



РОСАТОМ

ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ «РОСАТОМ»



Назначение классов по безопасности элементам АС в соответствии с российскими и международными требованиями. СТО АО ИК «АСЭ» - Методика обоснования классов безопасности элементов атомных станций.

Ершов Г.А. , Гурин В.В., Николаев Ф.В., Чабан О.Г.

Москва
19 октября 2017 г.

Стандарт организации для совместного применения АО ИК «АСЭ», АО «Атомэнергопроект», АО «АТОМПРОЕКТ»



РОСАТОМ

СТО 8841271.058-2017

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО ИНЖИНИРИНГОВАЯ КОМПАНИЯ «АСЭ»

(АО ИК «АСЭ»)



СТАНДАРТ
ОРГАНИЗАЦИИ

СТО
8841271.058-
2017

УТВЕРЖДАЮ

Президент АО ИК «АСЭ»,
Управляющей организации АО «АСЭ»,
АО «Атомэнергопроект»,
АО «АТОМПРОЕКТ»

В.И. Лимаренко

« » 2017 г.

**МЕТОДИКА ОБОСНОВАНИЯ КЛАССОВ
БЕЗОПАСНОСТИ СИСТЕМ И ЭЛЕМЕНТОВ
АТОМНЫХ СТАНЦИЙ**

Для совместного применения
АО ИК «АСЭ», АО «Атомэнергопроект», АО «АТОМПРОЕКТ»

Нижний Новгород
2017

Методика обоснования классов оборудования АЭС по влиянию на безопасность



Методика позволяет классифицировать оборудование АЭС по влиянию на безопасность на основе отечественных (НП-001-15, НП-026-16, НП-068-05, НП-089-15) и международных (стандарты МАГАТЭ SSR-2/1 и SSG-30, TECDOC-1787, EUR-D, WENRA) требований с использованием вероятностных расчетов, что позволяет избежать завышения класса оборудования и, как следствие, его стоимости.

В Методике описываются:

- Российские и международные требования к классификации элементов АЭС по влиянию на безопасность;
- Основные этапы классификации оборудования АЭС по влиянию на безопасность;
- Порядок проведения качественного анализа отказов при классификации оборудования АЭС по влиянию на безопасность;
- Порядок и методика расчета условной вероятности перехода отказов оборудования в тяжелую аварию;
- Примеры расчета условной вероятности перехода отказов оборудования в тяжелую аварию.

Использование Методики позволяет:

- Уменьшить величину капвложений (стоимость оборудования), например, повышение класса оборудования турбоустановке с 4-го до 3-го увеличивает ее стоимость на ~ 25%;
- Уменьшить стоимость эксплуатации (за счет, например, сокращения затрат на техническое диагностирование, ТОР)

Правила классификации элементов АС по НП-001-15 (1)



№ правила	Класс	Элементы АЭС	Классификационные признаки
1	1	Твэлы	Принадлежность к 1 и 2 физическим барьерам
2	1	Элементы АС, отказы которых являются ИС аварий, приводящими при проектном функционировании СБ к повреждению твэлов с превышением МПП	Последствия отказа - повреждение 1 и 2 физических барьеров. Степень повреждения твэлов при отказе классифицируемого элемента – превышение максимального ПП
3	2	Элементы, отказы которых являются ИС, приводящими к повреждению твэлов без превышения МПП при проектном функционировании СБ с учетом нормируемого для ПА количества отказов в указанных системах	Последствия отказа - повреждение 1 и 2 физических барьеров. Степень повреждения твэлов при отказе классифицируемого элемента: - не превышение максимального ПП; - нарушение хотя бы одного из установленных для твэлов проектных ПП
4	2	Элементы СБ, единичные отказы которых приводят, в случае возникновения ПА, к нарушению установленных для ПА проектных пределов	Снижение защищенности АС от проектных аварий – деградация 3-го уровня ГЭЗ при отказе классифицируемого элемента

Правила классификации элементов АС по НП-001-15 (2)

