

# Нормы безопасности МАГАТЭ

для защиты людей и охраны окружающей среды

## Защита от внутренних опасностей при проектировании атомных электростанций

Специальное руководство по безопасности  
№ SSG-64



**IAEA**

Международное агентство по атомной энергии

# НОРМЫ БЕЗОПАСНОСТИ МАГАТЭ И ДРУГИЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ДАННОЙ ТЕМЕ

## НОРМЫ БЕЗОПАСНОСТИ МАГАТЭ

В соответствии со статьей III своего Устава МАГАТЭ уполномочено устанавливать или принимать нормы безопасности для защиты здоровья и сведения к минимуму опасностей для жизни и имущества и обеспечивать применение этих норм.

**Публикации, посредством которых МАГАТЭ устанавливает нормы, выпускаются в Серии норм безопасности МАГАТЭ.** В этой серии охватываются вопросы ядерной безопасности, радиационной безопасности, безопасности перевозки и безопасности отходов. **Категории публикаций в этой серии — это Основы безопасности, Требования безопасности и Руководства по безопасности.**

Информацию о программе по нормам безопасности МАГАТЭ можно получить на сайте МАГАТЭ в Интернете

[www.iaea.org/ru/resursy/normy-bezopasnosti](http://www.iaea.org/ru/resursy/normy-bezopasnosti)

На этом сайте содержатся тексты опубликованных норм безопасности и проектов норм безопасности на английском языке. Тексты норм безопасности выпускаются на арабском, испанском, китайском, русском и французском языках, там также можно найти глоссарий МАГАТЭ по вопросам безопасности и доклад о ходе работы над еще не выпущенными нормами безопасности. Для получения дополнительной информации просьба обращаться в МАГАТЭ по адресу: Vienna International Centre, PO Box 100, 1400 Vienna, Austria.

Всем пользователям норм безопасности МАГАТЭ предлагается сообщать МАГАТЭ об опыте их использования (например, в качестве основы для национальных регулирующих положений, для составления обзоров безопасности и учебных курсов) в целях обеспечения того, чтобы они по-прежнему отвечали потребностям пользователей. Эта информация может быть направлена через сайт МАГАТЭ в Интернете или по почте (см. адрес выше), или по электронной почте по адресу [Official.Mail@iaea.org](mailto:Official.Mail@iaea.org).

## ПУБЛИКАЦИИ ПО ДАННОЙ ТЕМЕ

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

Доклады по вопросам безопасности в ядерной деятельности выпускаются в качестве **докладов по безопасности**, в которых приводятся практические примеры и подробные описания методов, которые могут использоваться в поддержку норм безопасности.

Другие публикации МАГАТЭ по вопросам безопасности выпускаются в качестве публикаций по **аварийной готовности и реагированию, докладов по радиологическим оценкам, докладов ИНСАГ** — Международной группы по ядерной безопасности, **технических докладов** и документов серии **ТЕСДОС**. МАГАТЭ выпускает также доклады по радиологическим авариям, учебные пособия и практические руководства, а также другие специальные публикации по вопросам безопасности.

Публикации по вопросам физической безопасности выпускаются в **Серии изданий МАГАТЭ по физической ядерной безопасности**.

**Серия изданий МАГАТЭ по ядерной энергии** состоит из информационных публикаций, предназначенных способствовать и содействовать научно-исследовательской работе в области ядерной энергии, а также развитию ядерной энергии и ее практическому применению в мирных целях. В ней публикуются доклады и руководства о состоянии технологий и успехах в их совершенствовании, об опыте, образцовой практике и практических примерах в области ядерной энергетики, ядерного топливного цикла, обращения с радиоактивными отходами и снятия с эксплуатации.

ЗАЩИТА  
ОТ ВНУТРЕННИХ ОПАСНОСТЕЙ  
ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ  
АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Членами Международного агентства по атомной энергии являются следующие государства:

АВСТРАЛИЯ	КАЗАХСТАН	РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ
АВСТРИЯ	КАМБОДЖА	РУАНДА
АЗЕРБАЙДЖАН	КАМЕРУН	РУМЫНИЯ
АЛБАНИЯ	КАНАДА	САЛЬВАДОР
АЛЖИР	КАТАР	САМОА
АНГОЛА	КЕНИЯ	САН-МАРИНО
АНТИГУА И БАРБУДА	КИПР	САУДОВСКАЯ АРАВИЯ
АРГЕНТИНА	КИТАЙ	СВЯТОЙ ПРЕСТОЛ
АРМЕНИЯ	КОЛУМБИЯ	СЕВЕРНАЯ МАКЕДОНИЯ
АФГАНИСТАН	КОМОРСКИЕ ОСТРОВА	СЕЙШЕЛЬСКИЕ ОСТРОВА
БАГАМСКИЕ ОСТРОВА	КОНГО	СЕНЕГАЛ
БАНГЛАДЕШ	КОРЕЯ, РЕСПУБЛИКА	СЕНТ-ВИНСЕНТ И ГРЕНАДИНЫ
БАРБАДОС	КОСТА-РИКА	СЕНТ-КИТС И НЕВИС
БАХРЕЙН	КОТ-Д'ИВУАР	СЕНТ-ЛЮСИЯ
БЕЛАРУСЬ	КУБА	СЕРБИЯ
БЕЛИЗ	КУВЕЙТ	СИНГАПУР
БЕЛЬГИЯ	КЫРГЫЗСТАН	СИРИЙСКАЯ АРАБСКАЯ
БЕНИН	ЛАОССКАЯ НАРОДНО-	РЕСПУБЛИКА
БОЛГАРИЯ	ДЕМОКРАТИЧЕСКАЯ	СЛОВАКИЯ
БОЛИВИЯ, МНОГОНАЦИОНАЛЬНОЕ	РЕСПУБЛИКА	СЛОВЕНИЯ
ГОСУДАРСТВО	ЛАТВИЯ	СОЕДИНЕННОЕ КОРОЛЕВСТВО
БОСНИЯ И ГЕРЦЕГОВИНА	ЛЕСОТО	ВЕЛИКОБРИТАНИИ И СЕВЕРНОЙ
БОТСВАНА	ЛИБЕРИЯ	ИРЛАНДИИ
БРАЗИЛИЯ	ЛИВАН	СОЕДИНЕННЫЕ ШТАТЫ АМЕРИКИ
БРУНЕЙ-ДАРУССАЛАМ	ЛИВИЯ	СОМАЛИ
БУРКИНА-ФАСО	ЛИТВА	СУДАН
БУРУНДИ	ЛИХТЕНШТЕЙН	СЬЕРРА-ЛЕОНЕ
ВАНУАТУ	ЛЮКСЕМБУРГ	ТАДЖИКИСТАН
ВЕНГРИЯ	МАВРИКИЙ	ТАИЛАНД
ВЕНЕСУЭЛА, БОЛИВАРИАНСКАЯ	МАВРИТАНИЯ	ТОГО
РЕСПУБЛИКА	МАДАГАСКАР	ТОНГА
ВЬЕТНАМ	МАЛАВИ	ТРИНИДАД И ТОБАГО
ГАБОН	МАЛАЙЗИЯ	ТУНИС
ГАИТИ	МАЛИ	ТУРКМЕНИСТАН
ГАЙАНА	МАЛЬТА	ТУРЦИЯ
ГАМБИЯ	МАРОККО	УГАНДА
ГАНА	МАРШАЛЛОВЫ ОСТРОВА	УЗБЕКИСТАН
ГАТЕМАЛА	МЕКСИКА	УКРАИНА
ГВИНЕЯ	МОЗАМБИК	УРУГВАЙ
ГЕРМАНИЯ	МОНАКО	ФИДЖИ
ГОНДУРАС	МОНГОЛИЯ	ФИЛИППИНЫ
ГРЕНАДА	МЬЯНМА	ФИНЛЯНДИЯ
ГРЕЦИЯ	НАМИБИЯ	ФРАНЦИЯ
ГРУЗИЯ	НЕПАЛ	ХОРВАТИЯ
ДАНИЯ	НИГЕР	ЦЕНТРАЛЬНОАФРИКАНСКАЯ
ДЕМОКРАТИЧЕСКАЯ РЕСПУБЛИКА	НИГЕРИЯ	РЕСПУБЛИКА
КОНГО	НИДЕРЛАНДОВ, КОРОЛЕВСТВО	ЧАД
ДЖИБУТИ	НИКАРАГУА	ЧЕРНОГОРИЯ
ДОМИНИКА	НОВАЯ ЗЕЛАНДИЯ	ЧЕШСКАЯ РЕСПУБЛИКА
ДОМИНИКАНСКАЯ РЕСПУБЛИКА	НОРВЕГИЯ	ЧИЛИ
ЕГИПЕТ	ОБЪЕДИНЕННАЯ РЕСПУБЛИКА	ШВЕЙЦАРИЯ
ЗАМБИЯ	ТАНЗАНИЯ	ШВЕЦИЯ
ЗИМБАБВЕ	ОБЪЕДИНЕННЫЕ АРАБСКИЕ	ШРИ-ЛАНКА
ИЗРАИЛЬ	ЭМИРАТЫ	ЭКВАДОР
ИНДИЯ	ОМАН	ЭРИТРЕЯ
ИНДОНЕЗИЯ	ОСТРОВА КУКА	ЭСВАТИНИ
ИОРДАНИЯ	ПАКИСТАН	ЭСТОНИЯ
ИРАК	ПАЛАУ	ЭФИОПИЯ
ИРАН, ИСЛАМСКАЯ РЕСПУБЛИКА	ПАНАМА	ЮЖНАЯ АФРИКА
ИРЛАНДИЯ	ПАПУА — НОВАЯ ГВИНЕЯ	ЯМАЙКА
ИСЛАНДИЯ	ПАРАГВАЙ	ЯПОНИЯ
ИСПАНИЯ	ПЕРУ	
ИТАЛИЯ	ПОЛЬША	
ЙЕМЕН	ПОРТУГАЛИЯ	
КАБО-ВЕРДЕ	РЕСПУБЛИКА МОЛДОВА	

Устав Агентства был утвержден 23 октября 1956 года на Конференции по выработке Устава МАГАТЭ, которая состоялась в Центральном учреждении 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».

СЕРИЯ НОРМ БЕЗОПАСНОСТИ МАГАТЭ, № SSG-64

ЗАЩИТА  
ОТ ВНУТРЕННИХ ОПАСНОСТЕЙ  
ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ  
АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ  
СПЕЦИАЛЬНОЕ РУКОВОДСТВО ПО БЕЗОПАСНОСТИ

МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ  
ВЕНА, 2024

## УВЕДОМЛЕНИЕ ОБ АВТОРСКОМ ПРАВЕ

Все научные и технические публикации МАГАТЭ защищены положениями Всемирной конвенции об авторском праве, принятой в 1952 году (Женева) и пересмотренной в 1971 году (Париж). Впоследствии авторские права были распространены Всемирной организацией интеллектуальной собственности (Женева) также на интеллектуальную собственность в электронной и виртуальной форме. Для полного или частичного использования текстов, содержащихся в печатных или электронных публикациях МАГАТЭ, может потребоваться разрешение. Более подробная информация приводится на странице <https://www.iaea.org/ru/publikacii/prava-i-razresheniya>. Вопросы следует направлять по адресу:

Издательская секция (Publishing Section)  
Международное агентство по атомной  
энергии  
Венский международный центр,  
а/я 100,  
A1400 Вена, Австрия  
тел.: +43 1 2600 22529 или 22530  
эл. почта: [sales.publications@iaea.org](mailto:sales.publications@iaea.org)  
<https://www.iaea.org/ru/publikacii>

© МАГАТЭ, 2024

Отпечатано МАГАТЭ в Австрии

Декабрь, 2024

STI/PUB/1947

ЗАЩИТА ОТ ВНУТРЕННИХ ОПАСНОСТЕЙ ПРИ  
ПРОЕКТИРОВАНИИ АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ  
МАГАТЭ, ВЕНА, 2024 ГОД

STI/PUB/1947

ISBN 978–92–0–451823-8 (печатный формат) | ISBN 978–92–0–451623-4  
(формат pdf) | ISBN 978-92-0-451723-1 (epub)  
ISSN 1020–5845

## **ПРЕДИСЛОВИЕ**

**Рафаэль Мариано Гросси**  
**Генеральный директор**

Согласно своему Уставу, МАГАТЭ уполномочивается «устанавливать... нормы безопасности для охраны здоровья и сведения к минимуму опасности для жизни и имущества». Речь идет о нормах, которые МАГАТЭ должно применять в отношении своей собственной деятельности и которые государства могут применять в рамках своих национальных регулирующих положений.

Программа норм безопасности МАГАТЭ была начата в 1958 году, и с тех пор произошло много изменений. Как Генеральный директор я разделяю стремление к тому, чтобы МАГАТЭ и далее поддерживало и совершенствовало эту всеобъемлющую, многогранную и последовательную серию изданий, в которой выходят актуальные, удобные для пользователя и соответствующие поставленным целям нормы безопасности, неизменно высокого качества. Их надлежащее применение при использовании ядерной науки и технологий позволит достичь высоких стандартов защиты людей и окружающей среды во всем мире и обеспечить необходимую уверенность для непрерывного использования ядерных технологий ради всеобщего блага.

Обеспечение безопасности относится к сфере ответственности государства, что закреплено в ряде международных конвенций. Нормы безопасности МАГАТЭ составляют основу этих правовых документов и служат глобальным источником информации, которым могут руководствоваться стороны при выполнении своих обязательств. Хотя нормы безопасности не имеют для государств-членов обязательной юридической силы, они широко применяются на практике. Они выполняют функцию незаменимого источника информации и общего знаменателя для подавляющего большинства государств-членов, которые внедрили эти нормы в свои национальные регулирующие положения в целях укрепления безопасности на ядерных энергетических установках, исследовательских реакторах и установках топливного цикла, а также в области применения ядерных технологий в медицине, промышленности, сельском хозяйстве и научных исследованиях.

Нормы безопасности МАГАТЭ обобщают практический опыт государств-членов и подготовлены на основе международного консенсуса. Особенно важное значение имеет то, что в их разработке принимают участие члены профильных комитетов по нормам безопасности, Комитета по

руководящим материалам по физической ядерной безопасности и Комиссии по нормам безопасности, и я признателен всем тем, кто привносит в эту деятельность свои знания и опыт.

Со своей стороны МАГАТЭ также опирается на эти нормы безопасности, когда оказывает помощь государствам-членам в рамках своих миссий по экспертной оценке и консультационных услуг. Это облегчает государствам-членам применение данных норм на практике и создает условия для обмена ценным опытом и аналитическими наработками. Нормы безопасности периодически пересматриваются с учетом отзывов, полученных по итогам соответствующих миссий и услуг, уроков, извлеченных в результате тех или иных событий, а также опыта работы с такими материалами.

Я убежден, что нормы безопасности МАГАТЭ, как и практика их применения, вносят неоценимый вклад в обеспечение высокого уровня безопасности во всех сферах, где используются ядерные технологии. Я призываю все государства-члены способствовать более широкому применению этих норм и сотрудничать с МАГАТЭ в интересах поддержания их качества как в реалиях сегодняшнего дня, так и в будущем.

# НОРМЫ БЕЗОПАСНОСТИ МАГАТЭ

## ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Радиоактивность — это естественное явление, и в окружающей среде присутствуют природные (естественные) источники излучения. Ионизирующие излучения и радиоактивные вещества с пользой применяются во многих сферах — от производства энергии до использования в медицине, промышленности и сельском хозяйстве. Радиационные риски, которым в результате этих применений могут подвергаться работники, население и окружающая среда, подлежат оценке и должны в случае необходимости контролироваться.

Поэтому такая деятельность, как медицинское использование излучения, эксплуатация ядерных установок, производство, перевозка и использование радиоактивных материалов и обращение с радиоактивными отходами, должна осуществляться в соответствии с нормами безопасности.

Ответственность за регулирование в области безопасности возлагается на государства. Однако радиационные риски могут выходить за пределы национальных границ, и в рамках международного сотрудничества принимаются меры по обеспечению и укреплению безопасности в глобальном масштабе посредством обмена опытом и расширения возможностей для контроля опасностей, предотвращения аварий, реагирования в случае аварийных ситуаций и смягчения любых вредных последствий.

Государства обязаны проявлять должную осмотрительность и соответствующую осторожность, и предполагается, что они будут выполнять свои национальные и международные обязательства.

Международные нормы безопасности содействуют выполнению государствами своих обязательств согласно общим принципам международного права, например, касающимся охраны окружающей среды. Кроме того, международные нормы безопасности укрепляют и обеспечивают уверенность в безопасности и способствуют международной торговле.

Глобальный режим ядерной безопасности постоянно совершенствуется. Нормы безопасности МАГАТЭ, которые поддерживают осуществление имеющих обязательную силу международных договорно-правовых документов и функционирование национальных инфраструктур безопасности, являются краеугольным камнем этого глобального режима. Нормы безопасности МАГАТЭ представляют собой полезный инструмент, с помощью которого договаривающиеся стороны оценивают свою деятельность по выполнению этих конвенций.

## НОРМЫ БЕЗОПАСНОСТИ МАГАТЭ

Статус норм безопасности МАГАТЭ вытекает из Устава МАГАТЭ, которым МАГАТЭ уполномочивается устанавливать и применять, в консультации и в надлежащих случаях в сотрудничестве с компетентными органами Организации Объединенных Наций и с заинтересованными специализированными учреждениями, нормы безопасности для охраны здоровья и сведения к минимуму опасности для жизни и имущества и обеспечивать применение этих норм.

В целях обеспечения защиты людей и охраны окружающей среды от вредного воздействия ионизирующего излучения нормы безопасности МАГАТЭ устанавливают основополагающие принципы безопасности, требования и меры для обеспечения контроля за радиационным облучением людей и выбросом радиоактивного материала в окружающую среду, ограничения вероятности событий, которые могут привести к утрате контроля за активной зоной ядерного реактора, ядерной цепной реакцией, радиоактивным источником или любым другим источником излучения, и смягчения последствий таких событий в случае, если они будут иметь место. Нормы касаются установок и деятельности, связанных с радиационными рисками, включая ядерные установки, использование радиационных и радиоактивных источников, перевозку радиоактивных материалов и обращение с радиоактивными отходами.

Меры по обеспечению безопасности и физической безопасности<sup>1</sup> преследуют общую цель защиты жизни и здоровья людей и охраны окружающей среды. Меры по обеспечению безопасности и физической безопасности должны разрабатываться и осуществляться комплексно таким образом, чтобы меры по обеспечению физической безопасности не осуществлялись в ущерб безопасности, и наоборот, чтобы меры по обеспечению безопасности не осуществлялись в ущерб физической безопасности.

Нормы безопасности МАГАТЭ отражают международный консенсус в отношении того, что является основой высокого уровня безопасности для защиты людей и охраны окружающей среды от вредного воздействия ионизирующего излучения. Они выпускаются в Серии норм безопасности МАГАТЭ, которая состоит из документов трех категорий (см. рис. 1).

---

<sup>1</sup> См. также публикации в серии изданий МАГАТЭ по физической ядерной безопасности.



РИС. 1. Долгосрочная структура Серии норм безопасности МАГАТЭ.

## Основы безопасности

Основы безопасности содержат основополагающие цели и принципы защиты и безопасности и служат основой для требований безопасности.

## Требования безопасности

Комплексный и согласованный свод требований безопасности устанавливает требования, которые должны выполняться с целью обеспечения защиты людей и охраны окружающей среды в настоящее время и в будущем. Эти требования устанавливаются в соответствии с целями и принципами, изложенными в Основах безопасности. Если требования не выполняются, то должны приниматься меры для достижения или восстановления требуемого уровня безопасности. Формат и стиль требований облегчают их гармоничное использование для создания национальной основы регулирования. Требования, включая пронумерованные всеобъемлющие требования, выражаются формулировками «должен, должна, должно, должны». Многие требования конкретно не адресуются, а это означает, что за их выполнение отвечают соответствующие стороны.

## **Руководства по безопасности**

В руководствах по безопасности содержатся рекомендации и руководящие материалы, касающиеся выполнения требований безопасности, и в них выражается международный консенсус в отношении необходимости принятия рекомендуемых мер (или эквивалентных альтернативных мер). В руководствах по безопасности представлена международная надлежащая практика, и они во все большей степени отражают наилучшую практику, помогающую пользователям достичь высокого уровня безопасности. Рекомендации, содержащиеся в руководствах по безопасности, формулируются с применением глагола «следует».

## **ПРИМЕНЕНИЕ НОРМ БЕЗОПАСНОСТИ МАГАТЭ**

Основными пользователями норм безопасности в государствах — членах МАГАТЭ являются регулирующие и другие соответствующие государственные органы. Кроме того, нормы безопасности МАГАТЭ используются другими организациями-спонсорами и многочисленными организациями, которые занимаются проектированием, сооружением и эксплуатацией ядерных установок, а также организациями, участвующими в использовании радиационных и радиоактивных источников.

Нормы безопасности МАГАТЭ применяются в соответствующих случаях на протяжении всего жизненного цикла всех имеющихся и новых установок, используемых в мирных целях, и на протяжении всей нынешней и новой деятельности в мирных целях, а также в отношении защитных мер, применяемых с целью уменьшения существующих радиационных рисков. Они могут использоваться государствами в качестве основы для национальных регулирующих положений в отношении установок и деятельности.

Согласно Уставу МАГАТЭ нормы безопасности являются обязательными для МАГАТЭ применительно к его собственной деятельности, а также для государств применительно к работе, выполняемой с помощью МАГАТЭ.

Кроме того, нормы безопасности МАГАТЭ формируют основу для услуг МАГАТЭ по рассмотрению безопасности, и они используются МАГАТЭ для повышения компетентности, включая разработку учебных планов и проведение учебных курсов.

Международные конвенции содержат требования, которые аналогичны требованиям, изложенным в нормах безопасности МАГАТЭ, и являются обязательными для договаривающихся сторон. Нормы

безопасности МАГАТЭ, подкрепляемые международными конвенциями, отраслевыми стандартами и подробными национальными требованиями, создают прочную основу для защиты людей и охраны окружающей среды. Существуют также некоторые особые вопросы безопасности, требующие оценки на национальном уровне. Например, многие нормы безопасности МАГАТЭ, особенно нормы, посвященные вопросам планирования или разработки мер по обеспечению безопасности, предназначаются, прежде всего, для применения к новым установкам и видам деятельности. На некоторых существующих установках, сооруженных в соответствии с нормами, принятыми ранее, не возможно выполнять в полном объеме требования, установленные в нормах безопасности МАГАТЭ. Вопрос о том, как нормы безопасности МАГАТЭ должны применяться на таких установках, решают сами государства.

Научные соображения, лежащие в основе норм безопасности МАГАТЭ, обеспечивают объективную основу для принятия решений по вопросам безопасности; однако органы, отвечающие за принятие решений, должны также выносить обоснованные суждения, а также должны определять, как обеспечить оптимальный баланс между пользой от принимаемых мер или осуществляемых мероприятий и связанными с ними радиационными рисками и любыми иными негативными последствиями применения этих мер или мероприятий.

## ПРОЦЕСС РАЗРАБОТКИ НОРМ БЕЗОПАСНОСТИ МАГАТЭ

Подготовкой и рассмотрением норм безопасности занимаются Секретариат МАГАТЭ и пять комитетов по нормам безопасности, охватывающих аварийную готовность и реагирование (ЭПРеСК), ядерную безопасность (НУССК), радиационную безопасность (РАССК), безопасность радиоактивных отходов (ВАССК) и безопасную перевозку радиоактивных материалов (ТРАНССК), а также Комиссия по нормам безопасности (КНБ), которая осуществляет надзор за программой по нормам безопасности МАГАТЭ (см. рис. 2).

Все государства — члены МАГАТЭ могут назначать экспертов в комитеты по нормам безопасности и представлять замечания по проектам норм. Члены Комиссии по нормам безопасности назначаются Генеральным директором, и в ее состав входят старшие правительственные должностные лица, несущие ответственность за установление национальных норм.

Для осуществления процессов планирования, разработки, рассмотрения, пересмотра и установления норм безопасности МАГАТЭ создана система управления. Особое место в ней занимают мандат МАГАТЭ,



РИС. 2. Процесс разработки новых норм безопасности или пересмотр существующих норм.

видение будущего применения норм, политики и стратегий безопасности и соответствующие функции и обязанности.

## ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С ДРУГИМИ МЕЖДУНАРОДНЫМИ ОРГАНИЗАЦИЯМИ

При разработке норм безопасности МАГАТЭ учитываются выводы Научного комитета ООН по действию атомной радиации (НКДАР ООН) и рекомендации международных экспертных органов, в частности, Международной комиссии по радиологической защите (МКРЗ). Некоторые нормы безопасности разрабатываются в сотрудничестве с другими органами системы Организации Объединенных Наций или другими специализированными учреждениями, включая Продовольственную и сельскохозяйственную организацию Объединенных Наций, Программу

Организации Объединенных Наций по окружающей среде, Международную организацию труда, Агентство по ядерной энергии ОЭСР, Панамериканскую организацию здравоохранения и Всемирную организацию здравоохранения.

## ТОЛКОВАНИЕ ТЕКСТА

Относящиеся к ядерной и физической безопасности термины следует понимать так, как они представлены в Глоссарии МАГАТЭ по ядерной и физической безопасности (см. <https://www.iaea.org/resources/publications/iaea-nuclear-safety-and-security-glossary>). Во всех остальных случаях в издании на английском языке слова используются с написанием и значением, приведенными в последнем издании Краткого оксфордского словаря английского языка. Для руководств по безопасности аутентичным текстом является английский вариант.

Общие сведения и соответствующий контекст норм в Серии норм безопасности МАГАТЭ, а также их цель, сфера применения и структура приводятся в разделе 1 «Введение» каждой публикации.

Материал, который нецелесообразно включать в основной текст (например, материал, являющийся вспомогательным или отдельным от основного текста, дополняет формулировки основного текста или описывает методы расчетов, процедуры или пределы и условия), может быть представлен в дополнениях или приложениях.

Дополнение, если оно включено, рассматривается в качестве неотъемлемой части норм безопасности. Материал в дополнении имеет тот же статус, что и основной текст, и МАГАТЭ берет на себя авторство в отношении такого материала. Приложения и сноски к основному тексту, если они включены, используются для предоставления практических примеров или дополнительной информации или пояснений. Приложения и сноски не являются неотъемлемой частью основного текста. Материал в приложениях, опубликованный МАГАТЭ, не обязательно выпускается в качестве его авторского материала; в приложениях к нормам безопасности может быть представлен материал, имеющий другое авторство. Посторонний материал, публикуемый в приложениях, приводится в виде выдержек и адаптируется по мере необходимости, с тем чтобы быть в целом полезным.



