

# СЕРИЯ НОРМ МАГАТЭ ПО БЕЗОПАСНОСТИ

Безопасность  
атомных  
электростанций:  
проектирование

## ТРЕБОВАНИЯ

№ NS-R-1



МЕЖДУНАРОДНОЕ  
АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ  
ВЕНА

# ПУБЛИКАЦИИ МАГАТЭ ПО ВОПРОСАМ БЕЗОПАСНОСТИ

## НОРМЫ БЕЗОПАСНОСТИ МАГАТЭ

В соответствии со статьей III своего Устава Агентство уполномочено устанавливать нормы безопасности для защиты от ионизирующих излучений и обеспечивать применение этих норм в мирной деятельности в ядерной области.

Связанные с регулирующей деятельностью публикации, посредством которых МАГАТЭ устанавливает нормы и меры безопасности, выпускаются в **Серии норм безопасности МАГАТЭ**. Эта серия охватывает ядерную безопасность, радиационную безопасность, безопасность транспортировки и безопасность отходов, и также общие принципы безопасности (т. е. имеет отношение к двум или более этих четырех областей), и категории публикаций в ней включают - **Основы безопасности, Требования безопасности и Руководства по безопасности**.

**Основы безопасности** (синий шрифт) содержат основные цели, концепции и принципы обеспечения безопасности и защиты в освоении и применении ядерной энергии для мирных целей.

**Требования безопасности** (красный шрифт) устанавливают требования, которые необходимо выполнять для обеспечения безопасности. Эти требования, для выражения которых применяется формулировка “должен, должна, должно, должны”, определяются целями и принципами, изложенными в Основах безопасности.

**Руководства по безопасности** (зеленый шрифт) рекомендуют меры, условия или процедуры выполнения требований безопасности. Для рекомендаций в Руководствах по безопасности применяется формулировка “следует”, которая означает, что для выполнения требований необходимо принимать рекомендуемые или эквивалентные альтернативные меры.

Нормы безопасности МАГАТЭ не имеют юридически обязательной силы для государств-членов, но они могут приниматься ими по их собственному усмотрению для использования в национальных регулирующих положениях, касающихся их собственной деятельности. Эти нормы обязательны для МАГАТЭ в отношении его собственной работы и для государств в отношении операций, в которых МАГАТЭ оказывает помощь.

Информацию о программе норм безопасности МАГАТЭ (включая информацию об изданиях на других языках, помимо английского) можно получить на сайте МАГАТЭ в Интернете

[www.iaea.org/ns/coordinet](http://www.iaea.org/ns/coordinet)

или по запросу, который следует направлять в Секцию координации деятельности по обеспечению безопасности МАГАТЭ по адресу: IAEA, P.O. Box 100, A-1400 Vienna, Austria.

## ДРУГИЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ВОПРОСАМ БЕЗОПАСНОСТИ

В соответствии со статьями III и VIII.C своего Устава МАГАТЭ предоставляет сведения и способствует обмену информацией, касающейся мирной деятельности в ядерной области, и служит в этом посредником между своими государствами-членами.

Доклады по вопросам обеспечения безопасности и защиты в ядерной деятельности выпускаются в другой серии, в частности, в **Серии докладов МАГАТЭ по безопасности**, в качестве информационных публикаций. Доклады по безопасности могут содержать описание образцовой практики, а также практических примеров и детальных методов, которые могут использоваться для выполнения требований безопасности. Они не устанавливают требования или не содержат рекомендации.

Другие серии изданий МАГАТЭ, которые включают публикации по вопросам безопасности - это **Серия технических докладов, Серия докладов по радиологическим оценкам, Серия ИНСАГ, Серия TECDOC, Серия временных норм безопасности, Серия учебных курсов, Серия услуг МАГАТЭ и Серия компьютерных руководств**, а также **Практические руководства по радиационной безопасности и Практические технические руководства по излучениям**. МАГАТЭ выпускает также доклады по радиационным авариям и другие специальные публикации.

**БЕЗОПАСНОСТЬ АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ:  
ПРОЕКТИРОВАНИЕ**

Членами Международного агентства по атомной энергии являются следующие государства:

АВСТРАЛИЯ	ЙЕМЕН	РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ
АВСТРИЯ	КАЗАХСТАН	РУМЫНИЯ
АЗЕРБАЙДЖАН	КАМБОДЖА	САЛЬВАДОР
АЛБАНИЯ	КАМЕРУН	САУДОВСКАЯ АРАВИЯ
АЛЖИР	КАНАДА	СВЯТЕЙШИЙ ПРЕСТОЛ
АНГОЛА	КАТАР	СЕНЕГАЛ
АРГЕНТИНА	КЕНИЯ	СИНГАПУР
АРМЕНИЯ	КИПР	СИРИЙСКАЯ АРАБСКАЯ
АФГАНИСТАН	КИТАЙ	РЕСПУБЛИКА
БАНГЛАДЕШ	КОЛУМБИЯ	СЛОВАКИЯ
БЕЛАРУСЬ	КОРЕЯ, РЕСПУБЛИКА	СЛОВЕНИЯ
БЕЛЬГИЯ	КОСТА-РИКА	СОЕДИНЕННОЕ КОРОЛЕВСТВО
БЕНИН	КОТ-ДИВУАР	ВЕЛИКОБРИТАНИИ И СЕВЕРНОЙ
БОЛГАРИЯ	КУБА	ИРЛАНДИИ
БОЛИВИЯ	КУВЕЙТ	СОЕДИНЕННЫЕ ШТАТЫ
БОСНИЯ И ГЕРЦЕГОВИНА	ЛАТВИЯ	АМЕРИКИ
БОТСВАНА	ЛИБЕРИЯ	СУДАН
БРАЗИЛИЯ	ЛИВАН	СЬЕРРА-ЛЕОНЕ
БУРКИНА-ФАСО	ЛИВИЙСКАЯ АРАБСКАЯ	ТАДЖИКИСТАН
БЫВШАЯ ЮГОСЛ. РЕСП. МАКЕДОНИЯ	ДЖАМАХИРИЯ	ТАИЛАНД
ВЕНГРИЯ	ЛИТВА	ТУНИС
ВЕНЕСУЭЛА	ЛИХТЕНШТЕЙН	ТУРЦИЯ
ВЬЕТНАМ	ЛЮКСЕМБУРГ	ТУНДА
ГАБОН	МАВРИКИЙ	УЗБЕКИСТАН
ГАИТИ	МАДАГАСКАР	УКРАИНА
ГАНА	МАЛАЙЗИЯ	УРУГВАЙ
ГВАТЕМАЛА	МАЛИ	ФИЛИППИНЫ
ГЕРМАНИЯ	МАРОККО	ФИНЛЯНДИЯ
ГРЕЦИЯ	МАРШАЛЛОВЫ ОСТРОВА	ФРАНЦИЯ
ГРУЗИЯ	МЕКСИКА	ХОРВАТИЯ
ДАНИЯ	МОНАКО	ЦЕНТРАЛЬНОАФРИКАНСКАЯ
ДЕМОКРАТИЧЕСКАЯ РЕСПУБЛИКА КОНГО	МОНГОЛИЯ	РЕСПУБЛИКА
ДОМИНИКАНСКАЯ РЕСПУБЛИКА	МЬЯНМА	ЧЕШСКАЯ РЕСПУБЛИКА
ЕГИПЕТ	НАМИБИЯ	ЧИЛИ
ЗАМБИЯ	НИГЕР	ШВЕЙЦАРИЯ
ЗИМБАБВЕ	НИГЕРИЯ	ШВЕЦИЯ
ИЗРАИЛЬ	НИДЕРЛАНДЫ	ШРИ-ЛАНКА
ИНДИЯ	НИКАРАГУА	ЭКВАДОР
ИНДОНЕЗИЯ	НОВАЯ ЗЕЛАНДИЯ	ЭСТОНИЯ
ИОРДАНИЯ	НОРВЕГИЯ	ЭФИОПИЯ
ИРАК	ОБЪЕДИНЕННАЯ РЕСПУБЛИКА	ЮГОСЛАВИЯ
ИРАН, ИСЛАМСКАЯ РЕСПУБЛИКА	ТАНЗАНИЯ	ЮЖНАЯ АФРИКА
ИРЛАНДИЯ	ОБЪЕДИНЕННЫЕ	ЯМАЙКА
ИСЛАНДИЯ	АРАБСКИЕ ЭМИРАТЫ	ЯПОНИЯ
ИСПАНИЯ	ПАКИСТАН	
ИТАЛИЯ	ПАНАМА	
	ПАРАГВАЙ	
	ПЕРУ	
	ПОЛЬША	
	ПОРТУГАЛИЯ	

Устав Агентства был утвержден 23 октября 1956 года на Конференции по выработке Устава МАГАТЭ, которая состоялась в Центральных учреждениях Организации Объединенных Наций в Нью-Йорке. Устав вступил в силу 29 июля 1957 года. Центральные учреждения Агентства находятся в Вене. Главной целью Агентства является достижение «более скорого и широкого использования атомной энергии для поддержания мира, здоровья и благосостояния во всем мире».

© МАГАТЭ, 2003

Разрешение на воспроизведение или перевод информации, содержащейся в данной публикации, можно получить, направив запрос в письменном виде по адресу: International Atomic Energy Agency, Wagramerstrasse 5, P.O. Box 100, A-1400 Vienna, Austria.

Напечатано МАГАТЭ в Австрии  
Июнь 2003  
STI/PUB/1099

СЕРИЯ ИЗДАНИЙ ПО БЕЗОПАСНОСТИ, № NS-R-1

# БЕЗОПАСНОСТЬ АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ: ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Требования безопасности

МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ  
ВЕНА, 2003 ГОД

БЕЗОПАСНОСТЬ АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ:  
ПРОЕКТИРОВАНИЕ  
МАГАТЭ, ВЕНА, 2003  
STI/PUB/1099  
ISBN 92-0-405003-9  
ISSN 1020-5845

## **ПРЕДИСЛОВИЕ**

**Мохамед ЭльБарадей**  
**Генеральный директор**

Одна из уставных функций МАГАТЭ сводится к тому, чтобы устанавливать или применять нормы безопасности для охраны здоровья, жизни и имущества в деятельности по освоению и применению ядерной энергии в мирных целях, а также обеспечивать применение этих норм как в своей собственной работе, так и в работе, в которой оказывается помощь, и, по требованию сторон, в деятельности, проводимой на основании любого двустороннего или многостороннего соглашения, или, по требованию того или иного государства, к любому виду деятельности этого государства в области ядерной энергии.

Наблюдение за разработкой норм безопасности осуществляют следующие консультативные органы: Консультативная комиссия по нормам безопасности (ККНБ); Консультативный комитет по нормам ядерной безопасности (НУССАК); Консультативный комитет по нормам радиационной безопасности (РАССАК); Консультативный комитет по нормам безопасности перевозки (ТРАНССАК); и Консультативный комитет по нормам безопасности отходов (ВАССАК). Государства-члены широко представлены в этих комитетах.

Чтобы обеспечить широчайший международный консенсус, нормы безопасности направляются также всем государствам-членам для замечаний перед их одобрением Советом управляющих МАГАТЭ (в случае Основ безопасности и Требований безопасности) или, от имени Генерального директора, Комитетом по публикациям (в случае Руководств по безопасности).

Нормы безопасности МАГАТЭ не имеют юридически обязательной силы для государств-членов, но они могут приниматься ими по их собственному усмотрению для использования в национальных регулирующих положениях, касающихся их собственной деятельности. Эти нормы обязательны для МАГАТЭ в отношении его собственной работы и для государств в отношении операций, в которых МАГАТЭ оказывает помощь. Любое государство, желающее вступить в соглашение с МАГАТЭ, касающееся его помощи в связи с выбором площадки, проектированием, строительством, вводом в эксплуатацию, эксплуатацией или снятием с эксплуатации ядерной установки или любой другой деятельностью, должно будет выполнять те части норм безопасности, которые относятся к деятельности, охватываемой соглашением. Однако следует помнить, что ответственность за принятие окончательных решений и юридическая

ответственность в любых процедурах лицензирования возлагается на государства.

Нормы безопасности устанавливают важнейшие основы для безопасности, однако может также потребоваться включение более детальных требований, отражающих национальную практику. Кроме того, будут включаться, как правило, специальные вопросы, которые должны оцениваться экспертами на индивидуальной основе.

Физическая защита делящихся и радиоактивных материалов и АЭС в целом упоминается в надлежащих случаях, но не рассматривается подробно; к обязательствам государств в этом отношении следует подходить на основе соответствующих договорно-правовых документов и публикаций, разработанных под эгидой МАГАТЭ. Нерадиологические аспекты техники безопасности на производстве и охраны окружающей среды также прямо не рассматриваются; признано, что государства должны выполнять свои международные обязательства и обязанности относительно них.

Требования и рекомендации, изложенные в нормах безопасности МАГАТЭ, возможно, не полностью соблюдаются на некоторых установках, построенных в соответствии с принятыми ранее нормами. Решения о том, как нормы безопасности должны применяться на таких установках, будут приниматься государствами.

Внимание государств обращается на тот факт, что нормы безопасности МАГАТЭ, не являясь юридически обязательными, разработаны с целью обеспечения того, чтобы мирные применения ядерной энергии и радиоактивных материалов осуществлялись таким образом, который дает возможность государствам выполнять свои обязательства в соответствии с общепринятыми принципами международного права и правилами, касающимися охраны окружающей среды. Согласно одному такому общему принципу территория государства не должна использоваться так, чтобы причинить ущерб в другом государстве. Государства, следовательно, обязаны проявлять должную осмотрительность и соответствующую меру заботливости.

Гражданская ядерная деятельность, осуществляемая в рамках юрисдикции государств, как и любая другая деятельность, подпадает под действие обязательств, которые государства могут принимать согласно международным конвенциям в дополнение к общепринятым принципам международного права. Государствам надлежит принимать в рамках своих национальных юридических систем такое законодательство (включая правила) и другие нормы и меры, которые могут быть необходимы для эффективного выполнения всех взятых на себя международных обязательств.



## *РЕДАКЦИОННОЕ ПРИМЕЧАНИЕ*

*Дополнение, если оно включено, представляет собой неотъемлемую часть норм и имеет тот же статус, что и основной текст. Приложения, сноски и списки литературы, если они включены, содержат дополнительную информацию или практические примеры, которые могут оказаться полезными для пользователя.*

*Формулировка “должен, должна, должно, должны” используется в нормах безопасности в случаях, когда речь идет о требованиях, обязанностях и обязательствах. Для рекомендации желательного варианта используется формулировка “следует”.*

## СОДЕРЖАНИЕ

1.	ВВЕДЕНИЕ .....	1
	Общие сведения (1.1) .....	1
	Цели (1.2–1.4) .....	1
	Сфера применения (1.5–1.7) .....	2
	Структура (1.8) .....	3
2.	ЦЕЛИ И КОНЦЕПЦИИ БЕЗОПАСНОСТИ .....	4
	Цели безопасности (2.1–2.8) .....	4
	Концепция глубокоэшелонированной защиты (2.9–2.11) .....	6
3.	ТРЕБОВАНИЯ К УПРАВЛЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТЬЮ .....	8
	Обязанности в области управления (3.1) .....	8
	Управление проектированием (3.2–3.5) .....	9
	Апробированная инженерно-техническая практика (3.6–3.8) ...	10
	Эксплуатационный опыт и исследования в области обеспечения безопасности (3.9) .....	11
	Оценка безопасности (3.10–3.12) .....	11
	Независимая проверка оценки безопасности (3.13) .....	11
	Обеспечение качества (3.14–3.16) .....	12
4.	ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ .....	12
	Требования к глубокоэшелонированной защите (4.1–4.4) .....	12
	Функции безопасности (4.5–4.7) .....	14
	Предотвращение аварий и характеристики безопасности станции (4.8) .....	14
	Радиационная защита и критерии приемлемости (4.9–4.13) .....	15
5.	ТРЕБОВАНИЯ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ СТАНЦИИ .....	16
	Классификация безопасности (5.1–5.3) .....	16
	Общая основа проекта (5.4–5.31) .....	17
	Обеспечение надежности при проектировании конструкций, систем и элементов (5.32–5.42) .....	24
	Меры, предусматриваемые для проведения испытаний, технического обслуживания, ремонта, инспекций и контроля во время эксплуатации (5.43–5.44) .....	27

Аттестация оборудования (5.45–5.46) .....	28
Старение (5.47) .....	29
Человеческие факторы (5.48–5.56) .....	29
Другие соображения, касающиеся проектирования (5.57–5.68) .	31
Анализ безопасности (5.69–5.73) .....	34
6. ТРЕБОВАНИЯ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ СИСТЕМ СТАНЦИИ .....	36
Активная зона реактора и связанные с ней устройства (6.1–6.20) .....	36
Система теплоносителя реактора (6.21–6.42) .....	40
Система защитной оболочки (6.43–6.67) .....	45
Контрольно-измерительные приборы и системы управления (6.68–6.86) .....	50
Аварийный центр управления (6.87) .....	55
Аварийная система электроснабжения (6.88–6.89) .....	55
Системы обработки и контроля отходов (6.90–6.95) .....	56
Системы для обращения с топливом и для его хранения (6.96–6.98) .....	57
Радиационная защита (6.99–6.106) .....	59
ДОПОЛНЕНИЕ I: ПОСТУЛИРУЕМЫЕ ИСХОДНЫЕ СОБЫТИЯ .....	63
ДОПОЛНЕНИЕ II: РЕЗЕРВИРОВАНИЕ, НЕОДИНАКОВСТЬ И НЕЗАВИСИМОСТЬ .....	68
СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ .....	72
ПРИЛОЖЕНИЕ: ФУНКЦИИ БЕЗОПАСНОСТИ ДЛЯ РЕАКТОРОВ С КИПЯЩЕЙ ВОДОЙ, РЕАКТОРОВ С ВОДОЙ ПОД ДАВЛЕНИЕМ И РЕАКТОРОВ КАНАЛЬНОГО ТИПА .....	73
ГЛОССАРИЙ .....	77
СОСТАВИТЕЛИ И РЕЦЕНЗЕНТЫ .....	81
КОНСУЛЬТАТИВНЫЕ ОРГАНЫ, УЧАСТВУЮЩИЕ В ОДОБРЕНИИ НОРМ БЕЗОПАСНОСТИ .....	83

# 1. ВВЕДЕНИЕ

## ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1.1. Настоящая публикация заменяет Свод положений по безопасности атомных электростанций: проектирование АЭС (Серия изданий по безопасности, № 50-C-D (Rev.1), выпущенный на русском языке в 1990 году). В ней учтены имеющие отношение к безопасности АЭС события, которые произошли после завершения последнего пересмотра Свода положений по проектированию. Эти события включают выпуск публикации категории Основы безопасности “Безопасность ядерных установок” [1], а также нынешний пересмотр различных норм безопасности и других публикаций, имеющих отношение к обеспечению безопасности. Требования, предъявляемые к ядерной безопасности, имеют целью обеспечить надлежащую защиту персонала на площадке, населения и окружающей среды от воздействий ионизирующих излучений, возникающих на АЭС. Общеизвестно, что технология и научные знания развиваются, и концепция ядерной безопасности и представления о надлежащей защите не являются статическими. Требования к безопасности изменяются вместе с этими событиями, и настоящая публикация отражает консенсус, достигнутый на данный момент.

