

КЯБ ТОМ 3а: ПРОЕКТНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К НОВЫМ ЭНЕРГОБЛОКАМ АЭС часть 1.



H-2040 Budaörs, Muskáti u.3.
Tel.: (+36-23)444-275
Fax: (+36-23)444-276
E-mail: emt@tanusito.hu
website: www.tanusito.hu



Содержание

- Введение
- Определения
- Общие проектные требования
- Обеспечение основных функций безопасности
- Применение принципа глубокоэшелонированной защиты
- Прочие общие проектные требования
- Принципы проектирования по безопасности
- Классификация по классам безопасности
- Проектные основы атомной электростанции
- Расширение проектных основ
- Подтверждение безопасности
- Условия эксплуатации и ограничения

Введение

- Проектные требования к уже действующим атомным станциям существовали и раньше.
- Но необходимо принять во внимание, что существующие блоки проектировали в соответствии с техническим уровнем 70-х годов прошлого столетия (и которые с учётом продления срока службы будут выведены из эксплуатации в 2032-37 годах)
- При этом новые блоки мы планируем на последующие сто лет. Именно поэтому важно предписание Закона об использовании атомной энергии, которое гласит:
5. § (1) Требования по безопасности касательно применения атомной энергии необходимо периодически пересматривать и усовершенствовать в соответствии с достижениями науки и техники, а также с учётом международного опыта.

Определения

Состояния эксплуатации DBC/DEC:

DBC – Design Basis Condition

- DBC₁ – нормальная эксплуатация
- DBC₂ – нарушения нормальных условий эксплуатации (частота событий $f > 10^{-2}$ [1/год])
- DBC₃ – проектные аварии с низкой частотой возникновения ($10^{-2} > f > 10^{-4}$ [1/год])
- DBC₄ – проектные аварии с очень низкой частотой возникновения ($10^{-4} > f > 10^{-6}$ [1/год])

за.2.2.0300. При расширении проектной основы нужно различать две категории:

DEC – Design Extension Condition

- a) DEC₁: Комплексные аварии, протекающие без расплавления ядерного топлива в активной зоне и бассейне выдержки (Комплексные аварии);
- b) DEC₂: Тяжёлые аварии, проходящие со значительным расплавлением ядерного топлива (Тяжёлые аварии).

За.2. Общие проектные требования

за.2.1.0100. Лицензиат обязуется внедрить и использовать систему управления, регулирующую комплексный процесс проектирования, гарантирует качество и соответствие проектов, а также выполнение требований ядерной безопасности.

Система менеджмента качества проектирования подробно будет затронута, когда будем говорить о томе 9 КЯБ. Необходимо также упомянуть Рекомендацию Надзора: 9.2 « Система менеджмента качества для проектирования новых атомных станций».

за.2.1.0400. Проектирование атомной электростанции может быть выполнено только проектной организацией, сертифицированной для выполнения проектирования в конкретной области в соответствии с требованиями законодательства, и, в ее отсутствие, определенной лицензиатом и имеющей право на ведение указанной деятельности.



За.2. Общие проектные требования

за.2.1.0500. Лицензиат также может вменить в обязанность проектной организации координацию верификации и управления проектированием атомной электростанции.

за.2.1.0700. Проектные основы систем, конструкций и компонентов, важных для обеспечения ядерной безопасности, требуют систематического определения и документирования. Технические требования указываются в проектных технических условиях.

За.2. Общие проектные требования – продолжение

за.2.1.0800. Необходимо обеспечить владение лицензиатом всех проектных данных, необходимых для выполнения его обязанности **по безопасной эксплуатации атомной электростанции**. Лицензиат обязуется выполнять или обеспечивать выполнение мер, направленных на безопасность атомной электростанции, и принимать решения, связанные с безопасностью, на протяжении всего срока службы атомной электростанции.

за.2.1.0910. В случае программируемых систем – если иное не предусмотрено конкретным требованием – требования к системам, конструкциям и компонентам должны относиться к комбинации аппаратного и программного обеспечения, участвующего в выполнении функции.

I. Обеспечение основных функций безопасности – продолжение

В соответствии с томом 10 КЯБ: Основные функции безопасной эксплуатации и необходимая для их осуществления деятельность:

- а) регулирование реактивности;
- б) отведение тепла от облучённого ядерного топлива;
- с) удержание радиоактивных материалов.

I. Обеспечение основных функций безопасности – продолжение

за.2.1.1000. (старый КЯБ) Основные функции безопасности должны выполняться в случае условий эксплуатации DBC₁₋₄. После условия эксплуатации DEC₁, основные функции безопасности выполняются в объеме, необходимом для приведения ядерного реактора в контролируемое состояние безопасного останова; после *состояния повреждения электростанции DEC₂* — в объеме, необходимом для приведения электростанции в безопасное состояние после тяжелой аварии.

за.2.1.1000.* (новый КЯБ) Основные функции безопасности должны выполняться в случае условий эксплуатации DBC₁₋₄. После состояния эксплуатации DEC₁, основные функции безопасности выполняются в объеме, необходимом для приведения ядерного реактора в контролируемое состояние безопасного останова; после *состояния эксплуатации DEC₂* — в объеме, необходимом для приведения электростанции в безопасное состояние после тяжелой аварии.