## СОДЕРЖАНИЕ

1.	ВВЕДЕНИЕ .....	1
	Общие сведения (1.1, 1.2) .....	1
	Цель (1.3).....	1
	Область применения (1.4–1.7).....	2
	Структура (1.8) .....	3
2.	ОБЩИЕ СООБРАЖЕНИЯ (2.1–2.13).....	3
3.	ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ ВНУТРЕННИХ ОПАСНОСТЕЙ (3.1–3.5)	6
	Идентификация и характеристика внутренних опасностей и сочетаний опасностей (3.6–3.10) .....	8
	Предотвращение внутренних опасностей и воздействия этих опасностей (3.11, 3.12) .....	9
	Смягчение воздействия внутренних опасностей (3.13–3.21).....	10
	Оценка, проверка и критерии успеха (3.22–3.31) .....	11
	Конкретные аспекты проектирования для защиты от внутренних опасностей (3.32–3.34).....	14
4.	РЕКОМЕНДАЦИИ В ОТНОШЕНИИ КОНКРЕТНЫХ ВНУТРЕННИХ ОПАСНОСТЕЙ .....	15
	Внутренние пожары (4.1–4.59) .....	15
	Внутренние взрывы (4.60–4.77) .....	29
	Внутренние летящие предметы (4.78–4.109).....	33
	Разрывы труб (биение трубы, воздействие струи и затопление) (4.110–4.144).....	42
	Внутреннее затопление (4.145–4.172).....	50
	Падение тяжелых грузов (4.173–4.186) .....	56
	Электромагнитные помехи (4.187–4.200).....	61
	Выброс опасных веществ в пределах станции (4.201–4.216).....	64
	ПРИЛОЖЕНИЕ I: СОЧЕТАНИЯ ОПАСНОСТЕЙ.....	69
	ПРИЛОЖЕНИЕ II: ПОДРОБНЫЕ РУКОВОДЯЩИЕ УКАЗАНИЯ В ОТНОШЕНИИ ВНУТРЕННИХ ПОЖАРОВ.....	73

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	99
СОСТАВИТЕЛИ И РЕЦЕНЗЕНТЫ .....	101

# 1. ВВЕДЕНИЕ

## ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1.1. В настоящем Руководстве по безопасности приводятся рекомендации по выполнению требований, установленных в публикации Серии норм безопасности МАГАТЭ, № SSR-2/1 (Rev. 1), «Безопасность атомных электростанций: проектирование» [1], в части защиты от внутренних опасностей при проектировании наземных стационарных атомных электростанций с водоохлаждаемыми реакторами.

1.2. Настоящее Руководство по безопасности является отредактированным и объединенным вариантом публикаций Серии норм безопасности МАГАТЭ, № NS-G-1.11, «Protection against Internal Hazards other than Fires and Explosions in the Design of Nuclear Power Plants» («Защита от внутренних опасностей, помимо пожаров и взрывов, при проектировании атомных электростанций»)<sup>1</sup> и № NS-G-1.7, «Защита от внутренних пожаров и взрывов при проектировании атомных электростанций»<sup>2</sup>, обе из которых заменяются данным Руководством по безопасности. Редактирование сводилось главным образом к обновлению технического содержания с целью приведения его в соответствие с требованиями, установленными в SSR-2/1 (Rev. 1) [1]. Кроме того, в сферу применения настоящего Руководства по безопасности включены внутренние опасности, связанные с электромагнитными полями или электромагнитными помехами, а также опасности, связанные с выбросом опасных веществ, происходящим в границах площадки.

## ЦЕЛЬ

1.3. Цель настоящего Руководства по безопасности — дать регулирующим органам, проектировщикам и лицензиатам атомных электростанций рекомендации по оценке опасностей (в том числе сочетаний опасностей) и концепциям проектирования для защиты от внутренних опасностей на

---

<sup>1</sup> INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Protection against Internal Hazards other than Fires and Explosions in the Design of Nuclear Power Plants, IAEA Safety Standards Series No. NS-G-1.11, IAEA, Vienna (2004).

<sup>2</sup> МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Защита от внутренних пожаров и взрывов при проектировании атомных электростанций, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № NS-G-1.7, МАГАТЭ, Вена (2008).

атомных электростанциях в целях выполнения требований, установленных в SSR-2/1 (Rev. 1) [1].

## ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

1.4. Настоящее Руководство по безопасности применимо главным образом к наземным стационарным атомным электростанциям с водоохлаждаемыми реакторами, спроектированным для производства электроэнергии или для других теплоэнергетических применений (таких как централизованное теплоснабжение или опреснение). Для инновационных разработок будущих систем, модифицированных установок или реакторов других типов некоторые разделы настоящего Руководства по безопасности могут быть применимы не в полном объеме либо трактоваться с определенной долей осмотрительности.

1.5. Настоящее Руководство по безопасности охватывает конструктивные элементы, необходимые для защиты узлов (т.е. конструкций, систем и элементов (КСЭ)), важных для безопасности атомных электростанций, от воздействия внутренних опасностей при всех режимах эксплуатации. В данном Руководстве по безопасности рассматриваются следующие внутренние опасности: пожары, взрывы, летящие предметы, разрывы труб, затопление, обрушение конструкций и падение предметов с акцентом на падении тяжелых грузов, электромагнитные помехи и выброс опасных веществ, происходящий в границах площадки.

1.6. В настоящем Руководстве по безопасности не разбираются вопросы обычной техники безопасности, за исключением тех случаев, когда это может повлиять на безопасность атомной электростанции.

1.7. Рекомендации, содержащиеся в настоящем Руководстве по безопасности, сформулированы прежде всего для новых атомных электростанций. Ожидается, что в случае станций, спроектированных по ранее принятым стандартам, при оценке безопасности таких проектов будет проводиться сравнение с современными стандартами (например, в рамках периодической экспертизы безопасности станции) с целью установления возможности дальнейшего повышения безопасности эксплуатации станции на основе внедрения практически осуществимых усовершенствований систем безопасности: см. SSR-2/1 (Rev. 1) [1], пункт 1.3.

## СТРУКТУРА

1.8. В разделе 2 изложены общие соображения относительно защиты от внутренних опасностей на атомных электростанциях. В разделе 3 приводятся общие рекомендации по проектированию для защиты от внутренних опасностей на атомных электростанциях. В разделе 4 содержатся конкретные рекомендации по защите от пожаров, взрывов, летящих предметов, разрывов труб, затопления, обрушения конструкций и падающих предметов с акцентом на падении тяжелых грузов, электромагнитных помех и выброса опасных веществ, происходящего в границах площадки. В приложении I даются руководящие указания в отношении действий в случае сочетания опасностей. В приложении II приводятся подробные руководящие указания по защите от внутренних пожаров.

## 2. ОБЩИЕ СООБРАЖЕНИЯ

2.1. Требование 17 SSR-2/1 (Rev. 1) [1] гласит:

**«Все прогнозируемые внутренние опасности и внешние опасности, включая потенциальные события техногенного происхождения, напрямую или косвенно затрагивающие безопасность АЭС, должны быть выявлены, а их последствия должны быть оценены. Опасности должны учитываться при проектировании планировки станции и при определении постулируемых исходных событий и возникающих в связи с ними нагрузок, которые принимаются в расчет при проектировании соответствующих узлов АЭС, важных для безопасности».**

2.2. В SSR-2/1 (Rev. 1) [1], пункт 5.16, указывается:

«При проектировании станции должны надлежащим образом учитываться внутренние опасности, такие как возгорание, взрыв, затопление, образование летящих предметов, обрушение конструкций и падение предметов, биение трубы, ударное воздействие струи или выброс жидкости из поврежденных систем или из других установок на площадке. Должны предусматриваться соответствующие средства для предупреждения и смягчения, с тем чтобы не допустить возникновения угрозы для безопасности».

2.3. В разделах 3 и 4 настоящего Руководства по безопасности содержатся соответственно общие рекомендации по проектированию и конкретные рекомендации по проектированию для выполнения требования 17 и требований, установленных в SSR-2/1 (Rev. 1) [1], пункт 5.16, в отношении внутренних опасностей.

2.4. Узел, важный для безопасности, — это узел, который является частью группы безопасности и/или неисправность или отказ которого может привести к радиационному облучению персонала на площадке или лиц из населения [2]. Согласно этому определению, а также определению запроектных условий в SSR-2/1 (Rev. 1) [1], средства безопасности для запроектных условий являются узлами, важными для безопасности. Таким образом, средства безопасности для запроектных условий должны проектироваться с учетом соответствующих внутренних опасностей или быть защищены от них. Кроме того, средства безопасности для запроектных условий могут быть источниками внутренних опасностей, которые необходимо принимать в расчет.

2.5. Внутренние опасности — это те факторы, представляющие угрозу для безопасности АЭС, которые возникают в пределах границ площадки АЭС и связаны с отказами установок и сбоями в деятельности, находящимися под контролем эксплуатирующей организации. Внутренние опасности, рассматриваемые в данном Руководстве по безопасности, перечислены в пункте 1.5.

2.6. Опасности, вызванные другими установками на той же площадке (или возникающие на них), также считаются внутренними опасностями.

2.7. Внутренние опасности также могут быть порождены внешними опасностями (например, землетрясение, за которым последовало внутреннее затопление, землетрясение, вызвавшее пожар).

2.8. Воздействия, вызванные внутренними опасностями, могут также иметь каскадный эффект и повлечь за собой другие внутренние опасности (например, летящий предмет может вызвать разрыв трубы, а затем внутреннее затопление).

2.9. В рамках настоящего Руководства по безопасности также рассматриваются все вероятные сочетания опасностей (см. приложение I).

2.10. Внутренние опасности способны вызвать исходные события, привести к отказам оборудования, необходимого для смягчения последствий таких событий, и негативно повлиять (прямо или косвенно) на барьеры, призванные предотвратить выброс радиоактивного материала. В силу своей природы внутренние опасности могут одновременно создать угрозу для более чем одного эшелона глубокоэшелонированной защиты и, к примеру, сделать более тесной зависимость между причиной исходных событий и отказом оборудования, предназначенного для смягчения их последствий.

2.11. Хотя попытки сделать так, чтобы внутренняя опасность не привела к ожидаемому при эксплуатации событию, могут быть нецелесообразными или невозможными, одна из задач планировки и проектирования атомной электростанции состоит в недопущении, насколько это практически возможно, того, чтобы внутренние опасности повлекли за собой аварию.

2.12. Цель учета внутренних опасностей при проектировании атомных электростанций — обеспечить выполнение фундаментальных функций безопасности (см. требование 4 SSR-2/1 (Rev. 1) [1]) во всех состояниях станции, а также возможность приведения станции в безопасное состояние и поддержания ее в этом состоянии после возникновения любой вероятной внутренней опасности. Это подразумевает следующее:

- a) резервные системы по возможности разнесены или надлежащим образом разделены и защищены, если это необходимо, для предотвращения потери функции безопасности, выполняемой этими системами;
- b) конструкция отдельных КСЭ такова, что проектных аварий или запроектных условий, которые могут быть вызваны внутренними опасностями, удастся избежать, насколько это практически возможно;
- c) применяемых мер разнесения, разделения и защиты достаточно, для того чтобы реакция системы, описанная в анализе постулируемых исходных событий, не была затронута воздействием внутренней опасности;
- d) конструкция такова, что внутренняя опасность не приведет к отказу по общей причине на участке между резервными системами безопасности, предназначенными для контроля проектных аварий, и между этими системами и средствами безопасности, необходимыми в случае возникновения запроектных условий с расплавлением активной зоны;
- e) внутренняя опасность, возникающая в других местах станции, не влияет на обитаемость блочного пункта управления. Если блочный пункт управления утрачивает обитаемость, обеспечивается доступ к дополнительному пункту управления и его обитаемость. Кроме того,

при необходимости персонал станции получает доступ к оборудованию для выполнения локальных действий.

2.13. В соответствии с концепцией глубокоэшелонированной защиты первый эшелон глубокоэшелонированной защиты обеспечивает защиту от внутренних опасностей в целом за счет обеспечения высокого качества и надежности КСЭ, аттестации этих КСЭ по воздействию на окружающую среду, применения принципов резервирования и неодинаковости, физического разделения и разнесения, а также проектирования соответствующих барьеров и других защитных средств. Поэтому проектирование для защиты от воздействия внутренних опасностей — это итеративный процесс, объединяющий в себе требования защиты от нескольких внутренних опасностей. Для раннего обнаружения внутренней опасности (или признаков, которые могут указывать на возникновение внутренней опасности) и принятия необходимых корректирующих мер для защиты от этой опасности требуется организовать надлежащее наблюдение за КСЭ и их инспектирование в процессе эксплуатации. Идентификация опасностей на ранней стадии проектирования часто используется как практический метод выявления и устранения опасностей.

### **3. ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ ВНУТРЕННИХ ОПАСНОСТЕЙ**

3.1. Несмотря на меры по сведению к минимуму вероятности возникновения внутренней опасности, такие опасности все же могут возникнуть. Способность атомной электростанции выдержать воздействие внутренних опасностей и смягчить последствия вызванных ими постулируемых исходных событий должна быть неотъемлемой частью проекта станции: см. SSR-2/1 (Rev. 1) [1], пункт 5.16.

3.2. Предлагаемый в настоящем Руководстве по безопасности подход к проектированию для защиты узлов, важных для безопасности, и, в зависимости от обстоятельств, персонала станции, выполняющего

действия по защите от внутренних опасностей, базируется на следующих основных шагах:

- a) идентификация внутренних опасностей и вероятных сочетаний опасностей, а также характеристика последствий этой(их) опасности(ей);
- b) проектирование с учетом необходимости предотвратить внутренние опасности или предотвратить негативные последствия внутренних опасностей;
- c) проектирование средств для смягчения негативных последствий внутренних опасностей для узлов, важных для безопасности.

Данный подход к проектированию также предполагает оценку защиты от внутренних опасностей в соответствии с целями проектирования, указанными в пункте 2.12, и подтверждение того, что эти цели достигнуты для всех вероятных опасностей на станции.

3.3. При проектировании для защиты от внутренних опасностей рекомендации по проектированию с учетом требований ядерной безопасности и рекомендации по проектированию с учетом требований физической безопасности должны рассматриваться в комплексе, чтобы меры ядерной безопасности и меры физической безопасности не принимались в ущерб друг другу. Рекомендации по физической ядерной безопасности приведены в [3].

3.4. Некоторые постулируемые внутренние опасности могут быть настолько велики, что предусмотреть в проекте средства для смягчения их последствий не представляется возможным (например, неконтролируемое падение крышки корпуса реактора). В таких случаях основной акцент делается на предупредительные меры, и следует провести оценку, для того чтобы можно было уверенно заявить, что такие события крайне маловероятны. Даже если полностью предотвратить такие события невозможно, в проекте все равно потребуются предусмотреть меры для смягчения последствий таких событий, насколько это практически возможно: см. SSR-2/1 (Rev. 1) [1], пункт 2.8.

3.5. Для защиты узлов, важных для безопасности, атомная электростанция должна быть в любой момент способна заблаговременно обнаружить внутренние опасности и эффективно противодействовать им.

## ИДЕНТИФИКАЦИЯ И ХАРАКТЕРИЗАЦИЯ ВНУТРЕННИХ ОПАСНОСТЕЙ И СОЧЕТАНИЙ ОПАСНОСТЕЙ

3.6. При проектировании установки следует провести идентификацию внутренних опасностей, используя инженерные оценки в сочетании с опытом эксплуатации и уроками проектирования схожих установок, а также результатами детерминистических оценок безопасности и вероятностных оценок безопасности. Идентификация и характеристика внутренних опасностей должны включать рассмотрение исходных условий (например, режимов останова станции), масштаба и вероятности возникновения опасностей, местонахождения источников опасностей, итоговых условий внешней среды и возможного воздействия на КСЭ, важные для безопасности, или на другие КСЭ, отказ которых может привести к постулируемому исходному событию. Процесс идентификации и характеристики опасностей должен быть методичным, тщательно документироваться и подкрепляться проверками во время обходов станции.

3.7. При проектировании станции должны быть учтены возможные сочетания одних внутренних опасностей с другими и внутренних опасностей с внешними и все вытекающие из них последствия (например, разрыв высоконапорных труб, биение трубы, воздействие струи, затопление): см. SSR-2/1 (Rev. 1) [1], пункт 5.32. Сочетания, которые потребуются рассмотреть, будут зависеть от характеристик площадки и общего проекта станции<sup>3</sup>.

3.8. При проектировании должны быть учтены все вероятные сочетания опасностей. Исключение любых сочетаний должно быть обосновано (см. приложение I).

3.9. При идентификации опасностей делаются допущения относительно их характеристик. Для устранения неопределенностей в отношении этих характеристик могут быть сделаны ограничивающие или консервативные допущения при условии, что эти допущения обоснованы.

---

<sup>3</sup> Например, некоторые сочетания опасностей могут включать в себя внешние события, возникновение которых в определенных местах маловероятно (например, песчаные бури, метели). Поэтому определять некий набор сочетаний опасностей, который был бы применим ко всем площадкам, нет необходимости и, вообще говоря, невозможно.

3.10. В SSR-2/1 (Rev. 1) [1], пункт 5.15А, указывается:

«Важные для безопасности элементы проектируются и размещаются с должным учетом других последствий для безопасности так, чтобы противостоять воздействию источников опасности или быть защищенными сообразно их важности для безопасности от источников опасности и от механизмов отказа по общей причине, которые образуют источники опасности».

Соответствующие внутренние опасности должны быть идентифицированы, а их воздействие и создаваемые этими опасностями условия внешней среды — оценены и приняты в расчет при проектировании и планировке станции: см. SSR-2/1 (Rev. 1) [1], требование 17. Об этом пойдет речь в пунктах 3.11–3.34, которые также в соответствующих случаях применяются к внутренним опасностям, возникающим в результате сочетаний опасностей.

## ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ВНУТРЕННИХ ОПАСНОСТЕЙ И ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭТИХ ОПАСНОСТЕЙ

3.11. Некоторые опасности могут быть исключены либо потому, что они физически невозможны (например, падение тяжелого груза при отсутствии подъемного оборудования), либо за счет строгого обоснования, включающего, как минимум, очень высокое качество проектирования, производства, строительства и инспектирования в процессе эксплуатации, а также должный учет уроков, извлеченных из опыта эксплуатации.

3.12. Если исключить опасности невозможно, следует принять меры, в том числе административные, для снижения частоты и потенциальной величины этих опасностей и их воздействия на КСЭ, важные для безопасности. В основном это должно быть достигнуто за счет уменьшения, насколько это практически возможно, потенциальных источников опасности (например, ограничения использования горючих материалов и присутствия источников зажигания) параллельно с надзором и инспектированием в процессе эксплуатации. Это может быть также достигнуто за счет правильного расположения и планировки (например, обеспечения наилучшей ориентации быстро вращающихся машин).

## СМЯГЧЕНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ВНУТРЕННИХ ОПАСНОСТЕЙ

3.13. В отношении каждой внутренней опасности, которая учитывается при проектировании, должны приниматься меры по контролю и ограничению последствий. Эти меры будут зависеть от типа опасности и от конкретных технических решений, включенных в проект. Как правило, в число принимаемых мер следует также включать конкретные меры, позволяющие обнаружить возникновение соответствующей опасности.

3.14. Конструктивные элементы для защиты от воздействия внутренних опасностей должны быть классифицированы по безопасности: см. SSR-2/1 (Rev. 1) [1], требование 22. Эта классификация по безопасности должна выполняться в соответствии с рекомендациями, приведенными в публикации Серии норм безопасности МАГАТЭ, № SSG-30, «Классификация конструкций, систем и элементов атомных электростанций по безопасности» [4]. Защитные элементы конструкции должны быть классифицированы на основе их функции и значимости с точки зрения безопасности: см. SSR-2/1 (Rev. 1) [1], пункт 5.34.

3.15. Меры по смягчению последствий событий могут быть пассивными, активными или регламентными. Пассивные конструктивные решения — без движущихся частей или внешнего источника энергии — обычно считаются более предпочтительными, чем реализация активных мер или выполнение регламентов.

3.16. В случае активных средств защиты, где это применимо, следует исходить из предположения о наихудшем единичном отказе.

3.17. Учитывать возможность отказа пассивного средства защиты необязательно, если доказано, что его отказ крайне маловероятен и что его функция не пострадает в результате постулируемой опасности (см. SSR-2/1 (Rev. 1) [1], пункт 5.40).

3.18. Раннее обнаружение — если таковое возможно — возникновения внутренних опасностей, подкрепленное соответствующими действиями в связи с обнаружением опасности, способствует смягчению возможных последствий.

3.19. В зависимости от обстоятельств меры по смягчению воздействия внутренних опасностей должны включать резервирование, неодинаковость

и физическое разделение, включая разнесение резервных групп. Концепция разнесения применима на следующих уровнях:

- a) планировка станции: например, отделение аварийных дизель-генераторов друг от друга;
- b) планировка зданий: например, уменьшение воздействия опасностей, связанных с летящими предметами, за счет правильной ориентации оборудования;
- c) помещения и отсеки: например, разделение их на пожарные отсеки или секции;
- d) КСЭ: например, отделение кабелей разных групп безопасности друг от друга.

3.20. Меры планировки и проектирования, защищающие КСЭ, важные для безопасности, от воздействия внутренних опасностей, должны быть такими, чтобы были достигнуты цели проектирования, указанные в пункте 2.12.

3.21. Уровень надежности средств обнаружения внутренних опасностей и смягчения их последствий должен соответствовать их роли в обеспечении глубокоэшелонированной защиты.

## ОЦЕНКА, ПРОВЕРКА И КРИТЕРИИ УСПЕХА

3.22. Для оценки адекватности проектирования следует определить качественные и/или количественные критерии успеха сообразно целям проектирования, указанным в пункте 2.12.

3.23. Должна быть выполнена оценка, показывающая, что внутренние опасности, актуальные для данного проекта атомной электростанции, приняты в расчет и что в разработанных средствах предотвращения и смягчения последствий предусмотрены достаточные запасы безопасности для учета неопределенностей в идентификации и характеристике внутренних опасностей и их воздействия, а также для недопущения пороговых эффектов. Эта оценка должна быть проведена на ранней стадии проектирования и документально оформлена. Она должна быть актуализирована перед первоначальной загрузкой ядерного топлива в реактор и поддерживаться в актуальном состоянии в процессе эксплуатации станции.

3.24. При проектировании должна быть поставлена цель недопущения того, чтобы единичная внутренняя опасность повлекла за собой аварию,

если только эта опасность не может сама по себе рассматриваться как постулируемая авария (например, разрыв трубопровода). В частности, проект должен с высокой степенью уверенности гарантировать, что единичная внутренняя опасность не приведет к возникновению запроектных условий с расплавлением активной зоны. Если этого достичь невозможно, проектировщик должен продемонстрировать, что граничные условия, использованные при анализе соответствующей аварии, не подвержены влиянию нагрузок, возникающих в результате внутренней опасности.

3.25. Конструктивные элементы, защищающие КСЭ, которые предполагается использовать при запроектных условиях, должны быть рассчитаны или проверены на нагрузки, условия и сроки, связанные с этими сценариями (например, последствия сгорания водорода). Эти конструктивные элементы должны быть защищены от последствий внутренней опасности, которая возникнет до того, как запроектные условия будут полностью ликвидированы. Для проектирования или проверки этих защитных средств могут быть использованы наилучшие оценки проектных нагрузок, условий и сроков.

3.26. Для демонстрации адекватности проектных средств защиты от внутренних опасностей должны быть выполнены детерминистические анализы безопасности, при необходимости дополненные вероятностными анализами. Проектирование должно быть итеративным процессом, учитывающим результаты таких анализов безопасности.

3.27. Внутренние опасности, учитываемые в детерминистическом анализе безопасности для определенного места на атомной электростанции, подразделяются на следующие категории:

- a) внутренние опасности, которые не вызывают или не являются следствием ожидаемого при эксплуатации события или аварии;
- b) внутренние опасности, которые могут вызвать ожидаемое при эксплуатации событие или стать его следствием;
- c) внутренние опасности, которые могут вызвать проектную аварию или стать ее следствием;
- d) внутренние опасности, которые могут вызвать запроектные условия без значительной деградации топлива или стать их следствием;
- e) внутренние опасности, которые могут стать следствием запроектных условий с расплавлением активной зоны.

3.28. Для внутренних опасностей, которые не вызывают и не являются следствием ожидаемого при эксплуатации события или аварии, должна быть выполнена оценка, показывающая, что станция может быть приведена в безопасное состояние и поддерживаться в этом состоянии даже в случае единичного отказа, включая случаи, когда оборудование недоступно по причине профилактического технического обслуживания, предусмотренного проектом. На практике обычно выполняется функциональный анализ для демонстрации доступности достаточного количества функций для достижения и поддержания безопасного состояния.

3.29. Для внутренних опасностей, которые могут вызвать ожидаемое при эксплуатации событие или стать его следствием, должна быть выполнена оценка, показывающая, что станция может быть приведена в безопасное состояние и поддерживаться в этом состоянии даже в случае единичного отказа, включая случаи, когда оборудование недоступно по причине профилактического технического обслуживания, предусмотренного проектом. Специального анализа переходных процессов обычно не требуется, поскольку он обеспечивается соответствующим анализом ожидаемых при эксплуатации событий. В таких случаях анализ внутренних опасностей ограничивается функциональным анализом, который должен показать, что проектом предусмотрено достаточное количество функций для контроля ожидаемых при эксплуатации событий, а также для достижения и поддержания безопасного состояния.

3.30. Для внутренних опасностей, которые являются следствием аварий без значительной деградации топлива, целью оценки должна быть демонстрация того, что данная опасность не влияет на граничные условия, в частности для систем, учитываемых при анализе аварии. Специального анализа аварии обычно не требуется, поскольку он обеспечивается соответствующим анализом аварий, в котором должны применяться, в зависимости от обстоятельств, правила для проектных аварий или правила для запроектных условий без значительной деградации топлива (см. публикацию Серии норм безопасности МАГАТЭ, № SSG-2 (Rev. 1), «Детерминистический анализ безопасности атомных электростанций» [5]). Как указывается в пункте 2.11, проектные аварии и запроектные условия, вызванные внутренними опасностями, должны предотвращаться, насколько это практически возможно. Если внутренняя опасность может повлечь за собой аварию без значительной деградации топлива, то целью оценки должна быть демонстрация того, что фундаментальные функции безопасности выполняются и что станция может быть приведена в безопасное состояние и поддерживаться в нем.

3.31. При проведении детерминистической оценки внутренней опасности, вызванной запроектными условиями с расплавлением активной зоны, необходимо с помощью соответствующих правил [5] продемонстрировать, что данная опасность не влияет на граничные условия, в частности для систем, учитываемых при анализе аварии. Следует показать, что КСЭ, необходимые для поддержания целостности защитной оболочки, не подвержены воздействию данной опасности. В частности, должна быть обеспечена целостность приборов, при помощи которых выполняются необходимые измерения.