## ЦЕЛИ

1.2. В настоящей публикации категории Требования безопасности учтены события, имеющие отношение к требованиям безопасности, путем, например, включения в процесс проектирования соображений, касающихся тяжелых аварий. Другие темы, которые рассматриваются более детально, включают управление безопасностью, управление проектированием, старение станций и последствия износа, компьютеризованные системы безопасности, внешние и внутренние опасности, человеческие факторы, учет опыта эксплуатации, а также оценку и проверку безопасности.

1.3. Настоящая публикация устанавливает требования безопасности, которые определяют элементы, необходимые для обеспечения ядерной безопасности. Эти требования применимы к функциям безопасности и связанным с ними конструкциям, системам и элементам, а также к процедурам, важным для безопасности на АЭС. Ожидается, что

настоящая публикация будет использоваться прежде всего для наземных стационарных АЭС с водоохлаждаемыми реакторами, предназначенными для производства электроэнергии или для других теплоэнергетических применений (таких, как централизованное теплоснабжение или опреснение). Признается, что в случае реакторов других типов, включая инновационные разработки будущих систем, некоторые требования могут оказаться неприменимыми или потребовать принятия некоторого решения в отношении их толкования. В других руководствах по безопасности будут представлены рекомендации по толкованию и применению этих требований.

1.4. Настоящая публикация предназначена для использования организациями, занимающимися проектированием, изготовлением, сооружением и эксплуатацией АЭС, а также регулирующими органами.

## СФЕРА ПРИМЕНЕНИЯ

1.5. Настоящая публикация устанавливает требования к проектированию конструкций, систем и элементов, важных для безопасности, которые необходимо соблюдать с целью обеспечения безопасной эксплуатации АЭС и предотвращения или смягчения последствий событий, которые могут представлять угрозу для безопасности. В ней устанавливаются также требования в отношении всеобъемлющей оценки безопасности, которая проводится с целью определения потенциальных опасностей, связанных с эксплуатацией установки в различных состояниях станции (эксплуатационных состояниях и аварийных условиях). Процесс оценки безопасности включает дополнительные методы детерминированного анализа безопасности и вероятностного анализа безопасности. Проведение этих анализов требует рассмотрения постулируемых исходных событий (ПИС), включающих многие факторы, которые индивидуально или в совокупности могут влиять на безопасность, и эти события могут:

- возникать при эксплуатации самой АЭС;
- быть вызваны действиями людей;
- быть непосредственно связанными с АЭС и окружающей ее средой.

1.6. В настоящей публикации внимание уделяется также весьма маловероятным событиям, таким, как тяжелые аварии, которые могут приводить к крупным радиоактивным выбросам и в отношении которых

надлежащим и практически целесообразным может быть обеспечение в проекте средств, способных предотвратить или смягчить последствия.

1.7. В настоящей публикации не учитываются:

- крайне маловероятные внешние природные события или события, вызванные деятельностью человека (такие, как падение метеорита или искусственного спутника);
- обычные промышленные аварии, которые ни при каких обстоятельствах не могут повлиять на безопасность АЭС;
- связанные с эксплуатацией АЭС нерадиологические последствия, которые могут быть предметом отдельных национальных нормативных требований.

## СТРУКТУРА

1.8. В настоящей публикации категории Требования безопасности проводится связь между принципами и целями безопасности, а также требованиями и критериями безопасности. В Разделе 2 подробно излагаются принципы, цели и концепции безопасности, образующие основу для разработки требований безопасности, которые должны выполняться при проектировании станции. Цели безопасности (выделены курсивом в Разделе 2) воспроизводятся из публикации категории Основы безопасности “Безопасность ядерных установок” [1]. В Разделе 3 излагаются основные требования, которые должны применяться проектной организацией в управлении процессом проектирования, а также требования в отношении оценки безопасности, обеспечения качества и использования апробированной инженерно-технической практики и эксплуатационного опыта. Раздел 4 содержит основные и более общие технические требования, касающиеся глубоко-эшелонированной защиты и радиационной защиты. В Разделе 5 излагаются общие требования, предъявляемые к проектированию станции, которые дополняют основные требования, направленные на достижение целей безопасности. Раздел 6 касается требований, предъявляемых к проектированию конкретных систем станции, таких, как активная зона реактора, системы охлаждения и системы защитной оболочки. В Дополнении I излагаются определение и применение концепции постулируемых исходных событий. В Дополнении II рассматривается применение резервирования, неодинаковости и независимости в качестве мер, направленных на повышение надежности и

обеспечение защиты от отказов по общей причине. В Приложении рассматриваются функции безопасности для различных реакторов.

## 2. ЦЕЛИ И КОНЦЕПЦИИ БЕЗОПАСНОСТИ

### ЦЕЛИ БЕЗОПАСНОСТИ

2.1. В публикации категории Основы безопасности “Безопасность ядерных установок” [1] изложены три главные цели безопасности, исходя из которых определяются требования в отношении сведения к минимуму опасностей, связанных с АЭС. Следующие ниже пункты 2.2–2.6 воспроизведены непосредственно из публикации “Безопасность ядерных установок”, пункты 203-207.

2.2. **“Общая цель ядерной безопасности:** *защитить отдельных лиц, общество и окружающую среду от вредных последствий путем создания и поддержания на ядерных установках эффективных средств защиты от радиационной опасности.”*

2.3. “Эта общая цель ядерной безопасности подкрепляется двумя дополнительными целями, связанными с радиационной защитой и техническими аспектами безопасности. Они взаимозависимы: технические аспекты в сочетании с административными и процедурными мерами обеспечивают защиту от опасности, создаваемой ионизирующим излучением.”

2.4. **“Цель радиационной защиты:** *обеспечить, чтобы дозы облучения во всех эксплуатационных состояниях на установке или в результате любого запланированного выброса радиоактивных материалов с установки поддерживались ниже предписанных пределов и на разумно достижимом низком уровне, а также обеспечить смягчение радиологических последствий любых аварий.”*

2.5. **“Техническая цель безопасности:** *принять все практически осуществимые меры для предотвращения аварий на ядерных установках и смягчения их последствий, если они произойдут; обеспечить высокую степень уверенности в том, что любые радиологические последствия всех возможных аварий, учитываемых в*

*проекте установки, включая те, вероятность которых крайне мала, были незначительными и находились ниже предписанных пределов; а также обеспечить, чтобы вероятность аварий с серьезными радиологическими последствиями была чрезвычайно мала.”*

2.6. “Цели безопасности требуют, чтобы ядерные установки проектировались и эксплуатировались таким образом, чтобы все источники, вызывающие облучение, находились под строгим техническим и административным контролем. Однако цель радиационной защиты не исключает ограниченных доз облучения населения или выброса официально разрешенных количеств радиоактивных материалов в окружающую среду во время эксплуатационных состояний. Такие дозы облучения и выбросы, однако, необходимо строго контролировать и необходимо обеспечивать их соответствие эксплуатационным пределам и нормам радиационной защиты.”

2.7. Для достижения этих трех целей безопасности при проектировании АЭС проводится всеобъемлющий анализ безопасности для определения всех источников излучения и оценки доз облучения, которые могут получить работники на установке и население, а также потенциальных воздействий на окружающую среду (см. пункт 4.9). В рамках анализа безопасности рассматриваются: 1) все планируемые обычные эксплуатационные режимы станции; 2) показатели работы станции в период ожидаемых при эксплуатации событий; 3) проектные аварии; 4) последовательности событий, которые могут привести к тяжелой аварии. На основе этого анализа могут быть определены способность инженерной части проекта противостоять постулируемым исходным событиям и авариям, эффективность систем безопасности и узлов или систем, связанных с безопасностью, а также требования, предъявляемые к аварийному реагированию.

2.8. Несмотря на принятие мер с целью контроля радиоактивного облучения во всех эксплуатационных состояниях и его поддержания на разумно достижимом низком уровне (принцип ALARA) и с целью сведения к минимуму вероятности аварии, которая может привести к утрате нормального контроля за источниками излучений, существует некоторая остаточная вероятность того, что авария может произойти. Поэтому меры принимаются для обеспечения ослабления радиологических последствий. Такие меры включают: инженерно-технические средства безопасности; процедуры управления аварией на площадке, разработанные эксплуатирующей организацией; возможные меры вмешательства за



пределами площадки, утвержденные соответствующими компетентными органами, которые направлены на уменьшение радиоактивного облучения в случае аварии. При разработке части проекта, которая касается обеспечения безопасности АЭС, применяется принцип, который сводится к тому, что вероятность (возможность) возникновения на станции состояний, которые могут привести к большим дозам облучения или радиоактивным выбросам, является весьма низкой, а состояния станции, вероятность (возможность) возникновения которых значительна, могут привести лишь к незначительным потенциальным радиологическим последствиям или не приводит к ним вовсе. Важная цель состоит в том, что необходимость мер внешнего вмешательства может ограничиваться или даже исключаться с технической точки зрения, хотя национальные компетентные органы могут требовать принятия таких мер.

## КОНЦЕПЦИЯ ГЛУБОКОЭШЕЛОНИРОВАННОЙ ЗАЩИТЫ

2.9. Концепция глубокоэшелонированной защиты, применяемая ко всем видам деятельности в области безопасности – организационным, поведенческим или связанным с проектированием, – обеспечивает такую глубину охвата перекрывающимися по своему действию мерами, при которой возникающий отказ будет обнаружен и скомпенсирован или устранен соответствующими средствами. После 1988 года эта концепция была доработана [2, 3]. Применение концепции глубокоэшелонированной защиты на всех этапах проектирования и эксплуатации предусматривает ступенчатую защиту от самых различных переходных процессов, ожидаемых при эксплуатации событий и аварий, включая аварии, которые происходят в результате отказа оборудования или действий человека на станции, и событий, происходящих за пределами станции.

2.10. Применение концепции глубокоэшелонированной защиты при проектировании станции предусматривает создание нескольких уровней защиты (внутренне присущие свойства, оборудование и процедуры) с целью предотвращения аварий и обеспечения соответствующей защиты в том случае, если такое предотвращение окажется безрезультатным.

- (1) Цель первого уровня защиты состоит в том, чтобы предотвратить отклонения от нормальной эксплуатации и предотвратить отказы системы. В результате этого возникает требование, чтобы станция была надежно и с консервативным запасом спроектирована, сооружена, технически обслуживалась и эксплуатировалась в

соответствии с надлежащими уровнями качества и методами инженерной практики, такими, как применение принципов резервирования, независимости и неодинаковости. Для достижения этой цели пристальное внимание уделяется подбору соответствующих проектных норм и материалов, а также контролю за изготовлением элементов и сооружением станции. На этом уровне защиты используются проектные решения, которые могут способствовать уменьшению потенциальной возможности возникновения внутренних опасностей (например, контроль реагирования на ПИС), смягчению последствий конкретного ПИС или уменьшению вероятных параметров радиоактивного выброса после развития аварийной последовательности. Внимание уделяется также процедурам, связанным с проектированием, изготовлением, сооружением, эксплуатационным контролем станции, техническим обслуживанием и проведением проверок и испытаний, облегчению проведения этих работ, порядку эксплуатации станции и использованию эксплуатационного опыта. В поддержку всего этого процесса проводится детальный анализ, в ходе которого определяются требования в отношении эксплуатации и технического обслуживания, предъявляемые к станции.

- (2) Цель второго уровня защиты – обнаружить и устранить отклонения от нормальных эксплуатационных состояний и не допустить, чтобы ожидаемые при эксплуатации события могли привести к возникновению аварийных условий. Это является признанием того, что некоторые постулируемые исходные события (ПИС), вероятно, могут произойти в течение срока службы (жизненного цикла) АЭС, несмотря на меры, принимаемые с целью их предотвращения. Для этого уровня необходимо предусматривать специальные системы, определенные в результате проведения анализа безопасности, и определять эксплуатационные процедуры (регламенты) с целью предотвращения или сведения к минимуму вреда от таких ПИС.
- (3) В отношении третьего уровня защиты принимается допущение, что – хотя это и весьма мало вероятно - развитие некоторых ожидаемых при эксплуатации событий или ПИС может быть не остановлено на предыдущем уровне и это событие может стать гораздо более серьезным. Эти маловероятные события учитываются в основе проекта станции, и предусматриваются внутренне присущие свойства безопасности, безотказные конструкции, дополнительное оборудование и процедуры для контроля последствий и обеспечения стабильных и приемлемых состояний станции после таких событий. В этой связи возникает требование обеспечения инженерно-технических средств безопасности, способных привести станцию

сначала в контролируемое состояние, а затем и в безопасное остановленное состояние и удерживать по меньшей мере один барьер для локализации радиоактивных материалов.

- (4) Цель четвертого уровня защиты - противостояние тяжелым авариям, при которых могут быть превышены проектные основы, и удержание радиоактивных выбросов на практически достижимом низком уровне. Наиболее важной целью этого уровня является защита функции удержания. Это может быть достигнуто путем осуществления дополнительных мер и процедур для предотвращения развития аварии и посредством смягчения последствий отдельных тяжелых аварий в дополнение к процедурам управления авариями. Эффективность защиты, которую обеспечивает локализация (удержание), может быть подтверждена методами наилучших оценок.
- (5) Пятый и последний уровень защиты предназначен для смягчения радиологических последствий потенциальных выбросов радиоактивных материалов, которые могут произойти в результате возникновения аварийных условий. Это требует наличия оборудованного надлежащим образом центра аварийного управления и планов аварийного реагирования на площадке и за ее пределами.

2.11. Соответствующим аспектом создания глубокоэшелонированной защиты является обеспечение наличия в проекте ряда физических барьеров для удержания радиоактивных материалов в конкретных местах. Число необходимых физических барьеров будет зависеть от потенциальных внутренних и внешних опасностей и потенциальных последствий отказов. Барьеры – обычно в случае водоохлаждаемых реакторов – могут иметь форму топливных матриц, оболочек твэлов, первого контура теплоносителя реактора и защитной оболочки.

### **3. ТРЕБОВАНИЯ К УПРАВЛЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТЬЮ**

#### **ОБЯЗАННОСТИ В ОБЛАСТИ УПРАВЛЕНИЯ**

3.1. Эксплуатирующая организация несет общую ответственность за обеспечение безопасности. Однако все организации, участвующие в выполнении важных для безопасности работ, являются ответственными за обеспечение того, чтобы вопросы безопасности имели наивысший приоритет. Проектная организация должна осуществлять проектирование

установки таким образом, чтобы выполнялись требования эксплуатирующей организации, включая любые стандартизированные требования, предъявляемые к энергопредприятиям; учитывалось современное положение дел в области безопасности; обеспечивалось соответствие проектным условиям и результатам анализа безопасности; удовлетворялись национальные регулирующие требования; выполнялись требования эффективной программы обеспечения качества; надлежащим образом рассматривалась безопасность любого изменения проекта. Таким образом, проектная организация должна:

- (1) обеспечивать четкое распределение обязанностей с соответствующими полномочиями и каналами связи;
- (2) обеспечивать на всех уровнях наличие персонала, имеющего надлежащую техническую квалификацию и соответствующую подготовку;
- (3) обеспечивать четкое взаимодействие между группами, участвующими в различных областях проектирования, а также между проектировщиками, энергопредприятиями, поставщиками, конструкторами и подрядчиками в соответствующих случаях;
- (4) разрабатывать четкие процедуры и обеспечивать их строгое выполнение;
- (5) рассматривать, контролировать и проверять на регулярной основе все вопросы проектирования, связанные с безопасностью;
- (6) обеспечивать поддержание культуры безопасности.

## УПРАВЛЕНИЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕМ

3.2. Управление проектированием АЭС должно обеспечивать, чтобы конструкции, системы и элементы, важные для безопасности, имели соответствующие характеристики, спецификации и состав материала с таким расчетом, чтобы могли осуществляться функции безопасности и станцию можно было безопасно эксплуатировать с необходимой надежностью в течение всего проектного срока службы, имея в качестве главных целей предотвращение аварий и защиту персонала на площадке, защиту населения и охрану окружающей среды.

3.3. Управление проектированием должно обеспечивать выполнение требований эксплуатирующей организации и должный учет возможностей человека и ограничений персонала. Проектная организация должна предоставлять надлежащую информацию о безопасности конструкции с целью обеспечения безопасной эксплуатации и безопасного технического

обслуживания станции и ее последующих модификаций, а также о рекомендованных практических методах для включения в административные и эксплуатационные процедуры станции (т.е. эксплуатационные пределы и условия).

3.4. При управлении проектированием должны учитываться результаты детерминированного и дополнительного вероятностного анализа безопасности, с тем чтобы благодаря применению итерационного процесса обеспечить уделение должного внимания предотвращению аварий и смягчению их последствий.

3.5. При управлении проектированием благодаря применению соответствующих проектных мер, а также эксплуатационной практики и практики снятия с эксплуатации должно обеспечиваться поддержание минимального практически достижимого уровня образования радиоактивных отходов как с точки зрения активности, так и с точки зрения объема.

## АПРОБИРОВАННАЯ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ПРАКТИКА

3.6. Всегда, когда это представляется возможным, конструкции, системы и элементы, важные для безопасности, должны проектироваться с соблюдением самых современных или применяемых в данное время утвержденных норм; иметь конструктивное решение, апробированное в предыдущих аналогичных применениях; подбираться в соответствии с целями надежности станции, необходимыми для обеспечения безопасности. В случае, если своды положений и нормы будут использоваться в качестве правил проектирования, они должны определяться и оцениваться с точки зрения их применимости, соответствия и достаточности, и при необходимости в них должны вноситься дополнения или изменения, с тем чтобы конечное качество соответствовало требующейся функции безопасности.

3.7. В случае применения неапробированной конструкции или решения, или отхода от установленной инженерно-технической практики должен быть подтвержден надлежащий уровень безопасности посредством соответствующих вспомогательных исследовательских программ или рассмотрения эксплуатационного опыта, приобретенного в других соответствующих применениях. Разработки должны также проходить надлежащие испытания, прежде чем они будут допущены к эксплуатации, и должны контролироваться в процессе эксплуатации с целью проверки достижения ожидаемых рабочих показателей.

3.8. При подборе оборудования внимание должно уделяться ложному срабатыванию и опасным отказам (например, отказу, препятствующему быстрой остановке в случае ее необходимости). Если отказ конструкции, системы или элемента можно ожидать и его необходимо учесть при проектировании, то предпочтение должно отдаваться оборудованию с прогнозируемыми и выявленными отказами, облегчающему проведение ремонта или замены.

## ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЙ ОПЫТ И ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

3.9. При проектировании должен обеспечиваться надлежащий учет соответствующего эксплуатационного опыта, который был накоплен на действующих станциях, а также результатов соответствующих исследовательских программ.

## ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ

3.10. Должна проводиться всеобъемлющая оценка безопасности для подтверждения того, что проект в том виде, в каком он представлен для изготовления, для сооружения, а также построен, отвечает требованиям безопасности, установленным в начале процесса проектирования.

3.11. Оценка безопасности должна быть частью процесса проектирования с итеративными операциями проектирования и подтверждающего анализа и расширяться с точки зрения сферы охвата и повышения уровня детализации в процессе осуществления программы проектирования.

3.12. Основу для оценки безопасности должны составлять данные, полученные в результате проведения анализа безопасности, предыдущий опыт эксплуатации, результаты вспомогательных исследований и апробированная инженерно-техническая практика.