II. Применение принципа глубокоэшелонированной защиты

за.2.1.1400. Необходимо обеспечить возможность обнаружения, компенсации и управления возможными отказами и нарушениями нормальной эксплуатации за счет независимых уровней защиты. Кроме требований, приведенных в разделе 7, при применении пяти уровней глубокоэшелонированной защиты также выполняются дополнительные требования, приведенные в разделах за.2.1.1500–за.2.1.2000.

за.2.1.1500. При проектировании предусматривается ряд физических барьеров для предотвращения неконтролируемого выброса радиоактивных веществ в окружающую среду.

II. Применение принципа глубокоэшелонированной защиты – продолжение

за.2.1.1600. Для применения принципа глубокоэшелонированной защиты выделяются следующие четыре физических барьера:

- a) топливная матрица;
- b) оболочка тепловыделяющего элемента;
- c) граница контура теплоносителя реактора;
- d) система защитной оболочки.

III. Прочие общие проектные требования

за.2.1.2200. При проектировании необходимо предусмотреть достаточные запасы для погрешностей в методах и средствах проектирования, допусков на изготовление и установку, неточностей, предполагаемых отказов и консервативно определенной скорости протекания процессов ухудшения свойств в связи с механизмами старения в течение проектного срока службы.

за.2.1.2300. Системы, конструкции и компоненты, важные для безопасности, проектируются с учетом стандартов, принятых в ядерной промышленности. Перечень применимых стандартов определяется предварительно, и подтверждается его актуальность.

за.2.1.2800. Системы и элементы систем надо спроектировать так, чтобы была обеспечена изготовляемость, монтаж, контроль, планово-профилактический ремонт и ремонт.

За.2.2. Принципы проектирования по безопасности

за.2.2.0100. Состояния, отклоняющиеся от нормальной эксплуатации, нужно разделить на проектные состояния и *состояния, превышающие проектные.*

за.2.2.0100.* — *Состояния, отклоняющиеся от нормальной эксплуатации, нужно разделить на проектные состояния и состояния, относящиеся к расширенным проектным основам.*

за.2.2.0200. *События, ведущие к нормальным эксплуатационным состояниям, а также ведущие к состояниям, принятым как часть проектной основы, нужно разделять на основе частоты их происхождения на основе нижеприведённой таблицы. Частоту событий, приводящих к разнообразным состояниям, нужно подтверждать анализами.*

за.2.2.0200.* — *Нормальные эксплуатационные события, а также события, ведущие к состояниям, принятым как часть проектной основы, нужно разделять по частоте их происхождения на основе нижеприведённой таблицы. Частоту событий, приводящих к разнообразным состояниям нужно подтверждать анализами.*

	А	В	С
	Эксплуатационное состояние	Название	Частота события (f [1/год])
1.	DBC ₁	Нормальная эксплуатация	-
2.	DBC ₂	Нарушения нормальных условий эксплуатации	$f > 10^{-2}$
3.	DBC ₃	Проектные аварии с низкой частотой возникновения	$10^{-2} > f > 10^{-4}$
4.	DBC ₄	Проектные аварии с очень низкой частотой возникновения	$10^{-4} > f > 10^{-6}$

	А	В	С
	Эксплуатационное состояние	Название	Частота события (f [1/год])
1.	DBC ₁	Нормальная эксплуатация	-
2.	DBC ₂	Нарушения нормальных условий эксплуатации	$f > 10^{-2}$
3.	DBC ₃	Проектные аварии с низкой частотой возникновения	$10^{-2} > f \geq 10^{-4}$
4.	DBC ₄	Проектные аварии с очень низкой частотой возникновения	$10^{-4} > f \geq 10^{-6}$

За.2.2. Принципы проектирования по безопасности – продолжение

за.2.2.0300. При расширении проектной основы нужно применять две категории:

- a) DEC₁: Комплексные аварии, протекающие без расплавления ядерного топлива в активной зоне и бассейне выдержки
- b) DEC₂: Тяжёлые аварии, проходящие с расплавлением ядерного топлива.

за.2.2.0300.* При расширении проектной основы нужно применять две категории:

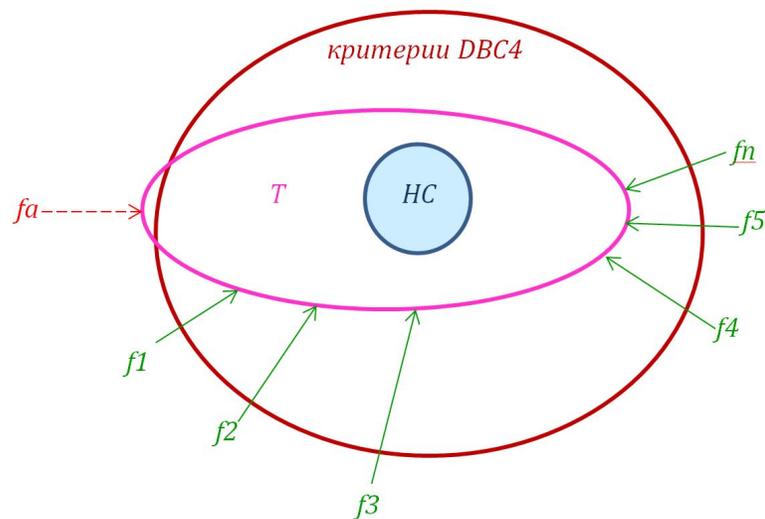
- a) Комплексные аварии (DEC₁), или
- b) Тяжёлые аварии (DEC₂).

