

СЕРИЯ НОРМ МАГАТЭ ПО БЕЗОПАСНОСТИ

Проектирование
систем для
обращения с
топливом и его
хранения на атомных
электростанциях

РУКОВОДСТВА

№ NS-G-1.4



IAEA

Международное агентство по атомной энергии

ПУБЛИКАЦИИ МАГАТЭ ПО ВОПРОСАМ БЕЗОПАСНОСТИ

НОРМЫ БЕЗОПАСНОСТИ МАГАТЭ

В соответствии со статьей III своего Устава Агентство 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 МАГАТЭ по безопасности**. Эта серия охватывает вопросы ядерной безопасности, радиационной безопасности, безопасности перевозок, безопасности отходов, а также общей безопасности (т.е. все эти области безопасности). Категории публикаций в этой серии – это **Основы безопасности, Требования безопасности и Руководства по безопасности**.

Нормы безопасности обозначаются в соответствии со сферой их применения: ядерная безопасность (NS), радиационная безопасность (RS), безопасность перевозки (TS), безопасность отходов (WS) и общая безопасность (GS).

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

<http://www-ns.iaea.org/standards/>

На этом сайте содержатся тексты опубликованных норм безопасности и проектов норм безопасности на английском языке. Тексты норм безопасности выпускаются на арабском, китайском, испанском, русском и французском языках, там также можно найти глоссарий МАГАТЭ по вопросам безопасности и отчет о положении дел с нормами безопасности, находящимися в стадии разработки. Для получения дополнительной информации просьба обращаться по адресу: P.O. Box 100, Wagramerstrasse 5, A-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, что они по-прежнему отвечают потребностям пользователей. Эта информация может быть направлена через интернет-сайт МАГАТЭ или по почте (см. адрес выше), или по электронной почте по адресу Official.Mail@iaea.org.

ДРУГИЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ВОПРОСАМ БЕЗОПАСНОСТИ

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 и защиты в ядерной деятельности выпускаются в другой серии публикаций, в частности, в **Серии докладов по безопасности**. В Докладах по безопасности приводятся практические примеры и подробные описания методов, которые могут использоваться в поддержку норм безопасности. К другим сериям публикаций МАГАТЭ по вопросам безопасности относятся **Серия обеспечения применения норм безопасности, Серия докладов по радиологическим оценкам и Серия ИНСАГ** Международной группы по ядерной безопасности. МАГАТЭ выпускает также доклады по радиационным авариям и другие специальные публикации.

Публикации по вопросам безопасности выпускаются также в **Серии технических докладов - Серия ТЕСДОС МАГАТЭ, Серии учебных курсов и Серии услуг МАГАТЭ**, а также в качестве **Практических руководств по радиационной безопасности и Практических технических руководств по излучениям**. Публикации по вопросам физической безопасности выпускаются в **Серии МАГАТЭ по физической ядерной безопасности**.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ ДЛЯ
ОБРАЩЕНИЯ С ТОПЛИВОМ И ЕГО
ХРАНЕНИЯ НА АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ

Членами Международного агентства по атомной энергии являются следующие государства:

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

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

Серия изданий по безопасности, № NS-G-1.4

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ ДЛЯ
ОБРАЩЕНИЯ С ТОПЛИВОМ И ЕГО
ХРАНЕНИЯ НА АТОМНЫХ
ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ

Руководство по безопасности

МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ
ВЕНА, 2005 ГОД

УВЕДОМЛЕНИЕ ОБ АВТОРСКОМ ПРАВЕ

Все научные и технические публикации МАГАТЭ защищены в соответствии с положениями Всемирной конвенции об авторском праве в том виде, как она была принята в 1952 году (Берн) и пересмотрена в 1972 году (Париж). С тех пор авторские права были распространены Всемирной организацией интеллектуальной собственности (Женева) также на интеллектуальную собственность в электронной (на дискетах и компакт-дисках) и виртуальной (веб-сайты и веб-порталы) форме. Для полного или частичного использования текстов, содержащихся в печатных или электронных публикациях МАГАТЭ, должно быть получено разрешение, которое обычно является предметом соглашений о роялти. Предложения о некоммерческом воспроизведении и переводе приветствуются и будут рассматриваться в каждом отдельном случае. Вопросы следует направлять по эл. почте в Издательскую секцию МАГАТЭ по адресу sales.publications@iaea.org или по почте:

Группа продажи и рекламы, Издательская секция
Международное агентство по атомной энергии
Wagramer Strasse 5
P.O. Box 100
A-1400 Vienna
Austria
fax: +43 1 2600 29302
tel.: +43 1 2600 22417
<http://www.iaea.org/books>

© МАГАТЭ, 2005

Напечатано МАГАТЭ в Австрии
Декабрь 2005

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ ДЛЯ ОБРАЩЕНИЯ С ТОПЛИВОМ
И ЕГО ХРАНЕНИЯ НА АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ

МАГАТЭ, ВЕНА, 2005
STI/PUB/1156
ISBN 92-0-410805-3
ISSN 1020-5845

ПРЕДИСЛОВИЕ

Мохамед ЭльБарадей
Генеральный директор

Устав МАГАТЭ уполномочивает Агентство устанавливать нормы безопасности для охраны здоровья и сведения к минимуму опасности для жизни и имущества – нормы, которые МАГАТЭ должно использовать в своей собственной работе и которые государства могут применять посредством их включения в свои регулирующие положения в области ядерной и радиационной безопасности. Всеобъемлющий комплект регулярно пересматриваемых норм безопасности наряду с помощью МАГАТЭ в их применении стал ключевым элементом глобального режима безопасности.

В середине 90-х годов было начато осуществление существенного пересмотра программы норм безопасности МАГАТЭ, была введена пересмотренная структура комитета по надзору и принят системный подход к обновлению всего свода норм. В результате этого новые нормы отвечают наивысшим требованиям и воплощают наилучшую практику в государствах-членах. С помощью Комиссии по нормам безопасности МАГАТЭ проводит работу с целью содействия глобальному признанию и использованию своих норм безопасности.

Однако нормы безопасности эффективны лишь тогда, когда они правильно применяются на практике. Широкий круг услуг МАГАТЭ в области безопасности - от вопросов инженерной безопасности, эксплуатационной безопасности, радиационной безопасности, безопасности перевозки и безопасности отходов до вопросов регулирования и культуры безопасности в организациях - содействует государствам-членам в применении этих норм и оценке их эффективности. Эти услуги в области безопасности позволяют обмениваться ценной информацией, и я по-прежнему призываю все государства-члены пользоваться ими.

Ответственность за регулирование ядерной и радиационной безопасности несут сами страны, и многие государства-члены приняли решение принять нормы безопасности МАГАТЭ в целях их использования в своих национальных регулирующих положениях. Для Договаривающихся сторон различных международных конвенций о безопасности нормы МАГАТЭ являются последовательным и надежным средством обеспечения эффективного выполнения обязательств в соответствии с конвенциями. Эти нормы также применяются проектировщиками, изготовителями оборудования и операторами во всем мире с целью повышения ядерной и радиационной безопасности в областях энергопроизводства, медицины, промышленности, сельского хозяйства, научных исследований и образования.

МАГАТЭ весьма серьезно относится к долговременной задаче, стоящей перед всеми пользователями и регулирующими органами, - обеспечить высокий уровень безопасности при использовании ядерных материалов и источников излучения во всем мире. Их дальнейшее использование на благо человечества должно осуществляться безопасным образом, и нормы безопасности МАГАТЭ предназначены для содействия достижению этой цели.

НОРМЫ БЕЗОПАСНОСТИ МАГАТЭ

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПОСРЕДСТВОМ МЕЖДУНАРОДНЫХ НОРМ

Хотя обеспечение безопасности является национальной ответственностью, международные нормы и подходы к обеспечению безопасности содействуют достижению общей согласованности, помогают обеспечивать уверенность в том, что ядерные и радиационные технологии используются безопасно, а также способствуют международному техническому сотрудничеству и торговле.

Нормы также обеспечивают поддержку государствам в выполнении их международных обязательств. Одно общее международное обязательство - это то, что государство не должно осуществлять деятельность, которая причиняет ущерб в другом государстве. Более конкретные обязательства, возложенные на договаривающиеся государства, изложены в международных конвенциях, касающихся безопасности. Согласованные на международном уровне нормы безопасности МАГАТЭ обеспечивают для государств основу подтверждения того, что они выполняют эти обязательства.

НОРМЫ МАГАТЭ

Нормы безопасности МАГАТЭ закреплены в Уставе МАГАТЭ, который уполномочивает Агентство устанавливать нормы безопасности для ядерных и радиационных установок и деятельности и обеспечивать применение этих норм.

Нормы безопасности отражают международный консенсус в отношении того, что составляет высокий уровень безопасности для защиты людей и охраны окружающей среды.

Они выпускаются в Серии норм безопасности МАГАТЭ, состоящей из трех категорий:

Основы безопасности

—содержащие цели, концепции и принципы обеспечения защиты и безопасности и служащие основой для требований безопасности.

Требования безопасности

—устанавливающие требования, которые должны выполняться с целью обеспечения защиты людей и охраны окружающей среды в настоящее

время и в будущем. Эти требования, для выражения которых применяется формулировка “должен, должна, должно, должны”, определяются целями, концепциями и принципами, изложенными в Основах безопасности. Если они не выполняются, то должны быть приняты меры для достижения или восстановления требуемого уровня безопасности. В Требованиях безопасности используется язык нормативных документов, что позволяет включать их в национальные законы и регулирующие положения.

Руководства по безопасности

—предоставляющие рекомендации и руководящие материалы по соблюдению Требований безопасности. Рекомендации в Руководствах по безопасности формулируются с применением глагола “следует”. Рекомендуются принимать указанные в них меры или эквивалентные альтернативные меры. В Руководствах по безопасности представлена международная образцовая практика, и во все большей степени они отражают наилучшую практику с целью помочь пользователям, стремящимся достичь высоких уровней безопасности. Каждая публикация по Требованиям безопасности дополняется рядом Руководств по безопасности, которые могут использоваться при разработке национальных регулирующих руководств.

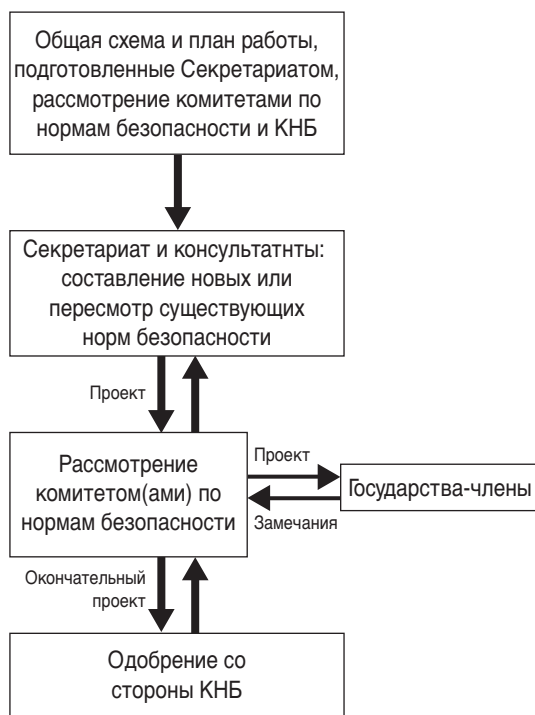
Нормы безопасности МАГАТЭ необходимо дополнять промышленными стандартами, и для достижения их полной эффективности они должны применяться в рамках соответствующих национальных регулирующих инфраструктур. МАГАТЭ выпускает широкий круг технических публикаций для помощи государствам в разработке этих государственных стандартов и в развитии инфраструктур.

ОСНОВНЫЕ ПОЛЬЗОВАТЕЛИ НОРМ

Помимо регулирующих органов и правительственных учреждений, органов и организаций, эти нормы используют компетентные органы и эксплуатирующие организации в ядерной отрасли, организации, которые проектируют, изготавливают и применяют ядерное и радиационное технологическое оборудование, в том числе организации, эксплуатирующие установки различных типов, пользователи и другие лица, работающие с излучениями и радиоактивными материалами в сфере медицины, промышленности, сельского хозяйства, научных исследований и образования, а также инженеры, ученые, техники и другие специалисты. Эти нормы используются МАГАТЭ в проводимых им расследованиях безопасности и для разработки образовательных и учебных курсов.

ПРОЦЕСС РАЗРАБОТКИ НОРМ

Подготовкой и рассмотрением норм безопасности занимаются Секретариат МАГАТЭ и четыре комитета по нормам безопасности в таких областях, как ядерная безопасность (НУССК), радиационная безопасность (РАССК), безопасность радиоактивных отходов (ВАССК) и безопасная перевозка радиоактивных материалов (ТРАНССК), и Комиссия по нормам безопасности (КНБ), которая осуществляет надзор за всей программой по нормам безопасности. Все государства - члены МАГАТЭ могут назначать экспертов в комитеты по нормам безопасности и представлять замечания по проектам норм. Члены КНБ назначаются Генеральным директором, и в его состав входят старшие правительственные должностные лица, несущие ответственность за установление национальных норм.



Процесс разработки новых норм безопасности или пересмотр существующих норм.

Одобренные Комиссией проекты Основ безопасности и Требований безопасности представляются Совету управляющих МАГАТЭ для утверждения их опубликования. Руководства по безопасности публикуются после утверждения Генеральным директором.