## НЕЗАВИСИМАЯ ПРОВЕРКА ОЦЕНКИ БЕЗОПАСНОСТИ

3.13. Эксплуатирующая организация до представления проекта регулирующему органу должна обеспечивать проведение независимой

проверки оценки безопасности отдельными экспертами или группами специалистов, не связанными с проектировщиками.

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА<sup>1</sup>

3.14. Должна разрабатываться и осуществляться программа обеспечения качества, содержащая описание общих мер по управлению проектированием станции, его выполнению и оценке. Эту программу должны дополнять более подробные планы для каждой конструкции, системы и элемента, с тем чтобы качество проектирования обеспечивалось постоянно.

3.15. Проектирование, в том числе последующие изменения или усовершенствования безопасности, должно осуществляться в соответствии с установленными процедурами, которые основаны на соответствующих сводах инженерных правил и норм, и должно включать применение действующих требований и проектных основ. Должны быть определены и контролироваться границы раздела проекта.

3.16. Соответствие проектирования требованиям, включая средства проектирования, а также входные и выходные проектные данные, должно проверяться или аттестовываться отдельными экспертами или группами специалистов, не связанными с лицами, которые выполняли работу первоначально. Проверка, аттестация и утверждение должны проводиться до завершения детального проекта.

## 4. ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ

### ТРЕБОВАНИЯ К ГЛУБОКОЭШЕЛОНИРОВАННОЙ ЗАЩИТЕ

4.1. В процесс проектирования должна быть включена глубокоэшелонированная защита, описание которой содержится в Разделе 2. Проект в этой связи:

- (1) должен предусматривать многочисленные физические барьеры, препятствующие неконтролируемому выбросу радиоактивных материалов в окружающую среду;

---

<sup>1</sup> См. дополнительные руководящие материалы в [4].

- (2) должен быть консервативным, а сооружение должно быть высококачественным, с тем чтобы обеспечить уверенность в том, что отказы и отклонения от нормальной эксплуатации на станции будут сведены к минимуму, а аварии – предотвращены;
- (3) должен предусматривать контроль поведения станции во время и после ПИС путем использования внутренне присущих свойств и инженерно-технических средств, т.е. неконтролируемые переходные режимы должны сводиться к минимуму или исключаться проектированием в максимально возможной степени;
- (4) должен предусматривать дополнительный контроль на станции путем использования автоматического включения систем безопасности с целью сведения к минимуму действий оператора на раннем этапе ПИС, а также в результате действий оператора;
- (5) должен предусматривать наличие оборудования и процедур для контроля развития аварий и ограничения их последствий, насколько это представляется практически возможным;
- (6) должен предусматривать наличие множества средств, обеспечивающих осуществление каждой из основных функций безопасности, т.е. управление реактивностью, отвод тепла и локализация радиоактивных материалов, благодаря чему будут обеспечиваться эффективность барьеров и смягчение последствий любого ПИС.

4.2. Для обеспечения применения глубокоэшелонированной защиты в качестве общей концепции безопасности проектирование должно осуществляться с таким расчетом, чтобы предотвращать, насколько это представляется практически возможным:

- (1) возникновение проблем, связанных с целостностью физических барьеров;
- (2) отказ барьера при возникновении проблем;
- (3) отказ барьера вследствие отказа другого барьера.

4.3. Проектирование должно осуществляться с таким расчетом, чтобы первый, или в крайнем случае второй, уровень защиты был способен предотвратить эскалацию аварийных условий в случае всех ПИС, кроме наиболее невероятных.

4.4. При проектировании должен учитываться тот факт, что существование множества уровней защиты не является достаточной основой для продолжения работы на мощности в отсутствие одного уровня



защиты. Все уровни защиты должны постоянно находиться в рабочем состоянии, хотя для эксплуатационных режимов, иных чем работа на мощности, может быть определено некоторое ослабление требований.

## ФУНКЦИИ БЕЗОПАСНОСТИ

4.5. Цель подхода к обеспечению безопасности должна состоять в том, чтобы: обеспечить наличие надлежащих средств для поддержания станции в нормальном эксплуатационном состоянии; обеспечить принятие соответствующих кратковременных ответных мер сразу же после ПИС; облегчить управление станцией во время и после любой проектной аварии, а также в отдельных аварийных условиях, возникающих в случае запроектных аварий.

4.6. В целях обеспечения безопасности должны выполняться следующие основополагающие функции безопасности в эксплуатационных состояниях, во время и после проектной аварии и, насколько это представляется практически возможным, при возникновении аварийных условий, выходящих за пределы проектных аварий:

- (1) управление реактивностью;
- (2) отвод тепла из активной зоны; и
- (3) локализация радиоактивных материалов и контроль эксплуатационных сбросов, а также ограничение аварийных выбросов.

В Приложении приводится пример детального подразделения на составляющие этих трех основополагающих функций безопасности.

4.7. Систематический подход должен применяться для определения конструкций, систем и элементов, необходимых для выполнения функций безопасности в различное время после ПИС.

## ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ АВАРИЙ И ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕЗОПАСНОСТИ СТАНЦИИ

4.8. Проектирование станции должно осуществляться с таким расчетом, чтобы чувствительность к ПИС была сведена к минимуму. Ожидаемое реагирование станции на любое ПИС должны обеспечивать указанные ниже разумно достижимые состояния (в порядке их важности):

- (1) ПИС не оказывает никакого значительного воздействия, связанного с безопасностью, или приводит лишь к изменению состояния станции в направлении безопасного режима благодаря внутренне присущим характеристикам; или
- (2) после ПИС станция остается безопасной благодаря пассивным свойствам безопасности или действию систем безопасности, которые постоянно находятся в рабочем состоянии, необходимом для контроля ПИС; или
- (3) после ПИС станция остается безопасной благодаря действию систем безопасности, которые необходимо ввести в работу в ответ на ПИС; или
- (4) после ПИС станция остается безопасной благодаря конкретным процедурным мерам.

## РАДИАЦИОННАЯ ЗАЩИТА И КРИТЕРИИ ПРИЕМЛЕМОСТИ

4.9. Для достижения трех целей безопасности, изложенных в пунктах 2.2–2.5, при проектировании ядерной установки должны быть определены и учтены надлежащим образом все фактические или потенциальные источники излучения, а также предусмотрены меры для обеспечения строгого технического и административного контроля за этими источниками.

4.10. Должны предусматриваться меры, для того чтобы обеспечить достижение целей радиационной защиты и технической безопасности, изложенных в пунктах 2.4 и 2.5, а также, чтобы дозы излучения, получаемые населением и персоналом на площадке во всех эксплуатационных состояниях, включая работы по техническому обслуживанию и снятию с эксплуатации, не превышали предписываемых пределов и поддерживались на разумно достижимом низком уровне.

4.11. Одной из целей при проектировании должно быть предотвращение или, если этого не удастся достичь, смягчение радиационного облучения в результате проектных аварий и отдельных тяжелых аварий. В проекте должны быть предусмотрены меры, благодаря осуществлению которых потенциальные дозы облучения населения и персонала на площадке не будут превышать приемлемых пределов и будут поддерживаться на разумно достижимом низком уровне.

4.12. Вероятность возникновения на станции состояний, которые могут потенциально привести к большим дозам облучения или радиоактивным выбросам, должна быть весьма низкой, и проект должен обеспечивать, чтобы потенциальные радиологические последствия состояний станции, имеющих значительную вероятность возникновения, были минимальными. Критерии радиологической приемлемости проекта АЭС должны определяться на основе этих требований.

4.13. Обычно применяется ограниченное число критериев радиологической приемлемости, и, согласно общепринятой практике, они связаны с категориями состояний станции. Как правило, эти категории включают нормальную эксплуатацию, ожидаемые при эксплуатации события, проектные аварии и тяжелые аварии. Критерии радиологической приемлемости для этих категорий должны – в качестве минимального уровня безопасности – удовлетворять требованиям национального регулирующего органа.

## **5. ТРЕБОВАНИЯ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ СТАНЦИИ**

### **КЛАССИФИКАЦИЯ БЕЗОПАСНОСТИ**

5.1. Все конструкции, системы и элементы, включая программное обеспечение для контрольно-измерительных приборов и систем управления защитой (КИП и СУЗ), которые являются узлами, важными для безопасности, первоначально должны быть определены, а затем классифицированы на основе их функций и значимости с точки зрения безопасности. Проектирование, конструирование и техническое обслуживание этих узлов должно осуществляться с таким расчетом, чтобы их качество и надежность соответствовали этой классификации.

5.2. Метод классификации конструкций, систем или элементов на основе их значимости для безопасности прежде всего должен быть основан на детерминированных методах, дополненных при необходимости вероятностными методами и инженерно-техническими заключениями, с учетом таких факторов, как:

- (1) функция(и) безопасности, которую(ые) выполняет данный узел;
- (2) последствия отказа выполнять свою функцию;

- (3) вероятность того, что от данного узла потребуется выполнение функции безопасности;
- (4) время после ПИС или период, в течение которого от него потребуется действие.

5.3. Между конструкциями, системами и элементами различных классов должны быть установлены надлежащим образом спроектированные границы раздела для обеспечения того, чтобы любой отказ в системе, относящейся к более низкому классу, не распространялся на систему более высокого класса.

## ОБЩАЯ ОСНОВА ПРОЕКТА

5.4. В основе проекта должны быть определены необходимые потенциальные возможности станции функционировать в определенном диапазоне эксплуатационных состояний и проектных аварий в пределах установленных требований радиационной защиты. Основа проекта должна включать спецификацию для нормальной эксплуатации, состояний станции, создаваемых ПИС, классификацию безопасности, важные допущения и в некоторых случаях конкретные методы анализа.

5.5. При проектировании должны применяться консервативные методы, а при разработке проектных основ для нормальной эксплуатации, ожидаемых при эксплуатации событий и проектных аварий должна использоваться обоснованная инженерно-техническая практика с таким расчетом, чтобы обеспечить высокую степень уверенности в том, что активная зона реактора не получит никакого значительного повреждения и что дозы облучения будут оставаться в предписываемых пределах на разумно достижимом низком уровне (принцип ALARA).

5.6. Дополнительно к основе проекта при проектировании должна также учитываться возможность функционирования станции в условиях особых запроектных аварий, в том числе отдельных тяжелых аварий. Допущения и методы, используемые для этих оценок, могут быть основаны на методах наилучших оценок.

### **Категории состояний станции**

5.7. Состояния станции должны быть определены и включены в ограниченное число категорий в соответствии с вероятностью их

возникновения. Эти категории обычно охватывают нормальную эксплуатацию, ожидаемые при эксплуатации события, проектные аварии и тяжелые аварии. Критерии приемлемости должны определяться для каждой категории с учетом требования, что частые ПИС должны иметь незначительные радиологические последствия или не должны иметь их вовсе и что события, которые могут привести к тяжелым последствиям, должны быть весьма маловероятными.

### **Постулируемые исходные события**

5.8. При проектировании станции должно быть признано, что проблемы могут возникнуть на всех уровнях глубокоэшелонированной защиты, и должны предусматриваться проектные меры, обеспечивающие выполнение необходимых функций безопасности и достижение целей безопасности. Эти проблемы обуславливаются ПИС, которые определяются на основе детерминированных или вероятностных методов, или их сочетания. В проекте обычно не предусматривается возможность того, что отдельные, не связанные друг с другом маловероятные события, могут произойти одновременно.

### **Внутренние события**

5.9. Для определения всех внутренних событий, которые могут оказать воздействие на безопасность станции, должен проводиться анализ ПИС (см. Дополнение I). Эти события могут включать отказы или неправильное действие оборудования.

#### *Пожары и взрывы*

5.10. Конструкции, системы и элементы, важные для безопасности, должны проектироваться и размещаться с таким расчетом, чтобы свести к минимуму в соответствии с другими требованиями безопасности вероятность возникновения и последствия пожаров и взрывов, вызванных внешними или внутренними событиями. Должна обеспечиваться способность останова, отвода остаточного тепла, локализации радиоактивных материалов и контроля состояния станции. Эти требования должны выполняться путем соответствующего включения резервных элементов, неодинаковых систем, физического разделения и отказоустойчивого проектирования с таким расчетом, чтобы достигались следующие цели:

- (1) предотвращение возникновения пожаров;

- (2) обнаружение и оперативное тушение возникших пожаров, ограничивая тем самым ущерб;
- (3) предотвращение распространения непогашенных пожаров, за счет чего сводятся к минимуму их последствия для основных функций станции.

5.11. Должен проводиться анализ пожарной опасности для данной станции с целью определения необходимой классификации противопожарных барьеров, и должны предусматриваться системы обнаружения пожаров и пожаротушения требующейся мощности.

5.12. Системы пожаротушения должны при необходимости включаться автоматически, и проектирование и размещение систем должно выполняться с таким расчетом, чтобы их разрыв, ложное или случайное срабатывание существенно не влияли на функциональные возможности конструкций, систем и элементов, важных для безопасности, и не оказывали одновременного воздействия на резервные группы безопасности, делая таким образом неэффективными меры, принимаемые для соблюдения критерия “единичного отказа”.

5.13. Негорючие или огнеупорные и термостойкие материалы должны использоваться везде, где это представляется практически возможным на станции, особенно в таких местах, как защитная оболочка реактора и помещение щита управления.

#### *Другие внутренние опасности*

5.14. При проектировании станции должны учитываться потенциальные возможности возникновения внутренних опасностей, таких, как затопление, образование летящих предметов, биения трубопровода, ударное воздействие струи или выброс жидкости из поврежденных систем или из других установок на площадке. Должны предусматриваться соответствующие предупредительные и смягчающие меры, с тем чтобы не допустить возникновения угрозы для ядерной безопасности. Некоторые внешние события могут стать причиной возникновения внутренних пожаров или затоплений и привести к образованию летящих предметов. В надлежащих случаях такая взаимосвязь между внешними и внутренними событиями должна также учитываться при проектировании.

5.15. Если взаимосвязаны две гидравлические системы, работающие под различным давлением, то при допущении возникновения единичного

отказа либо обе эти системы должны быть спроектированы с таким расчетом, чтобы выдерживать более высокое давление, либо должны быть приняты меры, исключающие превышение проектного давления в системе, работающей под более низким давлением.

### **Внешние события**

5.16. Для данной площадки и станции в совокупности должны быть определены природные и вызванные действиями человека внешние события, учитываемые в основе проекта. Должны учитываться все события, с которыми может быть связан значительный радиационный риск. Должно использоваться сочетание детерминированных и вероятностных методов для отбора подмножества внешних событий, которым согласно проекту должна противостоять станция и на основании которых определяются проектные основы.

5.17. Природные внешние события, которые должны учитываться, включают такие события, определенные при оценке характеристик площадки, как землетрясения, наводнения, ураганы, торнадо, цунами (приливные волны) и экстремальные метеорологические условия. Вызванные действиями человека внешние события, которые должны учитываться, включают события, определенные при оценке характеристик площадки, для которых были разработаны проектные основы. Перечень этих событий на ранней стадии процесса проектирования должен подвергаться переоценке с точки зрения его полноты.

### **Характеристики, имеющие отношение к площадке <sup>2</sup>**

5.18. При определении основы проекта АЭС должны учитываться различные взаимосвязи между станцией и окружающей средой, включая такие факторы, как население, метеорология, гидрология, геология и сейсмология. Во внимание должно приниматься также наличие за пределами площадки таких служб, как система электроснабжения и пожарная охрана, от которых может зависеть безопасность станции и защита населения.

5.19. Проекты АЭС, для которых выбираются площадки в тропических, полярных, засушливых или вулканических районах, должны оцениваться

---

<sup>2</sup> Дополнительные руководящие материалы см. в [5].

с целью определения особых проектных характеристик, которые могут понадобиться с учетом характеристик площадки.

### **Сочетания событий**

5.20. В случаях, когда сочетания отдельных событий, происходящих на случайной основе, могут с достаточной степенью вероятности привести к возникновению ожидаемых при эксплуатации событий или аварийных условий, такие сочетания должны учитываться при проектировании. Некоторые события могут быть последствиями других событий, как, например, наводнение после землетрясения. Такие последующие события должны рассматриваться в качестве части первоначального ПИС.

### **Проектные правила**

5.21. Инженерно-технические проектные правила для конструкций, систем и элементов должны быть определены и должны соответствовать надлежащей и установленной национальной стандартной инженерно-технической практике (см. пункт 3.6) или тем нормам или практике, которые уже используются в международных масштабах или утверждены в другой стране и применение которых является приемлемым и признается национальным регулирующим органом.

5.22. В сейсмостойком проекте станции должен предусматриваться достаточный запас безопасности для обеспечения защиты от сейсмических явлений.

### **Проектные пределы**

5.23. Для эксплуатационных состояний и проектных аварий должен конкретно определяться набор проектных пределов, соответствующих основным физическим параметрам каждой конструкции, системы или элемента.

### **Эксплуатационные состояния**

5.24. Станция должна проектироваться с таким расчетом, чтобы обеспечивалась безопасная эксплуатация в определенном диапазоне параметров (например, давление, температура, мощность), и должен быть принят минимальный набор определенных вспомогательных средств для систем безопасности (например, для обеспечения дополнительной



мощности в целях подачи питательной воды и аварийного электроснабжения). Проектирование должно осуществляться с таким расчетом, чтобы реакция станции на широкий диапазон ожидаемых при эксплуатации событий, обеспечивала безопасную эксплуатацию или останов в случае необходимости без применения мер, выходящих за рамки первого или максимум второго уровня глубокоэшелонированной защиты.

5.25. При проектировании должна учитываться потенциальная возможность возникновения аварий в режиме работы на малой мощности или в состоянии останова, например при пуске, перегрузке топлива и проведении работ по техническому обслуживанию, когда готовность систем безопасности может быть пониженной, и должны быть определены соответствующие ограничения в отношении неготовности систем безопасности.

5.26. В процессе проектирования должен быть определен набор требований и ограничений для безопасной эксплуатации, включая:

- (1) уставки систем безопасности;
- (2) ограничения систем управления и процедурного характера, действующие в отношении параметров процесса и других важных параметров;
- (3) требования в отношении проведения работ по техническому обслуживанию, проверок, испытаний и инспекций на станции с целью обеспечения уверенности в том, что конструкции, системы и элементы функционируют так, как это предусмотрено проектом, с учетом принципа ALARA;
- (4) четко определенные эксплуатационные конфигурации, в том числе эксплуатационные ограничения в случае отключений системы безопасности.

Эти требования и ограничения должны составлять основу для определения эксплуатационных пределов и условий, в соответствии с которыми эксплуатирующая организация получает разрешение на эксплуатацию станции.

### **Проектные аварии**

5.27. На основе перечня ПИС (см. Дополнение I) должен быть определен набор проектных аварий с целью определения граничных условий, в соответствии с которыми должны проектироваться конструкции, системы и элементы, важные для безопасности.

5.28. В случаях, когда в ответ на ПИС требуется принимать оперативные и надежные действия, должно предусматриваться требующееся автоматическое срабатывание системы безопасности с целью предотвращения развития ситуации в более тяжелую стадию, которая может представлять угрозу для следующего барьера. Если оперативные действия не требуются, то может разрешаться ручное включение систем или выполнение оператором других действий при условии, что необходимость осуществления действий будет выявляться достаточно заблаговременно и будут определены надлежащие процедуры (такие, как административные, эксплуатационные и аварийные процедуры) для обеспечения надежности таких действий.

