и използващ най-новите идеи и методи |

1. англ. Core damage frequency (CDF) [↑](#footnote-ref-1)
2. англ. Fuel damage frequency (FDF) [↑](#footnote-ref-2)
3. англ. Master Logic Diagrams [↑](#footnote-ref-3)
4. англ. Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) [↑](#footnote-ref-4)
5. англ. Common Cause Failure (CCF) [↑](#footnote-ref-5)
6. англ. Loss of coolant accidents (LOCA) [↑](#footnote-ref-6)
7. англ. Intersystem LOCAs [↑](#footnote-ref-7)
8. англ. Leak before Break [↑](#footnote-ref-8)
9. англ. best estimate [↑](#footnote-ref-9)
10. англ. Plant damage states [↑](#footnote-ref-10)
11. Англ. As-built, as-operated [↑](#footnote-ref-11)
12. англ. Alpha Factor Model [↑](#footnote-ref-12)
13. англ. Multiple Greek Letter Model [↑](#footnote-ref-13)
14. англ. Beta Factor Model [↑](#footnote-ref-14)
15. англ. Basic Parameter Model [↑](#footnote-ref-15)
16. англ. Binomial Failure Rate Model [↑](#footnote-ref-16)
17. англ. Human Reliability Analysis [↑](#footnote-ref-17)
18. англ. skill-of-the-craft (виж също термини и определения) [↑](#footnote-ref-18)
19. англ. Joint probability [↑](#footnote-ref-19)
20. англ. Performance shaping factors [↑](#footnote-ref-20)
21. англ. Technical Support Center [↑](#footnote-ref-21)
22. англ. errors of commission (EOC) [↑](#footnote-ref-22)
23. англ. errors of omission (EOO) [↑](#footnote-ref-23)
24. англ. human-system interface (HSI) [↑](#footnote-ref-24)
25. англ. Feasibility Assessment [↑](#footnote-ref-25)
26. англ. Sumps [↑](#footnote-ref-26)
27. англ. Blowout panels [↑](#footnote-ref-27)
28. англ. Dampers [↑](#footnote-ref-28)
29. рус. Клапан избыточного давления [↑](#footnote-ref-29)
30. англ. Ingress Protection (IP) ratings [↑](#footnote-ref-30)
31. англ. Heating, Ventilation, and Air Conditioning [↑](#footnote-ref-31)
32. англ. Harsh environment [↑](#footnote-ref-32)
33. англ. Recovery actions [↑](#footnote-ref-33)
34. „Едновременно“ в този случай не означава, че опасностите възникват точно по едно и също време, а по-скоро, че втората (или следващите) опасност възниква преди ефектите от първата опасност да бъдат напълно смекчени. [↑](#footnote-ref-34)
35. англ. High confidence of low probability of failure [↑](#footnote-ref-35)
36. англ. Plant operational state (POS) [↑](#footnote-ref-36)
37. англ. Multi-unit PSA (MUPSA) [↑](#footnote-ref-37)
38. англ. Single-unit PSA (SUPSA) [↑](#footnote-ref-38)
39. aнгл. site-year [↑](#footnote-ref-39)
40. англ. a higher hazard fragility [↑](#footnote-ref-40)
41. англ. Latin hypercube sampling [↑](#footnote-ref-41)
42. англ. Risk achievement worth (RAW) [↑](#footnote-ref-42)
43. англ. Risk reduction worth (RRW) [↑](#footnote-ref-43)
44. Всички междинни анализи, външни изчисления или допускания, които не се публикуват в окончателния доклад следва да се третират и съхраняват като работни файлове и записи. [↑](#footnote-ref-44)
45. Plant Damage States – състояния на ЯЦ с повреда на горивото [↑](#footnote-ref-45)
46. англ. full scope [↑](#footnote-ref-46)
47. англ. Anticipated Transients without Scram (ATWS) [↑](#footnote-ref-47)