Благодаря этому процессу нормы отражают согласованное мнение государств - членов МАГАТЭ. При разработке норм принимаются во внимание 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 разрабатываются в сотрудничестве с другими органами системы Организации Объединенных Наций или другими специализированными учреждениями, включая Продовольственную и сельскохозяйственную организацию Объединенных Наций, Международную организацию труда, Агентство по ядерной энергии ОЭСР, Панамериканскую организацию здравоохранения и Всемирную организацию здравоохранения.

Нормы безопасности постоянно обновляются: через пять лет после публикации они вновь рассматриваются, с тем чтобы определить необходимость их пересмотра.

ПРИМЕНЕНИЕ И СФЕРА ДЕЙСТВИЯ НОРМ

Согласно Уставу МАГАТЭ нормы безопасности являются обязательными для МАГАТЭ в отношении его собственной работы и для государств в отношении операций, в которых МАГАТЭ оказывает помощь. Любое государство, желающее вступить в соглашение с МАГАТЭ, касающееся любой формы помощи Агентства, должно выполнять требования норм безопасности, которые относятся к деятельности, охватываемой соглашением.

Международные конвенции также содержат требования, аналогичные тем, которые имеются в нормах безопасности, и делают их обязательными для договаривающихся сторон. Основы безопасности использовались в качестве основы для разработки Конвенции о ядерной безопасности и Объединенной конвенции о безопасности обращения с отработавшим топливом и о безопасности обращения с радиоактивными отходами. Требования безопасности по готовности и реагированию в случае ядерной или радиационной аварийной ситуации отражают обязательства, возлагаемые на государства в соответствии с Конвенцией об оперативном оповещении о ядерной аварии и Конвенцией о помощи в случае ядерной аварии или радиационной аварийной ситуации.

Нормы безопасности, включенные в национальное законодательство и регулирующие положения и дополненные международными конвенциями и

детальными национальными требованиями, устанавливают основу для защиты людей и охраны окружающей среды. Однако имеются также особые аспекты безопасности, которые необходимо оценивать по отдельности на национальном уровне. Например, многие нормы безопасности, особенно те из них, которые охватывают аспекты планирования или разработки мер по обеспечению безопасности, прежде всего предназначаются для применения к новым установкам и видам деятельности. Требования и рекомендации, изложенные в нормах безопасности МАГАТЭ, не могут полностью соблюдаться на некоторых установках, построенных в соответствии с принятыми ранее нормами. Вопрос о том, как нормы безопасности должны применяться на таких установках, решают сами государства.

ТОЛКОВАНИЕ ТЕКСТА

Формулировка “должен, должна, должно, должны” используется в нормах безопасности при установлении международного консенсуса в отношении требований, обязанностей и обязательств. Многие требования не адресованы конкретной стороне, вследствие чего соответствующая сторона или стороны должны отвечать за их выполнение. В рекомендациях используется формулировка “следует”, указывающая на международный консенсус в этом отношении и означающая, что для выполнения требований необходимо принимать рекомендуемые (или эквивалентные альтернативные) меры.

В английском варианте текста относящиеся к безопасности термины должны толковаться в соответствии с их определениями в глоссарии МАГАТЭ по безопасности (<http://www-ns.iaea.org/standards/safety-glossary.htm>); в других случаях слова используются с написанием и приданными им значениями, приведенными в последнем издании Краткого оксфордского словаря английского языка. В отношении Руководств по безопасности английский вариант текста является официальной версией.

История вопроса и контекст каждой нормы в Серии норм безопасности, а также их цель, сфера действия и структура объясняются в разделе 1, Введение, каждой публикации.

Материал, который нецелесообразно помещать в рамках основного текста (т.е. материал, который является вспомогательным или идет отдельно от основного текста, включается в поддержку формулировок основного текста или описывает методы расчетов, процедуры экспериментов или пределы и условия), может быть представлен в добавлениях или приложениях.

Добавление, если оно включено, рассматривается в качестве неотъемлемой части норм. Материал в добавлении имеет такой же статус, как 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. Приложение не является неотъемлемой частью основного текста. Материал в приложениях, опубликованный МАГАТЭ, не обязательно выпускается в качестве его авторского материала; в приложениях может быть представлен материал, опубликованный в нормах, имеющих другое авторство. Посторонний материал в приложениях по мере необходимости публикуется в виде выдержек и адаптируется, с тем чтобы в целом быть полезным.

СОДЕРЖАНИЕ

1.	ВВЕДЕНИЕ	1
	Общие сведения (1.1–1.2)	1
	Цели (1.3–1.4)	1
	Сфера применения (1.5–1.8)	1
	Структура (1.9)	3
2.	СИСТЕМЫ ДЛЯ ОБРАЩЕНИЯ С ТОПЛИВОМ И ЕГО ХРАНЕНИЯ И ИХ ФУНКЦИИ	3
	Общие положения (2.1–2.3)	3
	Свежее топливо (2.4–2.5)	4
	Облученное топливо (2.6–2.7)	5
3.	ОБЩАЯ ОСНОВА ПРОЕКТА	6
	Общие соображения (3.1–3.3)	6
	Эксплуатационные состояния (3.4–3.5)	7
	Постулируемые исходные события (3.6–3.20)	7
	Проектные аварии (3.21)	11
	Прочие соображения (3.22–3.39)	11
4.	СИСТЕМЫ ДЛЯ ОБРАЩЕНИЯ СО СВЕЖИМ ТОПЛИВО И ЕГО ХРАНЕНИЯ	15
	Общие положения (4.1–4.3)	15
	Проектирование систем (4.4–4.23)	15
	Оборудование (4.24–4.43)	19
	Вспомогательные системы (4.44–4.47)	23
	Операции по обращению с топливом (4.48–4.50)	24
5.	СИСТЕМЫ ДЛЯ ОБРАЩЕНИЯ С ОБЛУЧЕННЫМ ТОПЛИВОМ И ДРУГИМИ КОМПОНЕНТАМИ АКТИВНОЙ ЗОНЫ И ИХ ХРАНЕНИЯ	25
	Общие положения (5.1–5.8)	25
	Проектирование систем (5.9–5.45)	26
	Оборудование (5.46–5.57)	35

Вспомогательные системы (5.58–5.66)	38
Эксплуатация (5.67–5.73)	40
Меры предосторожности при разработке и восстановления облученного топлива (5.74–5.77)	41
Меры предосторожности в отношении поврежденного топлива (5.78–5.79)	42
Обращение с другими облученными компонентами и их хранение (5.80–5.87)	42
6. ОБРАЩЕНИЕ С ТОПЛИВНЫМИ КОНТЕЙНЕРАМИ	44
Проектирование обращения с топливными контейнерами (6.1–6.6)	44
Оборудование для обращения с топливными контейнерами (6.7–6.10)	46
Операции по обращению (6.11–6.12)	47
7. ОБРАЩЕНИЕ С ТОПЛИВОМ НА ПЛОЩАДКЕ С НЕСКОЛЬКИМИ РЕАКТОРАМИ (7.1–7.4)	47
8. ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА И ДОКУМЕНТАЦИЯ	48
Обеспечение качества (8.1–8.2)	48
Идентификация, местонахождение и перемещение топливных сборок и других компонентов активной зоны (8.3–8.4)	48
СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ	50
ПРИЛОЖЕНИЕ: БЛОК-СХЕМЫ ТИПОВЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ОБРАЩЕНИЯ С ОБЛУЧЕННЫМ ТОПЛИВОМ И ЕГО ХРАНЕНИЯ	51
СОСТАВИТЕЛИ И РЕЦЕНЗЕНТЫ	55
ОРГАНЫ, УЧАСТВУЮЩИЕ В ОДОБРЕНИИ НОРМ БЕЗОПАСНОСТИ	57

1. ВВЕДЕНИЕ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1.1. Данное Руководство по безопасности разработано в рамках программы МАГАТЭ по нормам безопасности для АЭС. Оно представляет собой пересмотренную версию Руководства по безопасности Системы обращения с топливом и его хранения на АЭС (Серия изданий по безопасности № 50-SG-D10), изданного в 1984 году. В нем содержатся рекомендации по выполнению требований по безопасности АЭС, установленных в публикации МАГАТЭ из серии требований безопасности "Безопасность атомных электростанций: проектирование" [1].

1.2. Данное руководство по безопасности связано с тремя более ранними публикациями по хранению отработавшего топлива: "Проектирование установок для хранения отработавшего топлива" [2], "Эксплуатация установок для хранения отработавшего топлива" [3] и "Оценка безопасности установок для хранения отработавшего топлива" [4]. Многие руководящие материалы, содержащиеся в этих публикациях, также применимы для установок, рассматриваемых в данном Руководстве по безопасности.

ЦЕЛИ

1.3. Целью данного Руководства по безопасности является предоставление рекомендаций по проектированию систем обращения с топливом и его хранения на атомных электростанциях. Оно содержит рекомендации по выполнению требований, установленных в публикации из серии требований по безопасности "Безопасность атомных электростанций: проектирование" [1].

1.4. Данная публикация предназначена для организаций, проектирующих, изготавливающих, сооружающих и эксплуатирующих системы обращения с топливом и его хранения на АЭС, а также для регулирующих органов.

СФЕРА ПРИМЕНЕНИЯ

1.5. Сфера применения данного Руководства по безопасности охватывает главным образом проектирование систем обращения и хранения для топливных

сборок стационарных ядерных реакторов на тепловых нейтронах. Сюда входят все стадии обращения с топливом и его хранения, включая:

- безопасную приемку топлива на атомной электростанции;
- хранение и инспектирование топлива до его использования;
- перемещение свежего топлива в активную зону реактора;
- удаление облученного топлива из реактора;
- повторную загрузку облученного топлива, в случае необходимости;
- хранение, инспектирование и ремонт облученного топлива и его подготовку для удаления из бассейна выдержки реактора;
- обращение с транспортными контейнерами.

Кратко рассмотрены вопросы обращения с отдельными компонентами активной зоны, такими, как приборы контроля реактивности, и их хранения. Рекомендации данного Руководства по безопасности в определенной мере применимы также к другим типам реакторов, например к газоохлаждаемым реакторам и к реакторам с перегрузкой на мощности.

1.6. Свежее топливо (включая и смешанное оксидное топливо) может создавать значительный радиационный фон, если оно содержит делящиеся материалы, полученные в процессе переработки. Хотя обращение с таким топливом может осуществляться без охлаждения, в данное Руководство по безопасности включены соответствующие рекомендации, такие, как относящиеся к обеспечению биологической защиты.

1.7. В данном Руководстве по безопасности не рассматриваются следующие аспекты:

- вопросы физики реакторов, связанные с загрузкой и выгрузкой топлива и поглотителя из активной зоны;
- проектные аспекты подготовки реактора к загрузке топлива (такие, как удаление крышки реактора и внутрикорпусных устройств легководных реакторов) и установка на место после загрузки;
- конструкция транспортных контейнеров;
- длительное хранение топлива, превышающее проектный срок службы атомной электростанции;
- физическая защита топлива или аспекты, связанные с применением гарантий в отношении ядерных материалов;
- загрузка поврежденного топлива в транспортные контейнеры с необходимым охлаждением топлива.

1.8. В справочных материалах [2] приведены рекомендации по проектированию установок для хранения отработавшего топлива, которые не являются составной частью действующей атомной электростанции, хотя эти установки и могут быть размещены на той же площадке. Такие установки для хранения отработавшего топлива обеспечивают безопасное хранение отработавшего ядерного топлива после его удаления из бассейна выдержки реактора до его переработки или захоронения в качестве радиоактивных отходов.

СТРУКТУРА

1.9. Системы обращения с топливом и его хранения и их функции описаны в разделе 2. Раздел 3 посвящен общим принципам проектирования установок. В разделах 4 и 5 приводятся рекомендации по обращению со свежим топливом и облученным топливом и их хранению, соответственно. В разделе 6 рассматривается обращение с транспортными контейнерами. В разделе 7 содержатся рекомендации для площадок с более чем одним реактором. Раздел 8 посвящен вопросам обеспечения качества и документации.

2. СИСТЕМЫ ДЛЯ ОБРАЩЕНИЯ С ТОПЛИВОМ И ЕГО ХРАНЕНИЯ И ИХ ФУНКЦИИ

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

2.1. Ядерное топливо содержит делящиеся материалы, а после облучения - и высокорadioактивные продукты деления и активации. Наиболее существенными проектными характеристиками систем для обращения с топливом и его хранения на АЭС являются такие, которые обеспечивают необходимые гарантии того, что приемка, обращение, хранение и восстановление топлива и компонентов активной зоны могут быть выполнены без недопустимого риска для здоровья, безопасности или окружающей среды. Таким образом, все проектные характеристики систем обращения с топливом и его хранения подчиняются следующим целям: поддержанию подкритичности топлива; обеспечению целостности топлива; охлаждению облученного топлива; обеспечению радиационной защиты и безопасности в соответствии с Основными нормами безопасности [5]; и предотвращению недопустимых выбросов радиоактивных веществ в окружающую среду.

2.2. Различные конструкции реакторов и компоновки станций определяют различные подходы к проектированию систем обращения с топливом и его хранения. Одно из главных отличий заключается в том, что некоторые типы реакторов перегружаются на мощности, а другие - в условиях холодного останова. Хранение свежего топлива может осуществляться в сухой среде ("сухое хранение") или в заполненных водой хранилищах ("мокрое хранение"). Облученное топливо, извлекаемое из реактора, всегда подлежит мокрому хранению. Характеристики установок для обращения с топливом и его хранения в определенной степени будут зависеть от особенностей конкретного типа реактора. Четыре блок-схемы (рис. А-1А-4) в Приложении иллюстрируют типовые системы для обращения с облученными топливными сборками и их хранения в различных типах реакторов с момента приемки топлива до его окончательной отправки со станции.