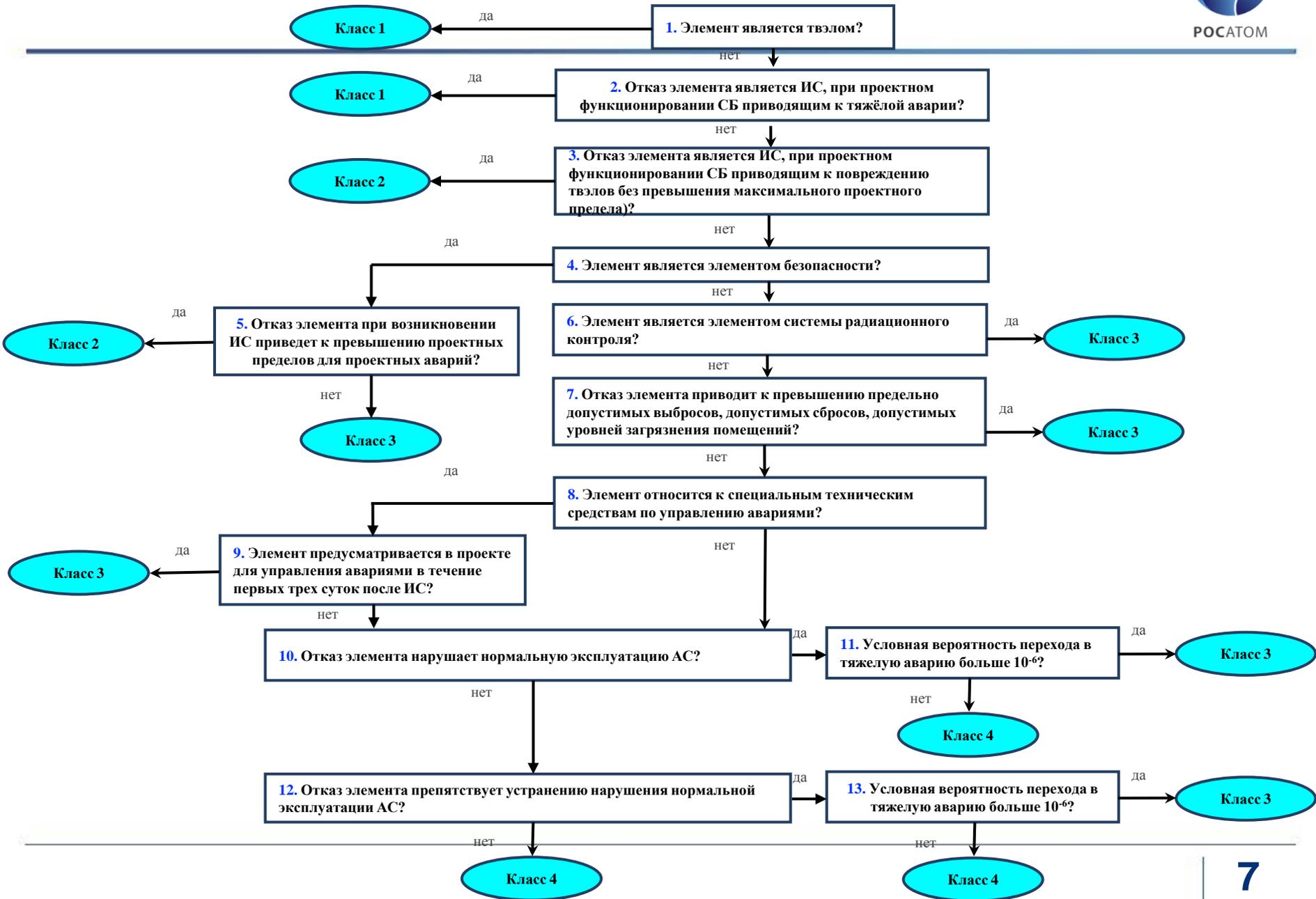


№ правила	Класс	Элементы АЭС	Классификационные признаки
5	3	Системы (элементы) безопасности	Деградация 3-го уровня ГЭЗ при отказе классифицируемого элемента
6	3	Элементы СНЭ, отказ которых нарушает НЭ АС, если при этом условная вероятность перехода указанного отказа в тяжелую аварию (ТА) составляет 10^{-6} или более	Деградация 1-го уровня ГЭЗ при отказе классифицируемого элемента Вероятность перехода отказа классифицируемого элемента в ТА
7	3	Элементы СНЭ, отказ которых препятствует устранению нарушений НЭ АС, если при этом условная вероятность перехода указанного отказа в ТА составляет 10^{-6} или более	Деградация 2-го уровня ГЭЗ при отказе классифицируемого элемента Вероятность перехода отказа классифицируемого элемента в ТА
8	3	Элементы СНЭ, отказ которых приводит к превышению установленных значений предельно допустимых выбросов или допустимых сбросов РВ либо допустимых уровней радиоактивного загрязнения рабочих помещений АС	Радиационные последствия отказа классифицируемого элемента

№ правила	Класс	Элементы АЭС	Классификационные признаки
9	3	Элементы систем, предусмотриваемых в проекте АС для управления авариями в течение первых 3 суток после возникновения ИС аварии (либо в течение иного установленного в проекте АС временного интервала, который должен составлять не менее 3 суток)	Деградация 4-го уровня ГЭЗ Период времени после аварии, по истечении которого необходимо нахождение классифицируемого элемента в работоспособном состоянии
10	3	Элементы систем радиационного контроля	Деградация 2-го, 3-го, 4-го и 5-го уровня ГЭЗ в части контроля радиационных параметров
11	4	Элементы нормальной эксплуатации АС, не влияющие на безопасность и не вошедшие в классы 1, 2, 3	Отсутствие влияния (низкое влияние) на безопасность АС
12	4	Средства по управлению запроектными авариями, не вошедшие в классы 1, 2, 3	Низкое влияние на безопасность АС



Правила классификации элементов АС по НП-001-15 (4)



Классификация узлов, важных для безопасности, устанавливается на основе их значимости для безопасности с учетом таких факторов, как:

- функция безопасности, которую выполняет данный узел;
- последствия отказа выполнять функцию безопасности;
- вероятность того, что от данного узла потребуется выполнение функции безопасности;
- время после ИС или период, в течение которого от узла потребуется выполнение функции.

Классификация узлов, важных для безопасности, на основе их значимости для обеспечения безопасности, должна основываться, прежде всего, на детерминистических методах, дополненных, при необходимости, вероятностными методами