### КОНКРЕТНЫЕ АСПЕКТЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ ВНУТРЕННИХ ОПАСНОСТЕЙ

3.32. На площадке с несколькими энергоблоками должны быть приняты меры к тому, чтобы внутренняя опасность в одном строящемся, эксплуатируемом или выводимом из эксплуатации энергоблоке не имела никаких последствий для безопасности соседнего работающего энергоблока или других установок на площадке (например, бассейна выдержки отработавшего топлива, установки для обращения с радиоактивными отходами). При необходимости для защиты работающих энергоблоков должны быть приняты меры по их временному разделению. Следует учесть возможность возникновения внутренних опасностей, связанных с установками, которые используются энергоблоками на совместной основе: см. SSR-2/1 (Rev. 1) [1], пункт 5.63.

3.33. Насколько это возможно, блочный пункт управления и дополнительный пункт управления должны быть надлежащим образом отделены от возможных источников внутренних опасностей. Средства, при помощи которых управление передается от блочного пункта управления к дополнительному, должны быть устойчивы к воздействию внутренних опасностей во избежание сбоя или ложного срабатывания<sup>4</sup>.

3.34. Дополнительные руководящие указания по оценке и проверке конкретных внутренних опасностей приведены в разделе 4. Более

---

<sup>4</sup> Ложное срабатывание компонентов станции (однотипных или сочетаний компонентов разных типов) может привести к тому, что данная конкретная станция окажется в небезопасном эксплуатационном состоянии, которое, возможно, не будет полностью учтено в анализе безопасности станции.

подробная информация о подходе к сочетаниям опасностей представлена в приложении I.

## **4. РЕКОМЕНДАЦИИ В ОТНОШЕНИИ КОНКРЕТНЫХ ВНУТРЕННИХ ОПАСНОСТЕЙ**

### **ВНУТРЕННИЕ ПОЖАРЫ**

#### **Общие положения**

4.1. На атомных электростанциях можно встретить самые разнообразные горючие материалы, являющиеся частью сооружений, оборудования, жидкостей, кабелей или различных хранящихся там предметов. В любой зоне станции, где присутствуют горючие материалы, можно допустить возникновение пожара. Там, где ликвидировать эти материалы невозможно, проектом должны быть предусмотрены противопожарные меры в отношении всех постоянных и переходных (временных) пожарных нагрузок. Такие меры включают в себя минимизацию постоянных пожарных нагрузок, предотвращение их накопления и контроль или (предпочтительно) устранение источников зажигания.

4.2. Разработка противопожарных мер должна начинаться на ранних стадиях процесса проектирования. Все такие меры должны быть в полном объеме введены в действие до того, как на площадку будет доставлено ядерное топливо.

#### **Идентификация и характеристика опасных факторов пожара**

4.3. Для демонстрации общей адекватности противопожарных мер должен быть проведен анализ пожарной опасности на площадке станции. В ходе этого анализа должны быть определены, в частности, необходимый предел огнестойкости противопожарных преград и необходимый потенциал для обнаружения и тушения пожаров (подробные рекомендации по анализу пожарной опасности см. в приложении II).

4.4. Анализ пожарной опасности должен быть проведен в соответствии с рекомендациями, приведенными в пункте 3.23.

## Предотвращение пожаров

4.5. При проектировании должны быть приняты следующие меры, для того чтобы свести к минимуму вероятность возникновения внутренних пожаров:

- a) устранение, минимизация и разнесение, насколько это практически возможно, постоянных и временных пожарных нагрузок;
- b) устранение, насколько это практически возможно, потенциальных источников зажигания, в противном случае — строгий контроль всех таких источников;
- c) отделение источников зажигания от источников топлива.

### *Минимизация пожарных нагрузок*

4.6. В SSR-2/1 (Rev. 1) [1], пункт 6.54, указывается:

«Везде, где это представляется практически возможным на станции, особенно в таких местах, как защитная оболочка и помещение щита управления, должны использоваться негорючие или огнеупорные и термостойкие материалы».

4.7. Для того чтобы максимально снизить пожарную нагрузку и тем самым минимизировать опасность пожара, при проектировании станции необходимо учитывать следующие аспекты:

- a) использование, насколько это практически возможно, негорючих строительных материалов (например, конструкционных материалов, изоляции, облицовки, покрытий, напольных материалов) и станционных приспособлений;
- b) использование, насколько это практически возможно, негорючих воздушных фильтров и рам для фильтров; в противном случае допускается использование трудногорючих материалов;
- c) использование защищенной трубы или двойной трубы для маслопроводов и для сбора протекшего масла;
- d) использование жидкостей с низкой воспламеняемостью для систем гидравлического управления паровыми турбинами и другим оборудованием;
- e) выбор, насколько это практически возможно, сухих трансформаторов;
- f) использование негорючих материалов в электрооборудовании, таком как выключатели и прерыватели тока, а также в шкафах с контрольно-измерительной аппаратурой и использование огнеупорных

и коррозионностойких кабелей или кабелей с подходящими характеристиками;

- g) использование негорючих строительных лесов и материалов для помостов;
- h) разнесение и дробление, насколько это практически возможно, пожарных нагрузок для снижения вероятности распространения пожара и прочих воздействий на другие КСЭ, важные для безопасности.

4.8. Следует принять меры предосторожности, чтобы не допустить впитывания теплоизоляционными материалами легковоспламеняющихся жидкостей (например, масла). Должны быть предусмотрены подходящие защитные покрытия или каплесборники.

4.9. Проектом должны быть предусмотрены меры, обеспечивающие надлежащее хранение временных горючих материалов, образующихся в процессе эксплуатации; они должны быть либо отделены от узлов, важных для безопасности, либо защищены иным способом.

4.10. Должны быть сведены к минимуму допустимые объемы хранения легковоспламеняющихся жидкостей и газов внутри станционных зданий. Места хранения всех легковоспламеняющихся или горючих материалов в больших емкостях должны располагаться в зонах или зданиях, в которых нет узлов, важных для безопасности.

4.11. Для хранения небольших количеств легковоспламеняющихся жидкостей или газов, необходимых для эксплуатации станции, должны быть предусмотрены подходящие шкафы с нормированным пределом огнестойкости.

4.12. Системы, содержащие легковоспламеняющиеся жидкости или газы, должны проектироваться таким образом, чтобы иметь высокую степень герметичности для предотвращения утечек. Они должны быть защищены от порчи (например, коррозии) и деструктивных воздействий (например, вибрации, воздействия опасных факторов) и поддерживаться в надлежащем состоянии. Для ограничения возможных утечек в случае аварии следует предусмотреть предохранительные устройства, такие как устройства ограничения расхода, ограничения избыточного расхода и/или автоматического отключения, а также устройства обвалования и/или дамбы.

## *Минимизация источников зажигания*

4.13. При проектировании следует, насколько это практически возможно, минимизировать количество источников зажигания (например, можно использовать устойчивую конструкцию для системы электрозащиты).

4.14. Системы, содержащие горючие жидкости под давлением, такие как гидравлические жидкости и смазочные масла, должны быть оснащены, насколько это практически возможно, защитой от разбрызгивания. Оборудованию должен быть присвоен соответствующий класс с точки зрения опасностей, присутствующих в окружающей среде, чтобы оно не стало источником зажигания горючих газов и легковоспламеняющихся аэрозолей.

4.15. Необходимо контролировать потенциальные источники зажигания в стационарных системах и оборудовании.

4.16. Насколько это практически возможно, системы и оборудование следует сделать безопасными на стадии проектирования, чтобы они не содержали в себе источников зажигания. Там, где это невозможно, такие системы и оборудование должны быть отделены от горючих материалов либо иным образом изолированы или защищены корпусами. Оборудование для дозирования легковоспламеняющихся жидкостей или газов должно быть надлежащим образом заземлено. Горячие трубопроводы, расположенные вблизи горючих материалов, которые нельзя перенести в другое место, должны быть экранированы и/или изолированы.

4.17. Кабели следует прокладывать в лотках или заранее установленных кабелепроводах либо размещать в других допустимых конструкциях из негорючих материалов; для этой цели часто используется сталь. Расстояния между силовыми кабелями или кабельными лотками должны быть достаточно большими, для того чтобы не допускать нагрева кабелей до неприемлемо высоких температур. Система защиты электрооборудования должна быть спроектирована таким образом, чтобы кабели не перегревались при нормальной нагрузке или в условиях временного короткого замыкания. Дополнительные рекомендации приведены в публикациях Серии норм безопасности МАГАТЭ, № SSG-39, «Проектирование систем контроля и управления для атомных электростанций» [6] и № SSG-34, «Design of Electrical Power Systems for Nuclear Power Plants» («Проектирование систем электроснабжения атомных электростанций») [7].

## Смягчение воздействия пожаров

### *Своевременное обнаружение и тушение пожаров*

4.18. Требование 74 SSR-2/1 (Rev. 1) [1] гласит:

**«На всех участках АЭС должны быть предусмотрены системы противопожарной защиты, включая системы пожарообнаружения и системы пожаротушения, барьеры для локализации пожара и дымозащитные системы, при этом должны быть надлежащим образом учтены результаты анализа пожароопасности».**

Эти системы и оборудование должны быть спроектированы таким образом, чтобы своевременно подавать сигнал тревоги в случае пожара и обеспечивать быстрое тушение пожаров с целью свести к минимуму негативное воздействие на узлы, важные для безопасности, и на стационарный персонал, выполняющий действия, важные для безопасности.

4.19. Должны быть определены, адекватно спроектированы и аттестованы активные и пассивные средства противопожарной защиты, необходимые для защиты КСЭ, важных для безопасности, от пожара, ставшего результатом другого события (например, землетрясения), чтобы противостоять воздействию этого события.

4.20. Активные и пассивные средства противопожарной защиты, которые необязательно должны сохранять работоспособность после постулируемого исходного события, должны быть спроектированы и аттестованы таким образом, чтобы их отказ не повлек за собой негативных последствий для безопасности.

4.21. При проектировании систем и оборудования обнаружения и тушения пожаров должна учитываться необходимость минимизации ложных срабатываний сигнализации и выбросов огнетушащих веществ.

4.22. В SSR-2/1 (Rev. 1) [1], пункт 6.51, указывается:

**«В надлежащих случаях должна предусматриваться возможность автоматического срабатывания систем пожаротушения. Системы пожаротушения должны быть спроектированы и расположены с таким расчетом, чтобы их разрыв или ложное или случайное срабатывание**

не оказывали существенного влияния на возможности узлов, важных для безопасности».

Кроме того, системы пожаротушения должны быть спроектированы и размещены таким образом, чтобы они не могли одновременно воздействовать на резервные секции групп безопасности и тем самым сделать неэффективными меры, принятые для выполнения критерия единичного отказа.

4.23. Системы обнаружения пожара, системы пожаротушения и вспомогательные системы, такие как системы вентиляции и дренажа, должны, насколько это практически возможно, быть независимыми от своих аналогов в других пожарных отсеках. Это делается для того, чтобы сохранить работоспособность таких систем в соседних пожарных отсеках.

4.24. Борьба с пожаром ведется при помощи стационарных систем и оборудования для подавления и тушения огня в сочетании со средствами ручного пожаротушения. Для обеспечения адекватного уровня защиты пожарных отсеков при проектировании станции должны учитываться следующие элементы:

- a) если системы обнаружения или тушения пожара считаются активными элементами пожарного отсека, то меры по их проектированию, закупке, монтажу, проверке и периодическому испытанию должны быть достаточно строгими, для того чтобы обеспечивать их постоянную готовность. В этом случае характеристики этих систем должны проектироваться на основе применения критерия единичного отказа к защищаемой ими функции безопасности. О применении критерия единичного отказа говорится в пунктах 5.39 и 5.40 SSR-2/1 (Rev. 1) [1];
- b) если системы обнаружения пожара или стационарные системы пожаротушения используются как средство защиты от потенциального пожара, вызванного другим событием (например, в результате внешних или внутренних опасностей), они должны быть спроектированы таким образом, чтобы противостоять воздействию этого события;
- c) нормальное или ложное срабатывание систем пожаротушения не должно негативно влиять на выполнение функций безопасности.

4.25. Уровень надежности систем обнаружения и тушения пожара должен соответствовать их роли в обеспечении глубокоэшелонированной защиты, а также рекомендациям, содержащимся в SSG-39 [6]. Это также предполагает обеспечение того, чтобы источники водоснабжения (включая

магистральный водопровод) и водоразборные устройства (пожарные гидранты) поддерживались в таком состоянии, чтобы удовлетворять потребность в любом количестве воды.

4.26. Каждый пожарный отсек должен быть оснащен подходящими, эффективными и надежными средствами обнаружения пожара и пожарной сигнализации.

4.27. В SSR-2/1 (Rev. 1) [1], пункт 6.52, указывается: «Системы пожарообнаружения должны быть спроектированы с таким расчетом, чтобы оперативно обеспечивать эксплуатационный персонал информацией о месте нахождения и распространении любых начавшихся пожаров». Эту информацию следует использовать при принятии мер по предотвращению негативного воздействия на КСЭ, важные для безопасности.

4.28. Если такие устройства, как пожарные насосы, системы распыления воды, вентиляционное оборудование и противопожарные клапаны, управляются системами обнаружения пожара и если их ложное срабатывание может поставить под угрозу выполнение функций безопасности, работа этих устройств должна контролироваться двумя разными средствами обнаружения, работающими последовательно. Конструкция должна давать возможность остановить работу системы, если срабатывание будет сочтено ложным.

4.29. Системы и оборудование для подавления и тушения пожара, включая средства ручного пожаротушения, должны быть достаточно мощными, чтобы предотвращать последующие пожары, вызванные повторным воспламенением (например, из-за горячих материалов).

#### *Предотвращение распространения пожаров*

4.30. Насколько это практически возможно, на ранней стадии проектирования станционные здания должны быть разделены на пожарные отсеки, или, если это невозможно, на пожарные секции.

4.31. Строительные конструкции (включая колонны и балки) должны иметь соответствующий предел огнестойкости. Предел огнестойкости (допустимая механическая нагрузка, а также допустимая тепловая нагрузка) конструктивных элементов, находящихся внутри пожарного отсека или образующих границы отсека, должен быть не меньше предела огнестойкости самого пожарного отсека.

4.32. Планировка станции должна быть такой, чтобы горючие материалы (твердые вещества, жидкости и газы), насколько это практически возможно, не располагались вблизи узлов, важных для безопасности. Цель проектирования должна заключаться в том, чтобы изолировать узлы, важные для безопасности, от высоких пожарных нагрузок и разнести резервные системы безопасности. Цель такого разнесения — снизить риск распространения пожара, минимизировать вторичные эффекты и предотвратить отказы по общей причине.

4.33. Разнесение резервных частей системы безопасности гарантирует, что пожар, охвативший одну секцию<sup>5</sup> системы безопасности, не помешает выполнению функции безопасности в другой секции. Это должно быть достигнуто путем размещения каждой резервной секции системы безопасности в ее собственном пожарном отсеке или по крайней мере в собственной пожарной секции. Количество проемов между пожарными отсеками разных резервных секций должно быть сведено к минимуму, а сами проемы должны быть надлежащим образом загерметизированы.

4.34. Для всех зон с узлами, важными для безопасности, и всех других мест, представляющих пожарную опасность для важных для безопасности узлов, должен быть проведен анализ воздействия постулируемых пожаров. При этом анализе следует сделать допущение о функциональном отказе всех важных для безопасности систем, находящихся в пожарном отсеке или пожарной секции, в которой постулируется пожар, если только они не защищены аттестованными противопожарными преградами или не заключены в кожухи, корпуса или оболочки, призванные (или способные) выдержать воздействие пожара. Исключения должны быть обоснованы.

## **Уменьшение вторичных воздействий пожара**

### *Общие положения*

4.35. К опасным (прямым и косвенным) воздействиям пожара относится образование дыма (с последующей возможностью его распространения на другие зоны, не затронутые первоначальным пожаром); лучистый и конвективный тепловой поток; пламя, которое может привести к дальнейшему распространению пожара, повреждению оборудования,

---

<sup>5</sup> Система или набор компонентов могут быть разделены на резервные «секции», что позволяет обеспечить и поддерживать их физическую, электрическую и функциональную независимость от других резервных наборов компонентов [8].

отказам определенных функций и возможным взрывным эффектам; возникновение других побочных эффектов пожара; а также рост давления и снижение уровня кислорода. Необходимо также учитывать последствия, связанные с тушением пожара.

4.36. Основные задачи, связанные с уменьшением воздействий пожара, состоят в следующем:

- a) локализация пламени, тепла и дыма на ограниченном участке станции, чтобы свести к минимуму распространение пожара и последующих эффектов на прилегающие зоны станции;
- b) создание безопасных путей эвакуации и путей доступа для персонала;
- c) обеспечение доступа для ручного пожаротушения, ручного приведения в действие стационарных систем пожаротушения и для того, чтобы стационарный персонал мог управлять системами, необходимыми для перевода станции в режим безопасного останова и ее поддержания в этом режиме;
- d) установка средств для отвода дыма и тепла во время или после пожара, если это необходимо;
- e) контроль распространения огнетушащих веществ, чтобы не допустить повреждения узлов, важных для безопасности.

#### *Планировка зданий*

4.37. При решении задачи уменьшения воздействий пожара должна учитываться планировка зданий, оборудования, стационарных систем вентиляции, стационарных средств обнаружения и тушения пожара.

4.38. Требование 36 SSR-2/1 (Rev. 1) [1] гласит:

**«АЭС должна иметь достаточное число путей эвакуации с четкой и стойкой разметкой, снабженных надежными системами аварийного освещения, вентиляции и другими обслуживающими средствами, которые необходимы для безопасного использования этих путей эвакуации».**

Также должны быть предусмотрены адекватные пути доступа для подразделений пожарной охраны и стационарного персонала, работающего на местах, и должна быть обеспечена их защита. Использование горючих материалов (например, осветительных приборов, красок, покрытий) на путях эвакуации и путях доступа должно быть ограничено, насколько это

практически возможно. Планировка зданий должна быть такой, чтобы не допустить распространения огня и дыма из соседних пожарных отсеков или пожарных секций на пути эвакуации или пути доступа. Более подробная информация приведена в приложении П.

#### *Системы вентиляции*

4.39. Системы вентиляции не должны нарушать схему распределения здания на отсеки и затруднять доступ к резервным секциям систем безопасности. Эти условия должны быть учтены в анализе пожарной опасности.

4.40. Каждый пожарный отсек, содержащий резервную секцию системы безопасности, должен иметь систему вентиляции, рассчитанную на то, чтобы пожар в одном пожарном отсеке не привел к распространению пожарных воздействий, ведущих к потере вентиляции другого пожарного отсека. Части вентиляционной системы (например, соединительные воздуховоды, вентиляционные камеры), расположенные в соседнем пожарном отсеке, должны иметь тот же предел огнестойкости, что и сам отсек, или, в качестве альтернативы, проем, ведущий в пожарный отсек, должен быть изолирован противопожарными клапанами с нормированным пределом огнестойкости. Когда это необходимо, они должны работать автоматически.

4.41. Если система вентиляции обслуживает более одного пожарного отсека, необходимо предусмотреть возможность сохранения разделения между отсеками. Необходимо принять меры по предотвращению распространения огня, тепла и дыма в другие пожарные отсеки путем установки противопожарных клапанов на границах каждого пожарного отсека или установки огнестойких воздуховодов, в зависимости от обстоятельств.

4.42. Высокую пожарную нагрузку несут в себе блоки угольных фильтров. Их следует принимать во внимание при выработке рекомендаций по противопожарной защите. Возгорание в блоке фильтров может привести к радиоактивному выбросу: следовательно, для защиты блоков угольных фильтров от пожара должны быть предусмотрены пассивные и активные средства защиты. К таким мерам может относиться следующее.

- a) установка фильтра в пожарном отсеке;
- b) контроль температуры воздуха и автоматическая изоляция воздушного потока;

- c) обеспечение автоматической защиты с помощью водяного разбрызгивателя для охлаждения внешней поверхности корпуса фильтра;
- d) установка подходящей системы пожаротушения внутри корпуса фильтра. При разработке для этой цели системы пожаротушения на водяной основе следует учитывать расход воды. Если он слишком мал, то в результате реакции между горящим при высокой температуре древесным углем и водой может образоваться водород, который может создать дополнительную опасность пожара или взрыва. Чтобы предотвратить этот риск, следует обеспечить высокий напор воды. Воду, закачиваемую в корпус фильтра, следует сливать или рассматривать ее как дополнительный вес в конструкции фильтра.

4.43. Если в вентиляционных системах или фильтрационных блоках требуется использовать горючие фильтры и если неисправность или отказ этих фильтров в дальнейшем могут привести к недопустимым радиоактивным выбросам, то необходимо принять следующие меры предосторожности:

- a) блоки фильтров должны быть отделены от другого оборудования соответствующими противопожарными преградами;
- b) для защиты фильтров от воздействия огня следует использовать соответствующие средства (например, клапаны, расположенные выше и ниже по направлению потока);
- c) должны быть соответствующим образом установлены пожарные извещатели, датчики угарного газа и/или датчики температуры, информирующие персонал станции о возгорании в блоке фильтров.

4.44. Воздухозаборные отверстия для подачи свежего воздуха в пожарные отсеки должны располагаться на определенном расстоянии от выпускных воздуховодов и дымовых отверстий других пожарных отсеков — таком, какое необходимо для предотвращения попадания в отсек дыма или продуктов горения и нарушения работы узлов, важных для безопасности.

#### *Пожары и потенциальные радиоактивные выбросы*

4.45. При анализе пожарной опасности должно быть установлено, какое оборудование может стать источником выброса радиоактивных веществ в случае пожара. Это оборудование должно быть размещено в отдельных пожарных отсеках с минимальными расчетными пожарными нагрузками — как постоянными, так и временными.

4.46. Проектом должен быть предусмотрен отвод тепла и дыма из пожарных отсеков, содержащих радиоактивные материалы. Хотя вентилирование может привести к выбросу радиоактивных веществ во внешнюю среду, оно может предотвратить — напрямую или за счет улучшения условий для пожаротушения — последующий выброс более крупных объемов радиоактивных веществ. Можно выделить два случая:

- а) может быть доказано, что возможный выброс будет значительно ниже нормативных пределов;
- б) объем радиоактивного материала в пожарном отсеке таков, что этот материал может стать источником радиоактивного выброса, превышающего нормативные пределы. В этом случае следует предусмотреть возможность изолирования вентиляции или закрытия противопожарных клапанов.

В обоих случаях необходимо контролировать качество отводимого воздуха для принятия оперативных решений.

4.47. Проектом должны быть предусмотрены меры для того, чтобы удерживать объем выбрасываемого радиоактивного материала на разумно достижимом низком уровне: см. SSR-2/1 (Rev. 1) [1], требование 34. Проектом должен быть предусмотрен контроль состояния фильтров (см. SSR-2/1 (Rev. 1) [1], пункт 6.63), чтобы помочь персоналу станции в принятии оперативных решений.

#### *Планировка электрооборудования и соответствующие системы*

4.48. Кабели резервных систем безопасности должны прокладываться по отдельным специально защищенным трассам, желательно в отдельных пожарных отсеках, насколько это практически возможно, и кабели резервных секций систем безопасности не должны пересекаться между собой. Как указывается в пункте II.17, в некоторых местах может потребоваться сделать исключения из этого правила, например на пунктах управления и в гермозоне реактора. В таких случаях кабели должны быть защищены при помощи аттестованных преград или оболочек с нормированным пределом огнестойкости (например, аттестованных кабельных обмоток). Можно использовать системы пожаротушения или другие подходящие средства, обосновав это в анализе пожарной опасности.

4.49. Следует проанализировать все возможные отказы, вызванные пожаром, которые могут повлиять на резервные системы, выполняющие функции

безопасности (например, путем анализа электрических цепей, в том числе множественных ложных срабатываний). Электрические цепи следует перенаправить или защитить аттестованными преградами с нормированным пределом огнестойкости в сочетании с системами пожаротушения, сделав соответствующее обоснование в анализе пожарной опасности.

#### *Особые места*

4.50. На блочном пункте управления атомной электростанции обычно устанавливается оборудование для управления различными системами безопасности, расположенными в непосредственной близости друг от друга. Следует уделить особое внимание тому, чтобы, насколько это практически возможно, в шкафах с электрооборудованием, самой конструкции помещения, любой стационарной мебели, а также в отделке пола и стен использовались негорючие материалы. Резервное оборудование, используемое для выполнения одной и той же функции безопасности, должно размещаться в отдельных электрических шкафах. Для обеспечения необходимого разделения следует, насколько это возможно, использовать противопожарные преграды. Необходимо приложить все усилия к тому, чтобы свести к минимуму пожарную нагрузку на пунктах управления.

4.51. Для обеспечения обитаемости блочный пункт управления и дополнительный пункт управления должны быть защищены от проникновения дыма и продуктов горения, а также от других прямых и косвенных воздействий пожара и работы систем пожаротушения.

4.52. Противопожарная защита дополнительного пункта управления должна быть схожей с защитой блочного пункта управления. Следует уделить особое внимание защите от затопления и других последствий работы систем пожаротушения. Дополнительный пункт управления должен располагаться в пожарном отсеке, отдельном от отсека, где находится блочный пункт управления. Система вентиляции дополнительного пункта управления не должна быть общей с системой вентиляции блочного пункта управления. Разделение блочного и дополнительного пунктов управления должно соответствовать целям проектирования, указанным в пункте 2.12 (е).

4.53. Гермозона реактора — это пожарный отсек, в котором узлы оборудования резервных секций систем безопасности могут располагаться близко друг к другу. Резервные секции систем безопасности должны располагаться на максимальном удалении друг от друга и должны быть защищены, где это возможно, пассивными мерами защиты, такими

как частичные противопожарные кожухи и системы противопожарной защиты кабелей.

4.54. Двигатели главного циркуляционного насоса реактора, содержащие большое количество легковоспламеняющегося смазочного масла, должны быть оснащены системами обнаружения пожара, стационарными системами пожаротушения (обычно с ручным управлением) и системами сбора масла (например, поддонами). Системы сбора масла должны быть способны собирать масло и воду из всех потенциальных мест протечки или слива и отводить их в вентилируемый контейнер или другое безопасное место.

4.55. Меры, аналогичные описанным в пункте 4.54, должны быть приняты, в зависимости от обстоятельств, для маслонаполненных трансформаторов.

4.56. Узлы, важные для безопасности, могут находиться в машинном зале. Разделение некоторых зон на пожарные отсеки может быть затруднительным, а в системах смазки, охлаждения и гидравлического управления паровых(ой) турбин(ы), а также в водородной атмосфере внутри генератора(ов) присутствуют значительные пожарные нагрузки, например большие объемы легковоспламеняющихся материалов. Следовательно, в дополнение к системам пожаротушения для всего оборудования, содержащего легковоспламеняющиеся жидкости, должны быть предусмотрены соответствующие системы сбора масла (например, поддоны). Использование легковоспламеняющихся смазочных жидкостей на углеводородной основе должно быть сведено к минимуму. Если требуется использовать легковоспламеняющиеся жидкости, то это должны быть жидкости с высокой температурой вспышки, соответствующей эксплуатационным требованиям.