2.3. Проектные требования к системам для обращения с топливом и его хранения приведены в пунктах 6.966.98 справочного материала [1]. Кроме того, общие проектные требования, приведенные в других публикациях, в частности по обеспечению качества, эксплуатации и оценке площадки [6-8], также применимы к обращению с топливом в той мере, в которой они относятся к процедурам обоснования проекта, подготовке и опыту операторов и внешним событиям, которые следует рассматривать в проекте.

СВЕЖЕЕ ТОПЛИВО

2.4. Для большинства типов реакторов свежее топливо первоначально принимается и хранится в определенной зоне сухого хранения, где оно может быть проинспектировано и подготовлено. Кроме того, для многих типов реакторов, в частности для легководных реакторов, свежее топливо затем перед загрузкой в активную зону перемещается в мокрое хранилище. При таком перемещении топлива и его временном мокром хранении следует выполнять все рекомендации, применяемые для свежего топлива, в дополнение к соответствующим требованиям для облученного топлива. При рассмотрении следует учитывать основные отличия свежего топлива, связанные с повышенной реактивностью свежего топлива и значительно более низкими уровнями излучения. Однако для оператора может еще потребоваться радиационная защита, если топливо изготовлено из переработанного урана или из восстановленного делящегося материала, как в случае смешанного оксидного топлива.

2.5. Физические повреждения необлученных топливных сборок или топливных элементов могут привести к непосредственному высвобождению топливных материалов. Однако с точки зрения безопасности большее беспокойство вызывает возможность помещения поврежденного топлива в реактор, что может привести к серьезной опасности нарушения безопасной эксплуатации. Посредством надлежащего обращения со свежим топливом и его хранения следует обеспечить постоянное сохранение его целостности и следует обеспечить средства контроля топлива до его использования для сведения к минимуму риска помещения поврежденного топлива в реактор.

ОБЛУЧЕННОЕ ТОПЛИВО

2.6. Установка для хранения отработавшего топлива обеспечивает безопасность и надежность хранения топлива с момента его удаления из реактора до момента его перемещения и загрузки в контейнеры отработавшего топлива для вывоза с площадки реактора для захоронения в качестве радиоактивных отходов либо для переработки. Поэтому в состав установки будут входить системы обращения, хранения, перемещения и восстановления отработавшего топлива. Следует, чтобы основные функции безопасности таких систем обеспечивали постоянное поддержание подкритичности, сохранение целостности оболочки топлива, соответствующее охлаждение топлива для отвода остаточного тепла, удержание радиоактивных веществ, отсутствие неоправданного риска для здоровья и безопасности или угрозы для окружающей среды.

2.7. Облученное топливо следует транспортировать в имеющих биологическую защиту и соответствующим образом охлаждаемых контейнерах, которые либо полностью сухие, либо частично заполнены охлаждающей средой. Внутри контейнеров следует иметь конструкции для сохранения топлива в надежно зафиксированном геометрическом положении при транспортировке. Контейнеры следует загружать либо под водой в специальной зоне бассейна для хранения, либо в отдельном бассейне для загрузки контейнеров, либо их следует загружать сухими. Первоначально топливо может быть помещено в пеналы, которые затем можно загрузить в контейнер. Следует предусматривать, чтобы системы обращения с контейнерами обеспечивали приемку, загрузку и подготовку контейнеров к транспортировке либо на площадке, либо вне ее с соблюдением соответствующих требований.

3. ОБЩАЯ ОСНОВА ПРОЕКТА

ОБЩИЕ СООБРАЖЕНИЯ

3.1. Системы для обращения с топливом и его хранения следует разрабатывать для обеспечения целостности и сохранения свойств топлива при обращении с ним и хранении. Для предотвращения воздействия радиации на здоровье персонала АЭС и населения постоянно следует выполнять следующие основные функции безопасности:

- поддержание подкритичности топлива;
- отвод остаточного тепла от облученного топлива;
- локализация радиоактивных веществ.

Радиационную защиту следует обеспечивать в соответствии с Основными нормами безопасности [5] с применением принципа разумно достижимого низкого уровня (принцип ALARA).

3.2. В процессе проектирования следует использовать апробированные технические решения в сочетании с соответствующим образом выбранными исходными данными и допущениями как для нормальных режимов эксплуатации, так и для вероятных отклонений. В процессе проектирования также следует учитывать накопленный опыт аналогичных установок, а также следует свести к минимуму ошибки человека как составной части исходных событий и аварий. При выполнении этих рекомендаций следует применять принцип глубоко эшелонированной защиты [1].

3.3. В процессе проектирования следует использовать только проверенные методы прогнозирования последствий состояний при эксплуатационных режимах и проектных авариях при хранении топлива. Аналогично следует, чтобы исходные данные были консервативными, хотя и реалистичными, и учитывали как эксплуатационные режимы, так и проектные аварии. При неизбежности неопределенности в исходных данных, анализах и прогнозировании следует установить соответствующие допуски и провести анализ чувствительности.

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СОСТОЯНИЯ

3.4. Системы для обращения с топливом и его хранения следует проектировать так, чтобы обеспечивалось их безопасное функционирование во всех эксплуатационных состояниях. Следует задать соответствующие проектные параметры для нормальной эксплуатации. Для систем с перегрузкой на ходу следует задать эксплуатационные условия для реактора (например, уровень мощности реактора и расход теплоносителя), при которых возможна перегрузка топлива, и обеспечить соответствие им.

3.5. Следует, чтобы в проекте требовалось и обеспечивалось необходимое обслуживание перед началом любых операций по перегрузке топлива (например, перегрузка топлива не может быть начата, если существуют неисправности в основных электрических системах питания подъемных механизмов, в системе охлаждения или системах очистки или если не работоспособны системы контроля защитной оболочки и вентиляции).

ПОСТУЛИРУЕМЫЕ ИСХОДНЫЕ СОБЫТИЯ

3.6. Следует провести анализы последствий постулируемых исходных событий, которые могли бы повлиять на проект систем обращения с топливом и его хранения и связанных с ними зданий. Постулируемые исходные события следует выбирать на основе детерминистических и вероятностных методов, и в их перечень следует включать события, приведенные в следующих пунктах. События могут подразделяться на две категории: события, происходящие на станции (внутренние), и события, вызванные внешними причинами [4, 7].

События, обусловленные внутренними факторами

Падающие грузы

3.7. Падение предметов на объекты, влияющие на безопасность, такие, как хранящиеся топливные сборки или бассейны с ядерным топливом, является потенциально опасным. В проекте следует исключить возможность перемещения тяжелых предметов над хранящимся топливом и обеспечить защиту топлива или других предметов, важных для безопасности (таких, как топливные сборки, стеллажи хранения, бассейн и облицовка бассейна, топливное здание), от падения любых грузов. Следует обеспечить такую надежность подъемного оборудования, чтобы можно было эффективно предотвратить падение груза, например использованием кранов, устойчивых к

единичному отказу. С целью определения возможных последствий следует рассмотреть такие категории падающих грузов, как контейнеры и крышки, контейнеры для перемещений и многоцелевые герметичные пеналы или чехлы, топливо и стеллажи для хранения топлива, а также механический и ручной инструмент. Проектировщику следует оценивать возможность аварии при обращении с топливом в соответствии с рекомендациями пункта 3.27.

Отказы оборудования

3.8. В проекте следует предусмотреть, чтобы последствия вероятных отказов оборудования или систем - как в пределах, так и вне установок хранения - не превышали допустимых пределов. Примерами таких событий являются: нарушение функционирования систем охлаждения, которое может привести к повышению температуры или вскипанию воды в бассейнах, снижение концентрации поглощающих нейтроны материалов в воде, неправильное размещение топливной сборки, поперечное смещение стеллажа, превышение проектной нагрузки на трос перегрузочной машины, повреждение топлива из-за неправильного перемещения при подаче, а также невозможность безопасного завершения требуемой операции.

Внутреннее затопление

3.9. Следует предусмотреть защиту от внутреннего затопления для предотвращения незапланированной критичности при использовании замедления в качестве средства управления и при обращении с топливом и его хранении в сухих условиях. Следует также обеспечивать защиту от внутреннего затопления для предотвращения несрабатывания или нарушений в работе важного для безопасности оборудования, такого, как системы контроля отработавшего топлива и системы охлаждения.

Авария с потерей теплоносителя или разгерметизация

3.10. Для всех зон хранения следует определить влияние постулируемых событий, вызываемых реактором, для оценки целесообразности каких-либо дополнительных мер защиты и для учета возможных изменений в процессах замедления и воздействия на оборудование. Для реакторов с перегрузкой на мощности следует определить последствия аварии с потерей теплоносителя или разгерметизации для перегрузочных машин и операций по обращению с топливом.

Внутренние летящие предметы

3.11. Следует рассмотреть и обеспечить защиту от летящих предметов, вызванных поломкой вращающихся механизмов, разрывом компонентов, находящихся под давлением, или другими возможными причинами, и при необходимости обеспечить, чтобы такие события не вызвали недопустимых последствий для безопасности. В частности, следует рассмотреть хранение газа и обычного топлива и соответственно системы их подачи, с тем чтобы предотвратить возможность взрыва.

Пожары и взрывы

3.12. Следует определить возможные последствия пожаров, вызывающих повреждение топлива при сухом хранении, нарушение охлаждения топлива, хранящегося в бассейне, или нарушение необходимого электроснабжения оборудования. Следует учесть влияние противопожарных средств на подкритичность топлива в хранилище.

3.13. Следует рассмотреть возможные воздействия воздушных ударных волн, вызванных постулируемым взрывом на или вблизи станции.

Ошибки оператора

3.14. В качестве цели проекта следует включить ограничение возможных ошибок, связанных с человеческим фактором. Следует провести анализ возможных ошибок оператора, учесть в проекте последствия таких ошибок и, где практически возможно, обеспечить блокировки и другие средства проверки для предотвращения возникновения ошибок.

События, обусловленные внешними факторами

Потеря внешнего электроснабжения

3.15. В случае потери внешнего электроснабжения, необходимого для выполнения требуемых функций безопасности (таких, как охлаждение, мониторинг и вентиляция), следует обеспечивать подачу электроэнергии, исключаящую возникновение опасности.

Сейсмические события

3.16. Следует провести анализ сейсмичности для оценки нижеследующих возможных последствий сейсмических событий и для определения соответствующей сейсмической классификации конструкций, систем и компонентов, важных для безопасности:

- падение грузов;
- повреждение стенок бассейна, повреждение трубопроводов, приводящее к утечке из бассейнов хранения, и повреждение охлаждающей системы;
- скольжение, падение и удары стеллажей хранения о другие предметы;
- деформация стеллажей хранения;
- смещение твердых нейтронных поглотителей;
- нарушение целостности соединений перегрузочной машины с контурами теплоносителя под давлением в ходе перегрузки топлива на мощности;
- повреждение опор перегрузочных машин, повреждение самих перегрузочных машин или повреждение транспортных систем в ходе перемещения топлива;
- возможность повреждения, не связанного с системами перегрузки, вызывающего неисправности в оборудовании для обращения с топливом;
- возможность повреждения сейсмически не защищенного оборудования, приводящего к последующему повреждению компонентов или оборудования, которое может потребоваться при сейсмических событиях.

Сильные ветры и торнадо

3.17. Там, где это уместно, следует оценивать возможные воздействия летящих предметов или сил, вызванных сильными ветрами и торнадо, на здания систем обращения с топливом и его хранения.

Наводнения

3.18. Там, где это уместно, следует оценивать возможное влияние наводнений на безопасное хранение свежего и облученного топлива на станциях, расположенных на площадках вблизи рек или на побережье.

Прочие внешние события¹

3.19. Там, где это уместно, следует оценивать возможное воздействие ядовитых газовых облаков, взрывов, авиакатастроф и других внешних событий.

Комбинации событий

3.20. Там, где это уместно, следует рассмотреть возможные комбинации событий, используя инженерные оценки и результаты вероятностного анализа безопасности.

ПРОЕКТНЫЕ АВАРИИ

3.21. Проектные аварии для систем обращения с топливом и его хранения следует установить на основе перечня постулируемых исходных событий, включая граничные условия, для которых проектируются системы. Следует, чтобы проектные аварии включали исходные события, которые могут повлиять на безопасность реактора (например, падение грузов).

ПРОЧИЕ СООБРАЖЕНИЯ

Классификация и аттестация оборудования

3.22. Все конструкции, системы и компоненты (включая оборудование) установок для обращения с топливом и его хранения, важные для безопасности, следует определить и затем классифицировать по характеру выполняемых ими функций и по их значимости для безопасности.

3.23. Классификацию по безопасности следует основывать на детерминистических методах, дополненных соответствующим образом вероятностными методами и инженерными оценками.

3.24. Конструкции, системы и компоненты, важные для безопасности, следует проектировать и аттестовывать в отношении способности противостоять постулируемым исходным событиям в соответствии с их классификацией по безопасности. Следует обеспечивать, чтобы неисправности или отказы

¹ Дальнейшие руководящие материалы см. в [9,10].

оборудования, не влияющего на безопасность, не приводили ни прямым, ни косвенным образом к отказу оборудования, связанного с обеспечением безопасности.