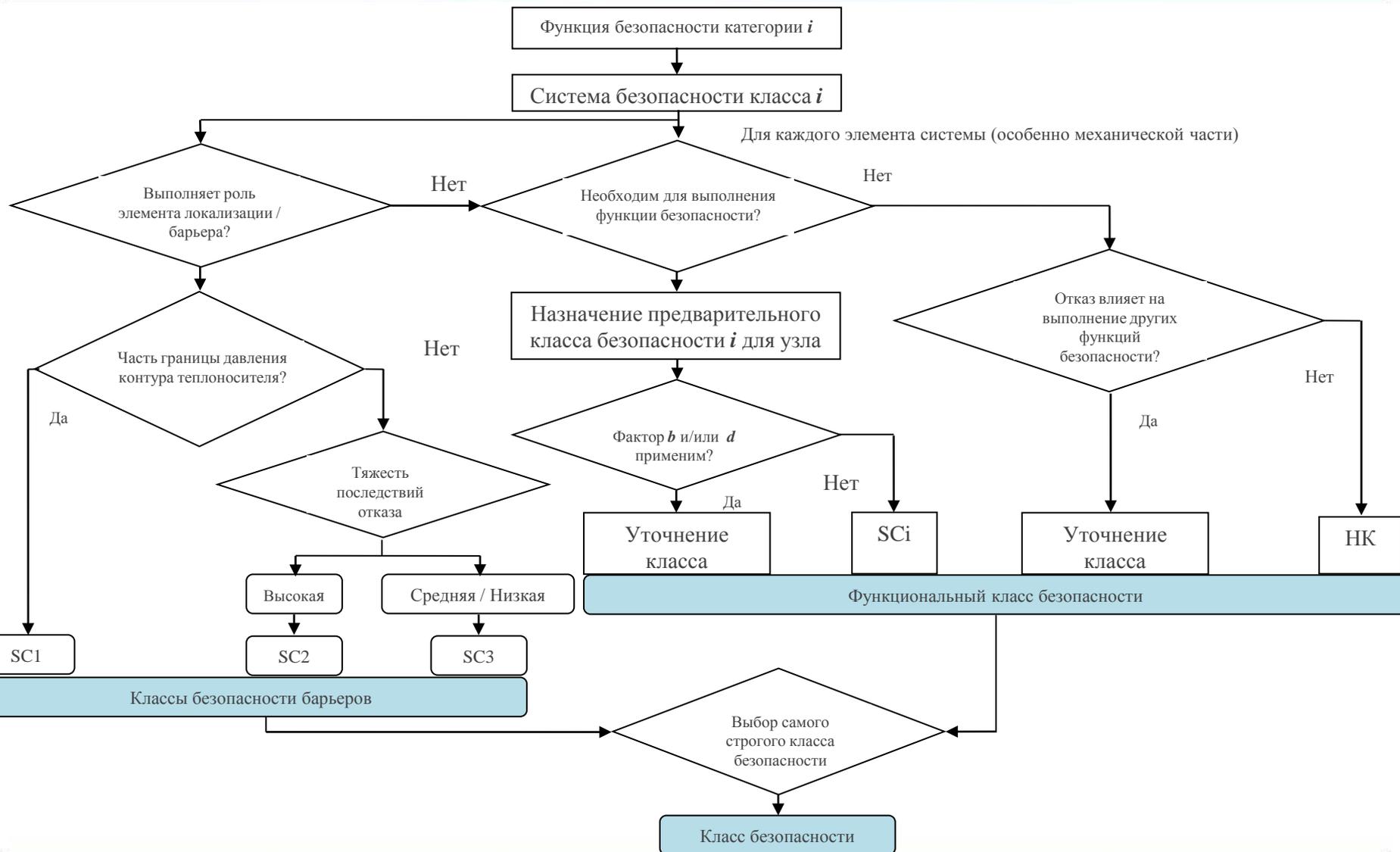
Правила классификации узлов АЭС по SSR-2/1, SSG-30, TECDOC-1887, EUR-D (2)



Правила классификации узлов АЭС по SSR-2/1, SSG-30, TECDOC-1887, EUR-D (3)



РОСАТОМ



Главные (фундаментальные) функции безопасности



МАГАТЭ	WENRA	Финляндия	Венгрия	Россия
Управление реактивностью	Управление реактивностью	Управление реактивностью	Контроль реактивности свежего и облученного топлива	Аварийный останов реактора и поддержание его в подкритическом состоянии Обеспечение подкритичности при хранении и транспортировании ядерного топлива
Отвод тепла от реактора и бассейна выдержки топлива	Отвод тепловыделений от реактора или бассейна выдержки	Отвод тепла от ядерного топлива	Отвод тепловыделений от реактора и отработавшего топлива	Аварийный отвод тепла от реактора Отвод тепла от ядерного топлива при его хранении и транспортировании в пределах площадки АС
Локализация радиоактивного материала, защита от излучения и контроль за плановыми радиоактивными выбросами, а также ограничение аварийных радиоактивных выбросов	Локализация радиоактивных материалов, защита от радиации, а также ограничение аварийных выбросов	Локализация активности	Локализация радиоактивности, экранирование для защиты от радиации и контроль эксплуатационных сбросов, а также ограничение аварийных выбросов	Удержание радиоактивных веществ в установленных границах

Основные функции безопасности



РОСАТОМ

A	Контроль реактивности
AA	Прекращение реакции деления
AB	Ограничение мощности реактора
AC	Обеспечение подкритичности

B	Теплоотвод от ядерного топлива
BA	Поддержание работоспособности оборудования 1 контура
BB	Теплоотвод от теплоносителя 1-го контура (включая т/о к конечному охладителю)
BC	Обеспечение герметичности 1-го контура
BD	Обеспечение герметичности 2-го контура
BE	Охлаждение отработавшего топлива (включая т/о к конечному охладителю)

C	Локализация активности
CA	Ограничение давления и теплоотвод от контейнента
CB	Локализация внутри контейнента
CC	Локализация вне контейнента
CD	Локализация в ПГ
CE	Локализация во вспомогательных системах
CF	Обращение с топливом
CG	Обращение с радиоактивными отходами

X	Вспомогательные функции
XA	Аварийный источник питания
XB	Охлаждение помещений и оборудования
XC	Мониторинг

S	SA Функции
SA	Управление тяжелой аварией
SX	Вспомогательные средства управления тяжелой аварией

Классификации последствий невыполнения функций безопасности



Тяжесть последствий считается **«высокой»**, если невыполнение функции в наихудшем случае приводит к:

- выбросам радиоактивных веществ, которые превышают установленные регулируемыми органами пределы для проектных аварий;
- выходу основных технологических параметров ЭБ за пределы, установленные для проектных аварий.

Тяжесть последствий считается **«средней»**, если невыполнение функции в наихудшем случае приводит к:

- выбросам радиоактивных веществ, которые превышают установленные в проекте пределы для состояний с отклонениями от условий НЭ;
- выходу основных технологических параметров ЭБ за пределы, установленные в проекте для состояний с отклонениями от условий НЭ.