4.57. Средства безопасности для запроектных условий, которые необходимы для длительного функционирования в таких условиях, должны быть защищены от воздействия пожара.

4.58. Оборудование систем, используемых для длительного отвода тепла из гермозоны во время тяжелых аварий, должно отвечать принципам резервирования или неодинаковости и располагаться в разных пожарных отсеках.

4.59. Вентиляционное оборудование, необходимое в долгосрочной перспективе во время тяжелых аварий для локализации радиоактивного материала, должно отвечать принципам резервирования и располагаться

в разных пожарных отсеках. Должна иметься возможность изолирования элементов системы, содержащих угольные фильтры, и они должны быть оснащены соответствующими средствами противопожарной защиты (см. пункт 4.42).

## ВНУТРЕННИЕ ВЗРЫВЫ

### Общие положения

4.60. Взрывоопасность, насколько это практически возможно, должна быть исключена на стадии проектирования. В проекте следует уделить первоочередное внимание мерам, которые предотвращают или ограничивают образование взрывоопасных смесей.

### Идентификация и характеристика взрывоопасности

4.61. Необходимо определить уровень взрывоопасности в зданиях и отсеках с узлами, важными для безопасности, а также в других местах, представляющих значительную взрывоопасность для этих зон. Следует принимать в расчет химические взрывы (как правило, взрывы газовых смесей), взрывы в результате расширения паров кипящей жидкости под воздействием пожара, взрывы аэрозолей масляного тумана, взрывы при разрушении корпусов высокого давления и высокоэнергетические дуговые замыкания<sup>6</sup>, сопровождающиеся быстрым расширением воздуха и образованием плазмы.

4.62. При идентификации взрывоопасности должны быть учтены последствия взрывов (например, разрыв труб, проводящих горючие газы).

---

<sup>6</sup> Высокоэнергетические дуговые замыкания — это энергетические или взрывные повреждения электрооборудования, характеризующиеся быстрым выделением энергии в виде тепла, света, испаренного металла и скачка давления вследствие возникновения высокоамперной дуги между электрическими проводниками под напряжением или между электрическими компонентами под напряжением и нейтралью или землей. Такие повреждения могут также привести к выбросу летящих предметов из электрического компонента или шкафа и возникновению пожара.

## **Предотвращение опасностей взрыва**

4.63. Легковоспламеняющиеся газы и жидкости, а также горючие материалы, которые могут образовывать взрывоопасные смеси или способствовать их образованию, должны быть исключены из отсеков (т.е. закрытых зон, разделенных преградами), которые защищают узлы, важные для безопасности, от других внутренних опасностей. Такие легковоспламеняющиеся газы и жидкости и горючие материалы должны быть также исключены из зон, примыкающих к таким отсекам, и зон, соединенных с этими отсеками системами вентиляции. Там, где это невозможно, объемы таких материалов должны быть строго ограничены и должны быть оборудованы соответствующие складские помещения. Реактивные вещества, окислители и горючие материалы должны находиться в разных местах.

4.64. Емкости, содержащие сжатые легковоспламеняющиеся газы, должны надежно храниться в специальных сооружениях, которые расположены на удалении от основных станционных зданий и в которых обеспечена надлежащая защита от условий местной окружающей среды и опасных факторов.

4.65. Чтобы предотвратить воздействие взрыва, вызванного пожаром, на узлы, важные для безопасности, следует рассмотреть возможность установки автоматических систем обнаружения выброса легковоспламеняющихся газов, изоляции источника газа, по возможности, и тушения пожара.

4.66. Емкости с водородом и их распределительные коллекторы должны располагаться вне зданий в хорошо проветриваемых местах, отделенных от станционных зон с узлами, важными для безопасности. Если такое оборудование должно быть размещено внутри здания, то оно должно быть установлено на удалении от зон с узлами, важными для безопасности. Внутренние хранилища должны быть оснащены системой вентиляции, рассчитанной на то, чтобы в случае утечки газа поддерживать концентрацию водорода на безопасном уровне ниже нижнего предела воспламеняемости. Необходимо предусмотреть оборудование для обнаружения водорода, которое должно подавать сигнал тревоги при достаточно низкой концентрации газа.

4.67. Если турбогенераторы охлаждаются с помощью водорода, необходимо предусмотреть контрольное оборудование, показывающее давление и чистоту водорода в системе охлаждения. Следует предусмотреть

возможность продувки наполненных водородом компонентов и смежных систем труб и каналов инертным газом, например диоксидом углерода или азотом, перед их наполнением или при опорожнении.

4.68. Каждая аккумуляторная, содержащая аккумуляторные батареи, которые могут выделять водород во время работы, должна быть оснащена надлежащей системой вентиляции, чтобы поддерживать концентрацию водорода на безопасном уровне ниже нижнего предела воспламеняемости. Планировка помещения и конструкция системы вентиляции должны быть такими, чтобы не допускать локального накопления водорода — с работающей системой вентиляции или без нее.

4.69. Каждая аккумуляторная должна быть оснащена системой обнаружения водорода и датчиками системы вентиляции, расположенными таким образом, чтобы подавать на блочный пункт управления сигналы тревоги, указывающие на приближение концентрации водорода к нижнему пределу воспламеняемости и на любые сбои в работе системы вентиляции. Если на вентиляционных системах, обслуживающих аккумуляторные, установлены противопожарные клапаны, следует понимать, как их закрытие повлияет на накопление водорода. В случае тревоги следует предпринять такие действия, как прекращение зарядки аккумуляторов.

4.70. Следует рассмотреть возможность использования рекомбинантных аккумуляторов (которые вырабатывают меньше водорода), но не стоит полагать, что это устранит риск образования водорода.

4.71. Риск взрывов под воздействием пожара, таких как взрывы в результате расширения паров кипящей жидкости, должен быть сведен к минимуму путем разделения потенциальных пожаров и потенциально взрывоопасных жидкостей и газов либо при помощи активных мер, таких как установка подходящих стационарных систем пожаротушения, предназначенных для охлаждения и рассеивания паров.

4.72. В зависимости от обстоятельств меры, описанные в пунктах 4.66, 4.67 и 4.77, должны применяться к хранению в больших емкостях и использованию всех прочих легковоспламеняющихся газов. Сюда следует отнести баллоны с легковоспламеняющимися газами, используемыми при техническом обслуживании и ремонте.

## Уменьшение воздействий взрывов

4.73. Для минимизации рисков должны использоваться средства, которые могут выдержать или ограничить воздействие взрыва (например, надлежащие конструктивные или эксплуатационные средства): примерами могут служить ограничение объемов взрывоопасных газовых смесей, инертизация, вентиляция при взрыве (например, разрушаемые панели или другие устройства для сброса давления) и отделение источников взрыва от узлов, важных для безопасности. Оборудование, которое должно сохранить работоспособность после постулируемого исходного события, должно быть идентифицировано и надлежащим образом спроектировано, для того чтобы выдержать воздействие этого события или быть защищенным от таких событий.

4.74. Следует принять в расчет ударную волну взрыва и летящие предметы, возникающие при взрывах в результате расширения паров кипящей жидкости, а также возможность возгорания легковоспламеняющихся газов в местах, удаленных от точки выброса, что может привести к взрыву газового облака. Возможность взрыва расширяющихся паров кипящей жидкости следует минимизировать, избегая, насколько это практически возможно, работы при температуре выше предельной температуры перегрева.

4.75. Некоторые опасности (например, высокоэнергетические дуговые замыкания), формально не являясь взрывами, схожи с взрывами с точки зрения нагрузок, которые они создают (например, температуры, давления, летящих предметов) для находящихся поблизости КСЭ; таким образом, для уменьшения воздействия таких опасностей в проекте целесообразно предусмотреть аналогичные средства.

4.76. Проектом должны быть предусмотрены средства, ограничивающие воздействие взрыва (ударную волну, возникновение летящих предметов или пожар). Последующие эффекты от постулируемых взрывов для узлов, важных для безопасности, должны быть оценены с учетом целей проектирования, указанных в пункте 2.12. Следует также оценить пути доступа и пути эвакуации эксплуатационного персонала, выполняющего ручные действия, важные для безопасности, и при необходимости предусмотреть специальные средства в проекте.

4.77. Везде, где существует потенциальная опасность, связанная с использованием водорода при эксплуатации станции, необходимо предусмотреть меры по контролю этой опасности при помощи водородных

мониторов, рекомбинаторов, надлежащей вентиляции и систем контролируемого сжигания водорода (все они должны быть рассчитаны на работу во взрывоопасной атмосфере) или других соответствующих средств. Если применяется метод инертизации, то следует принимать в расчет пожарную опасность в периоды работы без защиты инертным газом (например, при техническом обслуживании и заправке), а также следить за тем, чтобы газовые смеси оставались в пределах невоспламеняемости.

## ВНУТРЕННИЕ ЛЕТЯЩИЕ ПРЕДМЕТЫ

4.78. На атомных электростанциях имеются компоненты, находящиеся под давлением, и вращающиеся механизмы, которые могут выйти из строя и привести к возникновению летящих предметов. Летящий предмет — это объект, обладающий кинетической энергией и покинувший место, предусмотренное конструкцией. В настоящем Руководстве по безопасности термин «внутренний летящий предмет» используется для обозначения движущегося объекта, возникшего в пределах площадки.

### **Идентификация и характеристика опасностей, связанных с летящими предметами**

4.79. Необходимо определить источники возможных летящих предметов и оценить вероятность возникновения, возможную кинетическую энергию, размер и траекторию летящих предметов. Необходимо оценить возможные мишени и воздействие летящих предметов на узлы, важные для безопасности.

4.80. Анализ опасностей, связанных с летящими предметами, обычно выполняется детерминистическими методами в сочетании с вероятностными. Некоторые летящие предметы постулируются на детерминистической основе, и оценивается также их воздействие на КСЭ с точки зрения ударов и повреждений. Формальное описание детерминистических аспектов оценки безопасности должно быть подготовлено даже в тех случаях, когда все аспекты опасности, связанной с летящими предметами, — инициирование, удар и повреждение — оцениваются вероятностным методом.

4.81. Следует также оценить возможность возникновения вторичных летящих предметов, которые могут повредить КСЭ, важные для безопасности. Эта оценка должна включать рассмотрение потенциального эффекта рикошета осколков, если он считается вероятным на основании

экспертного заключения (например, при изучении прочности мишеней, находящихся в непосредственной близости, остаточная энергия летящего предмета после удара может быть признана достаточной для причинения повреждений рикошетом).

#### *Повреждение корпусов высокого давления*

4.82. На атомных электростанциях корпуса высокого давления, важные для безопасности, проектируются и сооружаются на основе комплексных и тщательно продуманных методов, гарантирующих их безопасную эксплуатацию. Выполняется анализ, показывающий, что уровни нагрузок приемлемы при всех предусмотренных проектом условиях. Все этапы проектирования, строительства, монтажа и испытаний должны контролироваться по утвержденным регламентам с целью удостовериться в том, что все работы выполняются в соответствии с проектными спецификациями и что конечное качество корпуса приемлемо. Для определения того, остаются ли корпуса в расчетных пределах, должна использоваться программа надзора при пуско-наладочных работах и эксплуатации, а также надежная система защиты от избыточного давления. Таким образом, серьезное повреждение корпусов высокого давления на атомных электростанциях, таких как корпус реактора или другие высококачественные корпуса, спроектированные с большим запасом прочности, считается настолько маловероятным, что рассматривать разрыв этих корпусов как внутреннюю опасность нет необходимости: см. публикацию Серии норм безопасности МАГАТЭ, № SSG-56, «Design of the Reactor Coolant System and Associated Systems for Nuclear Power Plants» («Проектирование системы теплоносителя реактора и смежных систем атомных электростанций») [9]. Следует оценить повреждения других корпусов, содержащих высоконапорные жидкости, поскольку в случае их разрыва они могут стать источниками летящих предметов и других связанных с этим опасностей.

4.83. Насколько это практически возможно, корпуса высокого давления должны проектироваться таким образом, чтобы их разрушение было вязким, или таким образом, чтобы снизить опасность возникновения летящих предметов и осколков. Если разрушение корпусов высокого давления может быть хрупким, то следует постулировать и проанализировать определенный диапазон размеров и форм летящих предметов, чтобы охватить весь круг возможных вариантов, для идентификации летящих предметов, определяющих проектные основы защитных систем или сооружений. В

качестве альтернативы допустим упрощенный консервативный подход к определению летящих предметов, которые должны быть приняты в расчет.

#### *Отказы клапанов*

4.84. В качестве потенциальных источников летящих предметов следует оценить клапаны в жидкостных системах, которые работают в высоконапорном режиме.

4.85. Корпуса клапанов обычно проектируются, конструируются и обслуживаются таким образом, чтобы они были значительно прочнее, чем подсоединенный к ним трубопровод. По этой причине принято считать, что возникновение летящих предметов в результате отказа самого корпуса клапана настолько маловероятно, что этот фактор не нужно учитывать при проектировании и/или оценке станции.

4.86. Съемные части клапана (например, стержень, крышка, двигатель) несут в себе наиболее значительный риск отказов, приводящих к возникновению летящих предметов, и это следует принимать в расчет.

#### *Выброс управляющего стержня*

4.87. Для конструкций реакторов, в корпусе которых имеется высоконапорная жидкость, принято постулировать выброс управляющего стержня под действием движущей силы жидкости. В зависимости от конкретной конструкции реактора этот постулируемый летящий предмет может быть способен причинить значительный первичный или вторичный ущерб. Типичные опасения включают возможное повреждение соседних управляющих стержней, систем безопасности и конструкций защитной оболочки.

#### *Отказ высокоскоростного вращающегося оборудования*

4.88. Отказ главного турбогенератора, паровых турбин, больших насосов (таких как главный циркуляционный насос) и их двигателей или маховиков может привести к возникновению летящих предметов. Такие отказы могут стать результатом дефектов вращающихся частей либо перегрузок из-за повышенной частоты вращения. К типичным летящим предметам относятся:

- лопасти вентилятора;
- фрагменты дисков или лопаток турбины;

- крыльчатки насосов;
- маховики;
- соединительные болты.

4.89. Вращающиеся механизмы обычно имеют конструкцию, внутри которой размещены вращающиеся части, и необходимо учитывать потерю энергии, происходящую после отказа из-за энергопоглощающих свойств вмещающей конструкции или корпуса. Насколько это практически возможно, расчет потерь энергии должен основываться на эмпирических данных, полученных в результате испытания аналогичных конструкций. Опираясь на опыт эксплуатации и обоснования производителя, для простоты можно сделать допущение о перехвате отделившихся вращающихся частей корпусом. В качестве альтернативы можно использовать консервативный подход, при котором допускается, что при взаимодействии летящего предмета с корпусом вращающегося механизма энергия не теряется.

4.90. Летящие предметы, возникающие при отказе вращающихся механизмов, должны быть охарактеризованы исходя из их потенциальной способности причинить ущерб и должны быть включены в оценку возможных первичных и вторичных эффектов. Установив, какие летящие предметы требуют изучения, следует охарактеризовать потенциальное направление их движения с точки зрения потенциальных мишеней, приняв во внимание следующие моменты:

- a) максимальная дальность полета летящих предметов будет ограничена доступной энергией и массой;
- b) изучение направлений, в которых могут быть выброшены летящие предметы, должно помочь в локализации потенциальных мишеней, чтобы избежать ударов, особенно если летящие предметы вытянуты в одном направлении (например, стержни клапанов);
- c) в других случаях может существовать вероятная плоскость или угловой сектор выброса летящих предметов, как это имеет место в случае вращающихся механизмов. Имеющийся опыт с отказами вращающихся механизмов показывает, что высокоскоростные летящие предметы обычно выбрасываются в пределах очень малого угла от плоскости вращения, если только они не отклоняются каким-либо барьером или не останавливаются корпусом. Однако есть также свидетельства того, что небольшое количество летящих предметов может упасть под более широким углом от плоскости вращения. В этой связи может потребоваться анализ чувствительности в отношении

направления внутренних летящих предметов и влияния этого на планировку станции.

## **Предотвращение опасностей, связанных с летящими предметами**

### *Предотвращение повреждения корпусов высокого давления*

4.91. К мерам по предотвращению повреждения корпусов высокого давления относятся общие меры первого эшелона глубокоэшелонированной защиты, в том числе консервативный выбор конструкции и материалов, высокое качество строительства и надзор как при строительстве, так и при эксплуатации. Что касается избыточного давления, то конкретные меры, относящиеся к корпусам высокого давления, включают надежную систему защиты (например, предохранительные клапаны, а также проектирование анкерных или опор для корпусов).

### *Предотвращение отказов клапанов или болтовых соединений*

4.92. Конструкция клапанов должна исключать возможность превращения съемных частей в летящие предметы в случае их отказа.

4.93. При проектировании должно соблюдаться следующее правило: повреждение одного болта не должно приводить к возникновению иного летящего предмета, помимо самого болта. Эта рекомендация относится к клапанам, корпусам высокого давления и другим собранным на болтах компонентам с высоконапорным содержимым.

4.94. Следует учесть возможность множественного повреждения болтов вследствие обычной коррозии или коррозии под напряжением в случае протечки жидкого содержимого через уплотненные соединения.

4.95. Если это не противопоказано по другим соображениям, съемные детали клапана должны быть установлены таким образом, чтобы их выброс не привел к попаданию летящего предмета в мишени.

### *Предотвращение выброса управляющего стержня*

4.96. Вероятность выброса управляющего стержня необходимо снизить, предусмотрев в проекте специальные средства. Это должно быть подтверждено тщательно продуманной конструкторской программой, показывающей, что эти средства способны удержать управляющий стержень

и узел привода в случае выхода из строя корпуса, в котором перемещается управляющий стержень.

#### *Предотвращение выхода из строя вращающихся механизмов*

4.97. Правильная ориентация вращающихся механизмов должна рассматриваться в качестве профилактической меры для крупных узлов, таких как главный турбогенератор, как с точки зрения ориентации главного вала, так и с точки зрения общей планировки станции. Расположение главного турбогенератора должно быть таким, чтобы потенциальные мишени находились в зоне, наименее подверженной прямым ударам летящих предметов, возникающих при отказе турбины; т.е. в пределах конуса, ось которого совпадает с осью вала турбины. При таком расположении учитывается тот факт, что большие секции роторов в случае выброса будут иметь тенденцию лететь в направлении, перпендикулярном вращающемуся валу. Обычно используется конус выброса в  $25^\circ$  по обе стороны от перпендикуляра к оси, поскольку есть данные, что большинство летящих предметов выбрасывается в пределах этого конуса; любое такое утверждение, однако, должно быть обосновано проектировщиком. Описанная схема не исключает возможности попадания таких летящих предметов в мишень, но значительно снижает вероятность прямого удара.

4.98. Для предотвращения отказа вращающихся механизмов должен применяться следующий подход:

- a) тщательный выбор материалов, средств регулирования скорости и предельных нагрузок для всех состояний станции, учитываемых в проектных основах;
- b) неразрушающие исследования и другие испытания для выявления возможных дефектов, а также меры контроля качества с целью убедиться, что установленное оборудование соответствует всем спецификациям;
- c) оценка надежности средств предотвращения повышенной частоты вращения с деструктивными последствиями. Это должно включать использование оборудования для обнаружения и предотвращения повышенной частоты вращения, соответствующего оборудования электропитания, контрольно-измерительных приборов, а также регламентов, связанных с периодической калибровкой и проверкой готовности этого оборудования.

4.99. Дополнительные резервные средства ограничения частоты вращения должны обеспечиваться такими элементами, как регуляторы числа оборотов, муфты и тормоза, а также комбинацией систем контроля и управления и клапанов, чтобы вероятность повышенной частоты вращения была допустимо низкой.

4.100. Хотя существуют инженерные решения для ограничения частоты вращения и недопущения образования летящих предметов из-за повышенной частоты вращения, эти меры сами по себе не могут сделать вероятность возникновения летящих предметов во вращающихся механизмах допустимо низкой. Помимо отказа, вызванного повышенной частотой вращения, существует также возможность дефекта в роторе, приводящего к возникновению летящих предметов при нормальной скорости вращения или ниже ее. Проблему возникновения таких летящих предметов следует решать другими способами, такими как консервативное проектирование, высокое качество изготовления, бережная эксплуатация, надлежащий контроль параметров (например, вибрации) и полное инспектирование в процессе эксплуатации. Вращающиеся механизмы станции должны обслуживаться и заменяться в соответствии с инструкциями производителей. При правильном использовании всех этих средств можно значительно снизить вероятность возникновения летящих предметов в результате отказа вращающихся механизмов.

#### **Уменьшение воздействий опасностей, связанных с летящими предметами**

4.101. В проекте должны быть предусмотрены средства, которые могут задерживать высокоскоростные летящие предметы, возникающие в результате отказа оборудования, или отклонять такие летящие предметы в безвредном направлении.

4.102. Для контроля летящих предметов вблизи их потенциального источника клапаны, насосы, электродвигатели-генераторы и газовые контейнеры высокого давления должны располагаться в зонах с барьерами, например из достаточно прочного бетона. Мишени также могут быть защищены барьерами. Барьеры также используются для уменьшения некоторых вторичных эффектов, таких как образование сколов или выброс бетонных блоков из бетонных мишеней.

4.103. Обычно барьеры для задержания летящих предметов сооружаются из железобетонных плит или стальных пластин. Однако могут использоваться

и другие средства, например плетеные стальные маты или отражатели летящих предметов.

4.104. При проектировании барьеров следует учитывать как локальное, так и общее воздействие летящих предметов на барьеры, о котором говорится ниже.

- a) Бетонные и железобетонные барьеры:
  - i) конструкция бетонных барьеров должна гарантировать, что барьеры не разрушатся от удара летящего предмета. Поэтому толщина и прочность барьеров должны быть определены консервативно, с учетом возможной массы, кинетической энергии, места удара и типа летящего предмета (твердый летящий предмет, мягкий летящий предмет);
  - ii) допускается упруго-пластичное, вязкое поведение барьера;
  - iii) конструкция барьеров должна гарантировать, что твердые летящие предметы не пробьют барьер;
  - iv) должен быть проведен анализ с целью убедиться, что летящие предметы не приведут к образованию сколов или трещин на безопасной стороне барьера и что осколки бетона не повредят КСЭ, важные для безопасности;
  - v) возникновения вторичных летящих предметов из осколков бетонного барьера следует избегать, используя многослойные или композитные барьеры;
  - vi) анализ глубины пробивания и процессов образования сколов и трещин может быть выполнен при помощи эмпирических формул или, при необходимости, других аналитических моделей.
- b) Стальные и многослойные композитные барьеры:
  - i) конструкция этих барьеров должна основываться на эмпирических формулах, используемых для расчета пробивания, или, при необходимости, других аналитических моделях;
  - ii) общая деформация стальных или композитных барьеров не должна приводить к потере функции барьера, а деформированный барьер не должен повредить защищаемые КСЭ.
- c) Вибрационный эффект:
  - i) вибрационный отклик барьера на удар летящего предмета следует рассматривать как вторичный эффект, который может оказать негативное воздействие на защищаемые КСЭ.

### *Отсутствие защиты специальными барьерами для задержания летящих предметов*

4.105. В некоторых случаях устанавливать специальные барьеры для задержания летящих предметов не будет необходимости. Например, летящие предметы могут иметь относительно небольшую массу и энергию, а мишени могут быть достаточно прочными, чтобы выдержать удар даже без дополнительной защиты. Воздействие летящих предметов на станцию может сдерживаться границами существующих зданий. Необходимо провести детальный анализ потенциального удара по мишени, показывающий, что этот удар и его возможные вторичные эффекты не затронут КСЭ, важные для безопасности. Физическое разделение резервных систем безопасности также обеспечит дальнейшее выполнение функций безопасности даже в том случае, если летящие предметы повредят компоненты одной или нескольких резервных систем безопасности.

### *Уменьшение воздействия летящих предметов, возникших вследствие разрыва корпусов высокого давления*

4.106. Типы повреждений корпуса высокого давления будут зависеть от ряда параметров, включая конструкцию, использованные материалы, виды сварных швов, контроль качества при изготовлении и условия эксплуатации. Крайне маловероятно, чтобы корпус в целом мог превратиться в летящий предмет, особенно если он хорошо закреплен. В случае с некоторыми корпусами причиной возникновения самого крупного летящего предмета может стать повреждение концевой крышки. В зависимости от корпуса и условий эксплуатации возможно и разрушение на более мелкие фрагменты. Для разработки мер защиты от летящих предметов при оценке безопасности следует уделить внимание характеристике потенциальных летящих предметов с конкретного корпуса и воздействию этих летящих предметов на станцию и находящиеся вблизи корпуса сооружения.

4.107. В некоторых случаях для защиты от летящих предметов может быть полезна установка безнапорной защитной трубы вокруг некоторых участков трубопроводов, содержащих жидкости под высоким давлением. Предусматриваются два типа защиты: защита окружающих сооружений и оборудования от биения труб и возможных вторичных летящих предметов и защита внутренней трубы от летящих предметов, возникающих в окружающем пространстве. Следует учесть возможность выброса жидкости из поврежденной трубы и, как результат, внутреннего затопления.

*Уменьшение воздействия летящих предметов, возникших вследствие разрыва клапанов*

4.108. Проектом должны быть предусмотрены средства, которые смогут задерживать высокоскоростные летящие предметы, возникающие в результате разрыва клапанов, или отклонять такие предметы в безвредном направлении. Это могут быть стены или локальные барьеры для задержания летящих предметов.

*Уменьшение воздействия летящих предметов, возникших вследствие отказа вращающихся механизмов*

4.109. Проектом должны быть предусмотрены средства, которые смогут задерживать высокоскоростные летящие предметы, возникающие в результате отказа вращающихся механизмов, или отклонять такие предметы в безвредном направлении.

## РАЗРЫВЫ ТРУБ (БИЕНИЕ ТРУБЫ, ВОЗДЕЙСТВИЕ СТРУИ И ЗАТОПЛЕНИЕ)

### **Идентификация и характеристика разрывов труб**

4.110. В зависимости от характеристик рассматриваемых труб (внутренние параметры, диаметр, значения напряжений, показатели усталости) следует принимать в расчет следующие типы повреждений:

- a) высоконапорные трубы<sup>7</sup> могут пострадать от кругового разрыва, продольной сквозной трещины стенки или от того и другого одновременно. Высокий напор содержащейся в них жидкости говорит о важности и необходимости учета динамических эффектов, таких как биение трубы или ударное воздействие струи;
- b) низконапорные трубы могут также пострадать от сквозных трещин в стенках — продольных или круговых, — но, учитывая напор жидкости, такие трещины, как правило, будут более стабильными, чем трещины

---

<sup>7</sup> В водных государствах под высоконапорной трубой понимается труба с внутренним рабочим давлением более 1,9 МПа или рабочей температурой более 95°C в случае воды. В других государствах эти пределы составляют 2,0 МПа и 100°C соответственно. Для других текучих сред, например газа при давлении выше атмосферного, могут применяться другие пределы.