3.25. Процедурами аттестации следует охватывать такие структуры как: хранилища свежего топлива; бассейны хранения облученного топлива; стеллажи хранения топлива; системы охлаждения воды бассейнов; грузоподъемное оборудование и оборудование для обращения с топливом; электроизмерительные приборы и системы управления; а также связанные с ними здания. Следует обеспечить, чтобы эти объекты создавались по наилучшим соответствующим проектным нормам или стандартам².

Компоновка

3.26. Следует, чтобы физическая компоновка и устройство установок для хранения топлива обеспечивали подкритичность во всех эксплуатационных состояниях и при всех проектных авариях и после них. Установки для хранения следует проектировать таким образом, чтобы при всех условиях, включая условия проектных аварий, предотвращалось физическое повреждение хранящегося топлива и поддерживалась охлаждаемая геометрическая конфигурация.

Радиационная защита

3.27. В проект необходимо включить системы минимизации выброса радиоактивных веществ в окружающую среду и предотвращения облучения персонала станции и населения в результате аварий, включая повреждение топлива в процессе обращения и хранения [5]. Следует предусмотреть проведение расчетов для предельных случаев, таких, как падение одной топливной сборки, содержащей наибольшее реалистическое количество делящихся материалов, и последующее разрушение всех топливных стержней, с тем чтобы продемонстрировать, что даже при условиях пессимистических допущений в отношении выбросов в окружающую среду радиологические последствия могут быть сохранены в допустимых пределах. Менее консервативные предположения, например предположение о повреждении целого внешнего ряда топливных стержней, следует обосновывать механистическими и эмпирическими аргументами.

² Руководящие материалы по аттестации на сейсмичность см. в [11].

3.28. Для защиты персонала станции во всех режимах эксплуатации следует обеспечить биологическую защиту. Для предотвращения попадания облученного топлива или других радиоактивных компонентов в неэкранированные зоны следует использовать соответствующие комбинации защиты, включая блокировки и административный контроль.

Вода бассейнов

3.29. На установках следует предусматривать мониторинг качества воды бассейнов и поддержание приемлемых условий по уровню воды, химии воды, чистоте, активности и температуре воды, при которых осуществляется обращение с топливом и его хранение.

Оборудование для обращения с топливом

3.30. При проектировании оборудования для обращения с топливом следует предусматривать его достаточную способность выдерживать как статические, так и динамические нагрузки, которые могут воздействовать на конструкции, системы и компоненты.

3.31. Оборудование для обращения с топливом следует проектировать с высокой надежностью для предотвращения падения топливных сборок и воздействия на топливо недопустимых напряжений при обращении с ним. Следует, чтобы проект оборудования для обращения с топливом был таким, чтобы единичные отказы компонентов или единичные человеческие ошибки не приводили к повреждению топлива при любых его перемещениях. Отступления от критерия единичного отказа, например для высоконапряженных компонентов при подъеме в процессе перегрузки на мощности, следует допускать только для отдельных узлов и компонентов, которые спроектированы по наивысшим стандартам и для которых имеется обоснование. Особое внимание следует уделять оборудованию для обращения со смешанным оксидным топливом, и следует также установить соответствующие требования для обращения с топливом такого типа.

3.32. Перемещение предметов над зонами хранения топлива или другими объектами, важными для безопасности, следует предотвращать с помощью механических и электрических блокировок.

3.33. Следует предусмотреть использование оборудования с ручным приводом для перевода топливных сборок в безопасное положение в случае отказа системы обращения с топливом.

Инспекции, испытания и техническое обслуживание

3.34. В проекте установок и оборудования для хранения и обращения с топливом следует предусматривать соответствующий свободный доступ для проведения инспекций, испытаний и технического обслуживания оборудования и для проведения радиационного контроля и контроля загрязнений.

3.35. Следует предусматривать средства для инспекций и идентификации отдельных облученных и необлученных топливных модулей.

Поврежденное топливо

3.36. В проекте следует предусматривать средства для обращения с топливом и безопасного хранения предположительно поврежденных или поврежденных топливных элементов или топливных сборок и для восстановления поврежденного топлива, если это может потребоваться в ходе эксплуатации.

3.37. В проекте следует предусматривать надлежащие меры по дезактивации зон обращения с топливом и его хранения, а также оборудования.

Человеческие факторы

3.38. В проекте следует учитывать человеческие факторы, с тем чтобы способствовать разработке четких эксплуатационных процедур, сводящих к минимуму риск ошибок. Следует, чтобы проект допускал верификацию предусматриваемой эксплуатации и определение любых ошибок при эксплуатации, которые могли бы привести к значительным проблемам безопасности.

Вывод из эксплуатации

3.39. На стадии проектирования следует рассмотреть меры, облегчающие окончательный вывод из эксплуатации установок по обращению с топливом и его хранению.

4. СИСТЕМЫ ДЛЯ ОБРАЩЕНИЯ СО СВЕЖИМ ТОПЛИВОМ И ЕГО ХРАНЕНИЯ

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

4.1. Следует, чтобы проект установки для обращения и хранения свежего топлива обеспечивал выполнение основных функций безопасности в течение всего срока эксплуатации, как указано в пункте 3.1.

4.2. В зонах обращения со свежим топливом и его хранения постоянно и повсеместно следует обеспечивать подкритичность для предотвращения опасного влияния радиации на здоровье персонала станции и населения и для предотвращения любых выбросов радиоактивных веществ. В проекте следует предусмотреть меры по обеспечению подкритичности даже при одновременном возникновении двух независимых аномальных событий.

4.3. В зонах обращения со свежим топливом и его хранения следует поддерживать надлежащие условия окружающей среды, например по влажности, температуре и чистоте воздуха. В таких зонах всегда следует избегать химического загрязнения.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ

Анализ подкритичности

4.4. В проект следует включать анализ установки для хранения топлива, подтверждающий возможность поддержания ее в подкритическом состоянии при всевозможных (нормальных и аномальных) конфигурациях и условиях, включая всевозможные переходные конфигурации. В число постулируемых состояний следует включать нормальное сухое состояние, состояние увлажнения с инжекцией пара или без нее и состояние с полной паровой инжекцией, являющееся наиболее реактивным состоянием.

4.5. При определении подкритичности следует использовать консервативные расчетные значения эффективного коэффициента размножения k_{eff} или коэффициента размножения k . Применяются следующие рекомендации:

- (a) следует подтвердить соответствующий запас подкритичности с учетом всех неопределенностей в вычислительных кодах и экспериментальных данных;
- (b) в случае если обогащение отдельной топливной сборки является непостоянным, следует использовать точное моделирование или принять обогащение топливной сборки на основе пессимистических расчетов;
- (c) если обогащение топливныхборок различно, проект системы обычно следует основывать на величине обогащения, соответствующей величине для топливной сборки с наиболее обогащенным топливом или наиболее реактивной топливной сборкой;
- (d) в случае изменения конструкции топлива и/или существования неопределенности в некоторых данных, касающихся топлива (например, в конструкции, геометрических характеристиках, характеристиках материала, точности при изготовлении, ядерных данных), при всех расчетах подкритичности следует использовать консервативные величины, полученные по пессимистическим расчетным оценкам. При необходимости следует провести анализ чувствительности для численной оценки таких неопределенностей;
- (e) следует предполагать, что хранилище загружено до максимальной проектной емкости;
- (f) не следует учитывать влияние поглощающих нейтроны частей или компонентов установки, если только они не смонтированы постоянно, их поглощающая способность может быть определена, и маловероятно их разрушение при любом постулируемом исходном событии;
- (g) следует учитывать любые геометрические деформации топлива и оборудования хранения, которые могут возникнуть при любых постулируемых исходных событиях;
- (h) следует провести соответствующие консервативные оценки замедления для ожидаемых при эксплуатации событий;
- (i) следует рассмотреть влияние отражения нейтронов;
- (j) соответствующими расчетами следует обосновать предположение об отсутствии взаимосвязи по размножению нейтронов между различными зонами хранилища.

Компоновка

4.6. Следует, чтобы конфигурация хранилища топлива обеспечивала подкритичность во всех эксплуатационных состояниях, а также при проектных авариях и после них.

4.7. Зоны обращения со свежим топливом и его хранения следует охранять от несанкционированного доступа и несанкционированного изъятия топлива.

4.8. Не следует, чтобы зона хранения топлива была частью маршрутов доступа к другим зонам, не используемым для операций по обращению с топливом.

4.9. Транспортные маршруты для приемки и вывоза топлива следует выбирать короткими и простыми, отвечающими требованиям безопасности.

4.10. Следует, чтобы компоновка обеспечивала легкую эвакуацию персонала в аварийной ситуации.

4.11. При компоновке хранилища следует предусматривать предотвращение перемещения тяжелых предметов над хранящимся топливом, например стеллажей, чехлов или подъемных устройств, падение которых может повредить топливо или другие предметы, важные для безопасности. Исключения следует обосновывать.

4.12. Следует, чтобы компоновка обеспечивала выполнение работ с необлученными компонентами активной зоны, предназначенными для хранения и обращения в зоне для свежего топлива, определенным и безопасным образом.

4.13. Следует предусмотреть достаточное пространство, допускающее необходимое перемещение топлива, других компонентов активной зоны, контейнеров для хранения и оборудования для обращения с топливом.

4.14. Следует обеспечивать соответствующие и определенные места хранения топливных сборок, компонентов активной зоны и контейнеров для хранения. Следует физически предотвращать непреднамеренное размещение топлива вне предписанных мест хранения.

4.15. Следует, чтобы компоновка обеспечивала возможность проведения инспектирования топлива, оборудования для обращения с топливом, включая краны, и контейнеров для хранения. Следует обеспечить площадки для ремонта или восстановления поврежденного топлива.

4.16. В зоне сухого хранения свежего топлива не следует содержать никакого эксплуатационного оборудования, такого, как клапаны или трубопроводы, для которого необходимо регулярное периодическое обслуживание, проводимое эксплуатационным персоналом.

Защита от затопления

4.17. Затопление зон сухого хранения водой или другим замедляющим материалом следует предотвращать за счет соответствующей конструкции установки, исключающей возникновение критичности из-за эффектов замедления или физического повреждения топлива. В проекте зоны сухого хранения следует учитывать возможное присутствие замедляющих материалов. Прохождение водяных коммуникаций через зону сухого хранения следует исключить.

Защита от пожара

4.18. Следует, чтобы проект зоны для обращения с топливом и его хранения ограничивал риск повреждения свежего топлива при пожаре.

4.19. Присутствие в зонах для обращения с топливом и его хранения горючих материалов (например, горючих упаковочных материалов или трубопроводов с горючими материалами) следует ограничивать и контролировать. В таких зонах следует исключить проходки электрических кабелей, не предназначенных для подвода питания к оборудованию для обращения со свежим топливом и его хранения. Следует, чтобы проект зоны хранения топлива обеспечивал сохранение подкритичности при пожаре и при тушении пожара. Материалы, замедляющие нейтроны, такие, как вода или пена, следует использовать в качестве средства для тушения пожара только в том случае, если может быть подтверждено, что их влияние на подкритичность пренебрежимо мало. В зонах обращения и хранения топлива следует разместить предупреждающие знаки, указывающие, какие материалы для тушения пожара допустимы, а какие недопустимы.

Материалы и строительство

4.20. Используемые материалы и методы строительства должны обеспечивать легкую дезактивацию поверхностей. Следует рассмотреть совместимость дезактивируемых материалов и эксплуатационных условий окружающей среды для всех эксплуатационных состояний и для проектных аварий. Следует предотвращать любое проникновение воды, которое может вызвать местную коррозию.

4.21. Для систем хранения, использующих фиксированные твердые поглотители нейтронов, в течение всего срока службы установки следует иметь возможность подтвердить, что:

- поглотители действительно установлены;
- поглотители не утратили свою эффективность и физическую целостность и не произошло их смещение.

Обращение со сборками со смешанным оксидным топливом

4.22. В связи с более высоким уровнем излучения от смешанного оксидного топлива следует предусмотреть обеспечение дополнительной биологической защиты при обращении со свежим топливом, с тем чтобы ограничить облучение персонала.

4.23. Поскольку высвобождение топливных частиц может создать дополнительную химическую опасность, следует предусмотреть меры предосторожности для обеспечения целостности топлива. В качестве таких мер предосторожности при вертикальном перемещении топливных элементов в процессе обращения следует по возможности прилагать минимально необходимые усилия.

ОБОРУДОВАНИЕ

4.24. Для обращения со свежим топливом, его хранения и инспектирования следует обеспечить соответствующее оборудование. Обычно оно включает:

- краны или передвижные подъемные механизмы;
- механизмы опускания и другие инструменты, сконструированные специально для обращения с топливом;
- механизмы опрокидывания для помещения топлива в вертикальное положение (только для некоторых конструкций реакторов);
- стеллажи для хранения;
- стенды для осмотра топлива, которые обеспечивают возможность детального визуального обследования топливных стержней по всей их длине;
- средства сборки, разборки и ремонта топлива;
- средства контроля физических размеров;
- соответствующие мониторы для контроля загрязнения и критичности;
- устройства отмывки топлива;
- соответствующие устройства биологической защиты для смешанного оксидного или регенерированного топлива.

4.25. Следует, чтобы конструкция оборудования и процедуры обращения с топливом исключали повреждение топлива как до, так и в процессе его загрузки в активную зону.