За.2.2. Принципы проектирования по безопасности – продолжение

за.2.2.0400. Все проектные аварии необходимо подтвердить вероятностными расчётами безопасности с целью оказания того, что результат умножения частоты возникновения начального события и вероятности невыполнения любой из функций, необходимых для удовлетворения критериям DBC4 транзидента, вызванного данным начальным событием, не превышает значения 10^{-6} /год:

$$v_{НС} \times v_f \leq 10^{-6}/\text{год}$$

НС – начальное событие → Частота возникновения НС = $v_{НС}$



Т – транзидент, вызванный начальным событием НС

$f_1 \div f_n$ – функции, необходимые для того, чтобы транзидент Т удовлетворял критериям DBC4

f_a – функция, которая не выполняется, в результате чего транзидент Т не удовлетворяет всем критериям DBC4 →

→ Вероятность невыполнения какой-либо из необходимых функций = v_f



II. Классификация по классам безопасности

за.2.2.0700. Функции безопасности необходимо классифицировать по уровням безопасности следующим образом:

a) К уровню F1A необходимо приписать такие функции безопасности, которые необходимы для приведения блока из состояния DBC₂₋₄ в контролируемое состояние;

b) К уровню F1B необходимо приписать такие функции безопасности, которые *ba)* необходимы для приведения блока из состояния DBC₂₋₄ в состояние безопасного останова и для поддержания его в данном состоянии по крайней мере 24 часа,

bb) те функции, которые вступят в действие после отказа функции F1A и помогут поддерживать состояние DBC₁ после состояния DBC, а также

bc) все те функции нормальной эксплуатации, отказ которых может непосредственно привести к состоянию DBC₃₋₄.



II. Классификация по классам безопасности – продолжение

- в) Уровень F2 должен быть присвоен следующим функциям безопасности:
- ва) функции безопасности, которые необходимы после условий эксплуатации DBC2-4 для сохранения состояния безопасного останова энергоблока атомной электростанции в течение не менее 72 часов по истечении первоначальных 24 часов;
 - вб) функции безопасности, принятые во внимание при расширении проектной основы,
 - вб)* функции безопасности, принятые во внимание при расширении проектной основы, а также те, которые поставляют информацию при таких эксплуатационных состояниях, кроме содержащихся в подпункте *bb*),
 - вв) функции безопасности, служащие для предотвращения аварий, не связанных с активной зоной реактора, а также
 - вг) все те функции нормальной эксплуатации, отказ которых приводит к состоянию DBC2 и непосредственно вызывают срабатывание защиты реактора.

II. Классификация по классам безопасности– продолжение

за.2.2.0800. Функции физических барьеров закрепляются за уровнями в соответствии с разделами за.2.2.0900–за.2.2.1100 на основе удержания активности барьера и возможности его изоляции.

за.2.2.0900. Барьеры, которые не могут быть изолированы, удерживают потенциальную высоко загрязненную среду, и отказ которых может привести к значительному выбросу радиоактивных веществ, относятся к уровню В1. К данному уровню относятся оболочка топливного стержня, граница контура теплоносителя реактора и защитная оболочка.



II. Классификация по классам безопасности – продолжение

за.2.2.1000. Барьеры, которые могут быть изолированы и удерживают потенциальную высоко загрязненную среду, или барьеры, которые не могут быть изолированы, но удерживают умеренно загрязненную среду, относятся к уровню В2. К данному уровню относятся паровые и водяные петли второго контура, а также компоненты систем, которые локализуют радиоактивные вещества после аварии.

за.2.2.1100. Барьеры, которые могут быть изолированы и удерживают умеренно загрязненную среду, относятся к уровню В3. К данному уровню относятся компоненты систем, локализующие радиоактивные вещества, а также системы защитной оболочки, влияющие на ядерную безопасность, которые не соединены напрямую с контуром охлаждения ядерного реактора или атмосферой защитной оболочки во время нормальной эксплуатации или аварий.



II. Классификация по классам безопасности – продолжение

за.2.2.1300. К классу безопасности AVOS 1 относятся следующие системы, конструкции и компоненты:

a) компоненты систем, обеспечивающие функцию изоляции уровня В₁;

a) Пункт исключён : 70/2018. (IV. 9.) 1. § (15) 4., 4. приложение 81.1. вышел из действия: от 10.04.2018.*

b) системы, выполняющие функции F_{1A}, отказ которых, по результатам анализа влияния согласно разделу за.2.2.0500, приводит к тяжелым последствиям, т.е. уровни выбросов превышают значения, указанные для проектной основы, или значения основных физических параметров превышают критерии приемлемости для проектной основы;

b) системы, элементы систем, выполняющие функции F_{1A}, отказ которых, по результатам анализа важности влияния согласно разделу за.2.2.0500, приводит к тяжелым последствиям, т.е. уровни выбросов превышают значения, указанные для проектной основы, или значения основных физических параметров превышают критерии приемлемости для проектной основы.*

II. Классификация по классам безопасности – продолжение

с) системы, конструкции и компоненты, определенные на основании раздела за.2.2.0710, отказ или дефект которых может привести к событию, которое напрямую влияет на возможность немедленного перевода ядерного реактора в состояние подкритичности или охлаждения и может потребовать немедленного запуска или срабатывания систем или компонентов систем, выполняющих функции F1A, и отказ которых приведет к тяжелым последствиям (например, пределы выбросов превышают значения, указанные для проектной основы, или основные физические параметры превышают критерии приемлемости для проектной основы).