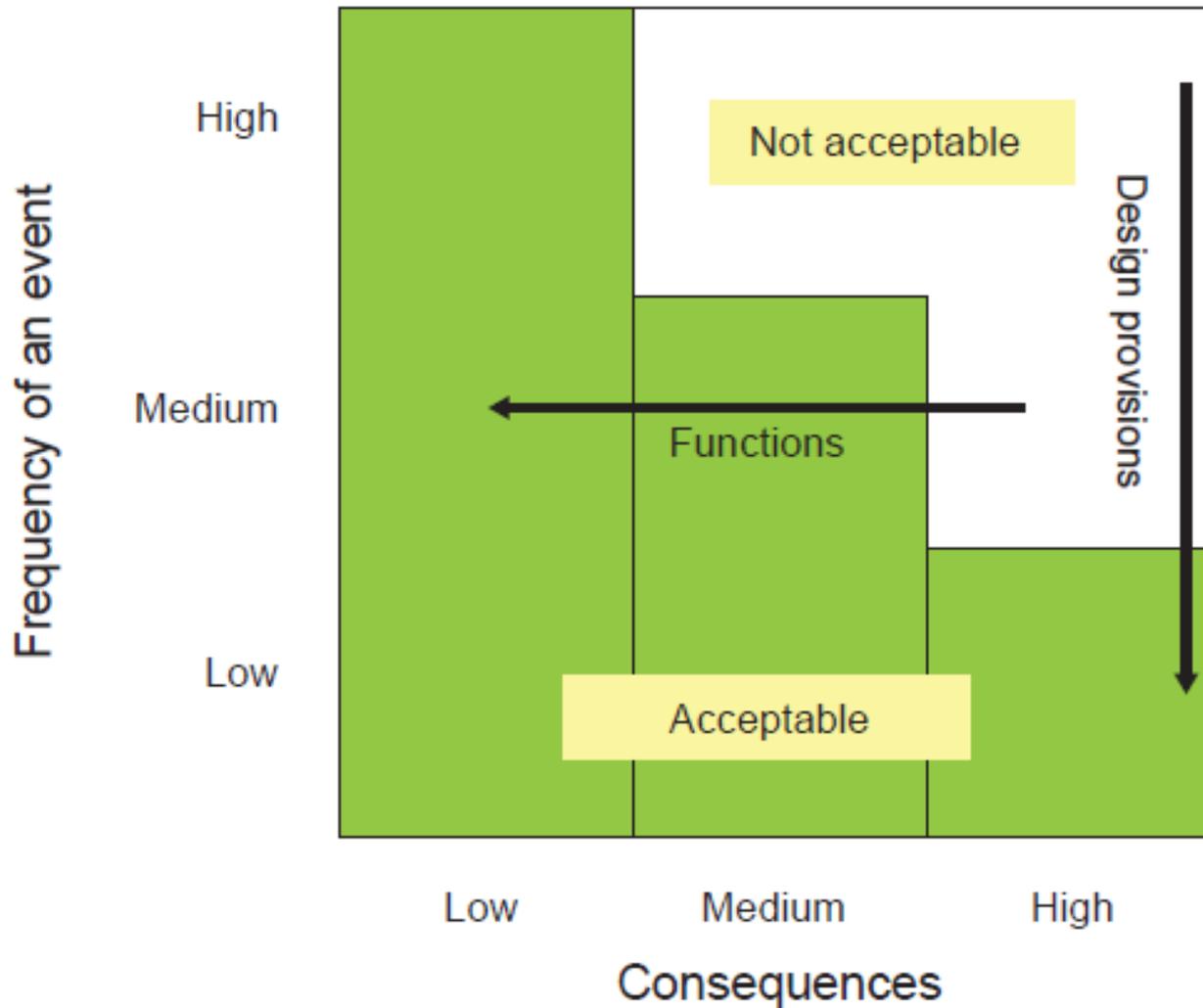
Тяжесть последствий считается **«низкой»**, если невыполнение функции в наихудшем случае приводит к:

- дозам облучения персонала, превышающим установленные в НД пределы.

Классификация функций безопасности с учетом частоты и последствий



POCATOM



Взаимосвязь между функциями безопасности, необходимыми после возникновения постулируемых ИС, тяжестью последствий их невыполнения и уровнями ГЭЗ



Назначение функций безопасности	Тяжесть последствий невыполнения функций		
	Высокая	Средняя	Низкая
Функции, необходимые для достижения контролируемого состояния после ожидаемых нарушений условий НЭ (функции, выполнение которых необходимо на 1 и 2 уровнях ГЭЗ)	Категория безопасности (КБ) 1	КБ 2	КБ 3
Функции, необходимые для достижения контролируемого состояния после проектных аварий (функции, выполнение которых необходимо на 3а уровне ГЭЗ)	КБ 1	КБ 2	КБ 3
Функции, необходимые для достижения и поддержания безопасного состояния (функции, выполнение которых необходимо на 3б уровне ГЭЗ)	КБ 2	КБ 3	КБ 3
Функции, необходимые для смягчения последствий аварий типа DEC (функции, выполнение которых необходимо на 4 уровне ГЭЗ)	КБ 2 или 3	Не классифицируется	Не классифицируется

Категоризация функций безопасности с учетом времени, в течение которого необходимо их выполнение (EUR-D)



Функции безопасности	Период времени
F1B	Функции безопасности, которые необходимы для достижения и поддержания блока в состоянии безопасного останова в течение, по меньшей мере, 24 часов после исходного события категории ННЭ (DBC2) и ПА (DBC3-4)
F2	Функции безопасности, которые необходимы: <ul style="list-style-type: none">➤ после условий ННЭ (DBC2) и ПА (DBC3-4) для поддержания безопасного состояния энергоблока в течение не менее 72 часов по истечении первоначальных 24 часов;➤ для ЗПА (DEC1) в течение 72 часов после наступления события
NS	Функции, необходимые для поддержания состояния безопасного останова или для того, чтобы преодолеть последствия ННЭ, ПА и ЗПА в срок, превышающий 72 часа после наступления исходных событий в ННЭ (DBC2), ПА (DBC3-4) и ЗПА (DEC1), должен быть присвоен уровень, не связанный с безопасностью