Проектные нагрузки

4.26. В проекте оборудования в отношении нагрузок следует рассмотреть следующее:

- расчет прочности хранилищ, оборудования для обследования и обращения с топливом следует проводить с соответствующим учетом проектных нагрузок. Следует определить проектные нагрузки и рассмотреть как статистические, так и динамические нагрузки. В качестве динамических нагрузок следует рассмотреть сейсмические нагрузки, определенные в соответствии с классификацией по безопасности, и нагрузки, возникающие в эксплуатационных и аварийных условиях, включая несимметричные нагрузки. Следует учесть одновременное возникновение следующих эксплуатационных нагрузок:
 - агрузок от топливных сборок и других компонентов активной зоны, подлежащих хранению, таких, как устройства контроля реактивности и топливные каналы;
 - нагрузок от оборудования обращения с топливом, включая нагрузки при ускорении.
- если для перемещения необлученных топливных сборок и их контейнеров необходимы транспортные средства, их следует разрабатывать, исходя из максимальных массы и размера объектов, подлежащих транспортировке;
- в случае наклона топливной сборки следует уменьшить нагрузки, возникающие в конструкции топливной сборки, с помощью опор во избежание повреждения.

4.27. Не следует, чтобы напряжения, возникающие при эксплуатационных нагрузках, превышали установленные пределы для различных конструкционных материалов, несущих нагрузку.

4.28. Следует установить методы и критерии для комбинирования отдельных нагрузок. Следует также задать допустимые напряжения, возникающие при постулируемых исходных событиях (см. раздел 3), например с помощью установленных стандартов, причем они могут отличаться от тех, которые возникают при нормальной эксплуатации. При анализе можно учесть влияние оборудования, предназначенного специально для ограничения нагрузок (с

помощью таких устройств, как амортизаторы или гасители ударов), и следует также рассмотреть различные виды отказов такого оборудования.

Прочие проектные соображения

4.29. На оборудовании для обращения с топливом и его хранения не следует иметь острых углов или краев, которые могли бы повредить поверхности топливных сборок или препятствовать плавной установке или извлечению топливных сборок.

4.30. При проектировании оборудования для обращения и хранения следует учитывать необходимость простоты установки и извлечения топливных сборок. Оборудование для обращения с топливом следует проектировать так, чтобы исключить непреднамеренное помещение топлива и компонентов активной зоны в место, которое уже занято или не предназначено для этого. Для предотвращения непреднамеренного помещения топливной сборки в непредназначенное место может быть использована компьютеризированная система оперативного управления.

4.31. Оборудование для обращения и хранения следует проектировать так, чтобы исключить боковые, аксиальные и изгибающие нагрузки, приводящие к недопустимым изменениям размеров топлива.

4.32. Оборудование для обращения с топливом и связанные с ним системы следует периодически калибровать, а в случае перегрузки топлива на остановленном реакторе калибровать по крайней мере перед началом кампании перегрузки. Оборудование, используемое для контроля физических размеров топлива, не следует использовать для других целей, и следует периодически проводить его калибровку.

4.33. Если для крепления топливных сборок в определенном положении используются фиксаторы, например зажимы, их следует располагать на видном месте.

4.34. Если оператору требуется информация о состоянии оборудования для обращения с топливом, включая данные о положении топливной сборки и/или группы сборок, и о состоянии подъемного устройства, необходимо соответственно предусмотреть ясную и удобно расположенную индикацию.

4.35. Оборудование для подъема и опускания топливных сборок и других компонентов активной зоны следует разрабатывать таким образом, чтобы оно

не могло создать недопустимых нагрузок ни на какой компонент. Для достижения этого следует использовать физические ограничители или автоматические устройства защиты. Методы, которые могут быть использованы, включают:

- ограничение мощности двигателя подъемника;
- наличие муфт скольжения в приводных механизмах;
- приборы автоматического и непрерывного отслеживания и регистрации нагрузок, связанных с двигателем или тросом подъемника;
- установленное ограничение скорости.

4.36. Следует, чтобы конструкция захватов грузоподъемных механизмов для обращения с топливом предусматривала надежный захват и безопасный перенос топливных или других сборок. Поэтому:

- (a) перед началом подъема следует получить подтверждение, что захватывающее устройство правильно расположено на топливной сборке;
- (b) следует, чтобы при отключении электропитания захватывающее устройство оставалось в замкнутом положении;
- (c) следует, чтобы захватывающее устройство не могло расцепиться в нагруженном состоянии;
- (d) следует, чтобы захватывающее устройство могло расцепиться со своим грузом только на определенных высотах даже в ненагруженном состоянии;
- (e) следует, чтобы захватывающее устройство имело основанное на внутренней самозащищенности устройство, предотвращающее расцепление топливной сборки.

Рекомендацию c) следует выполнять, используя механические блокировки. Рекомендации a) и d), по возможности, следует выполнять, используя автоматические блокировки. Там, где это невозможно, следует использовать строго контролируемые административные процедуры.

4.37. Для оборудования следует предусмотреть аварийное ручное управление, с тем чтобы при всех предсказуемых обстоятельствах в процессе обращения с топливом можно было легко разместить топливные сборки в безопасном месте.

4.38. Следует предусмотреть предохранительные устройства, предотвращающие возможность горизонтальных перемещений при подъеме или при опускании топлива или других компонентов активной зоны, когда это может приводить к установке топлива на место с применением силы.

4.39. Следует предусмотреть предохранительные устройства при перемещении машин для обращения с топливом, предотвращающие повреждение топлива (например, блокировки, предотвращающие перемещение машин слишком близко к стенкам бассейна или предотвращающие любые непредусмотренные перемещения в процессе обращения с топливом).

4.40. Следует, чтобы конструкция электромеханических и электрических предохранительных устройств удовлетворяла критерию единичного отказа.

4.41. В проекте следует рассмотреть проходки через защитную оболочку реактора для транспортного оборудования, там где это необходимо, и выполнить проектные требования, соответствующие требованиям для защитных оболочек.

4.42. Следует, чтобы проект систем и оборудования для обращения с топливом предотвращал возможность утечки и выделения смазочных материалов и других жидкостей или веществ, которые могли бы снизить чистоту воды бассейна. Следует, чтобы такие вещества либо не могли попасть в установки "мокрого" хранения, либо, что предпочтительно, чтобы они были полностью совместимы с топливом, оборудованием и конструкциями хранилищ. Вода является полностью совместимой и может использоваться в системах и оборудовании для обращения с топливом.

4.43. Для проектов, в которых свежее топливо перед загрузкой в активную зону передается на "мокрое" хранение, применяются соответственно рекомендации раздела 5 для облученного топлива.

ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

4.44. Для зоны хранения свежего топлива следует предусмотреть соответствующие вспомогательные системы, которые обычно могут включать:

- систему вентиляции;
- дренажную систему;
- системы контроля и управления и оборудование для связи.

Вентиляция

4.45. В том случае, когда топливные сборки хранятся вне герметичных транспортных контейнеров, в проекте следует предусмотреть вентиляционное

оборудование, включающее устройства фильтрации для предотвращения попадания пыли и других взвешенных в воздухе частиц в зону хранения свежего топлива. Если для необлученных топливных сборок используется та же вентиляционная система, что и для облученного топлива, то систему следует разрабатывать в соответствии с рекомендациями раздела 5.

Дренаживание

4.46. Следует, чтобы дренаживание, если оно предусмотрено, было способно обеспечить соответствующее удаление воды при максимальной скорости возможного поступления и не являлось возможной причиной затопления из-за подпора воды. Следует учесть возможность блокировки дренажа, в частности в том случае, если вода в бассейне содержит химические вещества, способные кристаллизоваться, и следует предусмотреть меры для проверки свободного протока воды.

Системы контроля и управления и оборудование для связи

4.47. Следует предусмотреть надлежащие системы контроля и управления. Между зоной для обращения с топливом и его хранения и соответствующим пультом управления следует предусмотреть наличие систем двусторонней речевой связи.

ОПЕРАЦИИ ПО ОБРАЩЕНИЮ С ТОПЛИВОМ

4.48. Следует, чтобы проект оборудования для обращения с топливом и его хранения соответствовал применимым требованиям и рекомендациям, приведенным в [3, 7].

4.49. Следует, чтобы проект обеспечивал следующее:

- безопасное обращение с топливом при всех эксплуатационных состояниях и проектных авариях;
- приемку транспортных контейнеров, включая идентификацию и визуальную проверку, а также обработку поврежденного или некачественного топлива;
- надлежащие операции инспектирования, испытаний и технического обслуживания.

4.50. В проекте также следует учитывать взаимодействие с другими необходимыми операциями, а также там, где это требуется, в проекте следует предусмотреть подготовку письменных инструкций.

5. СИСТЕМЫ ДЛЯ ОБРАЩЕНИЯ С ОБЛУЧЕННЫМ ТОПЛИВОМ И ДРУГИМИ КОМПОНЕНТАМИ АКТИВНОЙ ЗОНЫ И ИХ ХРАНЕНИЯ

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

5.1. Следует, чтобы проект систем для обращения с облученным топливом и его хранения обеспечивал выполнение в любое время основных функций безопасности, приведенных в пункте 3.1.

5.2. Следует обеспечить подкритичность всегда и во всех местах хранения облученного топлива для исключения любых серьезных воздействий излучения на персонал станции и население и для предотвращения любого выброса радиоактивных веществ. Следует, чтобы проект обеспечивал подкритичность, даже если произошли одновременно два независимых аномальных события.

5.3. Следует, чтобы проект включал средства для отвода остаточного тепла от облученного топлива. Следует, чтобы способность отвода тепла удовлетворяла критерию единичного отказа и была такой, чтобы тепло отводилось со скоростью, достаточной для предотвращения недопустимых повреждений топливной сборки или системы хранения или вспомогательных систем, что могло бы привести к выбросу радиоактивных веществ. Следует установить предельные параметры для систем теплоотвода.

5.4. Следует контролировать и минимизировать уровни радиоактивного загрязнения для обеспечения безопасных условий эксплуатации в отношении окружающей среды на площадке станции и для предотвращения недопустимого выброса радиоактивных веществ. Следует, чтобы проект установки для хранения предусматривал предотвращение любых протечек воды из бассейна и проникновение их в грунтовые воды.

5.5. Следует предусмотреть биологическую защиту вокруг всех зон, в которых может быть размещено облученное топливо или радиоактивные компоненты активной зоны. Она служит для защиты операторов и поддержания дозы

облучения при непосредственном облучении за счет продуктов деления и продуктов активации ниже установленных пределов и на разумно достижимом низком уровне [5].

5.6. Следует предотвращать физические повреждения топливных сборок или топливных элементов в процессе обращения и хранения.

5.7. Следует контролировать химический состав охлаждающей среды для предотвращения ухудшения характеристик топлива, конструктивных компонентов и системы охлаждения бассейна при всех постулируемых условиях.

5.8. Следует, чтобы все системы обладали достаточной надежностью в течение срока службы, соответствующей потенциальным последствиям их отказов. Согласно конкретным проектным оценкам достижение достаточной надежности системы может потребовать использования прочных конструктивных материалов, избыточности основных компонентов, увязки показателей надежности с работой вспомогательных систем (например, электроснабжения), эффективных планов мониторинга и эффективных программ технического обслуживания (программ, совместимых с нормальной эксплуатацией установки), в зависимости от используемой технологии хранения.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ

Анализ подкритичности

5.9. В дополнение к проектным требованиям, которые установлены с целью обеспечения подкритичности, следует провести анализ подкритичности для всех эксплуатационных состояний и условий во время проектных аварий и после них с целью подтверждения невозможности образования критической конфигурации.

5.10. При определении подкритичности следует использовать консервативно рассчитанные значения эффективного коэффициента размножения k_{eff} или коэффициента размножения для бесконечной среды k . Следует придерживаться руководящих принципов для нового топлива, изложенных в пункте 4.5. Кроме того, следует также принимать во внимание следующие факторы:

- (a) следует ввести поправку на возможное увеличение реактивности за счет накопления делящихся изотопов или распада изотопов, поглощающих нейтроны;
- (b) следует ввести поправку на присутствие выгорающих поглотителей, но только на основе обоснования, которое приемлемо для регулирующего органа и которое принимает во внимание возможное увеличение реактивности при выгорании;
- (c) если нельзя сохранить подкритичность отработавшего топлива только за счет конфигурации, то в проекте следует указать дополнительные средства для обеспечения подкритичности, например использование фиксированных поглотителей нейтронов или учет влияния выгорания. Если вода бассейна содержит растворимый поглотитель нейтронов, то это следует учитывать при анализе подкритичности, только если нет способов пополнения воды в бассейне, которое способно вызвать разбавление. Для одной и той же зоны хранения не следует учитывать одновременно влияние наличия растворимого поглотителя нейтронов и выгорания;
- (d) следует предполагать, что все топливо имеет глубину выгорания и обогащение, приводящие к максимальной реактивности, если только до помещения топлива в хранилище учет выгорания не принят на основе обоснования, включающего соответствующие измерения, подтверждающие расчетные значения содержания делящихся материалов или уровня обеднения;
- (e) при всех расчетах критичности следует учитывать влияние отражения нейтронов;
- (f) с помощью соответствующих расчетов следует обосновать оценки несвязанности различных зон хранения с точки зрения размножения нейтронов;
- (g) следует учесть возможное хранение некомплектных отработавших топливных сборок.

Компоновка хранилища

5.11. Рекомендации пунктов 4.64.13 также применимы для компоновки хранилища.

5.12. Для хранения предусмотренных объектов следует использовать надлежащие и установленные места хранения. Это касается топливных сборок всех типов, устройств контроля реактивности, макетного топлива, топливных каналов, инструментального оборудования, источников нейтронов, других компонентов активной зоны и других устройств, таких, как контейнеры для хранения или транспортные контейнеры. Не следует, чтобы проектная емкость

зависела от хранения топливных сборок в неустановленных для них местах, и следует физически исключить возможность непреднамеренного размещения топлива вне установленных мест хранения.