с) – не изолируемые барьеры уровня В1, а также прочие элементы системы, определённые на основании пункта за.2.2.0710., отказ или дефект которых может привести к событию, из-за которого*

ca) пределы выбросов превышают значения, указанные для состояния DBC4, или

cb) основные физические параметры первого контура превышают критерии приемлемости для состояния DBC4.

II. Классификация по классам безопасности – продолжение

за.2.2.1400. К классу безопасности ABOS 2 относятся следующие системы, конструкции и компоненты:

a) обеспечивающие функцию изолирования уровня B2 или выполняющие функции безопасности F1 и не включенные в класс безопасности ABOS 1;

a)*[–] выполняют функции безопасности F1 и не включены в класс безопасности ABOS 1,

b) ...отказ которых – по результатам анализа влияния – приводит к тяжёлым последствиям;

b)*[–] системы, выполняющие функцию согласно подпункту (ca) пункта (c) раздела за.2.2.0700, отказ которых по результатам анализа влияния согласно разделу за.2.2.0500 приводит к тяжёлым последствиям, т.е. уровни выбросов превышают значения, указанные для проектной основы, или значения основных физических параметров превышают критерии приемлемости для проектной основы;

II. Классификация по классам безопасности – продолжение

с) обеспечивающие подкритичное состояние и охлаждение ядерного реактора в случае наступления события, связанного с безопасностью, или предотвращающие выброс радиоактивных веществ из ядерного реактора после наступления события, связанного с безопасностью, в пределах защитной оболочки;

с) * Пункт исключён на основании: 70/2018. (IV. 9.)

d) обеспечивающие поддержание подкритического состояния, целостность и соответствующий отвод тепла свежих и облученных тепловыделяющих элементов, хранящихся вне системы охлаждения ядерного реактора; или

II. Классификация по классам безопасности – продолжение

е) системы, конструкции и компоненты, определенные на основании раздела за.2.2.0710, отказ или дефект которых при эксплуатационных условиях DBC₁ приводит к эксплуатационным условиям DBC₃ или 4, на основании критериев приемлемости и там, где радиационные пределы и максимально допустимые дозы превышают значения, установленные для DBC₂.

е)^{*} – Изолируемые барьеры уровня B₂, а также прочие элементы системы, определённые на основании пункта за. 2.2.0710., отказ или дефект которых произошел при состоянии DBC₁, приводит к эксплуатационным условиям DBC₃₋₄, где радиационные пределы и максимально допустимые дозы превышают значения, установленные для DBC₂.

II. Классификация по классам безопасности– продолжение

за.2.2.1500. К классу безопасности ABOС 3 относятся следующие конструкции и компоненты:

за.2.2.1500. К классу безопасности ABOС 3 относятся следующие системы, конструкции и компоненты^{*} –

- a) обеспечивающие функцию изолирования уровня В3;
- b) реализующие функции безопасности F2 и не включенные в класс безопасности ABOС 2;
- c) играющие роль в предотвращении условий эксплуатации DBC3-4, если их возможная неработоспособность в условиях эксплуатации DBC3 или 4 не влияет на ход аварии;
- d) предотвращающие чрезмерное воздействие радиации от источника, находящегося за пределами ядерного реактора, на персонал, находящийся на площадке атомной электростанции, и население;

II. Классификация по классам безопасности – продолжение

e) исключающие при срабатывании необходимость активации систем, относящихся к классу безопасности AVOS 2;

e)* – своим срабатыванием предотвращают необходимость вступления в работу систем, относящихся к классу безопасности AVOS 1 или AVOS 2;

f) препятствующие в случае отказа мониторингу протекания технологического процесса в диапазоне параметров безопасности или сохранению данных мониторинга;

f)* – препятствующие в случае отказа мониторингу протекания технологического процесса в диапазоне параметров безопасности или сохранению данных мониторинга, или

II. Классификация по классам безопасности – продолжение

за.2.2.1600. Только системы, конструкции и компоненты, выполняющие функции безопасности, могут быть включены в класс безопасности AVOS 4.

за.2.2.1600.* В класс AVOS 4 должны быть включены все те системы и компоненты систем, которые не имеют функций безопасности и не относятся к основополагающим конструкторским решениям.

продолжение

за.2.2.2300. Во время и после события, вызванного внешними или внутренними факторами опасности, в частности, пожаром, наводнением, землетрясением, электромагнитными помехами и загрязнением воздуха, необходимо обеспечить сохранение контроля над атомной электростанцией и, при необходимости, перевод станции в состояние безопасного останова. Системы, конструкции и компоненты также должны классифицироваться по способности противостоять внешним и внутренним факторам опасности (как минимум, землетрясениям). При проектировании применяются соответствующие дифференцированные требования.