5.29. Действия оператора, которые могут потребоваться для диагностирования состояния станции и своевременного приведения ее в стабильное долгосрочное состояние останова, должны учитываться и облегчаться за счет применения надлежащих контрольно-измерительных приборов для контроля состояния станции и средств для ручного управления оборудованием.

5.30. Любое оборудование, необходимое для принятия ответных мер и осуществления процесса восстановления в ручном режиме, должно размещаться в наиболее подходящих местах для обеспечения их оперативной готовности в случае необходимости и доступа персонала в предполагаемых условиях окружающей среды.

### **Тяжелые аварии**

5.31. Некоторые весьма маловероятные состояния станции, которые выходят за рамки условий проектных аварий и могут возникнуть в результате многочисленных отказов систем безопасности, ведущих к значительному повреждению активной зоны, могут поставить под угрозу целостность многих или всех барьеров, препятствующих выбросу радиоактивных материалов. Эти последовательности событий называются тяжелыми авариями. Последовательности событий, ведущие к тяжелым авариям, должны рассматриваться посредством использования сочетания инженерно-технических заключений и вероятностных методов, с тем чтобы установить последовательности, для которых могут быть определены разумно применимые предупредительные или смягчающие меры. Приемлемые меры не обязательно включают применение консервативной инженерно-технической практики, используемой для определения и оценки проектных аварий, и их следует

базировать на реалистичных – или основанных на наилучших оценках – допущениях, методах и аналитических критериях. При проектировании, в котором рассматривается возможность тяжелых аварий, на основе эксплуатационного опыта, соответствующего анализа безопасности и результатов исследований по безопасности должны учитываться следующие положения:

- (1) Важные последовательности событий, которые могут привести к тяжелой аварии, должны определяться посредством применения сочетания вероятностных методов, детерминированных методов и обоснованных инженерно-технических заключений.
- (2) Эти последовательности событий должны затем анализироваться на основе набора критериев с целью определения того, какие тяжелые аварии следует учитывать в проекте.
- (3) Должны оцениваться и осуществляться, если это является разумно применимым, возможные изменения в проекте или изменения процедурного характера, которые могут либо уменьшить вероятность этих отдельных событий, либо смягчить последствия в случае возникновения таких событий.
- (4) Должны учитываться все проектные возможности станции, включая возможное использование некоторых систем (т.е. систем безопасности и систем, не связанных с безопасностью) вне их первоначально определенных функций и ожидаемых эксплуатационных состояний, а также использование дополнительных временных систем для возвращения станции в контролируемое состояние и/или смягчения последствий тяжелой аварии при условии, что может быть доказано, что системы будут способны функционировать в ожидаемых условиях окружающей среды.
- (5) В случае многоблочных станций должна рассматриваться возможность использования имеющихся средств и/или поддержки от других блоков при условии, что безопасная эксплуатация других блоков не будет поставлена под угрозу.
- (6) Должны быть установлены процедуры (алгоритмы действий) по управлению авариями с учетом представительных и доминантных сценариев тяжелых аварий.

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ КОНСТРУКЦИЙ, СИСТЕМ И ЭЛЕМЕНТОВ

5.32. Конструкции, системы и элементы, важные для безопасности, должны проектироваться с таким расчетом, чтобы они были способны с

достаточной надежностью противостоять всем выявленным ПИС (см. Дополнение I).

### **Отказы по общей причине**

5.33. Потенциальная возможность отказов по общей причине узлов, важных для безопасности, должна рассматриваться с целью определения сфер применения принципов неодинаковости, резервирования и независимости для достижения требуемой надежности.

### **Критерий единичного отказа**

5.34. Критерий единичного отказа должен применяться к каждой группе безопасности, включаемой в проект станции.

5.35. Для проверки соответствия станции критерию единичного отказа соответствующая группа безопасности должна анализироваться следующим образом. С целью анализа всех возможных отказов должно быть принято допущение о том, что единичный отказ (и все связанные с ним последующие отказы) возникает по очереди в каждом элементе группы безопасности. Затем по очереди должны проводиться анализы каждой соответствующей группы безопасности до тех пор, пока не будут рассмотрены все группы безопасности и все отказы. (В настоящей публикации по Требованиям безопасности для определения функций безопасности или систем, помогающих выполнению этих функций безопасности, в отношении которых для достижения необходимого уровня надежности требуется применение резервирования, используется выражение “при допущении возникновения единичного отказа”.) Допущение относительно единичного отказа в такой системе является частью описанного процесса. При проведении анализа на единичный отказ никогда не предполагается, что возникнет более одного случайного отказа.

5.36. При применении данного понятия к группе или системе безопасности ложное срабатывание должно рассматриваться как один из видов отказа.

5.37. Соблюдение данного критерия должно считаться достигнутым, если было доказано, что каждая группа безопасности будет выполнять свою функцию безопасности, с применением указанного выше анализа и при соблюдении следующих условий:

- (1) допускается, что могут иметь место любые потенциально вредные последствия ПИС для группы безопасности;
- (2) допускается наличие наилучшей допустимой конфигурации систем безопасности, выполняющих требуемую функцию безопасности, с учетом проведения работ по техническому обслуживанию, проверок, испытаний, инспекций и ремонта, а также допустимых периодов отключения оборудования.

5.38. Несоблюдение критерия единичного отказа должно быть исключением и четко обосновано в анализе безопасности.

5.39. При проведении анализа на единичный отказ может не требоваться допущение об отказе пассивного элемента, спроектированного, изготовленного, проверенного и прошедшего техническое обслуживание в процессе эксплуатации с обеспечением самого высокого уровня качества при условии, что он не подвергается воздействию ПИС. Однако, если принимается допущение о том, что отказ пассивного элемента не возникает, то такой аналитический подход должен быть обоснован с учетом нагрузок и условий окружающей среды, а также общего периода времени после исходного события, в течение которого требуется функционирование данного элемента.

### **Отказобезопасное проектирование**

5.40. Принцип отказобезопасного проектирования в надлежащих случаях должен учитываться и применяться при проектировании систем и элементов, важных для безопасности станции: если происходит отказ системы или элемента, то системы станции должны проектироваться с таким расчетом, чтобы происходил переход в безопасное состояние без необходимости осуществления каких-либо действий.

### **Вспомогательные системы**

5.41. Вспомогательные системы, которые обеспечивают работу оборудования, являющегося частью системы, важной для безопасности, должны рассматриваться как часть этой системы и классифицироваться соответствующим образом. Их надежность, резервирование, неодинаковость и независимость, а также наличие изолирующих устройств и наличие проверки функциональных возможностей должны соответствовать надежности системы, которую они обслуживают. Вспомогательные службы, требующиеся для поддержания безопасного

состояния станции, могут включать системы электроснабжения, обеспечения охлаждающей водой и сжатым воздухом или другими газами, а также средства для смазки.

### **Отключения оборудования**

5.42. Проектирование должно осуществляться с таким расчетом, чтобы благодаря применению таких мер, как повышенное резервирование, обеспечивалась возможность проведения разумного технического обслуживания и испытаний систем, важных для безопасности, в процессе работы без необходимости останова станции. Должны учитываться отключения оборудования, включая неготовность систем или элементов в результате отказа, а также должно учитываться воздействие предполагаемых работ по техническому обслуживанию, проведению проверок и испытаний и ремонту на надежность каждой отдельной системы безопасности с таким расчетом, чтобы выполнение функции безопасности при этом обеспечивалось с требуемой надежностью. Допустимая продолжительность отказов оборудования и предпринимаемых действий должна анализироваться и определяться для каждого конкретного случая до начала эксплуатации станции и включаться в эксплуатационные инструкции станции.

### **МЕРЫ, ПРЕДУСМАТРИВАЕМЫЕ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ, ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ, РЕМОНТА, ИНСПЕКЦИЙ И КОНТРОЛЯ ВО ВРЕМЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

5.43. Конструкции, системы и элементы, важные для безопасности, за исключением тех из них, описание которых приводится в пункте 5.44, должны проектироваться таким образом, чтобы их калибровка, проверки, испытания, техническое обслуживание, ремонт или замена, инспектирование и контроль их функциональных возможностей осуществлялись в течение всего срока службы (жизненного цикла) АЭС, с тем чтобы подтвердить обеспечение надежности. Компоновка станции должна быть такой, чтобы проведение этих работ облегчалось и они могли осуществляться согласно нормам, соответствующим важности выполняемых функций безопасности без какого-либо значительного снижения готовности систем и без чрезмерного облучения персонала на площадке.

5.44. Если конструкции, системы и элементы, важные для безопасности, не представляется возможным спроектировать таким образом, чтобы

можно было проводить их проверки, испытания, инспектирование или контроль в желаемом объеме, то должен применяться следующий подход:

- должны определяться другие апробированные альтернативные и/или косвенные методы, такие, как наблюдение за эталонными узлами или использование проверенных и аттестованных методов расчета;
- должны применяться консервативные запасы безопасности или другие соответствующие меры предосторожности для компенсации возможных непредвиденных отказов.

## АТТЕСТАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

5.45. Должна быть утверждена процедура аттестации для подтверждения того, что узлы, важные для безопасности, будут отвечать в течение установленных для них проектных сроков эксплуатации требованиям в отношении выполнения предписываемых им функций в случае необходимости в различных условиях воздействия внешней среды (вибрация, температура, давление, ударная сила струи, электромагнитные помехи, облучение, влажность или любое вероятное их сочетание). Учитываемые условия внешней среды должны включать различные отклонения, которые могут произойти при нормальной эксплуатации, в случае ожидаемых при эксплуатации событий и проектных аварий. В аттестационной программе внимание должно быть уделено эффектам старения, вызываемым различными факторами внешней среды (такими, как вибрация, облучение и экстремальная температура) в течение ожидаемого срока службы оборудования. В случаях, когда на оборудование могут воздействовать внешние природные события и оно должно выполнять функцию безопасности во время или после такого события, в аттестационной программе должны быть учтены, насколько это представляется практически возможным, путем проведения испытаний или анализа, либо посредством сочетания этих мер, условия, которые воздействуют на оборудование в результате природных явлений.

5.46. В аттестационную программу должны включаться, кроме того, любые необычные условия окружающей среды, которые могут быть обоснованно спрогнозированы и стать следствием конкретных эксплуатационных состояний, таких, как периодические проверки скорости

утечки из защитной оболочки. В той мере, в какой это представляется возможным, следует подтвердить с достаточной уверенностью, что оборудование (например, некоторые контрольно-измерительные приборы), которое должно функционировать в условиях тяжелой аварии, способно обеспечивать достижение проектных целей.

## СТАРЕНИЕ

5.47. При проектировании для всех конструкций, систем и элементов, важных для безопасности, должны обеспечиваться надлежащие запасы надежности с таким расчетом, чтобы учитывались соответствующие механизмы старения и износа, а также потенциальное ухудшение характеристик в результате старения, с целью обеспечения способности конструкции, системы или элемента выполнять требующуюся функцию безопасности в течение всего проектного срока службы. Должны также приниматься во внимание эффекты старения и износа во всех нормальных эксплуатационных условиях, при проведении испытаний и работ по техническому обслуживанию, в период отключений для текущего ремонта, а также в состояниях станции в условиях наступления ПИС и после него. Должны предусматриваться также меры для осуществления контроля, проверок, испытаний, отбора проб и инспекций с целью оценки механизмов старения, прогнозируемых на стадии проектирования, и определения непредвиденного поведения или ухудшения характеристик во время эксплуатации.

## ЧЕЛОВЕЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

### **Проектирование, направленное на обеспечение оптимальной работы оператора**

5.48. Проект должен быть “дружественным к оператору” и должен быть нацелен на ограничение последствий ошибок человека. Внимание должно уделяться компоновке станции и процедурам (административным, эксплуатационным и аварийным), включая проведение работ по техническому обслуживанию и инспекций, с целью облегчения взаимодействия эксплуатационного персонала и станции.

5.49. Рабочие места и условия работы персонала на площадке должны проектироваться в соответствии с требованиями эргономики.



5.50. На раннем этапе разработки проекта в процесс проектирования должен включаться систематический анализ человеческих факторов и взаимодействия человек-машина, который должен проводиться в течение всего процесса проектирования с целью обеспечения надлежащего и четкого разграничения функций между эксплуатационным персоналом и предусматриваемыми автоматическими системами.

5.51. Взаимодействие человек-машина должно обеспечиваться таким образом, чтобы операторы получали всеобъемлющую, но легко поддающуюся управлению информацию, которая совместима со временем, необходимым для принятия решения и соответствующих действий. Аналогичные меры должны предусматриваться в отношении дополнительного щита управления.

5.52. На соответствующих этапах должны проводиться проверки различных аспектов человеческих факторов и связанная с этим аттестация с целью подтверждения того, что проект надлежащим образом учитывает все необходимые действия оператора.

5.53. В целях облегчения выбора проектных критериев в отношении представления информации и органов управления оператор должен рассматриваться как лицо, исполняющее двойную роль: системного администратора, отвечающего в том числе и за управление авариями, и оператора оборудования.

5.54. В роли системного администратора оператор должен получать информацию, позволяющую ему:

- (1) оперативно оценивать общее состояние станции, в каком бы режиме она ни находилась, будь то нормальная эксплуатация, ожидаемое при эксплуатации событие или аварийные условия, и получать подтверждение того, что предусмотренные в проекте автоматические действия по обеспечению безопасности осуществляются;
- (2) определять соответствующие иницилируемые оператором действия, которые должны быть предприняты.

5.55. Как оператор оборудования, оператор станции должен получать достаточную информацию о параметрах, относящихся к отдельным системам и оборудованию станции, для подтверждения того, что осуществление необходимых действий по обеспечению безопасности может быть безопасно начато.

5.56. Проект должен быть нацелен на обеспечение успеха действий оператора с должным учетом времени, имеющегося для принятия мер, ожидаемых физических условий окружающей среды и психологического давления, действующего на оператора. Необходимость быстрого вмешательства оператора должна быть сведена к минимуму. При проектировании должно приниматься во внимание то, что необходимость такого вмешательства является приемлемой только в том случае, если проектировщик может показать, что у оператора имеется достаточно времени для того, чтобы принять решение и осуществить действия; что необходимая информация, на которой оператор должен основывать решение об осуществлении действий, представлена ясно и недвусмысленно; что физическая обстановка в помещении щита управления (пультовой) или в месте расположения дополнительного щита управления и на путях доступа к этому дополнительному щиту управления является приемлемой.

## ДРУГИЕ СООБРАЖЕНИЯ, КАСАЮЩИЕСЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

### **Общие для нескольких реакторов конструкции, системы и элементы**

5.57. Конструкции, системы и элементы, важные для безопасности, которые являются общими для двух или большего числа реакторов АЭС, как правило, использоваться не должны. Если в исключительных случаях такие конструкции, системы и элементы, важные для безопасности, все же используются как общие для двух или более реакторов, то должно быть подтверждено, что все требования безопасности выполняются для всех реакторов во всех эксплуатационных состояниях (включая техническое обслуживание) и при проектных авариях. В случае тяжелой аварии на одном из реакторов должны обеспечиваться нормальный останов, охлаждение активной зоны и отвод остаточного тепла на другом(их) реакторе(ах).

### **Системы, содержащие делящиеся или радиоактивные материалы**

5.58. Все системы АЭС, которые могут содержать делящиеся или радиоактивные материалы, должны проектироваться с таким расчетом, чтобы обеспечивалась надлежащая безопасность в эксплуатационных состояниях и при проектных авариях.

## **Станции, используемые для комбинированного производства тепловой и электрической энергии, выработки тепла или опреснения**

5.59. Атомные станции, соединенные с установками для использования тепла (например, системами централизованного теплоснабжения) и/или установками для опреснения воды, должны проектироваться с таким расчетом, чтобы предотвращался перенос радиоактивных материалов с атомной станции на установки для опреснения или централизованного теплоснабжения в любом режиме нормальной эксплуатации, в случае ожидаемых при эксплуатации событий, проектных аварий и отдельных тяжелых аварий.

## **Транспортировка и упаковка топлива и радиоактивных отходов**

5.60. Проект должен включать надлежащие средства, облегчающие транспортировку свежего топлива, отработавшего топлива и радиоактивных отходов и обращение с ними. Внимание должно быть уделено обеспечению доступа к установкам, а также возможностям для подъема и упаковки.

## **Пути эвакуации и средства связи**

5.61. АЭС должна иметь достаточное число путей эвакуации с четкой и стойкой разметкой, снабженных надежными системами аварийного освещения, вентиляцией и другими обслуживающими средствами в здании, которые необходимы для безопасного использования этих путей. Пути эвакуации должны удовлетворять соответствующим международным требованиям в отношении радиационных зон и противопожарной защиты, а также соответствующим национальным требованиям в отношении техники безопасности в промышленности и обеспечения охраны установок.

5.62. Должны предусматриваться соответствующие системы аварийной сигнализации и средства связи с таким расчетом, чтобы даже в аварийных условиях можно было предупредить об опасности всех лиц, находящихся на станции и на площадке, и дать им соответствующие инструкции.

5.63. Должна обеспечиваться постоянно действующая и требующаяся для безопасности связь внутри АЭС, в непосредственной близости от станции, а также с объектами за пределами площадки, как это предусматривается в плане аварийных мероприятий. Это требование должно приниматься во

внимание при проектировании, а также при применении принципа неодинаковости в отношении выбираемых методов связи.

### **Контроль доступа**

5.64. АЭС должна быть изолирована от окружающих объектов путем соответствующего размещения элементов конструкции с таким расчетом, чтобы доступ на станцию можно было постоянно контролировать. В частности, при проектировании зданий и компоновке площадки должен предусматриваться персонал и/или оборудование для контроля доступа, и внимание должно уделяться защите станции от несанкционированного доступа лиц и несанкционированной доставки предметов на станцию.

5.65. Должны приниматься меры для предотвращения любого несанкционированного доступа к конструкциям, системам и элементам, важным для безопасности, а также любого вмешательства в их функционирование. В случаях, когда доступ необходим для проведения работ по техническому обслуживанию, проверок, испытаний и инспекций, в проекте должна предусматриваться возможность выполнения необходимых работ без значительного снижения надежности оборудования, связанного с безопасностью.

### **Взаимодействие систем**

5.66. Если существует значительная вероятность того, что системам, важным для безопасности, необходимо будет функционировать одновременно, должна проводиться оценка их возможного взаимодействия. При проведении анализа внимание должно уделяться не только физическим взаимосвязям, но также и возможным последствиям функционирования, неправильного срабатывания или отказа одной системы для физической среды, в которой находятся другие важные системы, с тем чтобы не допустить воздействия изменений в окружающей среде на надежность заданного функционирования элементов систем.

### **Взаимодействия между энергосистемой и станцией**

5.67. При проектировании станции должны учитываться взаимодействия между энергосистемой и станцией, в том числе независимость и число линий энергоснабжения станции, в связи с необходимостью обеспечения надежного энергоснабжения систем станции, важных для безопасности.

## **Снятие с эксплуатации**

5.68. На стадии проектирования особое внимание должно уделяться мерам, облегчающим снятие с эксплуатации и демонтаж станции. В частности, в проекте должны быть учтены:

- (1) подбор материалов, таким образом, чтобы конечное количество радиоактивных отходов сводилось к минимуму и снятие с эксплуатации облегчалось;
- (2) возможность доступа, который может потребоваться;
- (3) установки, необходимые для хранения радиоактивных отходов, образующихся как в ходе эксплуатации станции, так и при снятии ее с эксплуатации.