5.13. Для облученного топлива до его выгрузки из реактора следует предусмотреть соответствующую емкость хранилища, позволяющую осуществить отвод остаточного тепла и длительную выдержку. Для смешанного оксидного топлива следует учитывать повышенные величины остаточного тепловыделения.

5.14. При определении достаточности емкости хранилища следует принять во внимание наиболее жесткие требования по хранению топлива, которые могут возникнуть в любое время в течение срока службы реактора. Кроме того, независимо от типа реактора, следует предусмотреть свободное пространство для выгрузки в любое время одной полной активной зоны. На стадии проектирования следует учесть возможную необходимость ремонта бассейна.

5.15. Следует предусмотреть условия для безопасного хранения негерметичного или поврежденного топлива. В частности, при хранении поврежденных топливных сборок следует свести к минимуму риск выхода делящихся материалов в процессе обращения и хранения.

5.16. Следует предусмотреть безопасное обращение с контейнерами, даже если хранилище заполнено до максимальной емкости. Следует, чтобы проект зоны обращения с контейнерами обеспечивал возможность размещения различных контейнеров, предназначенных для использования в хранилище.

5.17. Прочие учитываемые факторы включают следующее:

- в проекте следует предусматривать доступ к любым частям установки для хранения, для которых требуется периодическое обследование и техническое обслуживание (например, сварные соединения между листами облицовки бассейна);
- следует, чтобы компоновка обеспечивала проведение дезактивации и инспекций оборудования для обращения с топливом и его хранения, а также контейнеров;
- следует предусмотреть места для проведения необходимых инспекций, идентификации, разборки и восстановления топлива, включая возможные измерения выгорания;
- следует предусмотреть места для хранения и использования инструментов и оборудования, необходимого для ремонта и испытаний компонентов

активной зоны, и оборудования для обращения с топливом и его хранения. Может также потребоваться место для приемки других топливных компонентов;

— следует иметь такую компоновку, чтобы обеспечить надлежащее перемещение топлива и чтобы топливо и оборудование для обращения с топливом не были повреждены.

Защита от пожара

5.18. Следует, чтобы в цели проекта входило ограничение риска повреждения облученного топлива, конструкций для хранения топлива, систем для обращения с топливом и его хранения и систем безопасности при пожаре.

Материалы и конструкция

5.19. Проект хранилища отработавшего ядерного топлива следует основывать на его проектном сроке службы, являющимся установленным сроком эксплуатации. Следует, чтобы проектный срок службы предусматривал проведение регулярных инспекций, ремонта и замены частей.

5.20. Важные для безопасности системы и компоненты установки для хранения отработавшего топлива следует проектировать так, чтобы они выполняли свои функции в течение всего срока службы установки. Если это не представляется возможным, то в проекте следует предусмотреть безопасную замену таких компонентов или систем.

5.21. Выбор конструкционных материалов и методы строительства следует основывать на стандартах, приемлемых для регулирующего органа. Следует учитывать потенциальные кумулятивные эффекты облучения материалов, которые могут подвергнуться высокому уровню облучения.

5.22. Следует, чтобы материалы конструкций и компонентов, имеющих прямой контакт с отработавшими топливными сборками, были совместимы с материалами топливных сборок и не загрязняли топливо инородными материалами, способными вызвать значительную деградацию топлива при хранении.

5.23. Следует провести детальное рассмотрение влияния окружающей среды в хранилище на топливо и важные для безопасности компоненты. Кроме того, следует оценить влияние любых изменений окружающей среды в хранилище (например, при процессе увлажнения/высыхания/увлажнения).

5.24. Следует учитывать воздействие коррозионных реагентов внутри и вне чехлов с отработавшим топливом (например, на оболочку топлива или конструкции бассейна).

5.25. Для систем хранения, использующих фиксированные твердые поглотители нейтронов, на протяжении всего срока службы установки необходимо иметь возможность подтвердить, что:

- поглотители действительно установлены;
- они не утратили своей эффективности или своей физической целостности, или не произошло их смещение при любом эксплуатационном состоянии и что этого не произойдет при любых аварийных условиях.

Допустимо подтверждение их эффективности с помощью расчетов.

5.26. В зонах хранения отработавшего топлива могут возникнуть такие условия, как высокая влажность, высокие температуры и высокие уровни радиации. Поэтому следует, чтобы компоненты и системы, важные для безопасности, прошли аттестацию на воздействие окружающей среды, и для них следует установить пределы и/или допуска таким образом, чтобы при превышении пределов или допусков предпринимались корректирующие меры.

Проектные нагрузки

5.27. Рекомендации пунктов 4.26-4.28 также применимы к оборудованию для обращения с облученным топливом и его хранения.

5.28. Следует, чтобы при нормальных режимах эксплуатации и в условиях проектных аварий нагрузки были соответствующим образом ограничены для обеспечения того, что не произойдет ни повреждение топлива, ни возникновение непреднамеренной критичности и не будет повреждений конструкций бассейна для хранения отработавшего топлива или оборудования для обращения с топливом. (В отношении контейнеров см. раздел 6).

5.29. При проектировании следует принимать во внимание следующие нагрузки:

- нагрузки от максимального количества хранящихся топливных сборок, устройств контроля реактивности, сборок с поглотителем, макетного топлива и других частей, которые могут храниться;
- гидростатическое давление воды;

- нагрузки, обусловленные полностью загруженными контейнерами и другим транспортным оборудованием;
- температурные нагрузки;
- сейсмические нагрузки;
- другие статические и динамические нагрузки, например нагрузки при падении грузов в бассейны с топливом.

5.30. Следует учитывать влияние облучения на конструкции, системы и компоненты.

Системы водоснабжения бассейна, системы очистки и системы охлаждения

5.31. При проектировании следует принять во внимание следующее:

- следует предусмотреть системы контроля уровня и температуры;
- следует исключить переполнение бассейна хранения. Следует иметь такой объем бассейна, чтобы в случае отказа систем охлаждения был обеспечен длительный период времени до начала кипения воды;
- следует спроектировать систему подпитки для компенсации потери воды при всех эксплуатационных состояниях и проектных авариях и использовать надежный источник воды. Следует также, чтобы потеря биологической защиты или потеря охлаждения не препятствовала доступу персонала для проведения, при необходимости, аварийных процедур по подпитке;
- трубопроводы следует располагать таким образом, чтобы в случае возникновения сифонного эффекта или разрыва любого подключенного трубопровода уровень воды в бассейне выдержки отработавшего топлива не падал ниже безопасного уровня при хранении облученного топлива. Для минимизации влияния отказов проходов бассейна их следует располагать выше уровня, соответствующего безопасному хранению отработавшего топлива;
- в случае когда между различными бассейнами используются шлюзовые ворота, их следует проектировать таким образом, чтобы они выдерживали наивысшее давление воды с каждой стороны. Для поддержания соответствующего экранирования отметку днища шлюзовых ворот следует располагать существенно выше верха хранящихся топливных сборок. Для шлюзовых ворот следует предусмотреть радиационно-стойкие уплотнения. Следует предусмотреть такую конструкцию уплотнений, которая могла бы выдержать отказ вспомогательной системы (например, системы подачи сжатого воздуха);
- следует предусмотреть системы контроля протечек, их сбора и удаления.

5.32. Для всех зон обращения с топливом и его хранения следует установить и соблюдать пределы концентраций радиоактивных веществ. Следует определить требования по качеству воды и уровню атмосферных загрязнений.

5.33. Следует использовать только воду с контролируемым химическим составом. Следует предусмотреть систему очистки воды, спроектированную таким образом, чтобы:

- радиоактивные, ионные и твердые примеси от продуктов активации, поврежденного топлива и других материалов могли быть удалены из воды так, чтобы можно было обеспечить сохранение мощности радиационной дозы, связанной с самим защитным слоем воды, в требуемых пределах;
- выдерживались установленные для эксплуатации в отношении поддержания подкритичности и минимизации коррозии пределы по химическому составу воды бассейна (например, по концентрации бора, содержанию хлоридов, сульфатов и фторидов, если необходимо, величине рН и проводимости);
- прозрачность воды поддерживалась на приемлемом уровне;
- были предусмотрены средства контроля микробиологических образований, по мере необходимости;
- в случае борного регулирования для контроля критичности можно было предотвратить разбавление бора в воде бассейнов.

Следует установить систему автоматического контроля содержания бора и соответствующую систему аварийной сигнализации.

5.34. Следует предусмотреть установки и оборудование для удаления примесей и взвешенных частиц из приповерхностного слоя воды бассейна.

5.35. При проведении операций, в которых может увеличиться выход радиоактивных веществ или произойти образование суспензии частиц, например при работах, связанных с восстановлением топлива, следует предусмотреть мероприятия по локальному отводу воды бассейна и ее направлению к системе очистки или локальному оборудованию для очистки. Также следует предусмотреть меры для предотвращения распространения переносимых по воздуху радиоактивных веществ, включая галогены, от поверхности бассейна (например, посредством расположения вентиляции или всасывающих патрубков кондиционеров вблизи поверхности бассейна).

5.36. В случае если в бассейнах для хранения облученного топлива размещены устройства для удаления продуктов деления (обычно на базе смол), следует

предусмотреть соответствующие меры для длительного хранения или захоронения этих устройств с целью предотвращения выхода адсорбированных продуктов деления в окружающую среду.

5.37. Следует предусмотреть системы для предотвращения недопустимого накопления загрязнения во всех зонах хранения и для снижения загрязнения до допустимого уровня, если такое накопление происходит. Следует проектировать трубопроводы с минимальным количеством фланцев и других деталей (например, сифонов или петель), где могут накапливаться радиоактивные вещества.

5.38. Системы охлаждения бассейнов следует проектировать с учетом обеспечения следующих функций:

- отвода максимально возможного тепла, которое может быть выделено содержимым бассейна, и поддержания температуры воды бассейна ниже предела для нормальной эксплуатации;
- сохранения целостности оболочки топлива;
- контроля уровня воды;
- контроля средней температуры воды на уровне, соответствующем проектным требованиям для облицовки и конструкций бассейна;
- ограничения распространения возможного загрязнения при испарении или кипении охлаждающей среды (кипение охлаждающей среды следует учитывать в случае аварийных условий);
- приемлемости уровней влажности в зоне хранения для поддержания работоспособности оборудования (например, фильтрационного и электрического оборудования);
- приемлемости условий для работы персонала;
- избыточности или функционального разнообразия систем охлаждения;
- соблюдения критерия единичного отказа.

5.39. Температурные пределы для воды бассейна следует определять с учетом проектных тепловых нагрузок, выбросов радиоактивных веществ из воды, воздействий на конструкцию бассейна и на компоненты систем охлаждения и очистки, наличия внутри зоны хранения стеллажей с топливом и оборудования для обращения с топливом, потери воды, удобства работы персонала и влияния на вспомогательное оборудование, такого, как электрическое оборудование и оборудование для фильтрации воздуха. Для эксплуатационных состояний и аварийных условий могут быть установлены различные пределы. Системы охлаждения бассейна следует проектировать так, чтобы исключить превышение, с достаточным запасом надежности, соответствующих установленных

пределов для температуры воды. Если вследствие аварийных условий возникают потери воды в бассейне при кипении или чрезмерном испарении, следует установить проектные пределы (например, по максимальной скорости испарения, минимальному уровню воды в бассейне) для конструкций и систем бассейна. Следует иметь подтверждение возможности перезапуска систем охлаждения бассейна в условиях, когда вода в бассейне близка к кипению.

Биологическая защита

5.40. Следует, чтобы проект обеспечивал надлежащую биологическую защиту от радиации в рабочей зоне и в помещениях и зонах, примыкающих к местам размещения систем для обращения с топливом. При анализе биологической защиты следует исходить из пессимистического предположения о том, что:

- все возможные места хранения топлива заполнены, все топливо, как предполагается, достигло максимального проектного выгорания для топлива с наибольшей номинальной глубиной выгорания и соответственно используется консервативная оценка времени охлаждения;
- над топливными сборками поддерживается минимально разрешенный уровень воды при максимальном подъеме топливной сборки в процессе обращения;
- перегрузочные машины и оборудование заполнены отработанным топливом или облученным материалом с максимально допустимым уровнем активности и расположены наиболее неблагоприятным образом.

5.41. Следует предусмотреть резервное оборудование для измерения уровня воды, соединенное с системой аварийной сигнализации на соответствующем пульте управления. Следует обеспечить надежную подпитку водой, которую можно использовать при всех эксплуатационных состояниях и в аварийных условиях. Следует учитывать возможность быстрого дренажа воды бассейна при потере герметичности шлюзовых ворот. После такого дренажа следует иметь достаточный уровень воды для предотвращения какого-либо обнажения топливной сборки в процессе обращения. Если это нельзя наглядно подтвердить, то вероятность такого дренажа следует ограничить проектом и конструкцией сооружения (например, с помощью двойной изоляции).

5.42. Оборудование для обращения с топливом следует проектировать так, чтобы исключить непреднамеренное помещение или подъем облученного топлива в зону, не имеющую биологической защиты.

5.43. Для уменьшения доз облучения персонала в проекте следует предусматривать, там, где это практически осуществимо, дистанционное управление и/или автоматизацию и механизацию всех процессов, связанных с загрузкой, выгрузкой и обращением с топливными сборками, ремонтными работами и действиями по замене радиоактивного оборудования.