за.2.2.2300.* Во время и после события, вызванного внешними или внутренними факторами опасности, в частности, пожаром, наводнением, землетрясением, электромагнитными помехами и загрязнением воздуха, необходимо обеспечить сохранение контроля над атомной электростанцией и, при необходимости, перевод станции в состояние безопасного останова. Системы, конструкции и компоненты также должны классифицироваться по способности противостоять внешним и внутренним факторам опасности (как минимум, землетрясениям). При проектировании применяются соответствующие дифференцированные требования *на основании раздела за.3.6.*

III. Проектные основы атомной электростанции

за.2.2.3500. При проектировании определяются все постулируемые исходные события, которые могут повлиять на безопасность атомной электростанции. Используя детерминистские или сочетание детерминистских и вероятностных методов, из данных событий необходимо выбрать события, подлежащие включению в проектные основы.

за.2.2.3700. При определении проектной основы для компенсации неточностей применяются разумно консервативные предположения.

за.2.2.4200. При проектировании атомной электростанции необходимо определить все возможные внутренние и внешние угрозы.

III. Проектные основы атомной электростанции – продолжение

за.2.2.4300. Из числа внешних угроз необходимо учитывать, как минимум, следующие:

- a) максимальная ветровая нагрузка;
- b) предельные температуры окружающей среды;
- c) условия выпадения максимального количества осадков;
- d) молния;
- e) зимние наводнения, летние наводнения, низкий уровень воды;
- f) риск нанесения ущерба объектам, располагающимся выше и ниже по течению;
- g) летящие объекты, перемещаемые под воздействием ветра;
- h) предельные температуры и замерзание охлаждающей воды;

III. Проектные основы атомной электростанции – продолжение

- i)* геологические условия, учитываемые при верификации геологической пригодности площадки (в частности, землетрясение и разжижение грунта);
- j)* падение военного или гражданского воздушного судна;
- k)* транспортировка, промышленная деятельность и горные работы вблизи площадки;
- l)* нарушения во внешней электрической сети, включая длительную и полную неработоспособность;
- m)* объекты на площадке или вблизи нее, которые могут стать причиной пожара, взрыва или других угроз для атомной электростанции;
- n)* наружное возгорание;
- o)* электромагнитные помехи; и
- p)* биологические угрозы.

III. Проектные основы атомной электростанции – продолжение

за.2.2.4500. Из различных условий эксплуатации DBC₁₋₄ при проектировании атомной электростанции учитываются, как минимум, следующие:

a) нормальные условия эксплуатации, относящиеся к DBC₁:

aa) эксплуатация на мощности,

ab) процесс повышения мощности,

c) состояния эксплуатации DBC 2:

cd) непреднамеренное снижение концентрации борной кислоты,

ce) частичное уменьшение расхода теплоносителя первого контура,

d) состояния эксплуатации DBC 3 :

db) разрыв трубопровода малого диаметра во втором контуре;

e) состояния эксплуатации DBC 4 :

ee) потеря теплоносителя в первом контуре, включая разрыв трубы наибольшего диаметра в первом контуре со сбросом через 200% сечения.



IV. Расширение проектных основ

за.2.2.6000. В соответствии с принципом глубокоэшелонированной защиты, выбор событий и комбинаций событий, приводящих к условиям эксплуатации ДЭС, осуществляется с помощью детерминистского анализа, дополненного вероятностным анализом и инженерной оценкой.

за.2.2.6000.* В соответствии с принципом глубокоэшелонированной защиты, выбор событий и комбинаций событий приводящих к условиям ТАК, осуществляется с помощью детерминистского анализа, дополненного вероятностным анализом и инженерной оценкой. *Необходимо подтвердить учет всех возможных событий и их комбинаций. В целях анализа для обоснования безопасности используется один из методов, который в максимальной степени удовлетворяет рассматриваемому случаю, или их наиболее подходящая комбинация.*

IV. Расширение проектных основ – продолжение

за.2.2.6100. При анализе условий эксплуатации DEC₁ для компенсации неточностей применяются либо достаточно консервативные допущения, либо способ и данные расчета в наилучшем приближении, дополненные необходимым анализом факторов неопределенности и чувствительности.

за.2.2.6200. Анализ условий эксплуатации DEC₂ может проводиться для среднего числа воздействий, напряжений и свойств материалов.

IV. Расширение проектных основ – продолжение

за.2.2.6300. При расширении проектной основы необходимо принять во внимание по крайней мере следующие события:

- a) полная потеря напряжения,
- b) потеря систем, необходимых для выполнения функций останова реактора при состоянии реактора ТА2-4,
- c) разрыв паропровода с повреждением теплопередающей поверхности парогенератора,
- j) потеря охлаждения бассейна выдержки,
- k) неконтролируемое разбавление бора,
- o) события с расплавлением ядерного топлива,
- p) падение пассажирского или военного самолёта ...

IV. Расширение проектных основ – продолжение

за.2.2.6800. Во избежание полного обесточивания необходимо предусмотреть альтернативные источники энергоснабжения.

за.2.2.6800.* – Во избежание полного обесточивания необходимо предусмотреть альтернативные источники энергоснабжения.

Альтернативные источники энергоснабжения должны быть независимыми и физически отделёнными от аварийных источников снабжения электроэнергией, время их активации должно соответствовать продолжительности бесперебойного питания.

за.2.2.6900. После условий эксплуатации ДЕС₁, рассматриваемых в расширенных проектных основах, в течение 24 часов необходимо обеспечить достижение контролируемого состояния и в течение не более 72 часов — состояния безопасного останова.