## **АНАЛИЗ БЕЗОПАСНОСТИ**

5.69. Должен проводиться анализ безопасности проекта станции, для которого должны применяться методы как детерминированного, так и вероятностного анализа. На основе этого анализа устанавливается и подтверждается основа проекта для узлов, важных для безопасности. Должно быть также показано, что спроектированная станция будет обеспечивать соблюдение всех предписанных пределов для радиоактивных выбросов и приемлемых пределов потенциальных доз облучения для каждой категории состояний станции (см. пункт 5.7), и что создана глубокоэшелонированная защита.

5.70. Компьютерные программы, аналитические методы и разработанные для станции модели, которые используются при проведении анализа безопасности, должны проходить проверку и аттестацию, и надлежащее внимание должно уделяться выявленным неопределенностям.

## **Детерминистский подход**

5.71. Детерминированный анализ безопасности должен включать:

- (1) подтверждение того, что эксплуатационные пределы и условия соответствуют проектным параметрам и целям в отношении нормальной эксплуатации станции;
- (2) определение характеристик ПИС (см. Дополнение I), соответствующих проекту и площадке станции;

- (3) анализ и оценку последовательностей событий, являющихся результатом ПИС;
- (4) сравнение результатов анализа с критериями радиологической приемлемости и проектными пределами;
- (5) определение и подтверждение основы проекта;
- (6) подтверждение того, что управление ожидаемыми при эксплуатации событиями и проектными авариями представляется возможным благодаря автоматическому срабатыванию систем безопасности в сочетании с предписываемыми действиями оператора.

5.72. Должна проводиться проверка пригодности аналитических допущений, методов и степени применяемого консерватизма. Анализ безопасности проекта станции должен обновляться с учетом значительных изменений в конфигурации станции, эксплуатационном опыте, а также передовых технических знаний и понимания физических явлений, и он должен соответствовать фактическому состоянию построенной станции.

### **Вероятностный подход**

5.73. Вероятностный анализ безопасности станции должен осуществляться для того, чтобы:

- (1) выполнить систематический анализ для обеспечения уверенности в том, что данный проект соответствует общим целям безопасности;
- (2) подтвердить, что разработан сбалансированный проект таким образом, что никакая особая характеристика или ПИС не вносят непропорционально большой или в значительной степени неопределенный вклад в общий риск, и что первые два уровня глубокоэшелонированной защиты несут основное бремя по обеспечению ядерной безопасности;
- (3) обеспечить уверенность в том, что небольшие отклонения от параметров станции, которые могут привести к существенно ненормальному поведению станции (“пороговым эффектам”), будут предотвращаться;
- (4) провести оценки вероятности возникновения серьезных повреждений активной зоны, а также оценки рисков больших выбросов за пределами площадки, требующих принятия незамедлительных ответных мер за пределами площадки, в частности, в случае выбросов, связанных с ранним повреждением защитной оболочки;

- (5) провести оценки вероятности возникновения и последствий внешних опасностей, в частности являющихся уникальными для данной площадки станции;
- (6) определить системы, усовершенствования конструкции или изменения (модификации) эксплуатационных процедур которых могут снизить вероятность тяжелых аварий или смягчить их последствия;
- (7) оценить адекватность аварийных процедур на станции;
- (8) проверить соответствие целям вероятностного подхода, если они определены.

## **6. ТРЕБОВАНИЯ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ СИСТЕМ СТАНЦИИ**

### **АКТИВНАЯ ЗОНА РЕАКТОРА И СВЯЗАННЫЕ С НЕЙ УСТРОЙСТВА**

#### **Общая конструкция**

6.1. Активная зона реактора и связанные с ней системы теплоносителя, управления и защиты должны с учетом имеющихся неопределенностей проектироваться с надлежащим запасом надежности, с тем чтобы обеспечить предотвращение превышения установленных в проекте пределов и применение норм радиационной безопасности во всех эксплуатационных состояниях и при возникновении проектных аварий.

6.2. Активная зона реактора и связанные с ней внутренние элементы, расположенные в корпусе ядерного реактора, должны проектироваться и монтироваться с таким расчетом, чтобы они выдерживали статические и динамические нагрузки, которые могут иметь место в эксплуатационных состояниях, при проектных авариях и внешних событиях, в той мере, в какой это необходимо для обеспечения безопасного останова реактора, поддержания реактора в подкритичном режиме и обеспечения охлаждения активной зоны.

6.3. Максимальная степень положительной реактивности и максимальная скорость ее ввода в эксплуатационных состояниях и при возникновении проектных аварий должны ограничиваться таким образом, чтобы в

результате не происходило повреждения несущего давление корпуса, чтобы сохранялась охлаждающая способность и чтобы активная зона реактора не могла получить значительных повреждений.

6.4. Проектирование должно обеспечивать, чтобы возможность восстановления критичности или скачка реактивности после ПИС сводилась к минимуму.

6.5. Активная зона реактора и связанные с ней системы теплоносителя, управления и защиты должны проектироваться с таким расчетом, чтобы обеспечивались достаточные возможности для проведения инспекций, проверок и испытаний на протяжении всего срока службы (жизненного цикла) АЭС.

#### **Тепловыделяющие элементы и сборки**

6.6. Тепловыделяющие элементы и сборки должны быть сконструированы с таким расчетом, чтобы они удовлетворительно выдерживали расчетное облучение и окружающие условия в активной зоне реактора в сочетании со всеми неблагоприятными процессами, которые могут иметь место при нормальной эксплуатации и при ожидаемых при эксплуатации событиях.

6.7. В неблагоприятные процессы должны быть включены такие факторы, как: неравномерное расширение и деформация; внешнее давление теплоносителя; дополнительное внутреннее давление в топливном стержне, обусловленное продуктами деления; облучение топлива и других материалов в топливной сборке; изменения давления и температуры в результате изменений в потребляемой мощности; химические воздействия; статистические и динамические нагрузки, включая вибрации, создаваемые потоком теплоносителя, и механические вибрации; изменения в условиях теплопередачи, которые могут явиться следствием деформаций или химических воздействий. Должны учитываться погрешности в данных, расчетах и отклонения при изготовлении.

6.8. Установленные проектные пределы для топлива, включая допустимую утечку продуктов деления, при нормальной эксплуатации не должны превышаться, и эксплуатационные состояния, которые могут возникать во время ожидаемых при эксплуатации событий, не должны оказывать существенного дополнительного отрицательного воздействия.



Утечка продуктов деления должна ограничиваться проектными пределами и должна сводиться к минимуму.

6.9. Топливные сборки должны проектироваться с таким расчетом, чтобы обеспечивалась надлежащая инспекция их конструкций и деталей после облучения. При проектных авариях топливные элементы не должны смещаться и деформироваться до такой степени, чтобы послеаварийное охлаждение активной зоны становилось недостаточно эффективным; установленные для проектных аварий пределы для топливных элементов не должны превышать.

6.10. Вышеизложенные требования для конструкции реакторов и твэлов должны также сохранять свою силу в случае изменения стратегии обращения с топливом или эксплуатационных состояний в течение срока службы (жизненного цикла) станции.

### **Управление активной зоной реактора**

6.11. Положения пунктов 6.3-6.10 должны выполняться при всех уровнях и распределениях нейтронного потока, которые могут возникать при всех состояниях активной зоны, включая состояния после останова, в процессе или после перегрузки топлива или во время ожидаемых при эксплуатации событий и проектных аварий. Должны предусматриваться адекватные средства для определения таких распределений потока с целью обеспечения того, чтобы в активной зоне отсутствовали неконтролируемые области, в которых могут нарушаться положения пунктов 6.3–6.10. Активная зона должна проектироваться с таким расчетом, чтобы требования к системе управления по поддержанию распределения, уровней и стабильности нейтронного потока в рамках установленных пределов во всех эксплуатационных режимах снижались до достаточного минимума.

6.12. Должно предусматриваться удаление нерадиоактивных веществ, включая продукты коррозии, которые могут создать угрозу для безопасности системы, например, вследствие закупорки каналов теплоносителя.

### **Останов реактора**

6.13. Должны предусматриваться средства, обеспечивающие возможность заглушить реактор в эксплуатационных состояниях и при проектных авариях и поддерживать его в заглушенном состоянии даже в условиях

наибольшей реактивности активной зоны. Эффективность, быстродействие и запас по реактивности средств заглушения должны быть такими, чтобы не превышались установленные пределы. Для целей управления реактивностью и формирования потока при нормальной эксплуатации на мощности может использоваться часть средств обеспечения останова, при условии, что возможность останова постоянно сохраняется с достаточным запасом.

6.14. В целях обеспечения неодинаковости средства останова реактора должны состоять по меньшей мере из двух неодинаковых систем.

6.15. Как минимум одна из этих двух систем должна быть способна с соответствующим запасом сама по себе быстро перевести ядерный реактор из эксплуатационных условий и из состояния проектной аварии в подкритическое состояние при допущении возникновения единичного отказа. В исключительных условиях допускается кратковременное восстановление критичности при условии, что не превышаются пределы, установленные для топлива и элементов конструкции.

6.16. Как минимум одна из этих двух систем должна быть способна даже при наибольшей реактивности активной зоны перевести реактор из нормальных эксплуатационных условий в подкритическое состояние в случае ожидаемых при эксплуатации событий и проектных аварий и поддерживать реактор в подкритическом состоянии с соответствующим запасом и высокой надежностью даже в условиях наибольшей реактивности активной зоны.

6.17. При анализе адекватности средств останова внимание должно быть уделено отказам, возникающим в любом месте станции, в результате которых часть средств останова может быть выведена из строя (например, отказу устройства ввода стержня управления) или может произойти отказ по общей причине.

6.18. Средства останова должны быть в состоянии предотвратить или выдерживать непреднамеренное повышение реактивности путем ввода стержня в процессе останова, в том числе при перегрузке ядерного топлива в этом состоянии. При выполнении этого требования должны учитываться преднамеренные действия, которые повышают реактивность в состоянии останова (как, например, перемещение поглотителя при выполнении работ по техническому обслуживанию, снижение концентрации содержания бора и операции по перегрузке топлива), и единичный отказ средств останова.

6.19. Должны предусматриваться контрольно-измерительные приборы и определяться проверки и испытания для обеспечения того, чтобы средства останова всегда находились в состоянии, определенном для данного режима станции.

6.20. При проектировании устройств управления реактивностью должны учитываться износ и эффекты облучения, такие, как выгорание, изменения физических свойств и образование газа.

## СИСТЕМА ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ РЕАКТОРА

### **Проектирование системы теплоносителя реактора**

6.21. Система теплоносителя реактора, связанные с ней вспомогательные системы и системы управления и защиты реактора должны проектироваться с достаточным запасом, чтобы исключить возможность превышения проектных условий для первого контура теплоносителя реактора в эксплуатационных состояниях. Проект должен обеспечивать, чтобы срабатывание устройств сброса давления даже в условиях проектной аварии не приводило к неприемлемым выбросам радиоактивного материала со станции. Первый контур теплоносителя реактора должен быть снабжен надлежащими устройствами для изоляции радиоактивной жидкости, с тем чтобы ограничить любую ее утечку.

6.22. Элементы конструкции, внутри которых находится теплоноситель реактора, такие, как корпус реактора или каналы под давлением, трубопроводы и патрубки, клапаны, арматура, насосы, циркуляционные насосы и теплообменники, а также приспособления, обеспечивающие крепление этих элементов, должны проектироваться с таким расчетом, чтобы они выдерживали все статические и динамические нагрузки, ожидаемые во всех эксплуатационных состояниях и при проектных авариях. Материалы, используемые для изготовления элементов конструкции, должны выбираться таким образом, чтобы активация материала сводилась к минимуму.

6.23. Корпус реактора и каналы под давлением должны проектироваться и монтироваться таким образом, чтобы обеспечивалось самое высокое качество применительно к подбору материалов, проектным нормам, пригодности к инспектированию и изготовлению.

6.24. Первый контур теплоносителя, работающий под давлением, должен проектироваться с таким расчетом, чтобы сделать весьма маловероятным образование трещин и чтобы образующиеся трещины развивались в режиме высокой сопротивляемости устойчивому разрушению, характеризующемуся быстрым распространением трещины, с тем чтобы создать условия для её своевременного обнаружения (например, путем применения концепции “утечка перед разрывом”). Не должны применяться конструкции и состояния станции, в которых элементы первого контура теплоносителя реактора могут подвергаться охрупчиванию.

6.25. В проекте должны быть приняты во внимание все состояния материала контура, которые могут быть в эксплуатационных состояниях станции, включая техническое обслуживание и испытания, а также в условиях проектных аварий, с учетом предполагаемого ухудшения характеристик в конце срока эксплуатации под воздействием эрозии, ползучести, усталости, химических воздействий, облучения и старения, а также с учетом любых неопределенностей при оценке начального состояния элементов и скорости возможного ухудшения характеристик.

6.26. Элементы конструкции реактора, находящиеся в первом контуре теплоносителя, такие, как крыльчатки насосов и детали клапанов, должны проектироваться с таким расчетом, чтобы свести к минимуму вероятность отказа и связанных с ним последующих повреждений других узлов системы первого контура теплоносителя, важных для безопасности, во всех эксплуатационных состояниях и при проектных авариях с должным учетом ухудшения характеристик, которое может произойти во время эксплуатации.

### **Инспектирование первого контура теплоносителя реактора во время эксплуатации**

6.27. Элементы первого контура теплоносителя реактора должны проектироваться, изготавливаться и размещаться с таким расчетом, чтобы на протяжении срока службы станции имелась возможность проводить через определенные промежутки времени инспекции и испытания контура. Должна быть предусмотрена возможность осуществления соответствующей программы наблюдения за первым контуром теплоносителя реактора, в особенности в местах с высоким уровнем облучения, и других важных элементов для определения воздействия на металлы таких факторов, как облучение, образование

трещин при коррозии под напряжением, термическое охрупчивание и старение конструкционных материалов.

6.28. Должна обеспечиваться возможность проведения прямых или косвенных инспекций, проверок или испытаний элементов первого контура теплоносителя реактора в соответствии с важностью этих элементов для безопасности, с тем чтобы можно было убедиться в отсутствии неприемлемых дефектов или ухудшения характеристик, имеющего значение для безопасности.

6.29. Должен осуществляться контроль индикаторов целостности первого контура теплоносителя реактора (таких, как утечки). Результаты таких измерений должны учитываться при определении инспекций, которые необходимы для обеспечения безопасности.

6.30. Если анализ безопасности АЭС показывает, что определенные отказы в системе второго контура могут привести к серьезным последствиям, то должна предусматриваться возможность проведения инспекций соответствующих частей системы второго контура.

#### **Запас теплоносителя реактора**

6.31. Должны предусматриваться меры по контролю запаса и давления теплоносителя с таким расчетом, чтобы не превышались установленные проектные пределы в любом эксплуатационном состоянии с учетом изменения объема и утечек теплоносителя. Для удовлетворения данного требования системы, выполняющие эту функцию, должны иметь надлежащую производительность (расход или емкость). Они могут входить в состав элементов конструкции, необходимых для производства энергии, или же могут быть специально предусмотрены для выполнения этой функции.

#### **Очистка теплоносителя реактора**

6.32. Должны предусматриваться соответствующие средства для удаления радиоактивных веществ из теплоносителя реактора, включая активированные продукты коррозии и продукты деления, выделяющиеся из топлива. Производительность требующихся систем должна базироваться на установленном проектном пределе допустимых утечек топлива с консервативным запасом, для того чтобы обеспечивать работу станции при разумно и практически достижимом низком уровне радиоактивности в

контуре, а также обеспечивать соблюдение принципа ALARA и не превышение предписанных пределов в отношении радиоактивных выбросов.

### **Отвод остаточного тепла из активной зоны**

6.33. Должны предусматриваться средства для отвода остаточного тепла. Их функция безопасности должна состоять в отводе тепла, образующегося в результате распада продуктов деления, и другого остаточного тепла из активной зоны реактора таким образом, чтобы не превышались установленные проектные пределы для топлива и проектные пределы для первого контура теплоносителя реактора.

6.34. Для выполнения требований пункта 6.33 должны обеспечиваться соответствующие взаимосвязанность и разделение, а также другие соответствующие проектные решения (такие, как обнаружение утечек) с достаточной степенью надежности при допущении возникновения единичного отказа и возможности отключения электроснабжения вне площадки, а также с использованием соответствующих мер по обеспечению резервирования, неодинаковости и независимости.

### **Аварийное охлаждение активной зоны**

6.35. Должно предусматриваться охлаждение активной зоны в случае аварии с потерей теплоносителя, с тем чтобы сводить к минимуму повреждение топлива и ограничивать выход продуктов деления. Такое охлаждение должно обеспечивать, чтобы:

- (1) предельные параметры для оболочек или целостность твэлов (такие, как температура) не превышали приемлемого расчетного значения для проектных аварий (в случае соответствующих конструкций реакторов);
- (2) уровень возможных химических реакций не превышал допустимый;
- (3) изменения в твэлах и внутрикорпусных устройствах существенно не снижали эффективности средств аварийного охлаждения активной зоны; и
- (4) охлаждение активной зоны осуществлялось в течение достаточного времени.

6.36. Для выполнения этих требований с достаточной степенью надежности для каждого ПИС при допущении возникновения единичного отказа должны обеспечиваться соответствующие проектные решения

(такие, как обнаружение утечек, надлежащие взаимосвязи и разделение) и соответствующие меры по обеспечению резервирования и неодинаковости элементов.

6.37. Соответствующее внимание должно уделяться расширению возможностей удаления тепла из активной зоны после тяжелой аварии.

### **Инспектирование и испытания системы аварийного охлаждения активной зоны**

6.38. Система аварийного охлаждения активной зоны должна проектироваться с таким расчетом, чтобы имелась возможность проведения надлежащих периодических инспекций важных элементов и надлежащих периодических проверок и испытаний для подтверждения:

- (1) целостности конструкции и герметичности элементов системы;
- (2) работоспособности и рабочих характеристик активных элементов системы во время нормальной эксплуатации в той степени, в которой это представляется возможным;
- (3) работоспособности системы в целом в эксплуатационных состояниях, определенных в основе проекта, в той степени, в которой это практически выполнимо.

### **Теплоотвод к конечному поглотителю тепла**

6.39. Должны предусматриваться системы передачи остаточного тепла от конструкций, систем и элементов, важных для безопасности, к конечному поглотителю тепла. Эта функция должна выполняться с весьма высоким уровнем надежности в эксплуатационных состояниях и при проектных авариях. Все системы, участвующие в переносе тепла (путем передачи тепла, снабжения энергией или подачи жидкости в системы теплопереноса), должны проектироваться с учетом их вклада в общую функцию передачи тепла.

6.40. Надежность систем должна обеспечиваться за счет соответствующего выбора мер, включая использование апробированных элементов, резервирования, неодинаковости, физического разделения, взаимосвязей и изолирования.

6.41. При проектировании систем и при возможном введении неодинаковости в конечных поглотителях тепла и в системах хранения, из

которых поступает жидкая среда для переноса тепла, должны учитываться природные явления и события, вызываемые деятельностью человека.