в высоконапорных трубах, а динамические эффекты будут менее выраженными. В виде исключения для низконапорных труб можно было бы обосновать ограничение размера протечки значительно меньшей площадью, чем их внутреннее поперечное сечение.

4.111. Может быть допустимо постулировать только ограниченную протечку (а не разрыв), если будет доказано, что рассматриваемая трубопроводная система эксплуатируется в «высоконапорном» режиме в течение короткого периода времени<sup>8</sup> (например, менее 2% от общего времени эксплуатации). Некоторые государства установили критерии для исключения определенных сегментов труб из анализа разрывов (см. пункт 4.136). В иных случаях подходящим методом демонстрации надежности конструкции может считаться оценка последствий, предположительно возникающих при полном разрыве трубы.

4.112. Повреждение должно постулироваться в следующих местах:

- a) на концевых соединениях (фиксированные точки, соединения с большой трубой или с компонентом), а также на сварных швах и в промежуточных точках высокой нагрузки для трубопроводной системы, спроектированной и эксплуатируемой в соответствии с правилами, применяемыми для систем безопасности. Другие места этой трубопроводной системы, где повреждение трубы может привести к граничным воздействиям на КСЭ, важные для безопасности, должны проверяться, возможно, на основе реалистичных предположений;
- b) во всех местах для прочих труб.

4.113. Для трубопроводных систем малого<sup>9</sup> диаметра, склонных к повреждению вследствие вибрации и к разрыву под действием внешних сил, разрывы следует постулировать в любом месте.

4.114. Круговой разрыв трубы может произойти в результате повреждения, вызванного каким-либо механизмом деградации, например коррозией или усталостным напряжением (т.е. трещина вырастает до размера, превышающего критический), либо в результате сильной перегрузки (например, гидравлического удара или удара, вызванного разрывом другого

---

<sup>8</sup> Такой подход считается допустимым лишь в некоторых государствах.

<sup>9</sup> В одних государствах «малой» считается труба с номинальным диаметром до 50 мм. В других государствах малыми считаются трубы с номинальным диаметром до 25 мм.

трубопровода). Наиболее вероятным местом такого разрыва трубы является любой круговой сварной шов между прямыми отрезками трубы и такими компонентами трубы, как колена, Т-образные соединения, редукторы, клапаны или насосы. Вообще говоря, возможность разрыва трубы должна допускаться в любом месте, где происходят изменения жесткости и вибрация или расслоение жидкости, вызванное разницей температур.

4.115. Предполагаемая частота двустороннего гильотинного разрыва высоконапорного трубопровода должна быть выведена из опыта эксплуатации или из расчетов механики разрушения. Она может быть также получена на основе оценок, выполненных для нужд вероятностной оценки безопасности.

4.116. Если в высоконапорных трубопроводах присутствуют продольные сварные швы, следует рассмотреть возможность возникновения большой продольной сквозной трещины в стенке, приводящей к разрыву или к протечке большой площади.

4.117. Следует постулировать полные мгновенные разрывы высоконапорных труб при анализе таких локальных воздействий на КСЭ, важные для безопасности, как прямой механический контакт (биение трубы) или ударное воздействие струи, включая потенциальную нагрузку, вызванную ударной волной. Кроме того, при проектировании опор, средств защиты (например, ограничителей труб) и соответствующих КСЭ, важных для безопасности, должны быть приняты во внимание глобальные воздействия<sup>10</sup> разрывов этих труб, включая такие последствия, как затопление, повышение влажности и температуры и рост уровня радиации.

4.118. Повреждения труб могут затрагивать КСЭ, важные для безопасности, в форме локальных и глобальных воздействий, описанных в пункте 4.117. Все эти возможные воздействия должны быть проанализированы и учтены при проектировании станции, в частности для разработки мер защиты и смягчения последствий.

4.119. Три основных явления, которые могут быть вызваны повреждением труб, — это биение трубы, воздействия струи и затопление. Первые два явления рассматриваются в пунктах 4.120–4.144, внутреннее затопление — в пунктах 4.145–4.172. Также рассматриваются вторичные эффекты, такие

---

<sup>10</sup> В контексте настоящего Руководства по безопасности под «глобальными воздействиями» понимаются последствия, которые могут затронуть всю площадку.

как возникновение летящих предметов вследствие повреждения и влияние разрыва на условия внешней среды (например, локальное повышение температуры и давления).

### *Биение трубы*

4.120. Биение трубы в обычной форме возникает как следствие двустороннего гильотинного разрыва трубы в высоконапорном трубопроводе. Свободные поперечные срезы разорванной трубы, приводимые в движение силами выбрасываемой высоконапорной жидкости, ускоряются, что обычно приводит к их смещению с предусмотренного конструкцией места. При достаточно большом смещении конца трубы возрастающий изгибающий момент может вызвать пластическую деформацию и образование пластического шарнира на ближайшем ограничителе биения трубы или на твердой (или достаточно жесткой) опоре. Это определит длину конца трубы, который будет методично вращаться вокруг этой точки в фазе свободного биения трубы.

4.121. В случае предполагаемых разрывов, когда оба сегмента трубы на всю длину находятся на одной и той же высоте, следует предположить, что биение трубы будет происходить только на одной высоте; в противном случае следует допустить движение во всех направлениях (т.е. сферу с пластическим шарниром в центре).

4.122. В случае большой продольной сквозной трещины в стенке высоконапорного трубопровода вблизи этого разрыва не возникает классического биения трубы, поскольку не происходит ее разделения. Однако следует учитывать большие смещения исходя из предположения, что труба примет V-образную форму стремя пластическими шарнирами и потенциально сможет затронуть другое оборудование, находящееся поблизости.

4.123. Бьющиеся концы труб должны стать предметом геометрического анализа для определения возможных направлений движения, которые могут представлять опасность для КСЭ, являющихся мишенями. Кроме того, анализ должен включать оценку эффективности ограничителей биения труб, показывающую, что отклонение труб будет сдерживаться физическими ограничителями. В случае разрыва концевых соединений следует рассмотреть вторичные эффекты для оставшихся концевых соединений.

4.124. При анализе последствий удара следует допустить, что любой удар бьющейся трубы о трубу аналогичной конструкции, но меньшего

диаметра приведет к повреждению (разрыву) трубы-мишени. При условии подготовки соответствующего обоснования считать, что подвергающиеся удару трубы-мишени с диаметром, равным диаметру ударяющей трубы или большим его, потеряют целостность, нет необходимости. Однако если на бьющемся конце присутствует дополнительная масса (например, клапан или диафрагма), то кинетическая энергия движения увеличивается. Кроме того, жесткость трубы — и, следовательно, ее способность повредить более крупную трубу — может увеличиться, если вблизи конца трубы ее форма меняется (например, присутствует колено). В этих случаях труба-мишень может разорваться, даже если она больше, чем бьющаяся труба. Кабели и кабельные лотки, а также различные типы конструкций и приборов следует рассматривать как возможные мишени, если они обеспечивают работу систем или элементов, важных для безопасности.

4.125. При изучении бьющейся трубы следует рассмотреть возможность последующего разрыва после удара по мишени с выбросом вторичных летящих предметов. Источниками летящих предметов могут быть отдельные компактные массы, находящиеся внутри отрезка трубы или прикрепленные к нему, например клапаны и насосы. Если эти компоненты имеют отдельные опоры, призванные предотвратить такие разрывы и образование вторичных летящих предметов, то анализ должен быть распространен и на эти точки крепления. Следует также обратить внимание на измерительные патрубки и аналогичные приспособления, прикрепленные к трубе, как на возможные дополнительные источники летящих предметов.

#### *Воздействия струи*

4.126. Струя — это поток жидкости, выбрасываемый в результате протечки или разрыва в системе, находящейся под давлением, в определенном направлении и с достаточно высокой скоростью.

4.127. Струи обычно появляются из поврежденного компонента, например трубы или емкости, содержащего жидкость под высоким давлением. Для низконапорных систем струи могут быть исключены из рассмотрения.

4.128. Обычно предполагается, что источником струи является круговой или продольный разрыв емкости или трубы. Затем возникающая струя начинает бить в определенном направлении. В случае круговых разрывов предполагается, что направление струи будет совпадать с направлением трубы. В случае продольных разрывов предполагается, что струя будет ориентирована радиально.

4.129. При необходимости следует принять в расчет другие возможные источники струй. Примером такого источника является струя газа (возможные последствия воспламенения этого газа рассматриваются в пунктах 4.1–4.77).

4.130. Для каждого постулируемого места и величины разрыва должны быть оценены геометрия струи (форма и направление) и ее физические параметры (например, давление, температура, плотность) с их изменением во времени и пространстве.

4.131. Если при разрыве возникает более одной струи, следует учитывать возможную интерференцию струй. Так происходит в случае двустороннего разрыва трубы без ограничителей, при котором могут образоваться две струи — по одной из каждого разорванного конца трубы.

4.132. Следует учитывать влияние движения источника струи (например, бьющейся трубы) на геометрию струи, а также другие возможные эффекты (например, обусловленные объектами, находящимися вблизи траектории струи).

4.133. Для анализа формы и других свойств струи может быть использован консервативный анализ, основанный либо на подходящей и проверенной компьютерной модели, либо на упрощенном приближении на базе экспериментальных данных, либо на прочих подходящих и обоснованных консервативных допущениях.

4.134. Необходимо учитывать следующие типы воздействия струй на мишени: механическую нагрузку (давление, удар), тепловую нагрузку (температуру, включая тепловые напряжения и удары, где это необходимо) и свойства жидкостей (например, возможные короткие замыкания в электрооборудовании из-за электропроводности жидкой воды). Следует также оценить возможные химические воздействия, особенно если выбрасываемая жидкость не является водой.

4.135. Возможно, потребуется проанализировать воздействие струй на другие мишени помимо КСЭ, важных для безопасности, если их повреждение может повлечь за собой значительные вторичные последствия. Типичным примером является повреждение изоляции труб внутри защитной оболочки. Хотя сама изоляция не имеет большого значения для безопасности, фрагменты изоляционного материала могут заблокировать фильтры отстойника системы аварийного охлаждения активной зоны или спринклерной системы защитной

оболочки при охлаждении рециркуляционным насосом. Соответствующие рекомендации содержатся в пунктах 4.84 и 4.85 публикации Серии норм безопасности МАГАТЭ, № SSG-53, «Design of the Reactor Containment and Associated Systems for Nuclear Power Plants» («Проектирование защитной оболочки реактора и смежных систем атомных электростанций») [10].

### **Предотвращение разрывов труб**

4.136. В некоторых государствах было сочтено, что применение очень высоких стандартов качества для высоконапорных трубопроводов, аналогичных стандартам для корпусов, может уменьшить риск разрыва труб до столь низкого уровня, что его можно будет фактически исключить из дальнейшего рассмотрения. Некоторые государства определили критерии для исключения определенных сегментов труб из анализа разрывов (см., например, [11]).

4.137. Для мест, где выполняются критерии исключения разрыва, можно сделать допущение о протечке (а не о полном разрыве)<sup>11</sup>. Чтобы определить размер протечки, необходимо провести анализ механики разрушения. В качестве альтернативы следует постулировать трещину, соответствующую протечке в размере 10% от поперечного сечения потока. Необходимо показать, что система обнаружения протечек обладает достаточной чувствительностью для обнаружения минимальной протечки из трещины такого размера.

4.138. Для всех трубопроводов вероятность разрыва трубы может быть значительно снижена, если применять меры безопасности, в особенности при проектировании, производстве, строительстве и надзоре (увеличение количества инспекций или проверок в процессе эксплуатации на предмет протечек, вибрации и усталостного напряжения, химического состава воды, незакрепленных деталей, смещений, эрозии и коррозии).

### **Смягчение последствий разрыва труб**

#### *Смягчение последствий биения труб*

4.139. Принято считать, что вероятность серьезного разрыва трубы в трубопроводных системах атомной электростанции невелика; тем не менее

---

<sup>11</sup> Это применимо в тех государствах, где принята концепция «протечка перед разрывом».

для ограничения движения труб, которые в случае разрыва могут повредить КСЭ, важные для безопасности, следует использовать трубные ограничители.

#### *Смягчение последствий образования струй*

4.140. В случае разрыва высоконапорной трубы избежать образования струи невозможно; единственный способ предотвратить образование струи — это не допустить самого разрыва. Однако следует рассмотреть средства для ограничения струи во времени и/или пространстве. Например, клапаны, установленные выше по направлению потока от точки разрыва, и обратные клапаны, установленные ниже ее по направлению потока, могут остановить струю вскоре после ее возникновения. Для ограничения дальности бегания струи вокруг поврежденной трубы следует установить прочные барьеры (например, бетонные стены).

4.141. Насколько это практически возможно, следует использовать покрытия и изоляционные материалы, устойчивые к ударному воздействию струи, чтобы ограничить количество обломков, образующихся под воздействием струи (поскольку при определенных условиях эти обломки могут нарушить работу систем безопасности).

#### **Особые соображения, касающиеся опасности возникновения струй**

4.142. Помимо прямого попадания струи в мишени (локальные эффекты), выброс жидкости в результате протечки или разрыва может также существенно повлиять на общие условия внешней среды в помещении. Эти эффекты будут зависеть, помимо прочего, от длительности бегания и параметров струи, а также от размеров помещения. Если это вызывает озабоченность, то следует также проанализировать и включить в процесс аттестации по воздействию на окружающую среду общие параметры внешней среды и их влияние на работоспособность КСЭ.

4.143. При проектировании станции следует учитывать влияние перепада давлений на конструкцию или часть конструкции (такую как стена), например из-за пара, выделяющегося при разрыве. Примерами мер, которые могут быть использованы для смягчения этого воздействия, являются разрушаемые панели и двери, открывающиеся при определенном давлении или температуре.

4.144. Защита от ударного воздействия струи аналогична защите от летящих предметов. Защитные меры должны быть рассчитаны на то, чтобы

обеспечивать защиту как от летящих предметов, так и от струй или вообще от максимально возможного числа внутренних опасностей.

## ВНУТРЕННЕЕ ЗАТОПЛЕНИЕ

### **Идентификация и характеристика опасностей, связанных с внутренним затоплением**

4.145. Внутреннее затопление может быть вызвано любым событием, в результате которого происходит выброс жидкости (обычно воды<sup>12</sup>), превышающий дренирующую способность данной зоны. Затопление может повлиять на многие КСЭ (т.е. на те, которые не рассчитаны на то, чтобы выдержать погружение в воду или воздействие брызг). Хотя руководящие указания в данном подразделе относятся только к внутреннему затоплению, такое внутреннее затопление может быть вызвано внешними событиями (например, землетрясением, внешним затоплением) или усилиться под их воздействием.

4.146. Затопление означает не только образование водяных бассейнов на полу помещения, но и скопление воды в более высоких местах. Например, вода (образующаяся от брызг или вследствие конденсации пара) может скапливаться в кабельных лотках, даже если они расположены значительно выше уровня пола. Следовательно, расположенное в таком месте оборудование должно рассматриваться как подверженное затоплению. Кроме того, вода из этих лотков может стекать в другие места, где ее присутствие также нежелательно.

4.147. Следует учитывать действия, предпринимаемые персоналом станции (например, работы по техническому обслуживанию), которые могут привести к затоплению.

4.148. Вызвать затопление могут, в частности, следующие события:

- a) протечка или разрыв в системе теплоносителя первого или второго контура;

---

<sup>12</sup> В данном подразделе рассматривается затопление водой; однако те же соображения применимы и к другим жидкостям на площадке, если они присутствуют в достаточных количествах и в таких местах, что это может вызвать затопление. В числе возможных примеров — топливо, химикаты и огнетушащие материалы.

- b) протечка или разрыв в системе аварийного охлаждения активной зоны;
- c) протечка или разрыв в системе технической воды;
- d) протечка, неисправность или ложное срабатывание системы пожаротушения;
- e) ошибка человека при обслуживании (например, клапан, лючок или фланец по ошибке оставляются открытыми);
- f) протечка в трубопроводных системах, содержащих воду для бытовых нужд, воду для циркуляционных насосов или конденсат, а также внешнюю воду, попадающую в установку через водосток.

4.149. Все возможные опасные факторы затопления должны выявляться на систематической основе. Один из подходов состоит в том, чтобы составить перечень КСЭ, а затем определить все возможные источники воды (включая источники в других помещениях) и систематически выявлять пути распространения затопления. Выявление опасных факторов должно подкрепляться проектными чертежами и осмотром помещений с целью проверки. Для целей проверки и подтверждения может также использоваться трехмерная модель.

4.150. Для всех возможных сценариев затопления следует вывести зависимость уровня воды от времени не только для помещения или станционной зоны, где находится источник воды, но и для всех помещений или станционных зон, куда может распространиться вода. При этом следует учитывать общее количество источников, скорость сброса и средства изоляции. Следует также учитывать потенциально неисчерпаемые запасы воды. Типичными путями, по которым может двигаться вода во время затопления, являются трубопроводы, водостоки или отверстия в стенах или полах, лестничные клетки, вентиляционные отверстия и лифты. Важным путем распространения затопления также являются двери.

4.151. Во время затопления вода может проникать под двери или может повредить (например, покоробить) двери вплоть до их выхода из строя, если они не рассчитаны на то, чтобы выдерживать гидростатическое давление и/или гидродинамические нагрузки, которые могут возникнуть. Выход из строя дверей следует моделировать на основе консервативного подхода<sup>13</sup>.

---

<sup>13</sup> «Консервативность» зависит от того, какие последствия будет иметь выход двери из строя — положительные (например, заблокирует движение воды в направлении КСЭ, важных для безопасности) или отрицательные (например, откроет воде путь к КСЭ, важным для безопасности).

4.152. Опыт эксплуатации показал, что вентиляционные каналы позволяют воде стекать на более низкие уровни. Таким образом, при проектировании следует учесть распространение воды по вентиляционным каналам. В качестве примеров последствий можно привести забрызгивание водой электрооборудования или погружение оборудования под воду в помещениях, где есть вентиляционный выход или слив в нижней точке, который может выйти из строя.

4.153. В случае разрыва труб, соединенных с баками или бассейнами, следует учитывать эффект сифона, который может увеличить количество стекающей воды.

4.154. Следует учитывать возможную блокировку дренажных отверстий мусором, если это может еще больше усложнить ситуацию. При определении уровня воды с помощью зависимости «объем — высота» следует использовать фактические параметры выстроенного помещения (включая объем находящегося в помещении оборудования).

4.155. Если происходит затопление водой, то обычно считается, что оно угрожает главным образом электрическим устройствам, которые, как предполагается, выйдут из строя при погружении в воду или под воздействием брызг, если они не приспособлены для работы в этих условиях. Обычно считается, что кабели не повреждаются при погружении в воду; однако следует допустить, что места соединения (например, муфты) выйдут из строя под воздействием воды, если они не имеют специальной защиты.

4.156. Некоторое механическое оборудование может быть устойчиво к прямому воздействию воды, но оно может быть соединено со вспомогательным электрооборудованием (например, устройствами питания, контроля, управления). В таких случаях следует учесть влияние затопления на это вспомогательное оборудование. Кроме того, следует учитывать эффект плавучести, поскольку механическое оборудование может быть не рассчитано на воздействие силы, направленной вверх.

### **Предотвращение опасностей, связанных с внутренним затоплением**

4.157. Затопление может быть вызвано протечкой или разрывом корпуса, резервуара или трубы; поэтому для снижения вероятности затопления в проекте должны быть предусмотрены средства, нацеленные на снижение вероятности протечки или разрыва трубы (см. пункты 4.136–4.138).

4.158. В качестве важного способа снижения вероятности затопления должно рассматриваться уменьшение количества ошибок человека.

4.159. Для снижения вероятности внутреннего затопления, вызванного переполнением резервуара, должны использоваться инженерные средства (например, датчики), предотвращающие переполнение резервуаров.

4.160. Кабельные лотки должны быть рассчитаны на то, чтобы ограничивать распространение воды при затоплении. Примерами конструктивных особенностей, позволяющих сделать это, являются сливные отверстия и водонепроницаемые проемы.

4.161. Насколько это практически возможно, водонепроницаемые проемы должны изготавливаться из материала, устойчивого к деградации, и устраиваться в местах, где можно легко проводить осмотр и техническое обслуживание.

4.162. Уплотнения и прокладки, повреждение которых может привести к затоплению (например, уплотнения конденсаторов), должны изготавливаться из материала, устойчивого к деградации и достаточно прочного, чтобы выдержать ожидаемые нагрузки (например, гидроудар, сейсмические явления, пожар, гидравлические нагрузки). Скорость потока при повреждении уплотнения или прокладки должна определяться отдельно для каждого конкретного случая на основе консервативного подхода.

4.163. К затоплению может привести работа таких предусмотренных проектом средств, как спринклерные системы защитной оболочки, системы пожаротушения или (если предусмотрено внутрикорпусное удержание) системы затопления шахты реактора. Такое затопление должно быть в полной мере учтено при проектировании (например, некоторые компоненты систем контроля и управления должны быть соответствующим образом аттестованы как защищенные от опрыскивания защитной оболочки, а некоторые двери и стены должны быть аттестованы как водонепроницаемые для систем пожаротушения распыленной водой). Такое преднамеренное затопление, как правило, не рассматривается как внутренняя опасность; однако в силу схожего характера его следует включить в число анализируемых опасностей, связанных с внутренним затоплением.

## Уменьшение масштаба и воздействия внутреннего затопления

4.164. Следует добиваться уменьшения масштаба внутреннего затопления, в том числе за счет проектных решений в отношении планировки станции. Это предполагает физическое разнесение резервных КСЭ, важных для безопасности, и размещение КСЭ, чувствительных к затоплению, на высоте, превышающей предполагаемые уровни затопления. Например, КСЭ могут быть установлены на основании, которое находится выше, чем максимально допускаемый уровень затопления. Если это невозможно, может быть использован барьер (стена вокруг компонента либо полный защитный корпус). Следует также обеспечивать (всеми доступными средствами), чтобы случайное затопление было как можно скорее ликвидировано и чтобы было предотвращено потенциально опасное распространение затопления на другие зоны (например, при помощи подходящих порогов). Для уменьшения масштаба затопления могут использоваться следующие средства:

- а) надлежащие конструктивные средства (например, пассивные средства защиты от затопления, запорные клапаны на водостоках, насосах и водонепроницаемых дверях, а также на потенциально опасных трубах);
- б) системы обнаружения (например, системы сигнализации о затоплении);
- с) адекватные регламенты (эксплуатационные и/или аварийные).

4.165. Если предполагаются действия со стороны персонала станции (например, изоляция источника затопления), то следует уточнить время, необходимое для обнаружения, диагностики и смягчения последствий этого события. В любых допущениях относительно времени должны быть оценены и учтены условия внешней среды в зонах, где требуются действия. Эти соображения должны быть также учтены при определении вероятности человеческой ошибки. При детерминистическом подходе для обнаружения, диагностики или действий по уменьшению масштаба (например, изоляции) следует исходить из предположения о единичном отказе наиболее ограничительного характера, а для персонала станции — о консервативном сроке выполнения этих действий с учетом условий внешней среды, вызванных затоплением.

4.166. Поскольку некоторые средства обнаружения затопления (например, уровень воды в отстойнике) не позволяют определить точное место протечки или разрыва, в проекте следует предусмотреть средства, помогающие персоналу станции установить источник внутреннего затопления и/или автоматически уменьшить масштаб затопления. В качестве примера можно привести клапаны, автоматически закрывающиеся при обнаружении условий

внешней среды, указывающих на затопление (например, повышенной температуры в помещении, чрезмерной скорости потока), и замкнутые телевизионные системы, позволяющие визуально контролировать ситуацию с затоплением. Для персонала станции должны быть предусмотрены соответствующие регламенты и инструктажи.

4.167. Если затопление происходит достаточно быстро (например, в случае полного прорыва большого резервуара), следует принять во внимание и проанализировать возможность образования и влияние волн, вызванных внутренним затоплением. Волна может поднять локальный уровень воды значительно выше расчетного уровня спокойной воды, и поэтому необходимо провести динамический анализ. При помощи этого анализа следует оценить механические нагрузки, оказываемые волнами на КСЭ, и потенциальное воздействие плавающих обломков на КСЭ.

4.168. Важным средством защиты от затопления являются водостоки, поскольку они ограничивают скорость подъема воды во время затопления, что дает персоналу станции время для принятия соответствующих мер. Дренажная система должна иметь пропускную способность (т.е. скорость стока воды), соизмеримую с источниками внутреннего затопления в каждой зоне станции. Насколько это практически возможно, дренажная система должна быть сделана удобной для осмотра и технического обслуживания для уменьшения вероятности засорения. Секции резервных дренажных систем должны быть независимыми и не выводить поток в общие коллекторы. Следует использовать меры административного контроля для недопущения того, чтобы временно находящиеся на станции предметы, которые могут засорить водостоки (например, пластиковая пленка), хранились в местах, откуда они могут быть перенесены в водостоки в случае затопления. В проекте должны быть предусмотрены средства (например, водостоки, оснащенные обратными клапанами) для того, чтобы при затоплении вода из одной зоны не текла в обратном направлении, вызывая затопление в другой зоне и тем самым ставя под угрозу разнесенные КСЭ, важные для безопасности.

### **Особые соображения в отношении опасностей затопления**

4.169. Помимо прямых воздействий затопления (например, брызг, погружения под воду), описанных в данном подразделе, попадание воды в помещение также может существенно повлиять на общие условия внешней среды. Такие эффекты (например, повышение влажности, уровня радиации, температуры) должны быть учтены в процессе аттестации оборудования.

Особое внимание следует уделить потенциальным выбросам растворенного в воде водорода и жидкостям, отличным от воды (например, химикатам, используемым для пожаротушения).

4.170. При проектировании следует учитывать, что образующаяся во время внутреннего затопления вода может оказывать гидростатическую нагрузку на КСЭ, которые вступают в контакт с водой (например, двери, стены, полы, проемы). Если этого не учесть должным образом, это может привести к поломке и повреждениям конструкций из-за падающих предметов или падения тяжелых грузов. Это также может привести к повреждению барьеров и дверей, важных для безопасности.

4.171. Конструкция станции должна гарантировать, что потенциально загрязненная вода, образовавшаяся во время затопления, не попадет в поверхностные и/или подземные воды площадки. Одним из методов достижения этой цели является обеспечение герметичности тех секций здания, которые находятся ниже максимально допустимого уровня затопления.

4.172. Необходимо учитывать утечки из систем, которые в долгосрочной перспективе могут быть использованы для отвода тепла из гермозоны во время тяжелых аварий. Должна иметься возможность изоляции этих систем, и любая выделяющаяся радиоактивная вода и газ должны быть локализованы соответствующими средствами; в частности, должна иметься система вентиляции, аттестованная для работы в соответствующих условиях внешней среды.

## ПАДЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ ГРУЗОВ

4.173. Обрушение конструкций или падение предметов с высоты может быть вторичным эффектом как внутренней, так и внешней опасности, например землетрясения или сильного ветра. Их необходимо оценивать как потенциальные последствия исходных внутренних или внешних опасностей. Падающие предметы, в свою очередь, могут стать источниками последующих внутренних опасностей; руководящие указания по таким сочетаниям последовательных опасностей приведены в приложении I. Пункты 4.174–4.186 посвящены падению тяжелых грузов, которое происходит в отсутствие других исходных опасностей.

## Идентификация и характеристика падения тяжелых грузов

4.174. Падения наиболее вероятны при техническом обслуживании стационарного оборудования или при подъеме топлива. Если тяжелые элементы стационарного оборудования расположены на значительной высоте, необходимо оценить возможные опасности, связанные с падением такого оборудования, кроме случаев, когда вероятность такого события ничтожно мала. Необходимо оценить последствия падений тяжелых грузов, поскольку эти последствия могут представлять риск для безопасности в ряде форм, включая следующие:

- a) как воздействие на топливо (риск радиоактивного выброса и, возможно, риск критичности);
- b) как воздействие на компоненты систем безопасности (риск отказа систем);
- c) как воздействие на конструкции, важные для безопасности (например, риск потери целостности бассейнов выдержки топлива и выброса радиоактивного материала).

4.175. В публикациях Серии норм безопасности МАГАТЭ, № SSG-62, «Design of Auxiliary Systems and Supporting Systems for Nuclear Power Plants» («Проектирование вспомогательных систем и обслуживающих систем атомных электростанций») [12] и № SSG-63, «Design of Fuel Handling and Storage Systems for Nuclear Power Plants» («Проектирование систем для обращения с топливом и его хранения на атомных электростанциях») [13] содержатся рекомендации по проектированию мостового подъемного оборудования и оборудования для обращения с топливом соответственно. Кроме того, в публикациях Серии норм безопасности МАГАТЭ, № SSG-67, «Seismic Design for Nuclear Installations» («Сейсмостойкое проектирование ядерных установок») [14] и № SSG-74, «Maintenance, Testing, Surveillance and Inspection in Nuclear Power Plants» («Техническое обслуживание, испытания, надзор и инспекции на атомных электростанциях») [15] содержатся рекомендации по сейсмостойкому проектированию и аттестации и по техническому обслуживанию, надзору и инспекциям соответственно, которые в своей совокупности обеспечат высокий уровень целостности эксплуатируемых подъемных систем. Благодаря выполнению рекомендаций этих публикаций будет снижена вероятность падения тяжелого оборудования в результате событий, возникших внутри станции.

4.176. Следует проанализировать природу предмета и причину его падения, для того чтобы охарактеризовать возможное направление (например, от

падения, наклона или качания), размер, форму и энергию падающего предмета, а также возможные последствия для безопасности<sup>14</sup>.

4.177. Для целей определения возможных последствий упавшие грузы, имеющие отношение к обращению с топливом, можно разделить на следующие категории: контейнеры или крышки, передаточные контейнеры и многоцелевые герметичные чехлы или канистры, топливо и стеллажи для хранения топлива и электроинструмент и ручные инструменты. Для падений при обращении с топливом существует большое количество различных сценариев, и каждый из них необходимо рассматривать в контексте потенциальных радиологических последствий и возможного влияния на КСЭ.

4.178. Другая потенциальная категория упавших грузов связана с перемещением контейнеров для радиоактивных отходов. В целом в них, по всей вероятности, содержатся материалы с меньшими уровнями активности, чем в топливных контейнерах, но и сами контейнеры отличаются меньшей прочностью. Общие принципы предотвращения падений и ограничения последствий должны соблюдаться и при обращении с контейнерами для радиоактивных отходов (т.е. с точки зрения качества подъемного оборудования, выбора маршрутов и средств контроля для предотвращения неправильной эксплуатации).

### **Предотвращение падения тяжелых грузов**

4.179. Физическое расположение оборудования этой категории часто определяется функциональными требованиями проекта. Там, где допускать близость тяжелого оборудования к мишеням приходится по функциональным соображениям, проектом могут быть предусмотрены достаточные меры, такие как резервные тросы на кранах или блокировочные устройства для снижения вероятности повреждений. Руководящие указания по проектированию высокопрочных кранов, устойчивых к единичным отказам, содержатся в [16–19].

4.180. Когда это практически возможно, планировка станции должна облегчать безопасное передвижение мостового подъемного оборудования

---

<sup>14</sup> В некоторых государствах на основе реалистичных допущений оцениваются следующие случаи: падение крышки корпуса реактора на корпус реактора, падение плиты перекрытия шахты реактора на крышку корпуса реактора (при демонтаже плит над корпусом) и падение плиты перекрытия шахты реактора на плиту пола шахты реактора.

и транспортируемых предметов. В некоторых случаях может возникнуть необходимость в эксплуатации стационарного оборудования в зонах, планировка которых не позволяет отделить его от КСЭ, важных для безопасности; в таких случаях следует соблюдать дополнительную осторожность при обращении с тяжелыми грузами вблизи КСЭ.

4.181. Меры по предотвращению падения грузов должны основываться на классификации подъемных устройств, инженерно-конструкторских мерах и административных мерах, которые приведены ниже.

- a) Классификация подъемных устройств в соответствии с результатами анализа опасности, при котором оцениваются последствия постулируемого падения груза.
- b) Инженерно-конструкторские меры:
  - i) общие меры первого эшелона глубокоэшелонированной защиты, в том числе консервативный выбор конструкции и материалов, высокое качество строительства и надзор как при строительстве, так и при эксплуатации;
  - ii) зонирование мест установки кранов и схемы защиты, в зависимости от обстоятельств, включая тензодатчики для контроля веса поднимаемого груза, а также блокировки и аварийный останов.
- c) Административные меры:
  - i) контроль соблюдения регламентов для предотвращения подъема чрезмерно тяжелых грузов или непреднамеренного неправильного обращения с грузами (например, застопоривания груза, удержания груза на весу, раскачивания груза);
  - ii) соответствующие меры контроля, связанные с определением подходящих высот подъема и маршрутов подъема, а также меры административного контроля для обеспечения их соблюдения (например, дополнительный надзор). Также может быть целесообразным локальный контроль за процессом подъема, чтобы персонал станции мог удостоверяться в отсутствии зацепов или зависаний, а также в достаточной величине зазоров для подъема;
  - iii) периодическая проверка и техническое обслуживание кранов (например, их блокировочных устройств, тросов и тормозов) и связанного с ними подъемного оборудования (петель и стропов, хомутов и скоб, а также сопутствующих предметов).

4.182. Предотвращение падения грузов при обращении с топливом достигается в основном за счет консервативных инженерно-конструкторских мер и соответствующих административных мер. Схема манипулирования с топливом и маршруты подъема должны быть спланированы таким образом, чтобы избежать возможных падений на КСЭ, важные для безопасности.

4.183. При определении планировки станции целью проектирования должна быть защита хранящегося топлива или других важных для безопасности предметов от падения тяжелого оборудования или другого оборудования, используемого в особых ситуациях, которое может привести к серьезным последствиям.

### **Уменьшение последствий падения тяжелых грузов**

4.184. Значительно снизить риски, связанные с падением грузов, можно за счет планирования перемещений и подъемов грузов только в определенных режимах работы станции (например, в режиме останова). Такое планирование может также использоваться в качестве превентивной меры.

4.185. В некоторых случаях последствия падения тяжелых грузов могут быть уменьшены за счет применения ступенчатого метода, при котором подъем осуществляется через промежуточные точки, используются платформы для следования за грузом или устанавливаются легко деформируемые конструкции в точке подъема. На тяжелых грузах также могут быть установлены защитные демпферы. Такие защитные демпферы используются, например, на контейнерах с топливом.

4.186. При подъеме при помощи крана грузов в ходе операций по обращению с топливом, например транспортных контейнеров, следует уделять особое внимание топливным контейнерам из-за их большой массы. Необходимо контролировать возможные последствия падений для бассейна выдержки топлива. Проблему может создать падение либо в сам бассейн выдержки топлива, либо на плиты, окружающие бассейн. Эти падения должны расцениваться как потенциально нарушающие целостность или герметичность бассейна выдержки. Еще один планировочный прием, заслуживающий рассмотрения, состоит в том, чтобы производить манипуляции с топливными контейнерами только в зоне, удаленной от самого бассейна и от других зон, которые могут стать мишенями (см. SSG-63 [13]).

## ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОМЕХИ

4.187. Электромагнитные помехи — это термин, используемый для описания ряда потенциальных механизмов помех, способных воздействовать на электрические или электронные устройства в силу электромагнитной проводимости либо электромагнитного излучения. Если помехи находятся в высокочастотном или радиочастотном диапазоне, их иногда называют радиочастотными помехами; в контексте настоящего Руководства по безопасности используется общий термин «электромагнитные помехи».

4.188. Опасности, связанные с электромагнитными помехами, можно разделить на внутренние (например, вызванные индукцией или излучением от установленного оборудования как при нормальной эксплуатации, так и при неисправностях) и внешние (например, молнии, излучение от солнечных вспышек или излучение от оборудования, находящегося вне границ площадки и эксплуатируемого другими организациями). В настоящем Руководстве по безопасности рассматриваются только внутренние опасности, связанные с электромагнитными помехами.

4.189. Во многих случаях в стандартах проектирования и изготовления оборудования учитывается как необходимость блокирования источников электромагнитных помех, так и способность оборудования противостоять электромагнитным помехам. Дополнительные рекомендации по этим вопросам содержатся в SSG-39 [6] и SSG-34 [7].

### **Идентификация и характеристика опасностей, связанных с электромагнитными помехами**

4.190. Необходимо определить потенциальные источники электромагнитных помех и оценить возможные эффекты от них. К числу крупных источников электромагнитных помех, подконтрольных эксплуатирующей организации, относятся щеточные узлы двигателей и генераторов, а также отключение участка короткого замыкания во время работы распределительных устройств, автоматических выключателей или предохранителей. Электрические поля также могут создаваться радиопередатчиками. Даже фотографирование со вспышкой иногда влияет на чувствительное оборудование управления и защиты. Эксплуатирующими организациями накоплен большой опыт, который поможет проектировщикам выявить потенциальные механизмы электромагнитных помех или аналогичные неисправности. Дополнительные рекомендации приводятся в SSG-39 [6].

4.191. К другим потенциальным источникам электромагнитных помех относятся некоторые работы по техническому обслуживанию или строительные работы, например переносное оборудование для дуговой сварки и переносная аппаратура радиосвязи, принесенные на атомную электростанцию, а также георадары, используемые для съемки местности. Необходимо идентифицировать и эти потенциальные источники электромагнитных помех и учесть возможные эффекты от них.

4.192. При идентификации потенциальных опасностей, связанных с электромагнитными помехами, следует принимать в расчет возможные источники, возникающие в результате неисправностей, например электрических повреждений кабелей с изношенной изоляцией или поломки проходных изоляторов трансформаторов.

4.193. По мере возможности процесс идентификации должен включать также определение местонахождения источников электромагнитных помех. Это будет иметь важное значение при оценке влияния помех на работу станции.

#### **Предотвращение опасностей, связанных с электромагнитными помехами**

4.194. Проектом атомной электростанции должны быть предусмотрены меры по предотвращению воздействия электромагнитных помех и/или защите от него. Необходимо выполнить оценку для выяснения того, может ли какой-либо источник электромагнитных помех на площадке вызвать сбой в работе или повреждение систем и компонентов атомной электростанции, в частности контрольно-измерительных приборов. В течение всего срока эксплуатации станции необходимо отслеживать и анализировать как появление новых источников электромагнитных помех, так и изменения в существующих источниках.

4.195. Электромагнитные помехи должны быть ограничены таким образом, чтобы они не мешали функционированию оборудования. Рекомендации по минимизации влияния электромагнитных помех на компоненты или системы контроля и управления приведены в SSG-39 [6]. Это предполагает использование ряда методов, включая следующие:

- a) подавление электромагнитных помех вблизи источника;
- b) отделение и изоляцию сигнальных кабелей систем контроля и управления от силовых кабелей;

- с) экранирование оборудования и кабелей от внешних источников магнитного и электромагнитного излучения;
- d) фильтрацию электромагнитного шума, прежде чем он сможет повредить работе чувствительных электронных схем;
- e) нейтрализацию или изоляцию электронного оборудования от изменений электрического потенциала Земли;
- f) надлежащее заземление электрооборудования и оборудования контроля и управления, каналов для прокладки кабелей, шкафов, компонентов и оболочек кабелей.

Благодаря применению этих методов может быть обеспечен хороший уровень совместимости между системами контроля и управления и источниками электромагнитных помех в локальной среде.

4.196. Если планируется провести тестирование для демонстрации эффективности защиты от электромагнитных помех, предусмотренной проектом, то тестируемое оборудование должно находиться в таком состоянии, чтобы в случае его некорректной работы это не оказало негативного влияния на безопасность. Тестирование должно проводиться с использованием типичных рабочих параметров (например, входного сигнала, выходного сигнала, условий внешней среды, вспомогательного источника питания, электрических характеристик).

4.197. Портативные источники, находящиеся вблизи чувствительного оборудования, должны контролироваться таким образом, чтобы КСЭ, важные для безопасности, не подвергались негативному воздействию этих источников. Это может предполагать применение ряда мер, включая установление запретных зон<sup>15</sup> или другие меры административного контроля. Режим запретных зон должен быть подкреплён средствами физического контроля (например, устройствами обнаружения электромагнитных помех), средствами административного контроля (например, правилами доступа, предупредительными надписями, системами контроля работы) и высокой культурой безопасности (обучение, бдительность, самопроверка, критическое отношение). Выбор подходов к соблюдению режима запретных зон будет зависеть от требуемого уровня надежности.

---

<sup>15</sup> Запретная зона определяется минимально допустимым расстоянием между точкой установки КСЭ, важной для безопасности, и местом, где разрешено включать переносные источники электромагнитного излучения.

## **Уменьшение воздействия опасностей, связанных с электромагнитными помехами**

4.198. Необходимо осознавать последствия отказов отдельных компонентов для общего функционирования систем или для общей функции безопасности.

4.199. Как и в случае с другими внутренними опасностями, следует взять на вооружение принципы разумного проектирования, такие как резервирование и неодинаковость, а также физическое разделение и разнесение, поскольку благодаря им можно значительно уменьшить распространение опасности электромагнитных помех. Во многих случаях аккуратность при планировании размещения систем или подсистем может существенно повлиять на общие потенциальные последствия для работоспособности системы и, следовательно, на выполнение функций безопасности.

## **Особые соображения в отношении опасностей, связанных с электромагнитными помехами**

4.200. В настоящем Руководстве по безопасности рассматривается только «мгновенное» воздействие электромагнитных помех как внутренней опасности. Можно допустить, что постоянные электромагнитные помехи оказывают долгосрочное воздействие в виде наведенных вибраций и усталостного напряжения или гальванической коррозии в силу эффекта вихревого тока. Они могут влиять на долгосрочную целостность компонентов и систем, но предполагается, что борьба с этими помехами будет вестись в рамках процессов, призванных поддерживать станцию в рабочем состоянии.

## **ВЫБРОС ОПАСНЫХ ВЕЩЕСТВ В ПРЕДЕЛАХ СТАНЦИИ**

4.201. Опасные вещества способны вывести из строя узлы или системы станции или причинить вред персоналу, выполняющему действия, важные для безопасности. Потенциальная возможность выброса хранящихся опасных веществ или их образования в пределах площадки рассматривается в настоящем Руководстве по безопасности как внутренняя опасность. Выброс опасного материала вне площадки или выброс, неподконтрольный эксплуатирующей организации, должен рассматриваться как внешняя опасность (например, выброс хлора в результате аварии автоцистерны). Однако некоторые рекомендации, приведенные в данном Руководстве

по безопасности, могут быть актуальны при учете и такого рода проектных соображений.

4.202. Воздействие опасных химических веществ, которое должно учитываться в анализе безопасности, должно включать в себя эффекты, обусловленные физико-химическими свойствами (такими как взрывоопасность, способность к окислению, воспламенению) и свойствами, вредными для здоровья (такими как токсичность, способность вызывать раздражение, коррозионные, аноксичные свойства, высокая температура).

### **Идентификация и характеристика опасностей, связанных с выбросами опасных веществ в пределах станции**

4.203. Необходимо провести обследование опасных материалов (т.е. их количества, физической и химической формы, типа, порядка хранения) в пределах площадки, чтобы определить, какие из них в случае выброса могут либо повлиять на компоненты систем, важных для безопасности, либо оказать неблагоприятное воздействие на персонал, которое может ухудшить его способность выполнять действия, важные для безопасности.

4.204. В процессе идентификации опасностей должен быть составлен список опасных веществ, выброс которых может потенциально иметь место. Эти потенциальные выбросы могут происходить из целого ряда различных источников, включая, например, газы, хранящиеся в больших емкостях, газы в баллонах, летучие жидкости, химические вещества, используемые для поддержания водно-химического режима, и химические вещества, которые могут смешаться и образовать вторичный продукт, например в виде облака.

4.205. Список опасных веществ должен быть полным и включать все такие вещества, которые доставляются на площадку субподрядными организациями для нужд технического обслуживания.

4.206. Следует принять во внимание потенциальное воздействие данной опасности на персонал станции. Оно может включать в себя токсические и удушающие эффекты, способные вывести из строя персонал станции или причинить ему иной вред. Следует позаботиться о том, чтобы выброс опасных веществ не помешал персоналу станции предпринять действия по ликвидации последствий инцидента или по безопасной остановке станции и поддержанию ее в безопасном состоянии.

4.207. Следует также принять во внимание потенциальное воздействие этой опасности на стационарные КСЭ. В качестве примеров можно привести осаждения на электрических контактах контрольно-измерительных приборов, вызывающие их замыкание, а также попадание негорючих газов в дизель-генераторы, что может стать причиной их отказа. Кроме того, на некоторые стационарные системы может повлиять охлаждающий эффект газового облака. Следует также идентифицировать потенциальный коррозионный эффект в ближайшей или краткосрочной перспективе.

### **Предотвращение опасностей, связанных с выбросами опасных веществ в пределах станции**

4.208. К мерам по предотвращению выбросов опасных веществ относятся общие меры первого эшелона глубокоэшелонированной защиты в отношении минимизации вероятности выброса, в том числе консервативный выбор конструкции и материалов, высокое качество строительства и надзор как при строительстве, так и при эксплуатации. Особые меры, относящиеся к выбросам опасных веществ, включают проектирование резервуаров для хранения и распределительных систем, а также их техническое обслуживание в процессе эксплуатации.

4.209. Если стационарные системы или компоненты должны обладать устойчивостью к присутствию газового или парового облака, то следует взять на вооружение тот же подход (т.е. консервативный выбор конструкции и материалов, высокое качество строительства, надзор как при строительстве, так и при эксплуатации). В таких случаях кабели и шкафы управления электрооборудованием, расположенные вблизи потенциальных источников выбросов, должны быть спроектированы и размещены таким образом, чтобы свести к минимуму (в соответствии с другими требованиями безопасности) ущерб, вызываемый выбросом газа, воды, пара, дыма или опасных веществ.

4.210. Как и в случае с другими внутренними опасностями, применение принципов разумного проектирования, таких как резервирование и неодинаковость, а также физическое разделение и разнесение, может существенно повлиять на динамику развития опасностей, связанных с выбросом опасных веществ. В некоторых случаях проблемные сценарии могут быть по большей части исключены за счет продуманного размещения систем безопасности (т.е. относительно хранилищ опасных материалов).

4.211. Там, где это необходимо, предотвращение опасностей, связанных с выбросами опасных веществ, должно включать в себя контроль систем вентиляции тех зон станции, где требуются действия по выполнению функций безопасности, в частности на пунктах управления. Системы управления должны закрывать вентиляционные отверстия, переводя зону в режим рециркуляции и тем самым не позволяя вывести из строя персонал станции, выполняющий важные для безопасности действия. Рекомендации по проектированию систем вентиляции приведены в SSG-62 [12].

4.212. В случае выброса химических веществ, которые могут смешаться и образовать опасный вторичный продукт, должны применяться такие превентивные меры, как административный контроль за приемкой и хранением таких химических веществ, а также инженерные меры, например использование неодинаковых соединительных муфт на шлангах для подачи кислот и щелочей.

#### **Уменьшение воздействия опасностей, связанных с выбросами опасных веществ в пределах станции**

4.213. Такие принципы проектирования, как резервирование и неодинаковость, а также физическое разделение и разнесение КСЭ, важных для безопасности, должны также уменьшить воздействие опасностей, связанных с выбросом опасных веществ. Системы, предусматривающие возможность резервирования с хорошим разнесением или разделением, должны иметь достаточное количество резервных подсистем, не затронутых выбросом, чтобы их функции безопасности успешно выполнялись даже при сбое некоторых системных компонентов.

4.214. Тот факт, что станция и оборудование размещаются в зданиях, может означать, что газовые облака пройдут мимо или уменьшатся в плотности, прежде чем произойдет значительное проникновение такого облака в здание, которое может повлиять на локальную среду такого оборудования, как кабели и шкафы с аппаратурой.

4.215. Управление авариями может потребовать использования средств индивидуальной защиты, для того чтобы персонал станции мог покинуть среду, которая может стать непригодной для жизнедеятельности, получить доступ в те зоны станции, где должны выполняться важные действия, или продолжить выполнение других действий в опасном месте (речь идет, например, о станционном персонале на блочном пункте управления).

## **Особые соображения в отношении выбросов опасных веществ**

4.216. В данном Руководстве по безопасности рассматривается только «мгновенное воздействие» выброса опасного материала в пределах станции. Можно допустить, что постоянно продолжающиеся незначительные выбросы могут вызвать долгосрочные последствия, например в виде коррозионных эффектов. Они могут влиять на долгосрочную целостность компонентов или систем, но борьба с ними должна вестись в рамках процессов, призванных поддерживать станцию в рабочем состоянии.

## Приложение I

### СОЧЕТАНИЯ ОПАСНОСТЕЙ

I.1. Как внутренние опасности, так и внешние опасности могут стать причиной возникновения других опасностей. Например, сейсмическое явление (внешняя опасность) может привести к разрыву трубы или вызвать пожар, повредив электрооборудование (внутренняя опасность). Аналогичным образом падение тяжелого груза (внутренняя опасность) может вызвать внутреннее затопление (другую внутреннюю опасность) за счет разрыва трубы или привести к возникновению летящих предметов (внутренней опасности) за счет повреждения механического оборудования.

I.2. При проектировании станции должно быть учтено воздействие этих сочетаний опасностей (т.е. двух или более опасностей, возникающих вследствие исходного события, в том числе какой-либо опасности). Сочетания, которые должны учитываться, зависят от местоположения площадки и общей конструкции станции. Сочетания, включающие разнообразные внешние опасности (природные, такие как цунами, метель и песчаная буря, а также техногенные, такие как ударная волна при взрыве), применимы не ко всем площадкам. Поэтому определять некий набор сочетаний опасностей, который был бы применим ко всем станциям, невозможно и нет необходимости.

I.3. Рекомендуется использовать подход, ориентированный на достижение определенных показателей<sup>16</sup>. Такой подход, независимо от конкретно используемых методов или критериев, должен быть всеобъемлющим и системным. Цель состоит в определении того, какие сочетания опасностей следует учитывать и какие проектные средства необходимы для реагирования на эти сочетания опасностей. Основания для выбора того или иного сочетания опасностей для дальнейшего рассмотрения, а также для отсеивания сочетаний опасностей должны быть четко определены и задокументированы.

---

<sup>16</sup> Подход, ориентированный на достижение определенных показателей, не предписывает конкретных шагов, которые должны быть предприняты, а определяет желаемый результат и ясные, объективные и измеримые критерии для определения того, достигнут ли этот результат. Могут использоваться различные методы при условии, что достигается желаемый результат.

I.4. В принципе могут быть рассмотрены три типа сочетаний опасностей, которые описываются ниже.

- a) Последовательные (следующие одно за другим) события: исходное событие (например, внешняя или внутренняя опасность) приводит к другому событию (например, внутренней опасности). Примерами могут служить сейсмическое явление и последующий внутренний взрыв, а также внутренний пожар и последующее внутреннее затопление.
- b) Коррелирующие события: два или несколько событий (хотя бы одно из них должно быть внутренней опасностью), которые происходят по общей причине. Общей причиной может быть любое ожидаемое событие, включая внешнюю опасность, либо ей может стать некая непредвиденная закономерность. Два или несколько событий, связанных этой общей причиной, могут произойти одновременно<sup>17</sup>. В качестве примера можно привести цунами как общую причину внешнего затопления, внутреннего затопления и внутреннего пожара как трех потенциальных коррелирующих событий, а также электромагнитные помехи как общую причину отключения станции и внутреннего пожара как двух коррелирующих событий.
- c) Несвязанные (независимые) события: исходное событие (например, внешняя или внутренняя опасность) возникает независимо от внутренней опасности (но одновременно с ней) без какой-либо общей причины. Примерами могут служить внешнее затопление и независимый внутренний взрыв, а также сейсмическое явление и независимый внутренний пожар.

I.5. Последовательность сочетания опасностей должна использоваться для определения нагрузки и размера опасности, продолжительности ее присутствия и последовательности возникновения других опасностей. Для несвязанных (независимых) событий должен применяться процесс идентификации, охватывающий все прогнозируемые независимо возникающие опасности, когда вторая настолько вероятна, что может возникнуть до того, как последствия предыдущей опасности будут полностью ликвидированы. Коррелирующие опасности возникают в результате одного и того же базового отказа или другой общей причины, и их частота обусловлена этой причиной. Последовательные опасности

---

<sup>17</sup> «Одновременно» в данном случае означает не то, что опасности возникают точно в одно и то же время, а то, что вторая опасность возникает до того, как последствия предыдущей опасности будут полностью ликвидированы.

могут возникать с той же частотой, что и первоначальная опасность, либо с меньшей частотой — в зависимости от развития событий, приводящих к последующим опасностям.

I.6. В процессе идентификации опасностей может быть получен длинный список потенциальных сочетаний, в связи с чем необходимо взять на вооружение прагматичные подходы. Хотя могут постулироваться сочетания, включающие две (или даже более) одновременные опасности, следует разработать критерии отбора, чтобы данный список представлял собой правдоподобный и реалистичный набор проблем, с которыми может столкнуться станция. Эти критерии отбора могут быть детерминистическими, вероятностными либо сочетать в себе и то, и другое. При отборе применяются следующие критерии:

- a) сочетание событий неправдоподобно;
- b) сочетание событий, даже будучи правдоподобным, не приведет к условиям, выходящим за рамки допущений, уже сделанных при проектировании.