IV. Расширение проектных основ – продолжение

за.2.2.7200. За счет проектных решений или реализации предупредительных мер в рамках управления авариями должны быть фактически исключены по крайней мере следующие события, а именно, должно быть подтверждено, что их возникновение физически невозможно или их повторяемость составляет ниже 10^{-7} /год с высокой степенью определенности:

a) проплавление корпуса реактора;

b) аварии на ядерном реакторе вследствие мгновенной критичности, включая случаи неоднородного снижения концентрации борной кислоты;

IV. Расширение проектных основ – продолжение

- с) все нагрузки, предусмотренные при краткосрочной и долгосрочной эксплуатации, которые могут поставить под угрозу целостность защитной оболочки, в частности, в результате падения тяжелого груза, парового и водородного взрыва, взаимодействия расплава активной зоны с бетонными несущими конструкциями и избыточного давления в защитной оболочке;
- d) невозможность охлаждения во время хранения облученных тепловыделяющих элементов, что может привести к их повреждению; и
- e) потеря теплоносителя при открытой защитной оболочке, что может привести к осушению активной зоны.**

V. Принципы проектирования по безопасности

за.2.2.8200. Если после исходного события требуется немедленное вмешательство, необходимо обеспечить, чтобы вмешательство происходило автоматически с целью предотвращения более тяжелых последствий. Вмешательство оператора допускается, только если по результатам анализа безопасности промежуток времени от обнаружения события до необходимого действия является достаточно длительным. В случае вмешательства оператора необходимо обеспечить наличие соответствующих административных, эксплуатационных, противоаварийных процедур и процедур по управлению авариями, необходимых для управления исходным событием.

за.2.2.8300. Отказы конструкций, систем и компонентов, спроектированных для нормальной эксплуатации, не должны приводить к отказу функций безопасности.

V. Принципы проектирования по безопасности – продолжение.

за.2.2.8500. При проектировании рассматривается возможность и последствия случайного срабатывания компонентов систем и возможные отказы.

за.2.2.8500.* При проектировании элементов систем необходимо учитывать виды возможных отказов, возможность случайного срабатывания, а также последствия отказов и случайного срабатывания компонентов систем.

за.2.2.8600. Надлежащее проектирование обеспечивает выполнение всеми физическими барьерами своих функций в случае эксплуатационных условий DBC₁₋₂.

V. Принципы проектирования по безопасности – продолжение.

за.2.2.8800. При проектировании определяются требования к автономности в отношении вмешательства оператора, внешних сетей, необходимых для безопасной эксплуатации, внешнего источника питания и конечного теплопоглотителя.

за.2.2.8800.* При проектировании определяются требования к автономности в отношении вмешательства оператора, внешних сетей, необходимых для безопасной эксплуатации, внешнего источника питания и конечного теплопоглотителя. Требования должны быть представлены в сроках функций безопасности уровня F1 и F2.

Нужно показать, что на площадке с большой определённой имеют источники, поддерживающие функции безопасности, до того момента времени, пока не будет обеспечено снабжение из внешних источников.

V. Принципы проектирования по безопасности– продолжение.

за.2.2.8900. Надлежащим проектированием необходимо обеспечить:

a) в отношении вмешательства оператора:

aa) отсутствие необходимости вмешательства оператора в течение 30 минут в пункте управления и в течение одного часа вне пункта управления с сохранением выбросов в пределах, определенных проектом, в случае событий, приводящих к условиям эксплуатации DBC₂₋₄ или DEC;

b) в отношении поглотителя тепла:

bc) наличие на площадке атомной электростанции достаточного количества воды для охлаждения парогенераторов в течение 72 часов;

V. Принципы проектирования по безопасности– продолжение

с) в отношении электроснабжения:

са) наличие источника питания, независимого от внешнего источника, в течение минимум 72 часов в случае условий эксплуатации DBC₁₋₄ и DEC.

са) наличие источника питания, независимого от внешнего источника, в течение минимум 72 часов в случае условий эксплуатации DBC₁₋₄ и DEC.

За.2.3. Подтверждение безопасности

за.2.3.0200. Независимая верификация анализа, включающего характеристики проектов, которые являются решающими с точки зрения безопасности, производится с помощью других методов вычисления.

за.2.3.0300. Применимость методов и данных, используемых для определения проектной основы и анализа рассматриваемых событий, подтверждается с помощью физических данных, экспериментов или других методов. Для компенсации остальных неточностей применяются консервативные допущения, подтверждаемые анализом безопасности, главным образом, за счет выбора консервативных исходных и граничных условий.

За.2.3. Подтверждение безопасности – продолжение.

за.2.3.0400. Для оценки неточности допущений, используемых данных и методов вычисления применяется анализ чувствительности. Если результаты анализа чувствительны к допущениям модели, то с помощью методов и процедур, которые независимы от использованных ранее методов и процедур, проводится дополнительный анализ.

за.2.3.0500. Анализ, проводимый для подтверждения безопасности, документируется таким образом и в такой степени, чтобы его можно было воспроизвести, провести независимую проверку и внести необходимые изменения для оценки изменений на протяжении всего срока службы атомной электростанции. Кроме того, на основе анализа может проводиться проверка и повторная оценка степени консервативности и запаса.

За.2.3. Подтверждение безопасности – продолжение.