6.42. Соответствующее внимание должно уделяться расширению возможности передачи остаточного тепла от активной зоны к конечному поглотителю тепла с таким расчетом, чтобы в случае тяжелой аварии обеспечить сохранение приемлемых температур в конструкциях, системах и элементах, важных для функции безопасности, которую выполняет локализация радиоактивных материалов.

## СИСТЕМА ЗАЩИТНОЙ ОБОЛОЧКИ

### **Конструкция системы защитной оболочки**

6.43. Для обеспечения того, чтобы любой выброс радиоактивных материалов в окружающую среду при проектной аварии не превышал предписываемых пределов, должна предусматриваться система защитной оболочки. В зависимости от проектных требований эта система может включать: герметичные конструкции; связанные с ними системы для контроля давления и температуры; устройства для изоляции и удаления продуктов деления, водорода, кислорода и других веществ, выброс которых может произойти в атмосферу защитной оболочки, а также для обращения с ними.

6.44. При проектировании системы защитной оболочки должны учитываться выявленные проектные аварии. Кроме того, должен быть рассмотрен вопрос об использовании решений для смягчения последствий отдельных тяжелых аварий, с тем чтобы ограничить выбросы радиоактивного материала в окружающую среду.

### **Прочность конструкции защитной оболочки**

6.45. Расчет конструкции защитной оболочки, включая шлюзы, проходки и изолирующие клапаны, должен с достаточным запасом учитывать возникающие в результате проектных аварий внутренние избыточные давления, разряжения и температуры, динамические воздействия, как, например, удары летящих предметов, и силы реакции. Должно также учитываться воздействие других потенциальных источников энергии, например, возможных химических и радиолитических реакций. При



расчете требующейся прочности конструкции защитной оболочки должны приниматься во внимание последствия природных явлений и событий, вызываемых деятельностью человека, и предусматриваться меры по контролю состояния защитной оболочки и связанных с ней устройств.

6.46. Должны предусматриваться меры, направленные на сохранение целостности защитной оболочки в случае тяжелой аварии. В частности, должны учитываться последствия любого предполагаемого возгорания горючих газов.

#### **Возможность испытаний защитной оболочки на давление**

6.47. Защитная оболочка реактора должна проектироваться и конструироваться с таким расчетом, чтобы перед вводом станции в эксплуатацию и на протяжении всего срока службы (жизненного цикла) станции обеспечивалась возможность проводить испытания при заданном давлении для подтверждения целостности ее конструкции.

#### **Утечка из защитной оболочки**

6.48. Система защитной оболочки должна проектироваться с таким расчетом, чтобы в условиях проектных аварий не превышалась максимально допустимая скорость утечки. Первичная сдерживающая давление защитная оболочка может быть частично или полностью окружена вторичной локализирующей оболочкой для сбора и контролируемого выброса или удержания материалов, утечка которых из первичной защитной оболочки может происходить при проектных авариях.

6.49. Конструкция защитной оболочки, а также оборудование и элементы, влияющие на герметичность системы защитной оболочки, должны проектироваться и изготавливаться с таким расчетом, чтобы после монтажа всех проходов можно было бы провести испытания на скорость утечки при расчетном давлении. Должна обеспечиваться возможность определения – через определенные промежутки времени на протяжении всего срока службы (жизненного цикла) реактора – скорости утечки из системы защитной оболочки либо при проектном давлении в защитной оболочке, либо при пониженных давлениях, которые позволяют оценить скорость утечки при проектном давлении в защитной оболочке.

6.50. Соответствующее внимание должно уделяться возможности контролировать любую утечку радиоактивных материалов из защитной оболочки в случае тяжелой аварии.

### **Проходки в защитной оболочке**

6.51. Количество проходок в защитной оболочке должно быть практически минимальным.

6.52. Все проходки в защитной оболочке должны удовлетворять тем же проектным требованиям, что и сама конструкция защитной оболочки. Они должны быть защищены от сил реакций, возникающих при перемещениях трубопроводов, и от нагрузок при авариях, таких, как удары летящих предметов, воздействие реактивных струй и динамическое воздействие подвижных поврежденных трубопроводов.

6.53. Если для проходок используются упругие сальники (такие, как сальники из эластомеров или проходки для электрических кабелей) или сильфоны, они должны проектироваться с таким расчетом, чтобы можно было проводить их испытание на протечку при проектном давлении в защитной оболочке независимо от определения общей скорости утечки из защитной оболочки для подтверждения их целостности на протяжении всего жизненного цикла станции.

6.54. Соответствующее внимание должно уделяться способности проходок сохранять функциональность в случае тяжелой аварии.

### **Изоляция защитной оболочки**

6.55. Каждый трубопровод, который проходит через защитную оболочку как часть первого контура теплоносителя реактора, или трубопровод, который соединяется непосредственно с внутренней атмосферой защитной оболочки, должен автоматически и надежно перекрываться в случае проектной аварии, при которой требуется обеспечение герметичности защитной оболочки для предотвращения выбросов радиоактивности в окружающую среду, превышающих предписываемые пределы. Поэтому на этих трубопроводах должно последовательно устанавливаться по меньшей мере два соответствующих изолирующих клапана защитной оболочки (обычно один – снаружи, а другой – внутри защитной оболочки, причем в зависимости от конструкции допустимо применение других мер), и каждый клапан должен иметь возможность

надежно и независимо срабатывать. Изолирующие клапаны должны быть расположены как можно ближе к защитной оболочке. Изоляция защитной оболочки должна достигаться при допущении возникновения единичного отказа. Если применение этого требования снижает надежность системы безопасности, которая проходит через защитную оболочку реактора, то можно использовать другие методы изоляции.

6.56. Каждый трубопровод, который проходит через первичную защитную оболочку реактора и который не является частью первого контура теплоносителя реактора и не соединяется непосредственно с внутренней атмосферой защитной оболочки, должен иметь по меньшей мере один соответствующий изолирующий защитную оболочку клапан. Этот клапан должен располагаться снаружи защитной оболочки и как можно ближе к ней.

6.57. Соответствующее внимание должно уделяться способности изолирующих устройств сохранять функционирование в случае тяжелой аварии.

### **Шлюзы защитной оболочки**

6.58. Вход персонала внутрь защитной оболочки должен обеспечиваться через шлюзы с дверями, снабженными блокировкой, с таким расчетом, чтобы по меньшей мере одна из дверей оставалась закрытой во время работы реактора и при проектной аварии. Когда предусматривается вход персонала с целью наблюдения во время работы на низкой мощности, при проектировании должны быть предусмотрены меры, направленные на обеспечение безопасности персонала во время таких операций. Эти требования должны применяться также в отношении шлюзов для оборудования, если такие предусматриваются.

6.59. Соответствующее внимание должно уделяться способности воздушных шлюзов защитной оболочки сохранять функционирование в случае тяжелой аварии.

### **Внутренние конструкции защитной оболочки**

6.60. Проект должен предусматривать достаточное количество технологических маршрутов между отдельными отсеками внутри защитной оболочки. Размеры отверстий между отсеками должны выбираться с таким расчетом, чтобы перепады давлений при

выравнивании давления в аварийных условиях не приводили к повреждению несущей конструкции или других систем, важных с точки зрения ограничения последствий аварийных условий.

6.61. Соответствующее внимание должно уделяться способности внутренних конструкций выдерживать последствия тяжелой аварии.

#### **Отвод тепла из защитной оболочки**

6.62. Должна обеспечиваться возможность отвода тепла из защитной оболочки реактора. Функция безопасности должна выполняться и состоять в снижении давления и температуры в защитной оболочке и поддержании их на приемлемо низких уровнях в случае какого-либо аварийного выброса жидких веществ с большой энергией при проектной аварии. Система, выполняющая функцию отвода тепла из защитной оболочки, должна характеризоваться достаточной надежностью и резервированием для обеспечения выполнения указанной функции при допущении возникновения единичного отказа.

6.63. Соответствующее внимание должно уделяться способности удаления тепла из защитной оболочки реактора в случае тяжелой аварии.

#### **Контроль и очистка атмосферы защитной оболочки**

6.64. Системы контроля за содержанием продуктов деления, водорода, кислорода и других веществ, выброс которых может происходить в защитную оболочку реактора, должны предусматриваться при необходимости для:

- (1) уменьшения количества продуктов деления, выброс которых может происходить в окружающую среду при проектных авариях;
- (2) регулирования концентрации водорода, кислорода и других веществ во внутренней атмосфере защитной оболочки при проектных авариях с целью предотвращения воспламенения или взрыва, могущих представлять опасность для целостности защитной оболочки.

6.65. В системах очистки внутренней атмосферы защитной оболочки должно обеспечиваться соответствующее резервирование элементов и средств, с тем чтобы группа безопасности могла выполнять требующуюся функцию безопасности при допущении возникновения единичного отказа.

6.66. Соответствующее внимание должно уделяться контролю за продуктами деления, водородом и другими веществами, которые могут образовываться или выброс которых может происходить в случае тяжелой аварии.

### **Покрытия и облицовка**

6.67. Покрытия и облицовка для элементов и конструкций системы защитной оболочки должны тщательно подбираться, а способы их применения должны регламентироваться, с тем чтобы обеспечить выполнение ими функций безопасности и свести к минимуму отрицательное влияние на другие функции безопасности в случае повреждения покрытий и облицовки.

## **КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ**

### **Общие требования, предъявляемые к контрольно-измерительным приборам и системам управления, важным для безопасности**

6.68. С целью получения адекватной информации о состоянии станции должны предусматриваться контрольно-измерительные приборы для контроля за параметрами и системами в соответствующих условиях нормальной эксплуатации, в случае ожидаемых при эксплуатации событий, проектной аварии и тяжелых аварий. Приборы должны предусматриваться для измерения всех основных параметров, от которых могут зависеть процесс ядерного деления, целостность активной зоны, системы охлаждения реактора и защитной оболочки, и для получения любой информации о станции, которая необходима для ее надежной и безопасной эксплуатации. Должна обеспечиваться соответствующая автоматическая регистрация результатов измерений любых производных параметров, важных для безопасности, таких, как запас недогрева теплоносителя до точки кипения. Приборы должны быть аттестованы по результатам испытаний на воздействие окружающих условий для соответствующих состояний станции и должны обеспечивать измерение параметров станции и, таким образом, классификацию событий для целей аварийного реагирования.

6.69. Должны предусматриваться контрольно-измерительные приборы и регистрирующие устройства, которые обеспечивают получение важной

информации для слежения за развитием проектной аварии и за состоянием важного оборудования; и для прогнозирования – в пределах, требующихся для обеспечения безопасности, – местонахождения и количеств радиоактивных материалов, которые могут выйти за пределы предназначенных для них по проекту границ на станции. Контрольно-измерительные приборы и регистрирующие устройства должны быть пригодны для получения, насколько это представляется практически осуществимым, информации, необходимой для определения состояния станции при тяжелой аварии и для принятия решений при управлении аварией.

6.70. Должен обеспечиваться соответствующий и надежный контроль для поддержания параметров, о которых говорится в пункте 6.68, в установленных эксплуатационных диапазонах.

### **Помещение щита управления**

6.71. Должно быть предусмотрено помещение щита управления (пультовая), из которого можно было бы безопасно управлять АЭС во всех ее эксплуатационных состояниях и из которого можно было бы принимать меры по поддержанию станции в безопасном состоянии или по возвращению ее в это состояние после возникновения ожидаемых при эксплуатации событий, проектных аварий и тяжелых аварий. Должны приниматься надлежащие меры и должна предоставляться необходимая информация для защиты персонала помещения щита управления от возникающих опасностей, таких, как чрезмерное облучение в аварийных условиях или выброс радиоактивного материала или взрывоопасных или токсичных газов, которые могут препятствовать принятию оператором необходимых действий.

6.72. Особое внимание должно уделяться определению таких событий - как внутренних, так и внешних по отношению к помещению щита управления, – которые могут представлять прямую угрозу продолжению его функционирования, и проект должен предусматривать разумно применимые меры для сведения к минимуму последствий таких событий.

6.73. Размещение контрольно-измерительных приборов и способ представления информации должны давать эксплуатационному персоналу соответствующую полную картину состояния и характеристик АЭС. При проектировании помещения щита управления должны учитываться эргономические факторы.

6.74. Должны предусматриваться устройства для эффективной визуальной и в надлежащих случаях звуковой индикации отклонившихся от нормы эксплуатационных состояний и процессов, которые могут отрицательно влиять на безопасность.

#### **Дополнительный щит управления**

6.75. Предпочтительно в одном помещении (помещении дополнительного щита управления), физически и электрически отделенном от основного помещения щита управления, должно быть также размещено достаточное количество контрольно-измерительных приборов и оборудования для управления, с тем чтобы можно было остановить реактор и поддерживать его в этом состоянии, отводить остаточное тепло и контролировать важнейшие параметры станции, если будет потеряна возможность осуществлять эти важнейшие функции безопасности из помещения основного щита управления.

#### **Применение компьютеризованных систем в важных для безопасности системах**

6.76. Если конструкция такова, что система, важная для безопасности, зависит от надежной работы компьютеризованной системы, должны быть разработаны и применяться на протяжении всего жизненного цикла системы и, в частности, на протяжении всего цикла развития программного обеспечения, надлежащие нормы и практика для разработки и испытания компьютерных аппаратных средств и программного обеспечения. Весь процесс развития должен осуществляться в рамках соответствующей программы обеспечения качества.

6.77. Требуемый уровень надежности должен соответствовать важности, которую данная система представляет для безопасности. Необходимый уровень надежности должен достигаться путем применения комплексной стратегии, предусматривающей использование различных вспомогательных средств (включая эффективный режим анализа и испытаний) на каждой стадии развития процесса, а также стратегии аттестации для подтверждения того, что проектные требования, предъявляемые к данной системе, выполнены.

6.78. Уровень надежности, принимаемый при проведении анализа безопасности компьютеризованной системы, должен отражать определенный консерватизм с целью учета поправки на сложность, изначально

присущую данной технологии, и, как следствие этого, - сложность проведения анализов.

### **Автоматический контроль**

6.79. Принятие различных действий по обеспечению безопасности должно быть автоматизировано, с тем чтобы в течение обоснованно установленного периода времени с начала ожидаемого при эксплуатации события или проектной аварии оператору не требовалось принимать меры. Кроме того, для контроля за результатами автоматически предпринимаемых действий оператору должна предоставляться соответствующая информация.

### **Функции системы защиты**

6.80. Система защиты должна проектироваться с таким расчетом, чтобы она:

- (1) автоматически приводила в действие соответствующие системы, включая, если требуется, системы останова реактора, с тем чтобы предотвратить превышение установленных проектных пределов для ожидаемых при эксплуатации событий;
- (2) обнаруживала проектные аварии и приводила в действие системы, требующиеся для уменьшения последствий таких аварий в рамках основы проекта;
- (3) была в состоянии подавлять небезопасные действия системы контроля и управления.

### **Надежность и возможность проверки системы защиты**

6.81. Система защиты должна проектироваться с таким расчетом, чтобы она обеспечивала высокую функциональную надежность и возможность проведения периодических проверок и испытаний в соответствии с выполняемой(ыми) ею функцией(ями) безопасности. Применяемые в проекте меры по обеспечению резервирования и независимости должны быть достаточными как минимум для обеспечения того, чтобы:

- (1) ни один единичный отказ не приводил к потере функции защиты;
- (2) вывод из работы какого-либо элемента или канала не приводил к утрате требуемого минимального резервирования в случаях, когда приемлемый уровень надежности работы системы защиты не может быть подтвержден иным способом.



6.82. Система защиты должна проектироваться с таким расчетом, чтобы воздействия на резервные каналы при нормальной эксплуатации, в случае ожидаемых при эксплуатации событий и проектных аварий не приводили к утрате ее функции; в противном случае должна быть подтверждена приемлемость такой утраты на какой-либо другой основе. Для предотвращения потери функции защиты должны использоваться по возможности такие методы проектирования, как обеспечение возможности проведения проверок и испытаний, включая в соответствующих случаях самопроверку, отказобезопасность, функциональную неодинаковость и неодинаковость конструкции и принципов действия элементов.

6.83. Если достаточная надежность не достигается с помощью каких-либо других средств, то система защиты должна проектироваться с таким расчетом, чтобы имелась возможность проведения периодических проверок ее функционирования, когда реактор находится в эксплуатации, в том числе и возможность независимой проверки каналов для выявления возможных отказов и утраты резервирования. Проект должен предусматривать возможность проведения в процессе эксплуатации проверки всех аспектов функций – от датчика до входного сигнала, поступающего на конечный исполнительный механизм.

6.84. В проекте должны обеспечиваться сведение к минимуму вероятности того, что действия оператора могут привести к снижению эффективности системы защиты при нормальной эксплуатации и в случае ожидаемых при эксплуатации событий, но исключать отмену правильных действий оператора при проектных авариях.

### **Применение компьютеризованных систем защиты**

6.85. Когда компьютеризованная система предназначена для использования в системе защиты, в дополнение к пунктам 6.76–6.78 должны соблюдаться следующие требования:

- (1) для аппаратных средств и программного обеспечения должны предусматриваться наивысшее качество и наилучшие процедуры использования;
- (2) весь процесс разработки, включая контроль, испытания и внесение изменений в проект, должен подлежать систематическому документированию и рассмотрению;
- (3) для подтверждения уверенности в надежности компьютеризованных систем должна проводиться оценка данной компьютеризованной

системы независимыми экспертами, не связанными с разработчиками и поставщиками;

- (4) там, где целостность системы не может быть подтверждена с высокой степенью уверенности, должны предусматриваться неодинаковые средства обеспечения выполнения функций защиты.

### **Разделение систем защиты и систем контроля и управления**

6.86. Должно предотвращаться взаимовлияние системы защиты и систем контроля и управления путем исключения взаимосвязей или применения соответствующего функционального разделения. Если сигналы используются одновременно как системой защиты, так и какой-либо системой управления, то должно обеспечиваться соответствующее разделение (например, посредством соответствующих развязывающих устройств), и должно быть подтверждено, что выполняются все требования безопасности, изложенные в пунктах 6.80–6.85.

### **АВАРИЙНЫЙ ЦЕНТР УПРАВЛЕНИЯ**

6.87. На площадке станции отдельно от помещения щита управления станции должны предусматриваться аварийный центр управления, в котором мог бы собираться аварийный персонал для работы в случае аварийной ситуации. Следует обеспечивать, чтобы в этот центр поступала информация о важных параметрах станции и о радиационной обстановке на станции и в непосредственной близости от нее. В центре следует предусмотреть средства связи с помещением щита управления, дополнительным щитом управления и другими важными пунктами станции, а также с организациями аварийного реагирования на площадке и за ее пределами. Должны предприниматься надлежащие меры защиты лиц, находящихся в этом помещении в течение продолжительного периода времени от опасностей, возникающих при тяжелой аварии.

### **АВАРИЙНАЯ СИСТЕМА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ**

6.88. После некоторых ПИС для различных систем и элементов, важных для безопасности, требуется аварийное электроснабжение. Проект должен обеспечивать, чтобы аварийная система электроснабжения была в состоянии подавать требуемое электропитание в любом эксплуатационном состоянии или при любой проектной аварии при допущении

одновременного отказа внешнего электроснабжения. Потребность в энергии будет различной в зависимости от характера ПИС, и характер функций безопасности будет определять выбор средств для выполнения каждой функции, например, с точки зрения количества, готовности, продолжительности, мощности и непрерывности.