I.7. Желаемым результатом этого процесса является четкое понимание всех уникальных эффектов от сочетаний опасностей, которые должны быть учтены при проектировании станции. Например, в случае внутреннего затопления, если максимальный уровень затопления в помещении, вызванный падением груза или ударом летящего предмета, превышает допускаемый уровень затопления в результате разрыва трубы, то могут потребоваться дополнительные инженерно-конструкторские меры. С другой стороны, если анализ покажет, что анализ существующей опасности (основанный на разрыве трубы) прогнозирует уровень затопления выше того, который может быть вызван летящим предметом или падением груза, то дополнительных инженерно-конструкторских мер не потребуется.

I.8. Для каждой идентифицированной последовательности сочетания опасностей в анализе должна учитываться также любая порча или повреждение КСЭ, важных для безопасности (в том числе защитных барьеров), под воздействием каждой из различных опасностей. Например, для разрыва трубы, приводящего к возникновению летящих предметов и последующему затоплению, при анализе способности защитного барьера выдерживать гидростатические нагрузки от затопления будет необходимо учесть любые повреждения, вызванные последовательными или одновременными опасностями (например, отказ компонентов, находящихся под давлением, способный привести к биению трубы, образованию

струй и воздействию давления пара на барьеры или другие КСЭ, важные для безопасности).

I.9. При изучении вероятности того или иного сочетания опасностей следует учитывать, что исходная опасность может привести станцию в состояние, при котором вероятность возникновения второй опасности будет выше предполагаемой нормальной частоты ее возникновения.

I.10. Сочетания опасностей могут создавать уникальные проблемы, даже если эти опасности возникают в разных зонах станции или не в одно и то же время. Например, пожар в щитовой может вывести из строя оборудование для изоляции от затопления: это создаст проблему, даже если затопление произойдет в более позднее время или в другом помещении.

I.11. После отбора некоторые сочетания опасностей могут быть выбраны как вероятные, но их все равно будет необходимо оценить в соответствии с конкретными критериями приемлемости.

## Приложение II

### ПОДРОБНЫЕ РУКОВОДЯЩИЕ УКАЗАНИЯ В ОТНОШЕНИИ ВНУТРЕННИХ ПОЖАРОВ

#### АНАЛИЗ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ

II.1. Анализ пожарной опасности должен проводиться на основе детерминистического подхода со следующими допущениями:

- a) пожар постулируется везде, где может постоянно или временно присутствовать горючий материал;
- b) постулируется возникновение только одного пожара в любой конкретный момент времени; последующее распространение огня должно при необходимости рассматриваться как часть этого единичного события;
- c) пожар постулируется независимо от того, в каком нормальном эксплуатационном состоянии находится станция — работе на мощности или в режиме останова.

II.2. При анализе пожарной опасности должны учитываться любые вероятные сочетания пожара и других событий, как указывается в приложении I.

II.3. Одновременные не связанные между собой пожары, возникающие в разных пожарных отсеках, особенно если они происходят на многоблочной площадке, необязательно учитывать при проектировании средств противопожарной защиты; однако возможность распространения огня с одного энергоблока на другой или на другую установку на площадке должна быть принята во внимание при анализе пожарной опасности.

II.4. Анализ пожарной опасности должен иметь перед собой следующие цели:

- a) определение типа и величины, а также местонахождения и распределения пожарной нагрузки (постоянной и временной) и потенциальных источников зажигания в помещении или зоне станции;
- b) идентификацию соответствующих узлов, важных для безопасности, и установление местонахождения отдельных компонентов (например, кабелей управления или силовых кабелей) в пожарных отсеках;

- с) анализ предполагаемого роста и последствий пожара для узлов, важных для безопасности. Следует четко указать допущения и ограничения, применимые к методам анализа;
- d) определение необходимого предела огнестойкости противопожарных преград. В частности, анализ пожарной опасности должен использоваться для определения необходимого предела огнестойкости границ пожарных отсеков;
- е) определение пассивных и активных средств противопожарной защиты, необходимых для обеспечения пожарной безопасности;
- f) выявление случаев, в которых необходимы дополнительные противопожарные преграды или противопожарная защита, в частности при отказах по общей причине, чтобы гарантировать, что необходимые функции узлов, важных для безопасности после пожара, не будут нарушены во время вероятного пожара и после него. Более того, в тех зонах станции, где невозможно устроить пожарные отсеки, анализ пожарной опасности должен использоваться для определения количества пассивных и активных средств защиты, необходимых для разделения пожарных секций (метод воздействия на пожар).

II.5. Следует оценить вторичные эффекты от пожаров и пожаротушения, чтобы убедиться, что они не окажут негативного влияния на безопасность.

II.6. Подробные руководящие указания по проведению анализа пожарной опасности приведены в [20].

II.7. Анализ пожарной опасности должен дополняться вероятностной оценкой пожарной безопасности, которая используется на многих атомных электростанциях для идентификации и ранжирования рисков возникновения пожара. Вероятностная оценка безопасности также может использоваться на стадии проектирования для обоснования принимаемых решений при определении планировки станции и проектировании противопожарных систем на основе детерминистического подхода. Рекомендации по использованию вероятностной оценки безопасности приведены в публикации Серии норм безопасности МАГАТЭ, № SSG-3, «Разработка и применение вероятностной оценки безопасности уровня 1 для атомных электростанций» [21].

## ПРОТИВОПОЖАРНЫЕ ПРЕГРАДЫ

II.8. Общее назначение противопожарных преград на атомных электростанциях — создание границы вокруг некоего пространства (например, пожарного отсека), которая обладает доказанной способностью выдержать и локализовать ожидаемый пожар, не позволяя огню распространиться на материалы или предметы, находящиеся на той стороне противопожарной преграды, которая не вступает в контакт с огнем, или причинить им иной прямой или косвенный ущерб. Предполагается, что противопожарная преграда будет выполнять эту функцию независимо от действий по тушению пожара.

II.9. Огнестойкость противопожарных преград характеризуется устойчивостью, целостностью и изолирующей способностью в условиях пожара. Этим характеристикам соответствуют следующие физические критерии:

- a) механическая прочность;
- b) способность противостоять пламени, горячим газам и легковоспламеняющимся газам;
- c) теплоизолирующая способность, которая считается удовлетворительной, если температура поверхности, не вступающей в контакт с огнем, остается ниже установленного значения (например, 140°C в среднем и 180°C в любой отдельно взятой точке) в течение определенного периода времени.

Следует также убедиться в отсутствии соответствующих выбросов легковоспламеняющихся газов с поверхности, не вступающей в контакт с огнем.

II.10. Противопожарные преграды можно классифицировать по следующим трем эксплуатационным критериям, в зависимости от их конкретной функции и потенциальной роли при пожаре:

- a) несущая способность (устойчивость): способность образца несущего элемента выдерживать тестовую нагрузку, когда это необходимо, без превышения заданных критериев степени деформации, скорости деформации или того и другого одновременно;
- b) целостность: способность образца разделительного элемента локализовать огонь с учетом заданных критериев обрушения и отсутствия отверстий, трещин и разрывов, а также устойчивого

образования пламени на поверхности, не вступающей в контакт с огнем;

- с) изолирующая способность: способность образца разделительного элемента ограничивать рост температуры поверхности, не вступающей в контакт с огнем, уровнями ниже заданных.

П.11. В рамках каждой из категорий, указанных в пункте П.10, классификация компонентов по огнестойкости выражается в виде предела (в минутах или часах), соответствующего периоду времени, в течение которого компоненты продолжают выполнять свои функции, проходя программу тепловых испытаний в соответствии со стандартами Международной организации по стандартизации (см. [22]) или другими соответствующими стандартами.

П.12. В анализе пожарной опасности должны быть указаны конкретные функции (несущая способность, целостность и изолирующая способность) и пределы огнестойкости (например, 90 минут, 120 минут, 180 минут) элементов противопожарных преград (например, стен, потолков, полов, дверей, клапанов, заполнений проемов).

### **Метод локализации пожара**

П.13. Пожарный отсек — это здание или часть здания, которое полностью окружено огнестойкими преградами: всеми стенами, полом и потолком. Предел огнестойкости преград должен быть достаточно высоким, для того чтобы полное сгорание (т.е. полное выгорание) пожарной нагрузки в отсеке могло произойти без нарушения противопожарных преград.

П.14. Резервные узлы, важные для безопасности, следует размещать в отдельных пожарных отсеках, чтобы реализовать принцип разнесения, описанный в разделе 4, и отделить их от высоких пожарных нагрузок и других опасных факторов пожара. Этот предпочтительный метод называется «методом локализации пожара». Удерживание огня внутри пожарного отсека должно предотвратить распространение огня и его (прямых и косвенных) эффектов из одного пожарного отсека в другой и тем самым предотвратить отказ резервных узлов, важных для безопасности. Разделение, обеспечиваемое противопожарными преградами, не должно нарушаться под воздействием пожара и побочных эффектов пожара, а также под воздействием возникающего при пожаре давления на общие элементы здания, такие как инженерные коммуникации и вентиляционные системы.

II.15. Поскольку любой проем в преграде может снизить ее общую эффективность и надежность, количество таких проемов, в частности между разными резервными секциями, должно быть сведено к минимуму. Предел огнестойкости всех устройств для закрытия проходов, таких как двери, воздуховоды, люки, уплотнения вводов труб и кабелей, которые являются частью противопожарной преграды и границы пожарного отсека, должен быть как минимум равен пределу огнестойкости, требуемому для самой противопожарной преграды.

II.16. При использовании метода локализации пожара устанавливать системы пожаротушения, удовлетворяющие требованию 17 и требованиям, изложенным в пункте 5.16 SSR-2/1 (Rev. 1) [1], не требуется (см. также пункты 4.30–4.34). Тем не менее такие средства следует устанавливать там, где существует высокая пожарная нагрузка, определенная по итогам анализа пожарной опасности, чтобы можно было в кратчайший срок локализовать пожар.

II.17. Полномасштабному применению метода локализации пожара во всей конструкции атомной электростанции могут помешать другие проектные требования. Это может произойти, к примеру, в следующих местах:

- a) в таких местах, как гермозона реактора и пункты управления определенных конструкций, где резервные секции систем безопасности могут находиться близко друг к другу в одном пожарном отсеке;
- b) в зонах, где использование конструкций для возведения противопожарных преград может создать неоправданные помехи для выполнения обычных станционных задач, таких как техническое обслуживание станции, доступ к оборудованию и осмотр в процессе эксплуатации.

В зонах, где использовать отдельные пожарные отсеки для разделения узлов, важных для безопасности, невозможно, защита может быть обеспечена за счет размещения этих узлов в отдельных пожарных секциях. Это называется «методом воздействия на пожар». На рис. 1 показано применение метода локализации пожара и метода воздействия на пожар.

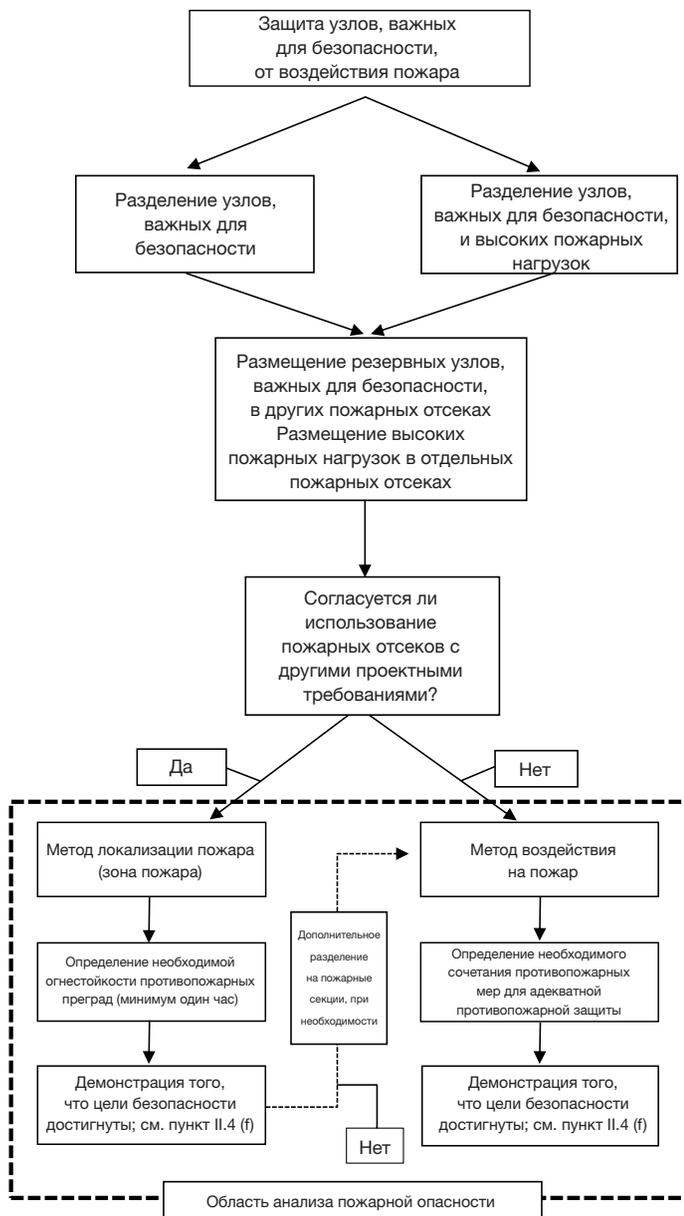


РИС. 1. Применение метода локализации пожара и метода воздействия на пожар.

## Метод воздействия на пожар

П.18. Пожарные секции — это отдельные зоны, в которых размещаются резервные узлы, важные для безопасности. Поскольку пожарные секции могут быть не полностью окружены противопожарными преградами, распространение огня между секциями должно предотвращаться при помощи других средств защиты. К этим средствам относятся:

- a) ограничение количества горючих материалов;
- b) разделение оборудования противопожарным разрывом, в котором отсутствуют горючие материалы;
- c) применение локальных пассивных аттестованных средств противопожарной защиты, таких как противопожарные экраны или кабельные обмотки;
- d) установка систем обнаружения и тушения пожара.

П.19. Для достижения удовлетворительного уровня защиты можно использовать сочетание активных и пассивных средств; например, в анализе пожарной опасности наряду с системой пожаротушения должно быть предусмотрено использование противопожарных преград (стен, потолков, полов, дверей, клапанов, заполнений проемов и кабельных обмоток) и указан их предел огнестойкости.

П.20. Анализ пожарной опасности должен показывать, что принятых мер защиты достаточно для предотвращения выхода из строя резервных узлов, важных для безопасности, которые размещены в отдельных пожарных секциях.

П.21. Если разделение противопожарным разрывом является единственным средством защиты пожарных секций, анализ пожарной опасности должен показывать, что ни лучистый или конвективный тепловой поток, ни побочные эффекты пожара не поставят под угрозу этот разрыв.

## ПУТИ ДОСТУПА И ПУТИ ЭВАКУАЦИИ

П.22. Необходимо предусмотреть адекватные пути доступа и эвакуации персонала с учетом требований национальных строительных норм и правил, противопожарных норм и правил для предотвращения несчастных случаев, а также рекомендаций настоящего Руководства по безопасности. В идеале необходимо предусмотреть как минимум два пути

эвакуации из каждого здания. Для каждого пути должны быть выполнены следующие общие условия:

- a) пути доступа и пути эвакуации должны быть защищены от воздействия пожара и побочных эффектов пожара. К защищенным путям доступа и путям эвакуации относятся лестничные клетки и проходы, ведущие к выходу из здания;
- b) на путях доступа и путях эвакуации не должны складироваться никакие материалы;
- c) в соответствующих местах на путях доступа и путях эвакуации должны быть размещены огнетушители, как того требуют национальные нормы;
- d) пути доступа и пути эвакуации должны иметь четкую и стойкую маркировку и должны быть легко узнаваемы. Маркировка путей доступа и путей эвакуации должна показывать кратчайшие безопасные пути;
- e) на всех лестничных клетках должен быть четко указан уровень или номер этажа;
- f) на путях доступа и путях эвакуации должно быть предусмотрено аварийное освещение;
- g) во всех местах, определенных в анализе опасности (т.е. в анализе пожарной опасности), и на всех путях эвакуации и выходах из здания должны иметься соответствующие средства для подачи сигнала тревоги (например, пункты вызова пожарной охраны);
- h) должна иметься возможность вентиляции путей доступа и эвакуации механическим или другим способом с целью предотвратить скопление дыма и облегчить доступ;
- i) лестничные клетки, служащие путями доступа и путями эвакуации, должны быть свободны от всех горючих материалов. Для того чтобы на лестничной клетке не было дыма, может потребоваться вентиляция с подпором. Рекомендуется предусмотреть возможность удаления дыма из коридоров и помещений, ведущих к лестничным клеткам. В случае высоких, многоэтажных лестничных клеток следует рассмотреть возможность разделения лестничной клетки на секции;
- j) двери, ведущие на лестничные клетки или пути доступа и эвакуации, должны автоматически закрываться и иметь механизм самоблокировки, а также открываться в направлении эвакуации;
- k) должны быть предусмотрены средства, позволяющие быстро эвакуироваться из гермозоны реактора через воздушные шлюзы. Эти меры должны быть адекватными для эвакуации максимального

количества персонала, который, как ожидается, будет присутствовать в периоды технического обслуживания и останова;

- l) для всех путей доступа и путей эвакуации должна быть предусмотрена надежная система связи;
- m) все системы аварийного освещения должны быть постоянно подключены к электросети и снабжены источниками бесперебойного аварийного питания.

## ЗАЩИТА ОТ ВОЗГОРАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ КАБЕЛЕЙ

II.23. Электрические кабели с изоляцией из органических материалов, которые в большом количестве присутствуют на атомных электростанциях, представляют собой крупный источник горючего материала. Влияние возгорания электрических кабелей на узлы, важные для безопасности, должно быть определено в анализе пожарной опасности.

II.24. Для ограничения серьезных последствий возгорания кабелей применяются различные инженерно-конструкторские методы. Среди них можно выделить следующие:

- a) защита электрических цепей от перегрузок и коротких замыканий;
- b) ограничение общего количества горючих материалов, используемых при прокладке кабелей;
- c) снижение относительной горючести изоляции кабелей;
- d) обеспечение противопожарной защиты для ограничения распространения огня;
- e) обеспечение разделения между кабелями резервных секций систем безопасности, а также между силовыми кабелями и кабелями управления.

II.25. Для ограничения серьезных последствий возгорания кабелей должны применяться следующие инженерно-конструкторские методы:

- a) обеспечение противопожарной защиты для ограничения распространения огня;
- b) обеспечение разделения между кабелями резервных секций систем безопасности;
- c) разнесение силовых кабелей и кабелей управления, насколько это практически возможно. Там, где разнесение невозможно, может быть целесообразным их разделение.

П.26. Необходимо следить за тем, чтобы кабели, обслуживающие важные для безопасности узлы, не прокладывались над специально устроенными местами для хранения или другими зонами повышенной пожарной опасности.

### **Контроль возгорания кабелей**

П.27. Следует установить контроль над количеством горючей кабельной изоляции (например, полимерной) на кабельных лотках и внутри кабельных трасс. Этот контроль необходим для того, чтобы пожарная нагрузка не превышала нормированного предела огнестойкости противопожарных преград отсеков, и для минимизации скорости распространения огня по кабельным лоткам. Контроль должен предполагать установление ограничений на количество и размеры кабельных лотков и/или загрузку в них изолирующих материалов и должен соответствовать характеристикам горения используемых кабелей.

### **Огневые испытания кабелей**

П.28. Методы аттестационных испытаний огнестойких электрических кабелей варьируются в зависимости от национальных норм, но крупномасштабные испытания кабелей на распространение пламени часто предполагают поднесение вертикальных или горизонтальных образцов кабеля к горящему источнику зажигания. К числу важных переменных, связанных с огневыми испытаниями кабелей, можно отнести следующие:

- a) общее количество кабелей как источника зажигания;
- b) расположение кабелей, в частности схемы с несколькими кабельными лотками;
- c) устойчивость к воспламенению;
- d) степень распространения огня;
- e) расход воздуха;
- f) теплоизоляция корпуса;
- g) токсичность и коррозионная активность, связанная с дымообразованием.

## **Противопожарная защита кабелей**

П.29. В некоторых обстоятельствах для защиты электрических кабелей от огня следует предусмотреть специальные пассивные меры защиты. К таким мерам относятся:

- а) покрытия кабелей, снижающие вероятность воспламенения и задерживающие распространение пламени;
- б) кабельные обмотки для отделения кабелей от других пожарных нагрузок и от других систем и/или узлов, важных для безопасности;
- в) противопожарные преграды для ограничения распространения пламени.

Поскольку эти меры могут привести к перегреву кабеля и снижению номинальных значений текущей нагрузки, данные факторы должны быть приняты во внимание при выборе используемых материалов.

П.30. Потенциальное воздействие возгорания кабелей можно уменьшить, предусмотрев соответствующее разнесение с использованием метода локализации пожара (см. пункты П.13–П.17).

П.31. В некоторых случаях разделение физическим разрывом, в котором отсутствуют горючие материалы (само по себе или в сочетании с мерами пожарной безопасности), может обеспечить достаточно надежную защиту, для того чтобы исключить повреждение резервных узлов, важных для безопасности, в результате единичного вероятного пожара. Указать какое-либо одно минимальное расстояние, которое обеспечит адекватное безопасное разделение при любых обстоятельствах, не представляется возможным; адекватность разделения должна определяться скорее путем вдумчивого анализа конкретной ситуации.

П.32. Предпочтительным подходом к разделению резервных секций системы безопасности должен быть метод локализации пожара.

## **СИСТЕМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ ПОЖАРА И ПОЖАРНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ**

П.33. Характер систем обнаружения пожара и пожарной сигнализации, их расположение, необходимое время реакции и характеристики извещателей,

включая их диверсификацию, должны определяться анализом пожарной опасности или требованиями к проектированию системы.

П.34. Системы обнаружения пожара и пожарной сигнализации должны передавать на пункт управления информацию о местонахождении и распространении пожара посредством звуковых и визуальных тревожных сигналов. При необходимости в зонах станции, где обычно присутствует персонал, должны быть также установлены местные системы звуковой и визуальной сигнализации. Пожарная сигнализация должна отличаться от других, чтобы ее нельзя было спутать с любой другой сигнализацией на станции.

П.35. Системы обнаружения и сигнализации должны работать на постоянной основе и должны быть снабжены источниками бесперебойного аварийного питания, включая, при необходимости, огнестойкие силовые кабели. Рекомендации по аварийным системам электроснабжения содержатся в SSG-34 [7].

П.36. Отдельные извещатели должны располагаться таким образом, чтобы поток воздуха, вызванный вентиляцией или разницей давлений, что необходимо для борьбы с загрязнением, не приводил к оттоку дыма или тепловой энергии от извещателей и, таким образом, к неоправданной задержке срабатывания сигнализации извещателя. Пожарные извещатели должны также располагаться таким образом, чтобы не допускать подачи ложных сигналов из-за воздушных потоков, возникающих при работе вентиляционной системы. Если это возможно, это должно быть проверено испытанием на месте.

П.37. При выборе и установке оборудования для обнаружения пожара следует учитывать внешнюю среду, в которой будет функционировать это оборудование (например, с точки зрения радиационных полей, влажности, температуры и воздушных потоков). Если условия внешней среды не позволяют разместить извещатели непосредственно в защищаемой зоне (например, из-за повышенных уровней радиации или высоких температур), следует рассмотреть альтернативные методы, такие как отбор проб атмосферного воздуха из защищаемой зоны для анализа удаленными извещателями с автоматическим управлением.

П.38. В отношении проводки для систем обнаружения пожара, систем сигнализации или систем подключения должны приниматься следующие меры:

- a) защита от воздействия огня за счет выбора подходящего типа кабеля, правильной прокладки, петлевой конфигурации или других средств;
- b) защита от механических повреждений;
- c) постоянный контроль целостности и работоспособности.

### **Выбор и расположение извещателей**

П.39. Следует тщательно выбирать типы устанавливаемых пожарных извещателей, а также их расположение и ориентацию, чтобы гарантировать, что извещатели будут надлежащим образом срабатывать в случае пожара. На реакцию пожарных извещателей на распространение пожара влияет множество факторов, в том числе следующие:

- a) интенсивность горения;
- b) скорость изменения интенсивности горения;
- c) характеристики горящих материалов;
- d) высота потолка;
- e) ориентация и расположение извещателей;
- f) расположение стен;
- g) ориентация всех препятствий на пути газового потока;
- h) вентиляция помещения;
- i) характеристики реакции извещателя.

П.40. Необходимо провести анализ, чтобы оценить эффективность выбранного типа и расположения пожарных извещателей.

### **Средства пожаротушения**

#### *Стационарные средства пожаротушения*

П.41. Атомные электростанции должны быть оснащены стационарным оборудованием для пожаротушения. К нему должны относиться средства для ручного пожаротушения, такие как пожарные гидранты и сухотрубы.

П.42. В ходе анализа пожарной опасности должна быть определена необходимость установки автоматических систем пожаротушения, таких

как спринклеры; разбрызгиватели; пеногонные установки, системы тушения тонкораспыленной водой или газом; системы сухого химического тушения. Критерии проектирования систем пожаротушения должны основываться на результатах анализа пожарной опасности, что гарантирует адекватность проектных решений для каждой пожарной опасности, от которой осуществляется защита.

П.43. Системы пожаротушения должны проектироваться и размещаться таким образом, чтобы ни преднамеренное, ни ложное срабатывание этих систем не ставило под угрозу выполнение функций КСЭ, важных для безопасности (в том числе средств безопасности для запроектных условий).

П.44. При проектировании следует учесть возможность ошибок при эксплуатации систем пожаротушения. Следует также учесть влияние выбросов из систем пожаротушения в местах, прилегающих к пожарному отсеку, где начался пожар.

П.45. При выборе типа устанавливаемой системы пожаротушения следует учитывать необходимое время срабатывания, характеристики, определяющие ее способность тушить пожар (например, тепловой удар), а также последствия работы системы для персонала станции и узлов, важных для безопасности, которые установлены в ходе анализа пожарной опасности.

П.46. Вообще говоря, в зонах с высокой пожарной нагрузкой, где существует вероятность значительного разрастания пожара и где необходимо охлаждение, следует отдавать предпочтение системам водяного пожаротушения. В помещениях для разводки кабелей и складских зонах, а также для защиты оборудования, содержащего большое количество масла, например турбогенераторов и трансформаторов с масляным охлаждением, следует использовать автоматические спринклеры, системы тушения тонкораспыленной водой, разбрызгиватели и дренчерные системы, а также пеногонные системы на водяной основе. Системы тушения тонкораспыленной водой и пеногонные установки отличаются большей сложностью. Преимущество систем на основе тонкораспыленной воды состоит в том, что для локализации пожара требуется меньшее количество воды. Системы газового пожаротушения обычно используются в тех местах, где находятся шкафы управления электрооборудованием и другие электротехнические устройства, которые могут быть повреждены водой.