Герметизация

5.44. Зоны для обращения и хранения следует проектировать, обеспечивая отсутствие утечек. Следует, чтобы возможная скорость потери герметичности вследствие определенных аварийных условий не превышала возможностей подпитки с целью обеспечения того, чтобы любые последствия утечки воды не приводили к выбросу радиоактивных веществ выше установленных пределов и поддерживался общий запас воды. Во всех проектах следует предусмотреть возможность контроля герметичности.

5.45. В проекте бассейна следует предусмотреть средства сбора любых протечек воды. Следует предусмотреть возможность локализации и ограничения протечек, превышающих утвержденные пределы протечек. В проекте бассейна следует предусмотреть средства для ремонта повреждений бассейна для хранения в случае, если инцидент приводит к утечке. Следует предусмотреть возможность инспектирования установки для хранения с целью предотвращения любых возможных утечек и обнаружения любых утечек, не поступающих в систему сбора утечек. Следует предусмотреть временное хранилище для перемещения в него содержимого бассейна, с тем чтобы обеспечить возможность проведения ремонта конструкций бассейна и соответствующего оборудования.

ОБОРУДОВАНИЕ

5.46. Следует предусмотреть оборудование для безопасного обращения с облученным топливом или другими компонентами либо в виде комплектных сборок или их частей, либо нахождения в специально спроектированных контейнерах. Обычно такое оборудование включает:

- машину для обращения с топливом;
- оборудование для перемещения топлива;
- устройства для подъема топлива;
- устройства для подъема компонентов активной зоны;
- оборудование для разборки и восстановления топлива;

- оборудование для инспектирования топлива;
- устройства для обращения с контейнерами для хранения топлива;
- оборудование радиационной защиты;
- устройства дезактивации.

5.47. Следует, чтобы все оборудование для обращения с отработавшим топливом и его хранения удовлетворяло соответствующим рекомендациям для аналогичных систем, используемых для свежего топлива, и проектным рекомендациям, изложенным в пунктах 5.1-5.8.

Проектные нагрузки

5.48. Рекомендации, изложенные в пунктах 5.27-5.30, применимы также к оборудованию для обращения с облученным топливом и компонентами активной зоны и их хранения.

Оборудование для обращения с топливом

5.49. В дополнение к рекомендациям, относящимся к оборудованию для обращения с облученным топливом и некоторыми другими компонентами активной зоны и их хранения, применимы также соответствующие рекомендации раздела 4, касающиеся оборудования для обращения со свежим топливом и его хранения, с учетом влияния облучения.

5.50. Оборудование для подъема топливных сборок или других компонентов активной зоны следует проектировать таким образом, чтобы подъем контролировался в фиксированных и приемлемых пределах. Оборудование следует калибровать периодически или, в случае перегрузки с остановом, по крайней мере перед началом кампании перегрузки.

5.51. Топливо следует физически защитить от подъема на слишком большую высоту, например, путем использования стержней соответствующей длины, соединяющих захваты подъемного устройства с краном, или механических стопоров на подъемных тросах. Следует также предусмотреть электрическую блокировку для предотвращения перемещения перегрузочной машины в то время, когда топливо находится в неправильном положении.

5.52. Следует, чтобы конкретные проектные соображения включали следующее:

- полые инструменты, используемые под водой, следует сконструировать таким образом, чтобы они заполнялись водой при погружении (сохраняя водное экранирование) и опорожнялись при извлечении из воды;
- следует, чтобы конструкция систем для обращения была таковой, чтобы при их использовании не происходило потерь их отдельных частей;
- в том случае, когда инструменты или обычные устройства для обращения используются для проведения работ, не связанных с обращением с топливом или компонентами активной зоны, следует, чтобы их конструкция не препятствовала любым действиям, связанным с безопасностью.

Оборудование для инспектирования и разборки

5.53. Следует предусмотреть оборудование для непосредственного или дистанционного инспектирования топливных сборок и других компонентов активной зоны визуальными или другими методами.

5.54. При необходимости разборки топлива для сохранения многократно используемых элементов, например топливных каналов, или при необходимости разборки топлива перед хранением следует предусмотреть соответствующее демонтажное оборудование.

5.55. Следует, чтобы оборудование для обнаружения поврежденных топливныхборок обеспечивало обнаружение повреждений облученных топливныхборок без дальнейшего ущерба структурной целостности топлива.

5.56. Оборудование для инспектирования, а также оборудование для разборки и восстановления следует проектировать так, чтобы сводились к минимуму эффекты облучения и предотвращался перегрев топлива.

Оборудование для хранения

5.57. В тех случаях, когда топливо до его транспортировки хранится либо в контейнерах вне реактора, либо с использованием оборудования для переноса в другую зону хранения на площадке, следует предусмотреть оборудование для хранения, такое, как стеллажи или контейнеры. В проекте следует рассматривать следующее:

- (a) следует обеспечить, чтобы все места хранения топлива были доступны для соответствующего оборудования для обращения с топливом;

- (b) следует предотвратить наклон стеллажей хранения топлива и перемещения контейнеров хранения топлива вследствие постулированных исходных событий, если только не может быть показано, что в результате таких перемещений не возникает никакой опасности;
- (c) оборудование следует проектировать так, чтобы сводилась к минимуму возможность возникновения чрезмерных поперечных, аксиальных и изгибающих нагрузок на топливные сборки в ходе обращения и хранения; также следует учитывать изменения размеров компонентов в результате эксплуатации;
- (d) в случаях необходимости наклона или поворота транспортных контейнеров или контейнеров для хранения следует разработать оборудование для удержания топлива таким образом, чтобы предотвратить повреждение топливных элементов при проведении подобных работ;
- (e) при разработке оборудования для хранения следует предусматривать меры для его удобного демонтажа или удаления, позволяющие производить переборку стеллажей и техническое обслуживание облицовки бассейна;
- (f) при проектировании оборудования для хранения следует учитывать возможные эффекты нагрева материалов, используемых для хранения. Необходимо исключить кипение воды в промежуточных полостях. Следует, чтобы проектная решетка размещения топлива при хранении предотвращала любое увеличение реактивности, например при попадании воздуха или пара в процессе обращения с топливом или его хранения.

ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

5.58. В дополнение к рекомендациям по вспомогательным системам для свежего топлива, приведенным в пунктах 4.29-4.43 и 4.45-4.47, применимы также нижеприведенные рекомендации.

Осветительное оборудование

5.59. В зоне бассейна следует предусмотреть необходимое оборудование для освещения, делающее возможными удовлетворительное обращение с топливными сборками и их визуальное инспектирование и идентификацию. Следует предусмотреть наличие подводного освещения вблизи рабочих зон и средств замены ламп, расположенных под водой. Следует, чтобы материалы, используемые для подводного освещения, соответствовали условиям окружающей среды и, в частности, не подвергались недопустимой коррозии или не вызывали

любое недопустимое загрязнение воды. По возможности следует обеспечить стойкость к воздействию ударов и термошока.

Оборудование для охлаждения и очистки воды

5.60. Следует предусмотреть оборудование для охлаждения и очистки воды бассейна. Такое оборудование может использовать общие устройства, отвечающие как целям охлаждения, так и очистки. Если для очистки используется локальная или портативная система отвода воды, то следует, чтобы ее пропускная способность совместно с допусками на утечки была меньше, чем пропускная способность системы подпитки.

5.61. Следует обратить внимание на обеспечение соответствующей надежности функционирования системы охлаждения.

5.62. Следует предусмотреть оборудование для дезактивации оборудования и инструментов по обращению с топливом и для очистки и дезактивации, в случае необходимости, контейнеров.

5.63. В установленных системах отвода воды следует предусмотреть активное предотвращение падения уровня воды ниже безопасного.

Системы радиационного контроля и системы вентиляции

5.64. Зоны, в которых происходит обращение с облученным топливом и его хранение, следует оборудовать надлежащими системами радиационного контроля и аварийного оповещения для защиты персонала. Следует предусмотреть, чтобы это оборудование включало соответствующее количество радиационных мониторов для обеспечения защиты операторов машин для обращения с топливом. Следует предусмотреть меры непрерывного контроля воздуха в любой зоне, где в процессе обращения с облученным топливом может произойти выход радиоактивных веществ в виде аэрозолей.

5.65. Оборудование для вентиляции и фильтрации следует установить и эксплуатировать таким образом, чтобы ограничивались концентрация радиоактивных аэрозолей и возможность их выброса. В общем случае вентилирующий воздушный поток следует направлять из зон с меньшим загрязнением в зоны с большим загрязнением, не допуская возникновения обратного потока. Системы вентиляции могут также быть спроектированы в целях недопущения высокой влажности в установках мокрого хранения, обеспечения контролируемой свободной от пыли окружающей среды, с тем

чтобы уменьшить осаждение пыли на поверхности бассейна, и предотвращения любой опасности от воспламеняющихся или взрывоопасных газов.

5.66. Оборудование для радиационного контроля и вентиляции подчиняется требованиям Основных норм безопасности [5].

ЭКСПЛУАТАЦИЯ

Операции по обращению

5.67. В проекте следует предусмотреть условия, обеспечивающие выполнение или возможность выполнения установленных требований и рекомендаций, приведенных в [3, 7].

5.68. В проекте следует обеспечивать:

- все предусмотренные и ожидаемые операции по обращению с топливом;
- соответствующие действия по инспекциям, испытаниям и техническому обслуживанию;
- учет взаимодействий с другими необходимыми операциями.

5.69. В проекте следует предусмотреть средства для обеспечения подкритичности при удалении поглотителей из активной зоны. В зависимости от типа реактора следует предусматривать соответственно следующие административные и защитные меры:

- ограничение количества устройств контроля реактивности, которые могут быть одновременно извлечены, путем ограничения предоставляемого оборудования, необходимого для осуществления такой операции;
- обеспечение того, что перед извлечением топливной сборки, содержащей устройство контроля реактивности, извлечены соседние топливные сборки;
- наличие достаточного количества поглотителя в теплоносителе для гарантии того, что даже в случае удаления всех устройств контроля реактивности критичность не может быть достигнута.

Перегрузка на мощности

5.70. В течение всего времени работы реактора на мощности следует поддерживать целостность контура теплоносителя. Эту философию следует

отразить в проекте систем обращения с топливом для реакторов с перегрузкой на мощности. Следует предусмотреть средства, постоянно обеспечивающие целостность защитной оболочки в процессе перемещении топлива через её границы.

5.71. Следует, чтобы целостность перегрузочной машины рассматривалась совместно с целостностью контура под давлением. Вероятность аварии с потерей теплоносителя и/или выброса отработавшего топлива или устройств контроля реактивности следует свести к минимуму.

5.72. Для обеспечения целостности контура под давлением в процессе перегрузки топлива следует предусмотреть средства для подтверждения герметичности системы до удаления и после установки заглушки.

5.73. На время соединения перегрузочной машины с топливным каналом следует исключить любые передвижения, которые могли бы привести к нарушению целостности контура под давлением. Следует предотвращать возможность создания перегрузочной машиной избыточной нагрузки на топливный канал. Не следует, чтобы процесс перегрузки оказывал такое влияние на режим работы реактора, которое могло бы создать опасность в других частях реакторной установки. Следует предусмотреть возможность безопасной приостановки любой операции перегрузки в случае возникновения события, влияющего на реактор.

МЕРЫ ПРЕДОСТОРОЖНОСТИ ПРИ РАЗБОРКЕ И ВОССТАНОВЛЕНИИ ОБЛУЧЕННОГО ТОПЛИВА

5.74. Следует, чтобы оборудование для разборки, восстановления топливных элементов и обращения с ними было таким, чтобы сохранялась целостность топливных стержней. Следует, чтобы проект предотвращал возможное повреждение топлива под действием нагрузок, возникающих при подъеме разобранных топливных сборок или топливных элементов или при других операциях по обращению, например при наклоне сборок или при изменениях в оболочке топлива.

5.75. При разборке и восстановлении топлива следует предусмотреть надежные средства для отвода остаточного тепла от облученного топлива.

5.76. Накопление радиоактивной пыли и газов следует предотвращать посредством обеспечения соответствующей конструкции и функционирования

систем вентиляции или путем подачи потоков охлажденного воздуха, а также путем сведения к минимуму накопления пыли и газов в оборудовании. Любые вентиляционные потоки от оборудования для разборки следует фильтровать с целью удаления радиоактивных веществ.

5.77. Рекомендации по проектированию биологической защиты при проведении операций с топливом и по предотвращению критичности и падения топливных или других сборок также применимы к операциям по разборке отработавшего топлива.

МЕРЫ ПРЕДОСТОРОЖНОСТИ В ОТНОШЕНИИ ПОВРЕЖДЕННОГО ТОПЛИВА

5.78. Поврежденное топливо - как потенциальный источник загрязнения - следует помещать в соответствующие контейнеры для хранения. Контейнеры следует проектировать так, чтобы они выдерживали температуру и давление, вызванные остаточным тепловыделением облученного топлива или химическими реакциями между топливом или его оболочкой и окружающей водой.

5.79. При проектировании следует предусмотреть процедуры, предназначенные для удаления поврежденных топливныхборок или других компонентов активной зоны. Следует, чтобы конструкция специальных инструментов для обращения с поврежденным топливом соответствовала рекомендациям по обеспечению подкритичности и биологической защиты, приведенным выше. Следует установить процедуры, допускающие использование нестандартного оборудования, и следует осуществлять строгий административный контроль.