6.89. В совокупности средства по обеспечению аварийного электроснабжения (такие, как гидро-, паровые или газовые турбины, дизели или аккумуляторные батареи) должны обладать надежностью и соответствовать всем требованиям обслуживаемых систем безопасности и должны осуществлять свои функции при допущении возникновения единичного отказа. Должна обеспечиваться возможность проведения проверки работоспособности аварийной системы электроснабжения.

## СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ И КОНТРОЛЯ ОТХОДОВ

6.90. Должны предусматриваться соответствующие системы для обработки жидких и газообразных радиоактивных отходов, чтобы поддерживать количество и концентрацию радиоактивных выбросов в предписываемых пределах. Должен применяться принцип ALARA.

6.91. Должны быть также предусмотрены адекватные системы для обращения с радиоактивными отходами и для их безопасного хранения на площадке в течение времени, соответствующего возможностям процесса захоронения на площадке. Транспортировка твердых отходов с площадки должна осуществляться в соответствии с положениями, установленными компетентными органами.

### **Контроль за выбросами жидких радиоактивных веществ в окружающую среду**

6.92. Станция должна располагать средствами для надлежащего контроля за выбросами жидких радиоактивных веществ в окружающую среду с целью соблюдения принципа ALARA и обеспечения того, чтобы уровни выбросов и концентрации оставались в предписываемых пределах.

### **Контроль за аэрозольными радиоактивными веществами**

6.93. Должна предусматриваться система вентиляции с соответствующей системой фильтрации для:

- (1) предотвращения неприемлемого рассеяния аэрозольных радиоактивных веществ на станции;
- (2) снижения концентрации аэрозольных радиоактивных веществ до уровней, удовлетворяющих требованиям доступа на определенные участки;
- (3) поддержания уровня аэрозольных радиоактивных веществ на станции ниже предписываемых с соблюдением принципа ALARA при нормальной эксплуатации, в случае ожидаемых при эксплуатации событий и проектных аварий;
- (4) вентиляции помещений, содержащих инертные или вредные газы, без ухудшения возможности осуществления контроля за выбросами радиоактивных веществ.

### **Контроль за выбросами газообразных радиоактивных веществ в окружающую среду**

6.94. Должна предусматриваться вентиляционная система с соответствующей системой фильтрации для контроля за выбросами аэрозольных радиоактивных веществ в окружающую среду и для обеспечения ее соответствия принципу ALARA и соблюдения предписываемых пределов.

6.95. Системы фильтров должны быть достаточно надежными и спроектированы с таким расчетом, чтобы в ожидаемых условиях обеспечивались требуемые коэффициенты удержания. Системы фильтров должны проектироваться с таким расчетом, чтобы можно было проверить их эффективность.

## **СИСТЕМЫ ДЛЯ ОБРАЩЕНИЯ С ТОПЛИВОМ И ДЛЯ ЕГО ХРАНЕНИЯ**

### **Обращение с необлученным топливом и его хранение**

6.96. Системы для обращения с необлученным топливом и для его хранения должны проектироваться с таким расчетом, чтобы:

- (1) предотвращать возникновение критичности с установленным запасом с помощью физических средств и процессов предпочтительно за счет использования геометрически безопасных конфигураций даже в состояниях станции с оптимальным замедлением нейтронов;

- (2) иметь возможность проводить соответствующие работы по техническому обслуживанию, периодические инспекции, проверки и испытания элементов, важных для безопасности;
- (3) сводить к минимуму вероятность утраты или повреждения топлива.

### **Обращение с облученным топливом и его хранение**

6.97. Системы для обращения с облученным топливом и для его хранения должны проектироваться с таким расчетом, чтобы:

- (1) предотвращать возникновение критичности с помощью физических средств или процессов предпочтительно за счет использования геометрически безопасных конфигураций даже в состояниях станции с оптимальным замедлением нейтронов;
- (2) обеспечивать необходимый теплоотвод в эксплуатационных состояниях и при проектных авариях;
- (3) обеспечивать контроль облученного топлива;
- (4) иметь возможность проводить соответствующие периодические инспекции, проверки и испытания элементов, важных для безопасности;
- (5) предотвращать возможные падения отработавшего топлива при перемещении;
- (6) предотвращать возможность создания неприемлемых механических напряжений в твэлах или топливных сборках;
- (7) предотвращать возможность случайного падения тяжелых предметов, таких, как контейнеры для облученного топлива, краны или другие предметы, которые могут вызвать повреждения, на топливные сборки;
- (8) иметь возможность обеспечить безопасное хранение твэлов или топливныхборок с предполагаемыми или обнаруженными дефектами;
- (9) иметь соответствующие средства обеспечения радиационной защиты;
- (10) надлежащим образом определять отдельные топливные модули;
- (11) контролировать уровни растворимого поглотителя в случае его использования для обеспечения связанной с критичностью безопасности;
- (12) облегчать проведение работ по техническому обслуживанию и снятию с эксплуатации установок по хранению и обработке топлива;
- (13) облегчать проведение дезактивации площадок и оборудования для обращения с топливом и его хранения, когда это необходимо;
- (14) обеспечивать применение надлежащих процедур эксплуатации и учета для предотвращения любой утраты топлива.

6.98. Для реакторов с бассейном-хранилищем топлива проект должен предусматривать:

- (1) средства для контроля химического состава и радиоактивности воды, в которой работают с облученным топливом или в которой его хранят;
- (2) средства для контроля уровня воды в бассейне-хранилище топлива и управления этим уровнем и для обнаружения утечек;
- (3) средства для предотвращения опорожнения бассейна в случае повреждения трубопровода (т.е. меры по предотвращению сифонирования).

## РАДИАЦИОННАЯ ЗАЩИТА<sup>3</sup>

### **Общие требования**

6.99. Целью радиационной защиты является предотвращение любого радиационного облучения, которого можно избежать, и поддержание любого неизбежного облучения на разумно достижимом низком уровне. Эта цель должна достигаться при проектировании за счет:

- (1) соответствующего размещения и защиты конструкций, систем и элементов, содержащих радиоактивные вещества;
- (2) уделения внимания при проектировании станции и оборудования необходимости максимального сокращения работы людей в радиационных полях и ее продолжительности, а также снижения вероятности загрязнения радиоактивными веществами персонала на площадке;
- (3) принятия мер по обработке радиоактивных материалов в соответствующей форме и состоянии для их захоронения, хранения на площадке или удаления с площадки;
- (4) принятия мер по снижению количества и концентрации радиоактивных материалов, которые образуются на станции и распространяются по ее территории или сбрасываются в окружающую среду.

---

<sup>3</sup> Дополнительные руководящие материалы см. в [6].

6.100. В полной мере должны учитываться потенциальное нарастание во времени уровней излучений на участках, где находится персонал, и необходимость сведения к минимуму образования радиоактивных материалов в виде отходов.

### **Обеспечение радиационной защиты при проектировании**

6.101. При проектировании и планировке размещения станции должны предусматриваться меры по сведению к минимуму облучения и радиоактивного загрязнения от всех источников. К числу таких мер должны относиться меры по соответствующему проектированию конструкций, систем и элементов, обеспечивающему: сведение к минимуму радиационного облучения во время работ по техническому обслуживанию и проведению инспекций; защиту от прямого и рассеянного облучения; вентиляцию и фильтрацию для контроля за аэрозольными радиоактивными материалами; ограничение активации продуктов коррозии путем соответствующего подбора материалов; средства мониторинга; контроль за доступом на станцию; наличие надлежащего оборудования для дезактивации.

6.102. Защита от излучения должна проектироваться с таким расчетом, чтобы уровни излучения в рабочих зонах не превышали предписываемых пределов, и она должна облегчать техническое обслуживание и проведение инспекций за счет максимального снижения облучения обслуживающего персонала. Должен применяться принцип ALARA.

6.103. Планировка станции и принятые на ней процедуры должны обеспечивать контроль за доступом в зоны радиации и зоны возможного радиоактивного загрязнения и снижение до минимума загрязнения в результате перемещения радиоактивных материалов и персонала на территории станции. Планировка станции должна обеспечивать эффективную эксплуатацию, инспекции, техническое обслуживание и замену оборудования и конструкций при необходимости с целью сведения к минимуму радиационного облучения.

6.104. Должны предусматриваться соответствующие средства для дезактивации как персонала, так и оборудования, а также меры по обращению с любыми радиоактивными отходами, образующимися при дезактивации.

## **Средства дозиметрического контроля**

6.105. Должно предусматриваться оборудование для обеспечения надлежащего радиационного контроля в эксплуатационных состояниях, при проектных авариях и, насколько это практически возможно, при тяжелых авариях:

- (1) Стационарные дозиметры для определения локальной мощности дозы в местах, где обычно находится эксплуатационный персонал и где изменения уровней излучения при нормальной эксплуатации или в случае ожидаемых при эксплуатации событий могут быть такими, что доступ на определенные периоды времени должен быть ограничен. Кроме того, в определенных местах должны устанавливаться стационарные дозиметры для индикации общего уровня излучения в случае проектных аварий и, насколько это практически возможно, - тяжелых аварий. Эти приборы должны передавать в помещение щита управления или на соответствующий пост управления информацию, достаточную для принятия персоналом станции требующихся корректирующих мер.
- (2) Дозиметры для измерения активности радиоактивных веществ в воздухе на тех участках, где обычно находится персонал и где существует вероятность того, что уровень активности аэрозольных радиоактивных материалов может потребовать принятия защитных мер. Эти системы должны устанавливаться в помещении щита управления или в других соответствующих местах и сигнализировать об обнаружении высокой концентрации радиоизотопов.
- (3) Стационарное оборудование и лабораторные установки для своевременного определения в соответствующих случаях концентрации отдельных радиоизотопов в технологических системах, содержащих жидкость, и в пробах воздуха и жидкости, отбираемых из станционных систем или окружающей среды в эксплуатационных состояниях и аварийных условиях.
- (4) Стационарное оборудование для дозиметрического контроля эфлюентов до и во время сброса в окружающую среду.
- (5) Приборы для измерения поверхностного радиоактивного загрязнения.
- (6) Приборы для контроля индивидуальных доз и загрязнения персонала.

6.106. В дополнение к дозиметрическому контролю на станции должно быть также обеспечено определение возможного радиационного воздействия на местность, прилегающую к станции, с уделением особого внимания:



- (1) путям миграции радионуклидов к населению, включая пищевые цепочки;
- (2) радиационному воздействию, если оно имеется, на местные экосистемы;
- (3) возможному накоплению радиоактивных материалов в физической окружающей среде;
- (4) возможности любых несанкционированных путей сбросов.

## Дополнение I

### ПОСТУЛИРУЕМЫЕ ИСХОДНЫЕ СОБЫТИЯ

I.1. В настоящем Дополнении излагаются определение и применение понятия постулируемого исходного события (ПИС).

I.2. ПИС – это событие, определяемое при проектировании как ведущее к ожидаемым при эксплуатации событиям или аварийным условиям. Это означает, что ПИС само по себе не является аварией; это – событие, которое инициирует последовательность, приводящую к эксплуатационному событию, проектной аварии или тяжелой аварии в зависимости от происходящих дополнительных отказов. Типичными примерами являются: отказы оборудования (включая разрывы труб), ошибки человека, события, вызываемые деятельностью человека или природными явлениями.

I.3. ПИС могут быть событиями такого типа, которые влекут за собой незначительные последствия, например отказ резервного элемента, или же они могут иметь серьезные последствия, как, например, отказ главного трубопровода системы теплоносителя реактора. Основная цель при проектировании заключается в том, чтобы добиться таких характеристик станции, которые гарантируют, что большинство ПИС имеют незначительные или даже пренебрежительно малые последствия, и, если остальные события ведут к проектным авариям, последствия будут приемлемыми или, если они приводят к серьезным авариям, последствия ограничиваются проектными решениями и мерами по управлению аварией.

I.4. Чтобы обеспечить такое положение, при котором все вероятные события, которые могут привести к серьезным последствиям и которые имеют значительную вероятность, принимаются во внимание и могут быть учтены в проекте станции, должен постулироваться полный диапазон событий. Твердо установленных критериев, определяющих выбор ПИС, нет; процесс выбора представляет собой скорее сочетание итеративных операций проектирования и анализа, технической экспертной оценки и учета опыта проектирования и эксплуатации АЭС. Исключение какой-либо определенной последовательности событий требует обоснования.

I.5. Количество ПИС, используемых при разработке требований к техническим характеристикам узлов, важных для безопасности, и при общей оценке безопасности станции, необходимо ограничивать, с тем чтобы сделать задачу практически осуществимой, и это обеспечивается путем ограничения подробного анализа несколькими представительными последовательностями событий.<sup>4</sup> Представительные последовательности событий определяют ограничивающие случаи и дают основу для определения численных значений проектных пределов конструкций, систем и элементов, важных для безопасности.

I.6. Некоторые ПИС могут быть заданы детерминистически на основе таких разнообразных факторов, как опыт предыдущих станций, конкретные требования национальных лицензирующих органов или, возможно, масштабы потенциальных последствий. Другие ПИС могут задаваться на вероятностной основе, поскольку конкретные особенности проекта, размещение станций и эксплуатационный опыт позволяют количественно установить их характеристики в вероятностных терминах.

## ТИПЫ ПИС

### **Внутренние события**

#### *Отказы оборудования*

I.7. Исходными событиями могут быть отдельные отказы оборудования, которые способны непосредственно или косвенно повлиять на безопасность станции. Перечень этих событий должен адекватным образом представлять все вероятные отказы систем и элементов станции.

I.8. Подлежащие рассмотрению типы отказов зависят от типа данной системы или данного элемента. Отказ в самом широком смысле этого слова представляет собой либо потерю способности системы или элемента выполнять свою функцию, либо выполнение нежелательной функции. Например, отказом трубопровода может быть утечка, разрыв или закупорка. Для активного элемента, такого, как клапан, отказ может

---

<sup>4</sup> Термин "последовательность событий" относится к сочетанию ПИС и последующих действий оператора или срабатываний узлов, важных для безопасности.

проявиться в том, что клапан не открывается или не закрывается в требуемый момент времени, открывается или закрывается в ненужный момент времени, частично открывается или закрывается либо открывается, или закрывается в неправильный момент времени или с неправильной скоростью. Для такого устройства, как датчик прибора, отказ может выразиться в выходе погрешности за пределы допустимого диапазона, в отсутствии выходного сигнала, постоянном максимальном выходном сигнале, хаотическом выходном сигнале или в сочетании указанных явлений.

I.9. В условиях расширяющегося использования компьютеризованных систем в приложениях, влияющих на безопасность, и в критических приложениях, связанных с обеспечением безопасности, отказы оборудования или неправильная компьютерная программа могут привести к значительным управляющим воздействиям; эту возможность следует учитывать.

#### *Ошибка человека*

I.10. Во многих случаях последствия ошибок человека аналогичны последствиям отказа элементов. Ошибки человека могут быть различными: от неправильного или неполного выполнения операций по техническому обслуживанию до неправильного восстановления уставок на срабатывание управляющего оборудования или неправильных действий оператора (ошибки действия и ошибки бездействия).

#### *Другие внутренние события*

I.11. Пожары, взрывы и наводнения внутреннего происхождения могут также существенным образом влиять на безопасную работу станции и обычно учитываются при составлении перечня ПИС.

#### **Внешние события**

I.12. Примеры внешних событий и определение соответствующих исходных данных для основы проекта станции представлены в Своде положений “Безопасность АЭС – выбор площадок”, Серия изданий по безопасности, 50-C-S (Rev.1) [5], и в связанных с ним Руководствах по безопасности. Эти события обычно требуют проектирования узлов станции с учетом дополнительных вибрационных, ударных и импульсных нагрузок.

I.13. Если вероятность отказа конструкции, системы или элемента, важных для безопасности, в результате событий природного происхождения или событий, вызываемых деятельностью человека, может быть сочтена достаточно низкой благодаря соответствующему проекту и особенностям сооружения, то отказ, вызываемый этим событием, можно не включать в основу проекта станции.

### **Сочетания событий**

I.14. В случае сочетания отдельных событий при анализе аварий необходимо соблюдать осторожность, с тем чтобы обеспечивать, чтобы для данного сочетания было определенное логическое обоснование. Случайное сочетание событий может представлять чрезвычайно неправдоподобный сценарий, который следует представлять в вероятностном анализе безопасности как достаточно редкий, с тем чтобы его можно было не принимать в расчет, вместо того чтобы учитывать в качестве постулируемой аварии. В вероятностном анализе безопасности для тяжелых аварий применяется подход с использованием анализа на основе наилучших оценок, в то время как в аналитическом подходе для постулированных аварий, характеризующихся относительно высокой степенью вероятности, следует прибегать к консерватизму.

I.15. При определении сочетаемых событий полезно рассмотреть три временных периода:

- долгосрочный период до учитываемого конкретного события;
- краткосрочный период, включающий возникновение события и его краткосрочные последствия;
- восстановительный период после события.

I.16. Можно предположить, что событие, происходящее в течение первого упомянутого выше периода, устраняется до возникновения другого события, если в проекте станции предусмотрены надлежащие меры по его выявлению и если время, необходимое для его устранения, не велико. В таких случаях сочетание подобных событий рассматривать не нужно.

I.17. Для краткосрочного периода (продолжительность которого обычно составляет несколько часов) ожидаемые вероятности возникновения отдельных событий могут оказаться такими, что случайное их сочетание можно считать невероятным сценарием.

I.18. Для восстановительного периода после события (продолжительностью несколько дней и более), возможно, потребуется учесть дополнительные события в зависимости от продолжительности периода восстановления и ожидаемой вероятности событий. Для восстановительного периода может оказаться реальным предположение, что серьезность события, которое следует учитывать в сочетании, не столь велика, как та, из которой требуется исходить для того же вида события при рассмотрении его в промежутке времени, соответствующем всему жизненному циклу станции. Например, в восстановительный период после аварии с потерей теплоносителя, если необходимо учитывать случайное сочетание событий с возможным землетрясением, можно принимать силу землетрясения меньшую, чем сила проектного землетрясения для данной станции.

## Дополнение II

### **РЕЗЕРВИРОВАНИЕ, НЕОДИНАКОВОСТЬ И НЕЗАВИСИМОСТЬ**

II.1. Настоящее Дополнение содержит описание ряда мер, которые могут использоваться при проектировании, если необходимо в сочетании друг с другом, для достижения и поддержания необходимой надежности, соответствующей важности функций безопасности, которые должны выполняться на всех уровнях глубокоэшелонированной защиты.

II.2. Хотя для требований безопасности в отношении каждого уровня глубокоэшелонированной защиты не могут быть установлены универсальные количественные величины, наибольшее внимание следует уделять первому уровню. Это также согласуется с задачей эксплуатирующей организации обеспечивать высокую готовность станции в выработке электроэнергии.

II.3. В качестве руководящего принципа или для использования в виде критериев приемлемости, согласованных с регулирующим органом, могут устанавливаться максимальные пределы неготовности для некоторых систем безопасности, с тем чтобы обеспечить необходимую надежность выполнения функций безопасности.

### **ОТКАЗЫ ПО ОБЩЕЙ ПРИЧИНЕ**

II.4. Неспособность ряда устройств или элементов выполнять свои функции может наступать в результате единичного конкретного события или причины. Такие отказы могут оказывать влияние на ряд различных узлов, важных для безопасности, одновременно. Событие или причина могут быть обусловлены проектным дефектом, дефектом изготовления, ошибкой при эксплуатации или в техническом обслуживании, природным явлением, событием, вызванным деятельностью человека, или непреднамеренным каскадным последствием любой другой операции или отказа на станции.