48. Терминът дърво на събитие за тежка авария е еквивалентен на английските термини Accident Progression Event Tree (APET) или Containment Event Tree (CET). [↑](#footnote-ref-48)
49. англ. best-estimate [↑](#footnote-ref-49)
50. англ. *Mechanistic,* които също се наричат *‘Detailed’* кодове [↑](#footnote-ref-50)
51. англ. *Integral* [↑](#footnote-ref-51)
52. англ. *Dedicated,* които също се наричат‘*Fast running’* кодове [↑](#footnote-ref-52)
53. англ. state-of-the-art [↑](#footnote-ref-53)
54. англ. benchmarking [↑](#footnote-ref-54)
55. англ. flow blockages [↑](#footnote-ref-55)
56. англ. balooning [↑](#footnote-ref-56)
57. англ. quenching [↑](#footnote-ref-57)
58. англ. creep [↑](#footnote-ref-58)
59. англ. High Pressure Melt Ejection (HPME) [↑](#footnote-ref-59)
60. англ. Direct Containment Heating (DCH) [↑](#footnote-ref-60)
61. англ. debris [↑](#footnote-ref-61)
62. англ. Molten Core–Concrete Interactions (MCCI) [↑](#footnote-ref-62)
63. англ. spreading [↑](#footnote-ref-63)
64. Англ. fragility curve [↑](#footnote-ref-64)
65. Англ. fragility (hyper)surface [↑](#footnote-ref-65)
66. англ. leak [↑](#footnote-ref-66)
67. англ. ruptures [↑](#footnote-ref-67)
68. англ. catastrophic ruptures [↑](#footnote-ref-68)
69. англ. threshold model [↑](#footnote-ref-69)
70. англ. leak before break model [↑](#footnote-ref-70)
71. англ. Local discontinuities [↑](#footnote-ref-71)
72. англ. error factor [↑](#footnote-ref-72)
73. Англ. nodal questions [↑](#footnote-ref-73)
74. англ. full scope [↑](#footnote-ref-74)
75. англ. source term [↑](#footnote-ref-75)
76. англ. split fractions [↑](#footnote-ref-76)
77. англ. threshold approach [↑](#footnote-ref-77)
78. англ. convolution approach [↑](#footnote-ref-78)
79. англ. epistemic uncertainty [↑](#footnote-ref-79)
80. англ. Source Term Analysis (ST analysis) [↑](#footnote-ref-80)
81. англ. resuspension [↑](#footnote-ref-81)
82. англ. re-vaporization [↑](#footnote-ref-82)
83. англ. re-entrainment [↑](#footnote-ref-83)
84. Mo и U са представени като отделни групи в някои модели [↑](#footnote-ref-84)
85. англ. species [↑](#footnote-ref-85)
86. англ. partioning [↑](#footnote-ref-86)
87. англ. core inventory [↑](#footnote-ref-87)
88. англ. scrubbing [↑](#footnote-ref-88)
89. англ. Site Large Early Release Frequency [↑](#footnote-ref-89)
90. aнгл. site-year [↑](#footnote-ref-90)
91. англ. Site Release Category Frequency [↑](#footnote-ref-91)
92. англ. Multi-unit large early release frequency [↑](#footnote-ref-92)
93. англ. Multi-unit release category frequency [↑](#footnote-ref-93)
94. англ. Multisource release category frequency [↑](#footnote-ref-94)
95. англ. logic loops [↑](#footnote-ref-95)
96. aнгл. risk metrics [↑](#footnote-ref-96)
97. англ. truncation limits [↑](#footnote-ref-97)
98. англ. post-processing [↑](#footnote-ref-98)
99. англ. mutually exclusive events [↑](#footnote-ref-99)
100. англ. Monte Carlo [↑](#footnote-ref-100)
101. англ. Latin hypercube [↑](#footnote-ref-101)
102. Англ. quantiles [↑](#footnote-ref-102)
103. англ. living PSA [↑](#footnote-ref-103)