WENRA: Уровни глубокоэшелонированной защиты (1)



РОСАТОМ

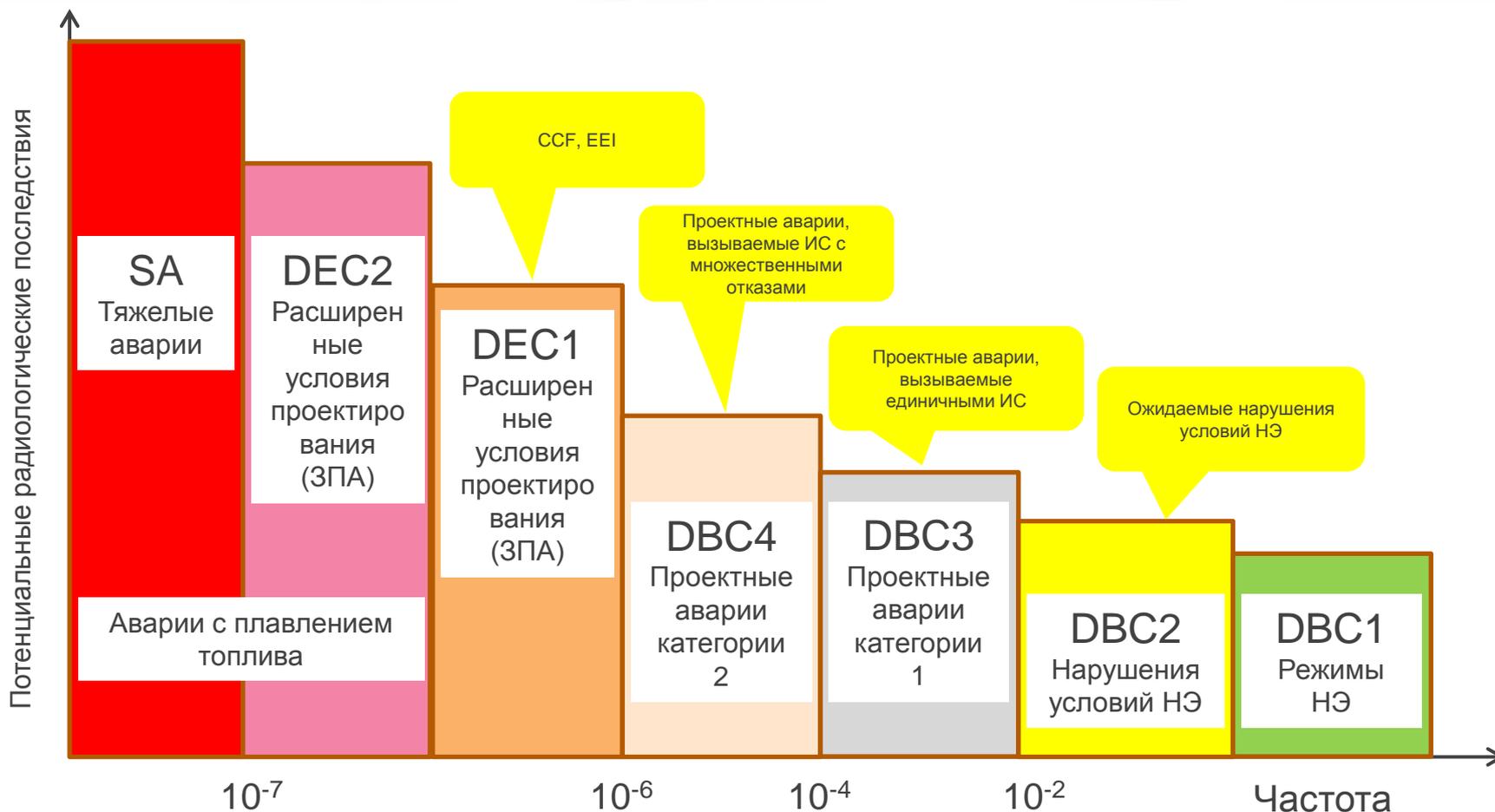
Уровни ГЭЗ	Цель	Необходимые средства	Радиологические последствия	Условия эксплуатации АС
Уровень 1	Предотвращение нарушений нормальной эксплуатации и отказов	Консервативность проекта и высокое качество строительства и эксплуатации, контроль основных параметров станции в рамках установленных пределов	Отсутствие радиологического воздействия за пределами площадки (ограничивается нормированными пределами эксплуатации для выбросов)	Нормальная эксплуатация
Уровень 2	Контроль нарушений нормальной эксплуатации и отказов	Управляющие и локализирующие системы, другие средства контроля	Отсутствие радиологического воздействия за пределами площадки (ограничивается нормированными пределами эксплуатации для выбросов)	Нарушение нормальной эксплуатации (ожидаемые при эксплуатации события)
Уровень 3	3а	Контроль аварий для ограничения радиологических выбросов и предотвращение их развития в аварии с управлением активной зоны	Система защиты реактора, системы безопасности, противоаварийные процедуры	Постулированные единичные исходные события
	3б	Дополнительные средства безопасности, противоаварийные процедуры	Отсутствие радиологического воздействия за пределами площадки или только незначительное радиологическое воздействие	Постулированные события с множественными отказами

WENRA: Уровни глубокоэшелонированной защиты (2)