II. Детерминистская оценка безопасности

за.2.3.0900. Для всех исходных событий, включенных в проектную основу или расширенную проектную основу, выполнение соответствующих критериев приемлемости подтверждается детерминистским анализом безопасности.

за.2.3.1000. Для подтверждения безопасности применяются, как минимум, термогидравлические, гидродинамические расчеты, расчеты физических свойств реактора, прочности, статические расчеты, расчеты механики разрушения, динамические расчеты, расчеты топливного канала максимальной мощности, радиационной защиты и рассеивания.

III. Вероятностный анализ безопасности

за.2.3.2600. Вероятностный анализ безопасности подготавливается, документально оформляется и поддерживается с применением имеющегося международного опыта и проверенных методов, а также в соответствии с системой менеджмента качества лицензиата.



За.2.3. Подтверждение безопасности – продолжение

IV. Подготовка Предварительного отчёта по безопасности и Окончательного отчёта по безопасности

за.2.3.2700. Отчет по обоснованию безопасности представляется в подтверждение нормативных процедур лицензирования до строительства, ввода в эксплуатацию и эксплуатации энергоблока атомной электростанции. В Отчете по обоснованию безопасности информация, относящаяся к подтверждению выполнения требований к строительству, вводу в эксплуатацию и эксплуатации атомной электростанции, включается в комплексную систему.

за.2.3.2800. Предварительный и Окончательный отчеты по обоснованию безопасности составляются на основании приведенных ниже требований к содержанию:

За.2.3. Подтверждение безопасности – продолжение

за.2.3.2800.* – Предварительный и Окончательный отчёт по обоснованию безопасности нужно составить на основании следующих требований к содержанию, закреплённых в пункте 1.2.3.0280. Приложения 1.:

b) общие принципы проектирования энергоблока атомной электростанции...

2.* – общие принципы проектирования энергоблока(ов) атомной электростанции и методы, применяемые для достижения основных целей безопасности,

c) основные элементы проектной документации с представлением площадки, планировки станции...анализы, подтверждающие выполнение предписанного уровня безопасности,

3.* – существенные элементы проектной документации, описывающие площадку, проект, нормальные условия эксплуатации и проектные основы атомной электростанции, а также анализ, подтверждающий достижение необходимого уровня безопасности,

За.2.3. Подтверждение безопасности – продолжение

h) описание методов управления и организационной структуры предприятия, эксплуатирующего атомную электростанцию...

8.* – описание и аспекты безопасности методов управления и организационной структуры предприятия, эксплуатирующего атомную электростанцию, представление связей между организационными единицами, влияющих на ядерную безопасность.

За.2.3. Подтверждение безопасности – продолжение

за.2.4. Критерии приемлемости анализов безопасности

за.2.4.0100. В отношении процессов, вызванных исходными событиями, приводящими к условиям эксплуатации ДВС₂₋₄, необходимо продемонстрировать, что доза контрольной группы населения не должна превышать:

- a) значения граничной дозы для процессов, вызванных исходными событиями, приводящими к условиям эксплуатации ДВС₂;
- b) 1 мЗв/событие для процессов, вызванных исходными событиями, приводящими к условиям эксплуатации ДВС₃; и
- c) 5 мЗв/событие для процессов, вызванных исходными событиями, приводящими к условиям эксплуатации ДВС₄.

За.2.3. Подтверждение безопасности – продолжение

за.2.4.0100.* – В отношении процессов, вызванных исходными событиями, приводящими к условиям эксплуатации DBC₂₋₄, необходимо продемонстрировать, что доза контрольной группы населения не должна превышать:

- a) значения граничной дозы для населения – для процессов, вызванных исходными событиями, приводящими к условиям эксплуатации DBC₂,
- b) 1 мЗв/событие – для процессов, вызванных исходными событиями, приводящими к условиям эксплуатации DBC₃, и
- c) 5 мЗв/событие – для процессов, вызванных исходными событиями, приводящими к условиям эксплуатации DBC₄ и DEC₁.

за.2.4.0600. Общая повторяемость случаев, приводящих к частичному или полному расплавлению активной зоны, для последовательности событий, связанных со всеми принятыми исходными событиями, за исключением саботажа, не должна превышать 10^{-5} /год.

За.2.3.Подтверждение безопасности – продолжение

за.2.4.0700. Для выполнения критерия ограниченного воздействия на окружающую среду в случае событий, приводящих к условиям эксплуатации ДЕС₁, с учетом технических условий, приведенных в разделе за.2.2.7000, необходимо продемонстрировать, что:

- a) за пределами 800-метровой зоны от ядерного реактора не требуется планирование срочных защитных мер;
- b) за пределами 3-километровой зоны от ядерного реактора не требуется планирование временных мер, таких как временная эвакуация населения;
- c) за пределами 800-метровой зоны от ядерного реактора не требуется планирование последующих мер, таких как окончательное переселение населения;
- d) не требуется долгосрочное ограничение потребления продуктов питания.

За.2.3.Подтверждение безопасности – продолжение

за.2.4.0800. События, приводящие к крупным выбросам на раннем этапе аварии, должны быть исключены. Общая повторяемость последовательности событий, приводящих к крупным выбросам на раннем этапе аварии, для всех условий эксплуатации и воздействий, за исключением саботажа, не должна превышать 10^{-6} /год.