II.5. Отказы по общей причине могут также возникать в случае, если происходит одновременный отказ ряда элементов одного и того же типа. Это может происходить в силу таких причин, как изменение условий окружающей среды, насыщение сигналов, неоднократные ошибки при

выполнении работ по техническому обслуживанию или проектный дефект конструкции.

II.6. С целью сведения к минимуму последствий отказов по общей причине при проектировании, насколько это представляется практически возможным, применяются соответствующие меры, такие, как применение принципов резервирования, неодинаковости и независимости.

## РЕЗЕРВИРОВАНИЕ

II.7. Резервирование, т.е. использование большего, чем минимальное количество комплектов оборудования для выполнения данной функции безопасности, является важным принципом проектирования, имеющим целью достижение высокой надежности систем, важных для безопасности, и соблюдение критерия единичного отказа в отношении систем безопасности. Резервирование позволяет допускать отказ или неготовность как минимум одного комплекта оборудования без потери функции. Например, для данной функции могут быть предусмотрены три или четыре насоса с таким расчетом, что любые два из них будут способны выполнять эту функцию. Для целей резервирования могут использоваться одинаковые или неодинаковые элементы.

## НЕОДИНАКОВОСТЬ

II.8. Надежность некоторых систем может быть повышена посредством использования принципа неодинаковости с целью уменьшения потенциальной возможности некоторых отказов по общей причине.

II.9. Принцип неодинаковости применяется к резервным системам или элементам, которые выполняют одну и ту же функцию безопасности, путем включения различных отличительных признаков в эти системы или элементы. Такими признаками могут быть, например, разные принципы действия, разные физические параметры, разные условия работы или разные изготовители.

II.10. Следует проявлять внимание, с тем чтобы обеспечивать, чтобы любое применение принципа неодинаковости на деле приводило к желаемому повышению надежности фактически реализованного (построенного) проекта. Например, с тем чтобы уменьшить потенциальную возможность



отказов по общей причине, проектировщику следует изучить применение принципа неодинаковости в отношении любого сходства материалов, элементов или процессов изготовления, или неявного сходства принципов работы, или общих вспомогательных средств. Если используются неодинаковые элементы или системы, то следует обеспечивать разумную степень уверенности в том, что их введение в целом окажется полезным с учетом таких недостатков, как дополнительное усложнение процедур эксплуатации, технического обслуживания, проверок испытаний, а также вытекающее из этого использование оборудования, имеющего более низкую надежность.

## НЕЗАВИСИМОСТЬ

II.11. Надежность систем может быть повышена за счет применения при проектировании мер, обеспечивающих:

- независимость резервных элементов систем;
- независимость элементов систем от воздействия ПИС, таких, как, например, ПИС, которые не приводят к отказу или выходу из строя системы безопасности, или потере функции безопасности, которая необходима для смягчения последствий этого события;
- надлежащую независимость между системами или элементами различного класса безопасности;
- независимость между узлами, важными для безопасности, и узлами, не важными для безопасности.

II.12. При проектировании систем независимость достигается посредством функционального разделения и физического разделения:

### (1) *Функциональное разделение*

Функциональное разделение следует использовать для уменьшения вероятности неблагоприятного взаимодействия между оборудованием и элементами резервных или связанных с ними систем, которое является результатом нормальной или ненормальной эксплуатации или отказа какого-либо элемента систем.

### (2) *Физическое разделение и размещение элементов станции*

При компоновке и проектировании систем следует использовать физическое разделение, насколько это представляется практически

возможным, с целью повышения уверенности в том, что будет достигнута независимость, особенно в отношении некоторых отказов по общей причине.

Физическое разделение включает:

- разделение с использованием геометрических факторов (например, расстояние или ориентация);
- разделение посредством барьеров;
- разделение посредством сочетания указанных мер.

Выбор средств разделения будет зависеть от ПИС, учитываемых в основе проекта, таких, как последствия пожара, химический взрыв, падение летательных аппаратов, летящих предметов, затопление, воздействие экстремальной температуры или влажности, в той мере, в какой они применимы.

II.13. Определенные зоны станции могут становиться местами естественного скопления оборудования или электропроводок (кабелей) разной степени (категории) важности для безопасности. К таким местам скопления относятся, например, проходки в защитной оболочке, пульты управления электродвигателями, помещения распределительных устройств, машинные залы, помещения щитов управления (пультовые) и ЭВМ управления технологическими процессами станции. В таких местах следует применять, насколько это представляется практически возможным, соответствующие меры, позволяющие избежать отказов по общей причине.

## СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

- [1] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Безопасность ядерных установок, Серия изданий по безопасности, № 110, МАГАТЭ, Вена (1994).
- [2] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Глубокоэшелонированная защита в ядерной безопасности, INSAG-10, МАГАТЭ, Вена (1998)
- [3] INTERNATIONAL NUCLEAR SAFETY ADVISORY GROUP, Basic Safety Principles for Nuclear Power Plants, 75-INSAG-3 Rev. 1, INSAG-12, IAEA, Vienna (1999).
- [4] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Обеспечение качества для безопасности атомных электростанций и других ядерных установок, Свод положений и руководства по безопасности, Q1-Q14, Серия изданий по безопасности, № 50-C/SG-Q, МАГАТЭ, Вена (1998).
- [5] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Свод положений по безопасности атомных электростанций: выбор площадок, Серия изданий по безопасности, № 50-C-G (Rev. 1), МАГАТЭ, Вена (1990).
- [6] АГЕНТСТВО ПО ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГИИ ОРГАНИЗАЦИИ ЭКОНОМИЧЕСКОГО СОТРУДНИЧЕСТВА И РАЗВИТИЯ, ВСЕМИРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ, МЕЖДУНАРОДНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ТРУДА, МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, ПАНАМЕРИКАНСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ, ПРОДОВОЛЬСТВЕННАЯ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ, Международные основные нормы безопасности для защиты от ионизирующих излучений и безопасного обращения с источниками излучения, Серия изданий по безопасности, № 115, МАГАТЭ, Вена (1997).

## Приложение

### **ФУНКЦИИ БЕЗОПАСНОСТИ ДЛЯ РЕАКТОРОВ С КИПЯЩЕЙ ВОДОЙ, РЕАКТОРОВ С ВОДОЙ ПОД ДАВЛЕНИЕМ И РЕАКТОРОВ КАНАЛЬНОГО ТИПА**

А-1. В настоящем Приложении приводится пример детального подразделения на составляющие трех основных функций безопасности, определенных в пункте 4.6.

А-2. В число этих функций безопасности входят функции, необходимые для предотвращения аварийных условий, а также функции, необходимые для смягчения последствий аварийных условий. Эти функции могут выполняться в надлежащих случаях с использованием конструкций, систем или элементов, предусматриваемых для нормальной эксплуатации, с целью предотвращения того, чтобы ожидаемые при эксплуатации события приводили к аварийным условиям, или смягчения последствий аварийных условий.

А-3. Обзор различных конструкций реакторов показывает, что применяемые в настоящее время требования к безопасности при проектировании могут удовлетворяться посредством применения конструкций, систем или элементов, выполняющих следующие функции безопасности:

- (1) предотвращение неприемлемых переходных изменений радиоактивности;
- (2) поддержание реактора в режиме безопасного останова после всех действий, направленных на останов;
- (3) останов реактора при необходимости для предотвращения того, чтобы ожидаемые при эксплуатации события приводили к проектным авариям, и останов реактора для смягчения последствий проектных аварий;
- (4) поддержание достаточного запаса теплоносителя в реакторе для охлаждения активной зоны в аварийных условиях и после прекращения их действия без отказа первого контура теплоносителя реактора;
- (5) сохранение достаточного запаса теплоносителя реактора для охлаждения активной зоны в течение всех ПИС, которые были учтены в основе проекта, и после их окончания;

- (6) удаление тепла из активной зоны<sup>1</sup> после отказа первого контура теплоносителя реактора с целью ограничения повреждения топлива;
- (7) отвод остаточного тепла (см. сноску 1) в соответствующих эксплуатационных состояниях и аварийных условиях с неповрежденным первым контуром теплоносителя реактора;
- (8) теплопередача от других систем безопасности к конечному поглотителю тепла<sup>2</sup>;
- (9) обеспечение необходимых обслуживающих устройств (таких, как источники электроснабжения, источники пневмоэнергии, источники гидравлической энергии, системы смазки) в качестве вспомогательной функции для системы безопасности;
- (10) сохранение приемлемой целостности оболочек твэлов в активной зоне реактора;
- (11) сохранение целостности первого контура теплоносителя реактора;
- (12) ограничение выбросов радиоактивного материала из защитной оболочки реактора в аварийных условиях и в условиях после аварии;
- (13) ограничение радиационного облучения населения и персонала на площадке во время проектных аварий и после них и во время отдельных тяжелых аварий, в результате которых происходят выбросы радиоактивных материалов из источников, находящихся снаружи защитной оболочки реактора;
- (14) ограничение сбросов или выбросов радиоактивных отходов и аэрозольных радиоактивных материалов до величин, ниже предписываемых пределов во всех эксплуатационных состояниях;
- (15) сохранение контроля за условиями окружающей среды внутри станции для работы систем безопасности и для пребывания персонала, необходимого для того, чтобы выполнять операции, важные для безопасности;
- (16) сохранение контроля за радиоактивными выбросами из облученного топлива, транспортируемого или хранимого за пределами системы теплоносителя реактора, однако в пределах площадки, во всех эксплуатационных состояниях;
- (17) отвод остаточного тепловыделения от облученного топлива, хранящегося за пределами системы теплоносителя реактора, но в пределах площадки;

---

<sup>1</sup> Данная функция безопасности применяется к первой стадии системы (систем) съема тепла. Остальные стадии охватываются функцией безопасности (8).

<sup>2</sup> Это – вспомогательная функция для других систем безопасности, когда они должны выполнять их собственные функции безопасности.

- (18) сохранение достаточной подкритичности топлива, хранящегося за пределами системы теплоносителя реактора, но в пределах площадки;
- (19) предотвращение отказа или ограничение последствий отказа конструкции, системы или элемента, отказ которых может привести к повреждению функции безопасности.

А-4. Данный перечень функций безопасности может быть использован в качестве основы для определения - работает ли конструкция, система или элемент или вносят ли они вклад в выполнение одной или нескольких функций безопасности, а также для использования в качестве основы для определения соответствующей степени важности для безопасности конструкций, систем и элементов, которые способствуют выполнению различных функций безопасности.

## ГЛОССАРИЙ

**активный элемент (active component).** Элемент, функционирование которого зависит от поступления извне такого воздействия, как команда на включение, от механического перемещения или подвода энергии.

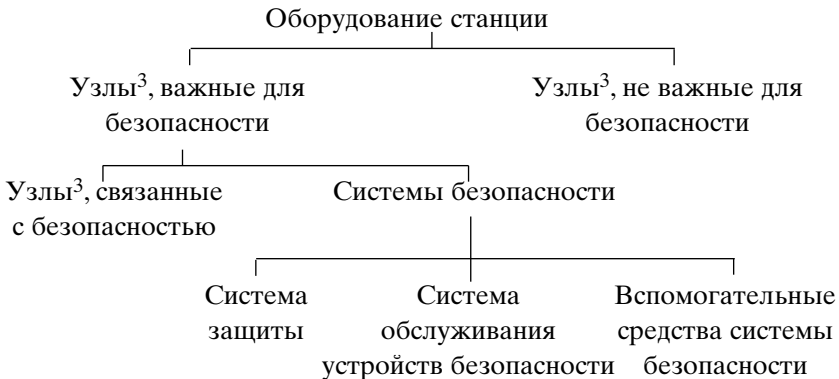
**группа безопасности (safety group).** Группа оборудования, предназначенная для выполнения всех действий, требующихся в случае конкретного постулируемого исходного события, с целью обеспечить невозможность превышения пределов, установленных в основе проекта для ожидаемых при эксплуатации событий и проектных аварий.

**единичный отказ (single failure).** Отказ, который приводит к потере способности элемента выполнять предписанные ему функции безопасности, а также любые последующие отказы, являющиеся результатом этого.

**конечный поглотитель тепла (ultimate heat sink).** Среда, в которую остаточное тепло всегда может быть отведено, даже если все другие средства удаления тепла были утрачены или являются недостаточными.

**неодинаковость (diversity).** Наличие двух или более резервных элементов или систем для выполнения одной определенной функции, при которой различные элементы или системы наделяются различными признаками, таким образом, чтобы уменьшалась возможность отказа по общей причине.

**оборудование станции (plant equipment):**



<sup>3</sup> В данном контексте “узел” означает конструкцию, систему или элемент.

**отказ по общей причине (common cause failure).** Отказ двух или более конструкций, систем или элементов вследствие единичного конкретного события или причины.

**пассивный элемент (passive component).** Элемент, функционирование которого не зависит от поступления извне такого воздействия, как команда на включение, от механического перемещения или подвода энергии.

**постулируемое исходное событие (postulated initiating event)<sup>4</sup>.** Событие, определяемое на стадии проектирования как способное привести к ожидаемым при эксплуатации событиям или аварийным условиям.

**система безопасности (safety system).** Система, важная для безопасности, обеспечивающая безопасный останов реактора или отвод остаточного тепла из активной зоны, либо ограничивающая последствия ожидаемых при эксплуатации событий и проектных аварий.

**система защиты (protection system).** Система, которая контролирует эксплуатацию реактора и которая при обнаружении ненормального условия (состояния) автоматически включает действия, направленные на предотвращение небезопасного или потенциально небезопасного режима.

**состояния станции (plant states):**



<sup>4</sup> См. дополнительную информацию в Дополнении 1.



- a) Аварийные условия, которые прямо не учитываются в проектных авариях, но охватываются ими.
- b) Запроектные аварии без значительного повреждения активной зоны.

**аварийные условия (accident conditions).** Отклонения от нормальной эксплуатации более серьезные, чем ожидаемые при эксплуатации события, включая проектные аварии и тяжелые аварии.

**нормальная эксплуатация (normal operation).** Эксплуатация в установленных эксплуатационных пределах и условиях.

**ожидаемое при эксплуатации событие (anticipated operational occurrence).** Отклонение эксплуатационного процесса от нормальной эксплуатации, которое, как можно ожидать, произойдет как минимум один раз в течение срока службы установки, но которое благодаря соответствующим предусмотренным в проекте мерам не нанесет значительного повреждения узлам, важным для безопасности, и не приведет к аварийным условиям.

**проектная авария (design basis accident).** Аварийные условия, с учетом которых проектируется атомная электростанция в соответствии с установленными проектными критериями и при которых повреждение топлива и выбросы радиоактивного материала находятся в разрешенных пределах.

**тяжелые аварии (severe accidents).** Аварийные состояния, более тяжелые, чем проектная авария, которые вызывают значительные повреждения активной зоны.

**управление авариями (accident management).** Принятие комплекса мер во время развития последовательности событий запроектной аварии:

- с целью предотвращения эскалации данного события в тяжелую аварию;
- с целью смягчения последствий тяжелой аварии;
- с целью достижения долгосрочного безопасного стабильного состояния.

**эксплуатационные состояния (operational states).** Состояния, оговариваемые определениями нормальной эксплуатации и ожидаемые при эксплуатации события.

**узлы, важные для безопасности (items important to safety).** Узел, который является частью группы безопасности и/или неисправность или отказ которого может привести к радиационному облучению персонала на площадке или населения.

**уставки системы безопасности (safety system settings).** Уровни, при которых защитные устройства автоматически срабатывают в случае ожидаемых при эксплуатации событий или аварийных условий с целью предотвращения превышения пределов безопасности.

**физическое разделение (physical separation).** Разделение с использованием геометрических факторов (расстояние, ориентация и т.п.) посредством соответствующих барьеров или сочетанием указанных мер.

**функциональное разделение (functional isolation).** Предотвращение влияния режима эксплуатации или отказа одной схемы или системы на другую схему или систему.

**функция безопасности (safety function).** Конкретная цель, которая должна быть достигнута для обеспечения безопасности.

## **СОСТАВИТЕЛИ И РЕЦЕНЗЕНТЫ**

Allen, P.	Atomic Energy of Canada Limited, Canada
Cowley, J.S.	Her Majesty's Nuclear Installations Inspectorate, United Kingdom
De Munk, P.	Ministry of Social Affairs and Employment, Netherlands
Feron, F.	Division pour la Sûreté des Installations Nucléaires, France
Foskolos, K.	Paul Scherrer Institute, Switzerland
Frisch, W.	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit mbH, Germany
Gasparini, M.	International Atomic Energy Agency
Hardin, W.	Nuclear Regulatory Commission, United States of America
Кавун, О.	Атомэнергопроект, Российская Федерация
Omoto, A.	Tokyo Electric Power Company, Japan
Park, D.	Institute of Nuclear Safety, Republic of Korea
Price, E.G.	Atomic Energy of Canada Limited, Canada
Simon, M.	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit mbH, Germany
Tripputi, I.	Ente Nazionale per l'Energia Elettrica, Italy
Vidard, M.	Electricité de France/Septen, France

## **КОНСУЛЬТАТИВНЫЕ ОРГАНЫ, УЧАСТВУЮЩИЕ В ОДОБРЕНИИ НОРМ БЕЗОПАСНОСТИ**

### **Консультативный комитет по нормам ядерной безопасности**

*Belgium:* Govaerts, P. (председатель); *Brazil:* da Silva, A.J.C.; *Canada:* Wigfull, P.; *China:* Lei, Y., Zhao, Y.; *Czech Republic:* Stuller, J.; *Finland:* Salminen, P.; *France:* Saint Raymond, P.; *Germany:* Wendling, R.D., Sengewein, H., Krüger, W.; *India:* Venkat Raj, V.; *Japan:* Tobioka, T.; *Republic of Korea:* Moon, P.S.H.; *Netherlands:* de Munk, P., Versteeg, J.; *Российская Федерация:* Баклушин, П.П.; *Sweden:* Viktorsson, C., Jende, E.; *United Kingdom:* Willby, C., Pape, R.P.; *United States of America:* Morris, B.M.; *IAEA:* Lacey, D.J. (координатор); *OECD Nuclear Energy Agency:* Frescura, G., Royen, J.

### **Консультативная комиссия по нормам безопасности**

*Argentina:* Beninson, D.; *Australia:* Lokan, K., Burns, P., *Canada:* Bishop, A. (председатель), Duncan, R.M.; *China:* Huang, Q., Zhao, C.; *France:* Lacoste, A.-C., Asty, M.; *Germany:* Hennenhöfer, G., Wendling, R.D.; *Japan:* Sumita, K., Sato, K.; *Republic of Korea:* Lim, Y.K.; *Slovak Republic:* Lipár, M., Misák, J.; *Spain:* Alonso, A., Trueba, P.; *Sweden:* Holm, L.-E.; *Switzerland:* Prêtre, S.; *United Kingdom:* Williams, L.G., Harbison, S.A.; *United States of America:* Travers, W.D., Callan, L.J., Taylor, J.M.; *IAEA:* Karbassioun, A. (координатор); *International Commission on Radiological Protection:* Valentin, J.; *OECD Nuclear Energy Agency:* Frescura, G.