Уровни ГЭЗ	Цель	Необходимые средства	Радиологические последствия	Условия эксплуатации АС
Уровень 4	Контроль аварий с расплавлением активной зоны для ограничения выбросов за пределы площадки	Дополнительные средства безопасности для преодоления расплавления активной зоны, управление авариями с расплавлением активной зоны (тяжелые аварии)	Радиологическое воздействие за пределами площадки - могут потребоваться защитные мероприятия, ограниченные по площади и времени	Постулированные аварии с расплавлением активной зоны (краткосрочные и долгосрочные)
Уровень 5	Смягчение радиологических последствий значительных выбросов радиоактивных материалов	Аварийное реагирование за пределами площадки Уровни вмешательства	Радиологическое воздействие за пределами площадки – необходимы защитные мероприятия	-

Режимы эксплуатации энергоблока АС и вероятности (частоты) их реализации



CCF – события с отказами по общей причине
EEI – экстремальные внешние воздействия

Классификация физических барьеров по безопасности (ВНР)



Уровни физических барьеров	Критерии
В1	ФБ на пути распространения высокоактивных РВ, которые не могут быть изолированы (отсечены, задублированы) и потеря работоспособности которых может привести к большому выбросу – оболочкам ТВЭЛ, границам 1 контура, герметичному ограждению
В2	ФБ на пути распространения высокоактивных РВ, которые могут быть изолированы (отсечены, задублированы) или физические барьеры на пути распространения умеренно активных РВ, которые не могут быть изолированы (отсечены, задублированы) – трубопроводам и паропроводам 2 контура, а также системам, выполняющим функции локализации РВ после аварии
В3	ФБ на пути распространения умеренно активных РВ, которые (барьеры) могут быть изолированы (отсечены, задублированы) – компонентам систем, содержащим РВ при нормальной эксплуатации, системам защитной оболочки, важным для безопасности и не имеющим прямых связей с 1 контуром или атмосферой защитной оболочки при нормальной эксплуатации или при авариях

- Этап 1: Назначение класса безопасности системам, выполняющим функции безопасности на определенных уровнях ГЭЗ.

Класс безопасности назначается по приоритетной для данной системы функции безопасности (если система выполняет несколько функций безопасности)

- Этап 2: Назначение класса безопасности системам, не выполняющим функции безопасности, но являющимся важными для безопасности.

Назначение класса производится в соответствии с тяжестью последствий отказа данных систем.

- Этап 3: Назначение класса «4» (ЕУТ) для систем, не классифицированных по ядерной безопасности и не являющихся важными для безопасности

Классификация систем по безопасности (2)



РОСАТОМ

Уровни ГЭЗ	«1» Предотвращение ННЭ (DVC1)	«2» Управление ННЭ (DVC2)	«3a» Управление ПА (DVC3, DVC4)	«3b» Управление в режимах расширенного проектирования - предотвращение плавления топлива (DEC)	«4» Ограничение выбросов при тяжелых авариях (SA)
ОсновНЫЕ ФБ					
АА...АС (FF: управление реактивностью)	EYT/STUK (п. 314/1) ¹	3 (п. 313/1) ³ 3 (п. 313/4,5)	2 (п. 312) ² 3 (п. 313/1) ³	3 (п. 313/3) ² - DEC A EYT/STUK (п.314/4) ² - DEC B, C EYT/STUK ³ - DEC A, B, C	3 (п. 313/2)
ВА...ВЕ (FF: отвод тепла от ядерного топлива)	EYT/STUK (п. 314/1)	3 (п. 313/1) ³ , 3 (п. 313/4,5,8)	2 (п. 312) ² 3 (п. 313/1) ³	3 (п. 313/3) ² - DEC A EYT/STUK (п.314/4) ² - DEC B, C EYT/STUK ³ - DEC A, B, C	3 (п. 313/2)
СА...СГ (FF: локализация активности)	3 (п. 313/9) 3 (п. 313/6)	3 (п. 313/4) 3 (п. 313/9)	3 (п. 313/9)	3 (п. 313/9)	3 (п. 313/9)

1 – здесь и далее указан минимальный класс безопасности;

2 - системы, необходимые для перевода АС в контролируемое состояние;

3 системы, необходимые для перевода АС в безопасное состояние

- Этап 1: назначение класса безопасности оборудованию и конструкциям на основе выполнения ими базовых функций безопасности на определённом уровне **ГЭЗ** во время работы в качестве части соответствующей системы.
- Этап 2: назначения класса безопасности ОиК НЭ ВБ:
 - оборудованию - выполняется на основе функций, которые оно выполняет для предотвращения распространения радиоактивных веществ или для мониторинга радиационной безопасности, а также на основе требуемой конструкционной прочности, целостности и герметичности;
 - конструкциям - выполняется на основе функций, которые они выполняют для обеспечения конструкционной прочности, целостности и герметичности, требующихся для предотвращения выхода радиоактивных веществ.
- Этап 3: назначение основного класса безопасности компонентам и конструкциям в соответствии с критериями, которые требуют более высокого класса
- Этап 4: назначение основного класса для граничных конструкций и оборудования систем.
- Этап 5: подтверждение класса безопасности на **основании риск-ориентированного похода**

Назначение КСК НЭ ВБ классов безопасности производится в соответствии с тяжестью последствий их отказов:

- класс безопасности 1: любые КСК НЭ ВБ, отказ которых приведет к последствиям "высокой" степени тяжести.
- класс безопасности 2: любые КСК НЭ ВБ, отказ которых приведет к последствиям "средней" тяжести.
- класс безопасности 3: любые КСК НЭ ВБ, отказ которых приведет к последствиям "низкий" тяжести.

КСК НЭ ВБ (например, являющиеся барьерами на пути пожаров или затоплений), отказ которых может противоречить допущениям, сделанным при анализе риска, должны быть отнесены, по крайней мере, к классу безопасности 3.

Граничным КСК, разделяющим КСК разных классов, должен присваиваться наивысший из классов.