П.47. С точки зрения быстрого приведения в действие и доступности в момент возникновения пожара предпочтительны автоматические

системы пожаротушения. Однако следует предусмотреть возможность ручного приведения в действие автоматических систем. Следует также предусмотреть возможность ручного отключения автоматических систем, чтобы остановить ложный сброс воды или взять под контроль сток воды или другие побочные эффекты.

П.48. Использование одних лишь ручных систем пожаротушения приемлемо только в том случае, если оценка в рамках анализа пожарной опасности покажет, что предполагаемая задержка с приведением в действие ручных устройств не повлечет за собой недопустимо большого ущерба.

П.49. Любая стационарная система пожаротушения, приводимая в действие исключительно вручную, должна быть рассчитана на то, чтобы выдержать воздействие пожара в течение времени, достаточного для ее ручного приведения в действие.

П.50. Все компоненты любой системы электрического включения и электропитания систем пожаротушения, кроме самих устройств обнаружения, должны быть защищены от огня или должны находиться вне пожарных отсеков, защищаемых этими системами. При отказе электропитания должен быть подан тревожный сигнал.

П.51. При вводе в эксплуатацию всех систем пожаротушения обычно требуется провести эксплуатационные испытания — в виде проверки фактического сброса воды либо с помощью эквивалентных методов.

П.52. Чтобы гарантировать, что системы и компоненты противопожарной защиты работают корректно и соответствуют проектным требованиям, должна быть введена официальная программа технического обслуживания, испытаний и инспекций. Дополнительные рекомендации по реализации этой программы приведены в публикации Серии норм безопасности МАГАТЭ, № NS-G-2.1, «Пожарная безопасность при эксплуатации атомных электростанций» [23].

### *Системы водяного пожаротушения*

П.53. Системы водяного пожаротушения должны быть постоянно подключены к надежному и достаточному по объему источнику воды для пожаротушения.

II.54. Автоматические системы водяного пожаротушения включают в себя спринклеры, разбрызгиватели, дренчерные, пеногонные системы и системы тушения тонкораспыленной водой. В зависимости от результатов анализа пожарной опасности автоматическая защита должна быть предусмотрена во всех местах, где выполняется одно из следующих условий:

- a) присутствует высокая пожарная нагрузка;
- b) существует вероятность быстрого распространения огня;
- c) пожар может причинить вред резервным узлам, важным для безопасности;
- d) может возникнуть неприемлемая опасность для пожарных;
- e) неконтролируемый пожар затруднит доступ для пожарных.

II.55. Если анализ пожарной опасности показывает, что одна только вода может оказаться неподходящим средством для успешной нейтрализации опасности (например, в случае ее применения к легковоспламеняющимся жидкостям), следует рассмотреть возможность применения систем, использующих огнетушащую пену.

II.56. В дополнение к ожидаемому воздействию пожара, определенному в ходе анализа пожарной опасности, при проектировании спринклерных систем следует учитывать различные факторы, такие как надлежащий тип и расположение спринклерных головок или распылительных форсунок.

II.57. Составные части водяных систем должны изготавливаться из совместимых материалов, чтобы избежать гальванической коррозии.

II.58. При использовании систем водяного пожаротушения необходимо предусмотреть средства для локализации потенциально загрязненной воды, а также соответствующие водостоки для предотвращения неконтролируемой утечки радиоактивного материала в окружающую среду.

#### *Системы пожарных гидрантов, сухотрубов и рукавов*

II.59. Здания реакторов должны быть оснащены системой пожарных сухотрубов и рукавов (сухие стояки).

II.60. Система пожарных гидрантов реакторного здания должна приводиться в действие на месте или дистанционно.

П.61. Распределительный контур пожарных гидрантов должен адекватно обеспечивать операции по наружному пожаротушению во всех зданиях. Во всех внутренних зонах станции должны быть предусмотрены внутренние сухотрубы с достаточным количеством пожарных рукавов достаточной длины, с соединениями и принадлежностями, соответствующими уровню опасности, если только анализом пожарной опасности не будет должным образом обоснована иная схема.

П.62. Каждый рукав гидранта и сухотруб должны иметь соединения, совместимые с пожарным оборудованием на площадке и за ее пределами.

П.63. В стратегически важных точках по всей территории станции, определенных в анализе пожарной опасности, должны быть размещены соответствующие принадлежности, такие как пожарные рукава, переходники, устройства для смешивания пены и пожарные стволы. Эти принадлежности должны быть совместимы с теми, которыми пользуются внешние службы пожарной охраны.

П.64. Подача воды для пожаротушения в каждое отдельное здание должна обеспечиваться не менее чем двумя независимыми гидрантами. Каждая подводка к зданию должна быть снабжена запорным клапаном с индикатором положения.

#### *Система водоснабжения средств пожаротушения*

П.65. Главный контур системы водоснабжения средств пожаротушения должен быть рассчитан на то, чтобы удовлетворить предполагаемую потребность в воде: см. пункт П.70. Подача воды к средствам пожаротушения должна осуществляться через главный контур таким образом, чтобы вода могла поступать к каждому соединению с двух направлений.

П.66. Необходимо предусмотреть клапаны для изоляции воды в отдельных частях главного контура. Должны быть предусмотрены местные визуальные индикаторы открытого или закрытого положения клапанов. Клапаны в главном контуре должны быть расположены таким образом, чтобы закрытие одного клапана не приводило к полной потере работоспособности системы пожаротушения в любом отдельно взятом пожарном отсеке, если только это не следует из рекомендаций анализа пожарной опасности. Клапаны контура, подающего воду для пожаротушения, должны быть расположены на достаточном расстоянии от источника опасности, защиту от которой они обеспечивают, чтобы не пострадать от пожара в этой зоне.

II.67. Система водоснабжения системы пожаротушения должна использоваться только для нужд пожаротушения. Эта система водоснабжения не должна подключаться к трубопроводам систем технической или санитарной воды, кроме как для использования их в качестве резервного источника воды для пожаротушения или для выполнения функции безопасности, направленной на смягчение последствий аварии. Такие соединения должны быть снабжены запорным клапаном, который блокируется в закрытом положении, или системой контроля положения во время нормальной работы.

II.68. На многоблочной площадке главный контур противопожарного водоснабжения может обслуживать более одного реактора, и для таких установок могут использоваться общие источники водоснабжения.

II.69. На площадках, где для подачи необходимого количества воды требуется использование насосов, пожарные насосы должны отвечать принципам резервирования, неодинаковости и разделения (т.е. с точки зрения противопожарной защиты), чтобы обеспечить адекватную работоспособность в случае отказа оборудования. Пожарные насосы должны иметь независимые системы управления, автоматический пуск и ручное отключение, разные источники питания, обеспечиваемого системой аварийного энергоснабжения станции и независимыми первичными двигателями (см. SSG-34 [7]). На пункте управления должна быть предусмотрена индикация работы насосов, а также сигнализация, указывающая на отключение питания или неисправность пожарных насосов. В зонах, подверженных замерзанию, следует также предусмотреть сигнализацию, указывающую на низкую температуру.

II.70. Система водоснабжения системы пожаротушения должна проектироваться в расчете на максимальный ожидаемый расход воды необходимого напора в течение минимального периода времени, необходимого для локализации пожара. Этот расход, рассчитанный на основе анализа пожарной опасности, должен складываться из максимальной потребности в воде любой стационарной системы пожаротушения и достаточного запаса воды для ручного пожаротушения. При проектировании системы водоснабжения системы пожаротушения следует учитывать минимальное значение напора на самом высоком выходном отверстии на станции. Следует учесть все ситуации, когда необходимо предотвратить замерзание при низких температурах. Следует рассмотреть возможность обогрева трубопроводов или принятия других мер по предотвращению замерзания уязвимых трубопроводов.

II.71. Необходимо предусмотреть два отдельных надежных источника водоснабжения. При наличии только одного источника воды он должен быть достаточно крупным (например, озеро, пруд или река), и необходимо предусмотреть как минимум два независимых водозабора. При наличии только резервуаров для воды следует установить два резервуара, каждый из которых сможет целиком удовлетворить потребность системы в воде. Мощность главного источника водоснабжения станции должна быть достаточно большой, для того чтобы любой из резервуаров можно было пополнить в течение достаточно короткого времени. Должна иметься возможность соединения резервуаров, чтобы насосы могли забирать воду из любого резервуара или из обоих резервуаров одновременно. Должна иметься возможность изоляции каждого резервуара в случае протечки. Резервуары должны быть оснащены патрубками для подключения пожарного насоса.

II.72. Если для нужд противопожарной защиты и в качестве конечного поглотителя тепла используется общий источник водоснабжения, то должны быть выполнены также следующие условия:

- a) необходимый объем воды для противопожарной системы должен быть выделенной частью общего водного запаса;
- b) неисправность или эксплуатация системы противопожарной защиты не должны влиять на подачу воды для конечного поглотителя тепла (или наоборот), в том числе и при сочетаниях событий.

II.73. Если это необходимо, следует принять меры по недопущению засорения спринклеров или их форсунок мусором, биологическими отложениями или продуктами коррозии (например, путем химической обработки, дополнительной фильтрации).

II.74. Необходимо предусмотреть возможность осмотра оборудования для подачи воды, такого как фильтры, концевые соединения, головки спринклеров и распылительные форсунки. Потоки воды должны регулярно проверяться на расход для подтверждения того, что система сохраняет способность выполнять заданные функции в течение всего срока службы станции. Необходимо принять меры предосторожности, чтобы не допустить повреждения электрооборудования водой во время тестирования.

## *Системы газового пожаротушения*

П.75. Системы газового пожаротушения состоят из газового огнетушащего вещества, источника сжатого газа-вытеснителя, соответствующей распределительной сети, выпускных сопел и средств обнаружения и/или приведения в действие. Эти системы могут приводиться в действие вручную в месте возникновения опасности либо дистанционно или автоматически системой обнаружения.

П.76. Газовые огнетушащие вещества обычно называют «чистыми», поскольку они не оставляют следов после применения. Поскольку они также не проводят электричество, их характеристики позволяют использовать их для защиты электрооборудования. Существует несколько типов систем газового пожаротушения, а еще несколько находятся в стадии разработки. Преимущества систем пожаротушения чистыми веществами компенсируются такими недостатками, как необходимость поддерживать концентрацию вещества, сложность систем, их неспособность обеспечивать охлаждение и одноразовый характер работы.

П.77. Системы, работающие на диоксиде углерода, и все прочие газовые системы, которые могут создать опасность для персонала, никогда не должны использоваться для защиты зон, в которых обычно находятся люди.

П.78. Как правило, существует два способа защиты при помощи газовых огнетушащих веществ: локальное применение, когда вещество выпускается в сторону источника опасности или конкретного оборудования, и объемное тушение, когда вещество выпускается в пожарный отсек или внутрь защитного корпуса оборудования, например распределительного устройства. Некоторые огнетушащие вещества непригодны для локального применения.

П.79. При применении систем газового пожаротушения необходимо учитывать нижеследующие соображения.

- a) При определении необходимости использования систем газового пожаротушения следует учитывать тип пожара, возможные химические реакции с другими материалами, воздействие на угольные фильтры, а также токсические и коррозионные характеристики продуктов термического разложения и самих огнетушащих веществ.
- b) Системы газового пожаротушения не следует использовать там, где необходимо охлаждение, например для тушения значительно

разросшегося пожара, в частности в зонах с высокой пожарной нагрузкой, создаваемой материалом электрических кабелей. При использовании газовых огнетушащих веществ следует учитывать возможность повторного воспламенения, если концентрация огнетушащего вещества упадет ниже минимально необходимого уровня, прежде чем остатки горючего материала в достаточной степени остынут.

- с) Общий объем любого газового огнетушащего вещества должен быть достаточно большим для тушения пожара. Обычно это достигается (за исключением галогенизированных веществ) путем его разбавления кислородом. При определении необходимого количества огнетушащего вещества следует учитывать герметичность корпуса, необходимую концентрацию этого вещества для данной опасности, скорость применения и период, в течение которого должна поддерживаться расчетная концентрация.
- d) Чтобы избежать избыточного давления, которое может привести к повреждению конструкции или оборудования, следует оценить последствия роста давления внутри защищенных корпусов, вызванного выбросом газовых огнетушащих веществ, для конструкции этих корпусов и при необходимости предусмотреть безопасный сброс давления. При выборе методов сброса давления необходимо проявлять осторожность, чтобы не перенести избыточное давление или условия внешней среды в зону сброса.
- e) При непосредственной обработке газовыми огнетушащими веществами оборудования, важного для безопасности, следует принять во внимание возможность нанесения повреждений в результате теплового удара. Это может произойти как при локальном ручном применении системы, так и при автоматическом выбросе огнетушащих веществ в шкафы с электрооборудованием. При проектировании необходимо продумать такое расположение форсунок, чтобы не допустить раздувания пламени пожара при начальном выбросе огнетушащего вещества.

П.80. Должны быть приняты соответствующие меры предосторожности для защиты людей, входящих в помещение с опасной атмосферой, которая может возникнуть вследствие непреднамеренной утечки или выброса диоксида углерода или любого другого опасного газа из системы пожаротушения. Такие меры предосторожности включают следующее:

- a) меры по предотвращению утечки диоксида углерода или любого другого опасного огнетушащего газа в опасных концентрациях в прилегающие зоны, где может находиться персонал;

- b) установку устройств для предотвращения автоматического срабатывания системы, когда персонал находится или может находиться в защищаемой зоне;
- c) обеспечение возможности ручного управления системой из-за пределов защищаемой зоны;
- d) подачу непрерывного сигнала тревоги после выброса газа в районе входов в защищаемые помещения, до тех пор пока атмосфера не придет в норму;
- e) непрерывную работу системы обнаружения пожара и пожарной сигнализации, до тех пор пока атмосфера не придет в норму (это может помочь избежать преждевременного повторного входа в помещение, пока огонь еще не погас, и защитить персонал от токсичных газов);
- f) установку средств для вентиляции защищаемых помещений после срабатывания системы газового пожаротушения. Для того чтобы опасная для персонала атмосфера рассеялась и не перешла в другие зоны, часто бывает необходима принудительная вентиляция.

II.81. Метод объемного тушения основан на быстром и равномерном распределении газа по всему заполняемому пространству. Обычно это достигается в течение 10–30 секунд с момента приведения системы в действие благодаря использованию специальных форсунок и системы, разработанной по собственным спецификациям. Быстрое распределение газа особенно важно в тех случаях, когда газовое огнетушащее вещество тяжелее воздуха, для сведения к минимуму стратификации газа в занятом пространстве и его потенциально более быстрой утечки.

#### *Системы порошкового и химического пожаротушения*

II.82. Системы порошкового и химического пожаротушения состоят из запаса порошкового или химического огнетушащего вещества, источника сжатого газа-вытеснителя, соответствующей распределительной сети, выпускных сопел и средств обнаружения и/или приведения в действие. Эти системы могут приводиться в действие вручную в месте возникновения опасности либо дистанционно или автоматически системой обнаружения. Указанные системы обычно используются для борьбы с возгораниями легковоспламеняющихся жидкостей и некоторыми пожарами, связанными с электрооборудованием. Эти огнетушащие вещества не следует использовать на чувствительном электрооборудовании, поскольку их применение обычно имеет коррозионный эффект.

П.83. Выбранный тип порошка или химического вещества должен быть совместим с горючим материалом и/или опасностью. Для борьбы с возгораниями металлов должны использоваться специальные порошки.

П.84. Следует внимательно отнестись к использованию порошковых систем в потенциально загрязненных зонах, поскольку дезактивация после их применения может быть затруднена из-за остатков загрязненного порошка. Следует также принять в расчет последующее засорение фильтров (например, фильтров вентиляционной системы).

П.85. Следует учесть возможные негативные последствия использования сухих порошков в сочетании с другими системами пожаротушения, например пенного пожаротушения; некоторые сочетания использовать не следует.

П.86. Поскольку сухие порошки не обеспечивают охлаждения и инертной атмосферы и лишь минимально локализуют опасность, следует принять меры предосторожности, чтобы не допустить повторного возгорания или уменьшить его вероятность.

П.87. Системы порошкового пожаротушения сложны в обслуживании. Необходимо принять меры предосторожности, чтобы порошок не спрессовался в контейнере для хранения и чтобы во время выброса вещества не засорились форсунки.

#### *Переносные и мобильные средства пожаротушения*

П.88. При необходимости для ручного пожаротушения силами стационарного персонала и внешних пожарных расчетов должно быть предусмотрено использование переносных и мобильных огнетушителей подходящего типа и размера для нейтрализации опасностей, от которых они призваны защитить. Вся территория станции должна быть оснащена достаточным количеством переносных и мобильных огнетушителей соответствующего типа, а также запасными частями или устройствами для перезарядки.

П.89. Огнетушители должны быть размещены вблизи мест расположения пожарных рукавов и вдоль путей доступа и эвакуации из пожарных отсеков. Все места расположения огнетушителей должны быть четко обозначены.

П.90. Следует учесть возможные негативные последствия использования огнетушителей, например необходимость уборки после использования порошковых огнетушителей.

П.91. В зонах станции, где существуют потенциальные опасности, связанные с легковоспламеняющимися жидкостями, должны иметься в наличии пенообразующий состав для пожаротушения и переносное оборудование, пригодное для нейтрализации данной опасности.

П.92. Переносные и мобильные огнетушители, заполненные водой или пенным раствором, и другие огнетушащие вещества, обладающие способностью замедлять нейтроны, не должны использоваться в местах, где хранится ядерное топливо, осуществляется обращение с ним или его транзит, если только оценка опасности по критичности не подтверждает, что это безопасно.

#### *Средства ручного пожаротушения*

П.93. Ручное пожаротушение — важная часть стратегии глубокоэшелонированной противопожарной защиты. Степень зависимости от служб пожарной охраны на площадке и за ее пределами должна быть определена на стадии проектирования. Необходимый арсенал средств ручного пожаротушения будет определяться местоположением площадки и временем реагирования служб пожарной охраны за пределами площадки. Рекомендации в отношении средств ручного пожаротушения приведены в NS-G-2.1 [23].

П.94. Проектом станции должен быть предусмотрен доступ пожарных команд и подразделений пожарной охраны, работающих вне площадки, на тяжелых транспортных средствах.

П.95. Во всех пожарных отсеках должно иметься подходящее аварийное освещение и средства связи для проведения операций по ручному пожаротушению. Они должны быть всегда готовы к работе и подключены к источникам бесперебойного аварийного питания.

П.96. На заранее выбранных станциях должна быть установлена проводная система аварийной связи с надежным источником питания: см. SSG-62 [12].

П.97. На пункте управления и в отдельных местах по всей территории станции должны быть предусмотрены альтернативные средства связи,

такие как приемопередающие радиостанции. Кроме того, портативные приемопередающие радиостанции должны иметься у сил пожарной охраны.

П.98. В соответствующих местах должны иметься в наличии автономные дыхательные аппараты, включая запасные баллоны и устройства для их заправки, для использования персоналом, прошедшим надлежащий инструктаж.

П.99. Насколько это практически возможно, расположение станционного оборудования и мест его хранения на станции должно быть спланировано таким образом, чтобы эти места были доступны для пожаротушения.

П.100. Для мест, где находятся узлы, важные для безопасности, должны быть разработаны детальные стратегии пожаротушения.

#### *Средства для отвода дыма и тепла*

П.101. Необходимо выполнить оценку для определения необходимости удаления дыма и тепла, в том числе потребности в специальных системах отвода дыма и тепла, чтобы локализовать продукты горения и предотвратить распространение дыма, снизить температуру и облегчить ручное пожаротушение.

П.102. При проектировании системы отвода дыма и тепла необходимо учитывать следующие критерии: пожарную нагрузку, характер распространения дыма, видимость, токсичность, доступ сил пожарной охраны, тип используемых стационарных систем пожаротушения и радиологические аспекты.

П.103. Необходимая мощность системы отвода дыма и тепла должна определяться на основе оценок объема дыма и тепла, выделяемого в результате постулируемого пожара, для данного пожарного отсека. Средства для отвода дыма и тепла должны иметься в следующих местах:

- a) зонах с высокой пожарной нагрузкой ввиду присутствия электрических кабелей;
- b) зонах с высокой пожарной нагрузкой ввиду присутствия легковоспламеняющихся жидкостей;
- c) зонах с узлами, важными для безопасности (включая средства безопасности для запроектных условий), в которых обычно

находится эксплуатационный персонал (например, на блочном пункте управления).

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- [1] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Безопасность атомных электростанций: проектирование, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № SSR-2/1 (Rev. 1), МАГАТЭ, Вена (2016).
- [2] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Глоссарий МАГАТЭ по вопросам безопасности: терминология, используемая в области ядерной безопасности и радиационной защиты, издание 2018 года, МАГАТЭ, Вена (2023).
- [3] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Рекомендации по физической ядерной безопасности, касающиеся физической защиты ядерных материалов и ядерных установок (INFCIRC/225/Revision 5), Серия изданий МАГАТЭ по физической ядерной безопасности, № 13, МАГАТЭ, Вена (2012).
- [4] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Классификация конструкций, систем и элементов атомных электростанций по безопасности, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № SSG-30, МАГАТЭ, Вена (2023).
- [5] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Детерминистический анализ безопасности атомных электростанций, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № SSG-2 (Rev. 1), МАГАТЭ, Вена (2023).
- [6] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Проектирование систем контроля и управления для атомных электростанций, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № SSG-39, МАГАТЭ, Вена (2018).
- [7] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Design of Electrical Power Systems for Nuclear Power Plants, IAEA Safety Standards Series No. SSG-34, IAEA, Vienna (2016).
- [8] AFCEN, EPR Technical Code for Fire Protection, ETC-F 2013, AFCEN, Paris (2013).
- [9] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Design of the Reactor Coolant System and Associated Systems for Nuclear Power Plants, IAEA Safety Standards Series No. SSG-56, IAEA, Vienna (2020).
- [10] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Design of the Reactor Containment and Associated Systems for Nuclear Power Plants, IAEA Safety Standards Series No. SSG-53, IAEA, Vienna (2019).
- [11] NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, Standard Review Plan: Branch Technical Position 3-4 — Postulated Rupture Locations in Fluid System Piping Inside and Outside Containment, Rep. NUREG-0800, USNRC, Washington, DC (2007).
- [12] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Design of Auxiliary Systems and Supporting Systems for Nuclear Power Plants, IAEA Safety Standards Series No. SSG-62, IAEA, Vienna (2020).
- [13] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Design of Fuel Handling and Storage Systems for Nuclear Power Plants, IAEA Safety Standards Series No. SSG-63, IAEA, Vienna (2020).

- [14] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Seismic Design for Nuclear Installations, IAEA Safety Standards Series No. SSG-67, IAEA, Vienna (в стадии подготовки).
- [15] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Maintenance, Testing, Surveillance and Inspection in Nuclear Power Plants, IAEA Safety Standards Series No. SSG-74, IAEA, Vienna (в стадии подготовки).
- [16] AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS, Rules for Construction of Overhead and Gantry Cranes (Top Running Bridge, Multiple Girder), ASME NOG-1, ASME, New York (2015).
- [17] NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, Single-Failure-Proof Cranes for Nuclear Power Plants, Rep. NUREG-0554, Office of Standards Development, Washington, DC (1979).
- [18] NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, Control of Heavy Loads at Nuclear Power Plants, Rep. NUREG-0612, Office of Nuclear Reactor Regulation, Washington, DC (1980).
- [19] BUNDESAMT FÜR STRAHLENSCHUTZ, Design of Lifting Equipment in Nuclear Power Plants, KTA Safety Standard KTA 3902 (2012-11 – corrected version 2014-04-08), KTA Geschäftsstelle, Bundesamt für Strahlenschutz, Salzgitter, Germany (2012).
- [20] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Preparation of Fire Hazard Analyses for Nuclear Power Plants, Safety Reports Series No. 8, IAEA, Vienna (1998).
- [21] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Разработка и применение вероятностной оценки безопасности уровня 1 для атомных электростанций, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № SSG-3, МАГАТЭ, Вена (2014).
- [22] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, Classification of Fires, ISO 3941:2007, ISO, Geneva (2007).
- [23] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Пожарная безопасность при эксплуатации атомных электростанций, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № NS-G-2.1, МАГАТЭ, Вена (2004). (Готовится к изданию новая редакция этой публикации.)

## СОСТАВИТЕЛИ И РЕЦЕНЗЕНТЫ

Amri, A.	Международное агентство по атомной энергии
Bae, Y.B.	Корейский институт ядерной безопасности, Республика Корея
Berg, P.-H.	Федеральное управление по безопасности обращения с ядерными отходами (BfE), Германия
Bouscasse, M.	Институт радиационной защиты и ядерной безопасности, Франция
Eguchi, H.	Управление по ядерному регулированию, Япония
Fong, C.J.	Комиссия по ядерному регулированию, Соединенные Штаты Америки
Gajdos, M.	Международное агентство по атомной энергии
Kasahara, F.	Управление по ядерному регулированию, Япония
Katona, T.J.	«МВМ Атомная электростанция "Пакш", лтд.», Венгрия
Röwekamp, M.	«Гезельшафт фюр анлаген унд реакторзихерхайт мбх», Германия
Williams, G.	Управление по ядерному регулированию, Соединенное Королевство





# IAEA

Международное агентство по атомной энергии

№ 27

## ЗАКАЗ ПУБЛИКАЦИЙ В СТРАНАХ

Платные публикации МАГАТЭ можно приобрести у нашего основного дистрибьютора или в крупных книжных магазинах. Заказы на бесплатные публикации следует направлять непосредственно в МАГАТЭ.

### Заказы на платные публикации

Просьба связаться с местным поставщиком по вашему выбору либо нашим основным дистрибьютором:

#### **Eurospan**

1 Bedford Row  
London WC1R 4BU  
United Kingdom

#### **Торговые заказы и справочная информация:**

Тел.: +44 (0)1235 465576  
Эл. почта: [trade.orders@marston.co.uk](mailto:trade.orders@marston.co.uk)

#### **Индивидуальные заказы:**

Тел.: +44 (0)1235 465577  
Эл. почта: [direct.orders@marston.co.uk](mailto:direct.orders@marston.co.uk)  
[www.eurospanbookstore.com/iaea](http://www.eurospanbookstore.com/iaea)

#### **Дополнительная информация:**

Тел.: +44 (0) 207 240 0856  
Эл. почта: [info@eurospan.co.uk](mailto:info@eurospan.co.uk)  
[www.eurospan.co.uk](http://www.eurospan.co.uk)

### Заказы на платные и бесплатные публикации можно направлять напрямую по адресу:

Издательская секция (Publishing Section)  
Международное агентство по атомной энергии  
Vienna International Centre  
PO Box 100  
1400 Vienna, Austria  
Телефон: +43 1 2600 22529 или 22530  
Эл. почта: [sales.publications@iaea.org](mailto:sales.publications@iaea.org)  
<https://www.iaea.org/ru/publikacii>





**Обеспечение безопасности с помощью международных норм**

**МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ  
ВЕНА**