за.2.4.0800.* – События, приводящие к крупным выбросам на раннем этапе аварии, должны быть исключены. Общая повторяемость последовательности событий, приводящих к крупным выбросам на раннем этапе аварии, для всех условий эксплуатации и воздействий, за исключением саботажа, не должна превышать 10^{-6} /год. *Выполнение данных требований должно быть подтверждено вероятностным анализом безопасности уровня 2.*

Вероятностный анализ безопасности

По сравнению с детерминистическим анализом вероятностный анализ является довольно новой областью, поэтому с этим занимаемся более подробно.

- за.2.3.1700. Следует подготовить вероятностный анализ безопасности для определения полного риска существования АЭС, для подтверждения выполнения сопутствующих критериев приемлемости и целей риска, для оценки сбалансированности и целостности проекта, а также для оценки соответствия расширенных проектных основам. Вероятностный анализ безопасности следует применить для подтверждения того, что в распоряжении имеются резервы для избежания эффекта "нахождения на краю обрыва"..

Вероятностный анализ безопасности- 2

- за.2.3.1800. Для проекта блока АЭС, включая системы по хранению и обработке топлива, следует разработать вероятностный анализ безопасности, который распространяется на все возможные рабочие режимы, конфигурации систем и на все предполагаемые исходные события, для которых иными методами нельзя доказать, что данным дополнением к риску можно пренебречь. **В вероятностных анализах безопасности 1-го и 2-го уровня (с применением самых современных научных и технических достижений) необходимо принять во внимание в самых значительных объемах внешние и внутренние факторы угроз, а также их возможные комбинации. Там, где это невозможно, с помощью альтернативных решений по анализу, принятых с международной практикой, следует оценить то, как внешние факторы угроз способствуют наступлению полноценного риска для АЭС.**

Вероятностный анализ безопасности-3

- за.2.3.1900. В вероятностном анализе безопасности следует принять во внимание существенные функциональные, территориальные зависимости, служащие основой для физического размещения системных элементов, вытекающие из сбоев по эксплуатационным причинам, причинам, связанным с эксплуатационным обслуживанием, и прочим общим причинам, в особенности воздействия от летающих предметов, воздействия струи жидкостей и пара, внутреннего пожара и затопления, кроме того, сбой окружающих промышленных объектов, воздействия деятельности человека и воздействия факторов угроз природного происхождения.
- за.2.3.2000. В рамках вероятностного анализа безопасности следует произвести исследования неопределенности и чувствительности и при каждом использовании необходимо учитывать их результаты.

Вероятностный анализ безопасности- 4

- за.2.3.2100. В вероятностном анализе безопасности необходимо смоделировать поведение атомной электростанции в соответствии с реалиями. Для этого во внимание следует принять сопутствующие данные проектирования, инструкции по эксплуатации и по сбоям, руководства по управлению авариями или их проекты, с учётом вмешательства человека, вместе со связанными с этим потенциальными ошибками человека. Следует подтвердить соответствие необходимого времени выполнения задания, предполагаемого в вероятностном анализе безопасности.
- за.2.3.2200. Следует выполнить анализы надёжности человека, приняв во внимание те факторы, которые могут оказать воздействие в отдельных рабочих режимах блоков АЭС на деятельность обслуживающего персонала, на его работоспособность.

Вероятностный анализ безопасности- 5

- 3a.2.3.2500. A valószínűségi biztonsági elemzéseket a rendszerek, rendszerelemek tervezett, majd tényleges karbantartási és tesztelési, ellenőrzési gyakorlatának megfelelően kell elvégezni. A valószínűségi biztonsági elemzések eredményeire vonatkozó követelmények teljesülését a karbantartások, próbák és ellenőrzések rendszer- és rendszerelem-megbízhatóságra gyakorolt hatásának figyelembevételével kell igazolni.
- 3a.2.3.2600. A valószínűségi biztonsági elemzést a rendelkezésre álló nemzetközi tapasztalatok, validált módszerek alkalmazásával az engedélyes minőségirányítási rendszerével összhangban kell elkészíteni, dokumentálni és karbantartani.

Az NBSZ követelmények teljesítésének módszerére a hatóság részletes útmutatót adott ki - N3a.11. számon (90 oldalon).



За.2.5. Условия эксплуатации и ограничения

за.2.5.0100. В процессе проектирования определяются пределы и условия эксплуатации конструкций, систем и компонентов, которые в случае их выполнения обеспечивают эксплуатацию атомной электростанции в соответствии с проектными целями, описанными в Отчете по обоснованию безопасности, и требованиями ядерной безопасности.

за.2.5.0400. При определении эксплуатационных пределов и условий учитываются следующие последовательные уровни безопасности:

- а) пределы безопасности;
- б) пороговые значения для запуска систем, обеспечивающих функции безопасности; и
- с) пределы и условия нормальной эксплуатации.

За.2.5. Условия эксплуатации и ограничения – продолжение

за.2.5.0900. В рамках документа «Эксплуатационные пределы и условия» определяются требования в отношении необходимого и достаточного персонала для безопасной эксплуатации.

за.2.5.0900.* – В рамках документа «Эксплуатационные пределы и условия» определяются требования в отношении необходимого и достаточного персонала для безопасной эксплуатации. *При определении необходимого и достаточного персонала для безопасной эксплуатации также необходимо выполнять требования по управлению авариями.*

Спасибо за внимание!

Вопросы?