Классификация элементов АЭС на основе риск-информированного подхода (1)



К системам (элементам), важным для безопасности, относятся (п. 2.5 НП-001-15):

- системы (элементы) безопасности;
- системы (элементы) нормальной эксплуатации, отказ которых нарушает нормальную эксплуатацию АС или препятствует устранению нарушений нормальной эксплуатации АС, если при этом условная вероятность перехода указанного отказа в тяжелую аварию составляет **10^{-6} или более**;
- системы (элементы) АС нормальной эксплуатации, отказ которых приводит к превышению установленных значений предельно допустимых выбросов или допустимых сбросов радиоактивных веществ либо допустимых уровней радиоактивного загрязнения рабочих помещений АС;
- системы (элементы), предусматриваемые в проекте АС для управления авариями в течение первых трех суток после возникновения исходного события аварии (либо в течение иного установленного в проекте АС временного интервала, который должен составлять не менее трех суток);
- системы (элементы систем) радиационного контроля.

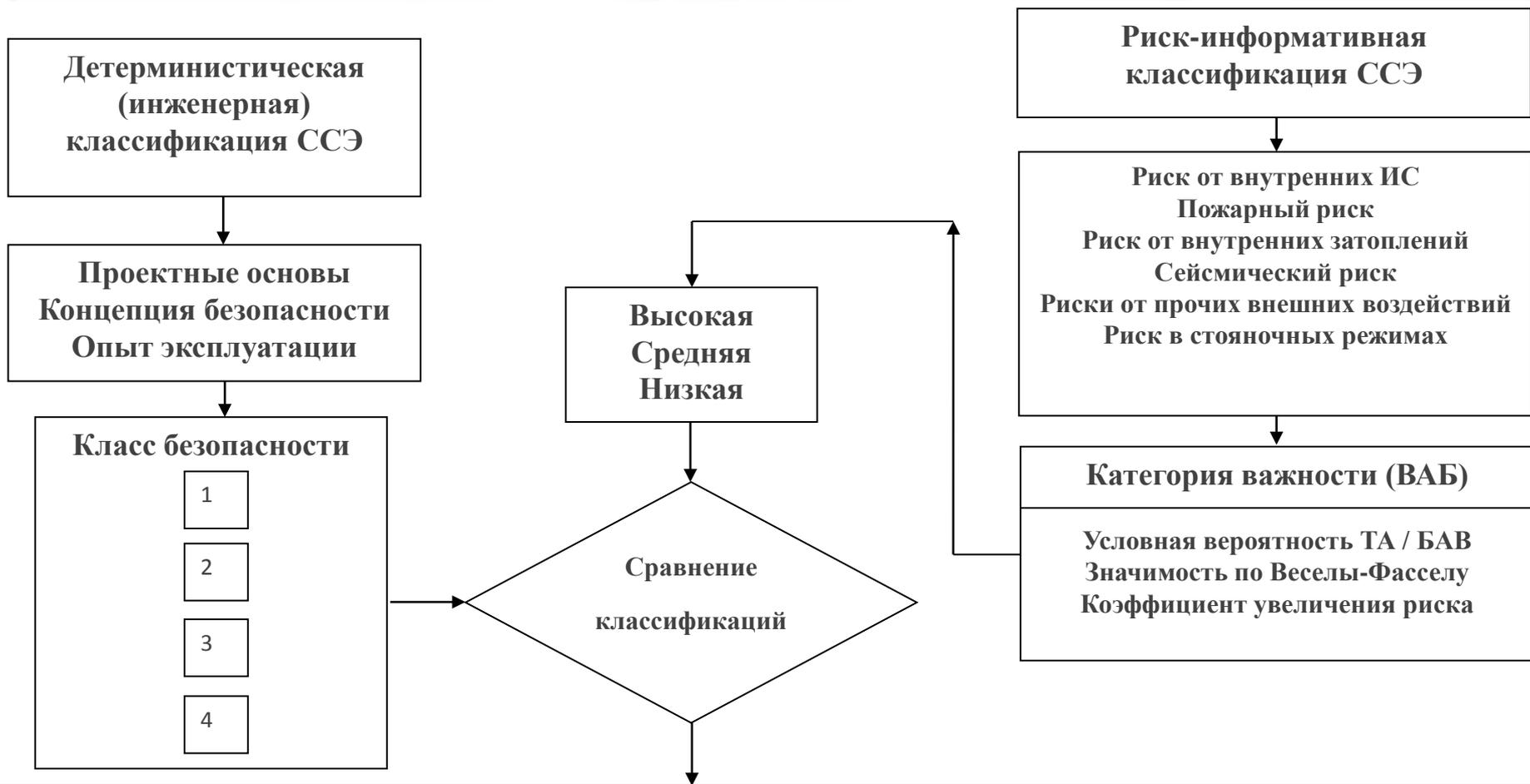
Классификация элементов АЭС на основе риск-информированного подхода (2)



Риск-информативная классификация СКК основана на положениях следующих документов:

- 10CFR50.69 - the Code of Federal Regulations (CFR) contains the U.S. Nuclear Regulatory Commission's (NRC) regulatory requirements for risk informing the categorization and treatment of systems, structures and components (SSC) in nuclear power plants;
- 10CFR50.69 Structures, Systems, and Components (SSC) Categorization Guideline issued by Nuclear Energy Institute (NEI) doc №00-04;
- NRC Regulatory Guide (RG) 1.174 - An Approach for Using Probabilistic Risk Assessment in Risk-Informed Decisions on Plant-Specific Changes to the Licensing Basis.
- Risk-Informed Safety Classification in Plant Automation Modifications of Loviisa NPP. K. Jänkälä, Fortum Power Division / Nuclear Safety, Espoo, Finland, 2010;
- "A risk informed safety classification for a Nordic NPP", K. Jänkälä, Nordic Nuclear Safety Research, report NKS-72, NKS Secretariat 2002.

Процедура выполнения риск-информативной классификации систем, конструкций и компонентов



Обобщенная оценка результатов классификации

Опыт эксплуатации	Инженерная оценка	Анализ аварий / требования регулятора	ВАБ уровня 1 и 2
-------------------	-------------------	---------------------------------------	------------------

Вероятностные показатели значимости для риск-информированной классификации элементов



Наименование показателя	Описание показателя
<p>CCDP (CLRP) - Условная вероятность повреждения ядерного топлива (большого аварийного выброса)</p>	<p>Данные показатели (так называемые «барьеры риска») определяют, в целом, надежность выполнения всех необходимых функций безопасности, необходимых для исключения повреждения ядерного топлива при каком-либо инициирующем событии (ИС).</p> <p>CCDP вычисляется, как отношение частоты повреждения ядерного топлива (большого аварийного выброса) при рассматриваемом ИС и частоты данного ИС: $CCDP = \frac{CDF}{F_{ИС}}$</p> <p>CLRP вычисляется как отношение между большим значением (CLI exceedance) частоты для данного ИС и частотой ИС.</p> $CLRP = \frac{F_{ИС_CLI_exceedance}}{F_{ИС}}$ <p>Эти показатели могут быть использованы для оценки значимости элементов (систем), отказ которых может вызвать учитываемое в ВАБ инициирующее событие</p>
<p>FV - значимость по Веселы-Фасселу</p>	<p>Отношение вероятности повреждения активной зоны (либо большого аварийного выброса), рассчитанной на основе учета только минимальных сечений, включающих отказы рассматриваемого элемента, к номинальной («базовой») вероятности повреждения активной зоны (либо большого аварийного выброса):</p> $FV_i = \frac{Q_{ТОР}(MCSs_including_i)}{Q_{ТОР}}$
<p>RIF – фактор повышения риска</p>	<p>Отношение вероятности повреждения активной зоны (либо большого аварийного выброса) в предположении достоверного отказа соответствующего элемента (элементов системы) к вероятности повреждения активной зоны (либо большого аварийного выброса) при заданном (исходном) значении вероятности отказа данного элемента (элементов системы):</p> $RIF_i = \frac{Q_{ТОР}(Q_i = 1)}{Q_{ТОР}}$

Вероятностные показатели значимости для оценки категории важности СКК (Финляндия и Венгрия)



Категория важности	Показатели важности		
	CCDP	FV	RIF
Высокая	$>1 \times 10^{-4}$	$>0,005$	-
Средняя	$1 \times 10^{-4} - 1 \times 10^{-6}$	$<0,005$	>2
Низкая	$<1 \times 10^{-6}$	$<0,005$	<2

CCDP (CLRP) - условная вероятность повреждения ядерного топлива (большого аварийного выброса)

FV - значимость по Веселы-Фасселу

RIF – фактор повышения риска

Методика расчета условной вероятности перехода отказа элемента в тяжелую аварию



$$P(A / B) = \frac{P(AB)}{P(B)} \quad (1)$$

где: $P(A/B)$ - вероятность ТА, вычисленная в предположении, что отказ элемента уже произошел;

$P(AB)$ - вероятность совместного появления двух зависимых событий - ТА и отказа рассматриваемого (классифицируемого) элемента АС;

$P(B)$ - вероятность отказа данного элемента

$$CCDP = \frac{CDP \cdot FV_i}{Q_i} \quad (2)$$

где: CCDP – условная вероятность перехода отказа элемента в ТА;

CDP - суммарная вероятность тяжелых аварий на интервале в 1 год;

FV_i - значимость по Веселы-Фасселу;

Q_i - вероятность отказа i -го элемента

- 1) Качественный анализ последствий отказов элементов по влиянию на безопасность
 - Отказ элемента является причиной ИС;
 - Отказ элемента нарушает НЭ АС;
 - Отказ элемента препятствует устранению нарушений НЭ АС.
- 2) Проверка наличия базисного события, соответствующего отказу элемента в модели ВАБ АС
- 3) Корректурa, при необходимости, модели ВАБ АС
- 4) Расчет условной вероятности перехода отказа элемента в тяжелую аварию:
- 5) Принятие решения по критерию «**условная вероятность перехода указанного отказа в тяжелую аварию составляет 10^{-6} или более**»

Риск-информированный подход при классификации элементов АС использован при назначении классов:

- Оборудования ОРУ Балаковской АЭС (обоснован 4-й класс)
- Оборудования турбоустановки 1-й очереди ЛАЭС-2 (обоснован 4-й класс)
- Оборудования турбоустановки 4-го блока Белоярской АЭС (обоснован 4-й класс)
- Оборудования КРУЭ ЛАЭС-2 (обоснован 4-й класс)

Результаты обоснований приняты Ростехнадзором

1. Назначение классов безопасности элементам АЭС должно производиться с помощью как детерминистических, так и вероятностных методов.

2. При назначении классов по безопасности должны использоваться материалы ООБ (ПООБ, ОООБ, ОУОБ), результаты анализа надежности систем нормальной эксплуатации, систем безопасности и систем , важных для безопасности, результаты ВАБ уровней 1 и 2, ВАБ для внутренних пожаров, ВАБ для внутренних затоплений, ВАБ для внешних воздействий.

3. Расчеты условной вероятности перехода отказов оборудования в тяжелую аварию должны производиться с помощью логико-вероятностной модели безопасности АЭС, разработанной при выполнении ВАБ.

4. При классификации рекомендуется использовать СТО для общего применения в АО ИК «АСЭ», АО «АЭП», АО «АП»



Спасибо за внимание!

Начальник управления технического анализа
параметров жизненного цикла АЭС
АО ИК «АСЭ»

д.т.н., профессор

Ершов Геннадий Алексеевич

GAErshov@atomproekt.com

+7(911) 213-56-43