ОБРАЩЕНИЕ С ДРУГИМИ ОБЛУЧЕННЫМИ КОМПОНЕНТАМИ И ИХ ХРАНЕНИЕ

5.80. При проектировании систем для обращения следует рассмотреть обращение с другими облученными компонентами активной зоны реактора, не содержащими топлива, и их хранение. К таким компонентам могут относиться устройства контроля реактивности или устройства останова, внутризонные измерительные устройства, источники нейтронов, ограничители расхода, топливные каналы, выгорающие поглотители и образцы материала корпуса реактора.

Компоненты активной зоны

5.81. Следует руководствоваться рекомендациями пунктов 5.1-5.57 там, где они применимы. Для компонентов активной зоны следует обратить особое внимание на следующее:

- следует обеспечить соответствующую биологическую защиту облученных компонентов;
- при необходимости обследования облученных компонентов следует предусмотреть соответствующие блокировки и другие средства защиты операторов от облучения;
- при необходимости следует предусмотреть средства транспортировки облученных компонентов в соответствующий контейнер для перевозки;
- следует предусмотреть предписанное оборудование для хранения и захоронения, а также, если это требуется, оборудование для инспектирования;
- при обращении следует уделять соответствующее внимание защите хранящегося топлива и ограничению возможного распространения загрязнений;
- облученные компоненты активной зоны не следует хранить в зоне хранения свежего топлива. При необходимости следует обеспечить возможность временного хранения таких компонентов в хранилище облученного топлива.

Источники нейтронов

5.82. Следует предусмотреть достаточную биологическую защиту и аппаратуру для мониторинга с целью защиты персонала от ионизирующего излучения нейтронных источников. При приемке транспортных контейнеров, содержащих источники нейтронов, следует провести проверки загрязнений. Транспортные контейнеры для источников нейтронов следует четко маркировать в соответствии с требованиями регулирующего органа.

5.83. В процессе обращения с источниками нейтронов следует контролировать величины мощности доз гамма- и нейтронного излучения.

5.84. Следует предусмотреть меры для четкой идентификации всех источников нейтронов, и в местах их использования следует применять меры административного контроля.

Реакторные компоненты повторного использования

5.85. Для большинства типов реакторов существуют некоторые компоненты активной зоны и части топливных сборок, которые могут быть использованы повторно (например, топливные каналы в кипящих реакторах, сборки ограничителей потока в реакторах с водой под давлением или запорные устройства в современных газоохлаждаемых реакторах). Эти предметы могут иметь высокую активность. При переносе таких предметов в зоны сборки следует свести к минимуму распространение загрязнений и облучение персонала.

5.86. Для повторно используемых компонентов следует предусмотреть возможность инспектирования для обеспечения стабильности их размеров и отсутствия каких-либо повреждений, возникших в результате эксплуатации или в процессе обращения. Если повторно используемые компоненты содержат сменные части (например, уплотнения), следует предусмотреть возможность инспектирования сменных компонентов.

5.87. В проекте систем для обращения с облученным топливом и его хранения следует обеспечить предотвращение загрязнения повторно используемых компонентов материалами, которые могут воздействовать на целостность компонентов реактора после установки повторно используемых компонентов.

6. ОБРАЩЕНИЕ С ТОПЛИВНЫМИ КОНТЕЙНЕРАМИ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОБРАЩЕНИЯ С ТОПЛИВНЫМИ КОНТЕЙНЕРАМИ

6.1. Следует, чтобы оборудование, имеющееся на площадке реактора, соответствовало требованиям по обращению с топливными контейнерами³, которые будут использованы.

³ На контейнеры, которые предстоит вывозить за пределы станции, распространяются требования Правил безопасной перевозки радиоактивных материалов [12, 13] и других соответствующих международных стандартов и национальных регулирующих положений. Вопросы проектирования контейнеров выходят за рамки настоящего Руководства по безопасности.

6.2. Конструкции, системы и компоненты следует проектировать, а процедуры разрабатывать таким образом, чтобы предотвратить воздействие операций по обращению с контейнерами на деятельность, связанную с эксплуатацией реактора.

6.3. Конструкции, системы и компоненты следует проектировать, а процедуры разрабатывать таким образом, чтобы загрязнение контейнеров и транспортных упаковок предотвращалось или сводилось к минимуму, насколько это практически возможно. Следует предусмотреть оборудование для дезактивации контейнеров перед их транспортировкой или передачей на хранение и для проведения испытаний на утечки, проверок загрязнения поверхности и других необходимых испытаний и проверок. Следует предусмотреть меры для дренирования жидкостей, используемых при дезактивации или промывке системы охлаждения контейнеров (где это требуется), в систему жидких радиоактивных отходов.

6.4. Маршруты транспортирования внутри станции следует выбирать по возможности более короткими в соответствии с требованиями безопасности. Следует исключить перенос над хранящимся топливом. Если постулируемым исходным событием предусмотрено падение или опрокидывание контейнера, то эти возможности следует учитывать при проектировании. Хранящееся топливо, облицовка бассейна для хранения топлива, системы охлаждения и реакторные системы, важные для безопасности реактора, следует должным образом защитить.

6.5. Следует, чтобы конструкция подъемных устройств предотвращала возможность падения тяжелых грузов. В случае если система подъема контейнеров такова, что отказ одного компонента может привести к недопустимому падению груза, следует использовать демпфирующие устройства совместно с ограничениями высоты подъема, с тем чтобы иметь возможность смягчить потенциальные последствия. Вероятность падения контейнера следует уменьшить посредством выбора соответствующей конструкции крана и соответствующих процедур инспектирования, испытаний и технического обслуживания крана и связанного с ним подъемного механизма, а также путем надлежащего обучения операторов.

6.6. Зону обращения с контейнерами следует расположить так, чтобы вокруг контейнера имелось достаточное пространство для проведения инспекций, радиационного контроля и тестов на дезактивацию. Следует предусмотреть необходимую зону для хранения контейнеров и связанного с ними оборудования (например, амортизаторов).

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОБРАЩЕНИЯ С ТОПЛИВНЫМИ КОНТЕЙНЕРАМИ

6.7. Следует, чтобы оборудование для обращения с контейнерами было совместимо с оборудованием для подъема топлива и компонентов и включало:

- транспортные средства для перемещения контейнеров;
- краны и соответствующие подъемные устройства для контейнеров, крышек или внутренних устройств контейнеров;
- оборудование для дезактивации;
- оборудование радиационного контроля;
- систему дренирования и промывки и/или очистки контейнеров;
- инструменты для снятия крышек контейнеров;
- оборудование для испытаний контейнеров;
- средства и устройства для предотвращения радиоактивного загрязнения внешней поверхности контейнеров;
- осветительное оборудование.

6.8. Транспортные средства перевозки или краны для перемещения контейнеров следует проектировать так, чтобы ограничить возможность падения или непреднамеренного опрокидывания контейнеров. Транспортные средства и краны следует снабдить надежной тормозной системой, исключая возможность их случайного перемещения. Следует предусмотреть две системы торможения, каждая из которых обеспечивает затормаживание при полной нагрузке. Следует предусмотреть соответствующие ограничения скоростей горизонтального и вертикального перемещения кранов для обеспечения безопасного обращения с контейнерами.

6.9. Следует предусмотреть оборудование радиационного контроля, обеспечивающего измерение гамма-излучения, а также потоков быстрых нейтронов и тепловых нейтронов от контейнера, там, где это важно. Следует предусмотреть средства измерения загрязнения поверхности контейнеров, с тем чтобы перед отправкой контейнеров со станции обеспечить выполнение правил перевозки.

6.10. В случае обратной транспортировки топлива в бассейн из сухого хранилища следует предусмотреть надлежащее охлаждение контейнера и топлива.

ОПЕРАЦИИ ПО ОБРАЩЕНИЮ

6.11. Оборудование для обращения с контейнерами следует проектировать таким образом, чтобы обеспечивалось выполнение или возможность выполнения соответствующих требований и рекомендаций, приведенных в [2, 7]. Следует, чтобы проект обеспечивал:

- проведение всех предусмотренных и ожидаемых операций по обращению с топливом;
- проведение надлежащих инспекций, испытаний и технического обслуживания;
- осуществление необходимых взаимодействий с другими операциями;
- подготовку письменных инструкций в тех случаях, когда это требуется.

6.12. Особое внимание следует уделять административным мерам, которые должны обеспечивать исключение возможности загрузки в контейнер топлива без достаточной выдержки или не предусмотренной проектом комбинации топливных сборок. Следует также уделить внимание подтверждению того, что отправляемые грузы удовлетворяют соответствующим требованиям.

7. ОБРАЩЕНИЕ С ТОПЛИВОМ НА ПЛОЩАДКАХ С НЕСКОЛЬКИМИ РЕАКТОРАМИ

7.1. На площадках с несколькими реакторами установки для обращения с топливом и его хранения могут быть предназначены как для каждого отдельного реактора, так и использоваться для нескольких реакторов. В любых случаях следует выполнять рекомендации предыдущих разделов.

7.2. В случае если требуется перемещение какого-либо топлива или компонентов между установками, эти операции следует производить в специально сконструированных контейнерах или при необходимости с помощью других средств, обеспечивающих поддержание подкритичности и отвод выделяющегося тепла и сведение к минимуму облучения и радиоактивного загрязнения персонала станции и населения. Кроме того, следует предусмотреть средства защиты от механических повреждений в процессе обращения, при отправке и приемке компонентов на реакторных блоках, а также в процессе транспортировки.

7.3. Полная емкость хранения для энергоблоков, использующих одни и те же установки для хранения, не обязательно следует увеличивать линейно при увеличении числа блоков. При определении общей емкости хранения необходимо учитывать такие факторы, как период потребности в хранении топлива и частоту перегрузок отдельных блоков.

7.4. На некоторых станциях одна и та же перегрузочная машина или машины, или части перегрузочных машин используются для обслуживания более одного реактора; на других станциях перегрузочные машины предназначены для обслуживания конкретного реактора и существуют общие устройства для транспортировки в используемые совместно зоны хранения. В случае когда одно и то же оборудование используется для обслуживания более чем одного реактора, следует подтвердить выполнение индивидуальных требований любого отдельного блока, а также подтвердить, что любые отказы, возникшие на отдельном блоке, не смогут повлиять на безопасность любого другого блока.

8. ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА И ДОКУМЕНТАЦИЯ

ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА

8.1. Следует, чтобы конструкция и материалы узлов, важных для безопасности, были проверены в соответствии с требованиями и рекомендациями [6].

8.2. Для подтверждения выполнения требований [6] следует документировать проектные характеристики, выполненные анализы и фактические данные всего оборудования. Следует, чтобы документация была доступна оператору.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ, МЕСТОНАХОЖДЕНИЕ И ПЕРЕМЕЩЕНИЕ ТОПЛИВНЫХ СБОРОК И ДРУГИХ КОМПОНЕНТОВ АКТИВНОЙ ЗОНЫ

8.3. В проекте для всего оборудования для обращения с топливом и его хранения следует предусмотреть средства для подтверждения правильности ведения учета по:

- числу и идентификации топливных сборок и других компонентов активной зоны;

— местонахождению каждой топливной сборки или компонента активной зоны.

8.4. Следует обеспечивать такую надежность средств идентификации, чтобы они сохраняли свою эффективность в процессе выполнения процедур по обращению и эксплуатации.

СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

- [1] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ. Безопасность атомных электростанций: проектирование, Серия норм безопасности, № NS-R-1, МАГАТЭ, Вена (2003).
- [2] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Design of Spent Fuel Storage Facilities, Safety Series No. 116, IAEA, Vienna (1994).
- [3] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Operation of Spent Fuel Storage Facilities, Safety Series No. 117, IAEA, Vienna (1994).
- [4] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Safety Assessment for Spent Fuel Storage Facilities, Safety Series No. 118, IAEA, Vienna (1995).
- [5] ПРОДОВОЛЬСТВЕННАЯ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ, МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, МЕЖДУНАРОДНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ТРУДА, АГЕНТСТВО ПО ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГИИ ОЭСР, ПАНАМЕРИКАНСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ, ВСЕМИРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ. Международные основные нормы безопасности для защиты от ионизирующих излучений и безопасного обращения с источниками излучения, Серия изданий по безопасности № 115, МАГАТЭ, Вена (1997).
- [6] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ. Обеспечение качества для безопасности атомных электростанций и других ядерных установок. Серия изданий по безопасности № 50-C/SG-Q, МАГАТЭ, Вена (1998).
- [7] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ. Безопасность атомных электростанций: эксплуатация, Серия норм безопасности № NS-R-2, МАГАТЭ, Вена (2003).
- [8] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Site Evaluation for Nuclear Facilities, Safety Standards Series No. NS-R-3, IAEA, Vienna (2003).
- [9] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ. Внешние события техногенного происхождения в оценке площадки для атомных электростанций, Серия норм безопасности № NS-G-3.1, МАГАТЭ, Вена (2004).
- [10] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, External Events Excluding Earthquakes in the Design of Nuclear Power Plants, Safety Standards Series No. NS-G-1.5, IAEA, Vienna (2003).
- [11] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Seismic Design and Qualification for Nuclear Power Plants, Safety Standards Series No. NS-G-1.6, IAEA, Vienna (2003).
- [12] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Regulations for the Safe Transport of Radioactive Materials, 1996 Edition (Revised), Safety Standard Series No. TS-R-1 (ST-1 Revised), IAEA, Vienna (2000).
- [13] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Advisory Material for the IAEA Regulations for the Safe Transport of Nuclear Material, Safety Standards Series No. TS-G-1.1 (ST-2), IAEA, Vienna (2002).

Приложение

Блок-схемы типовых систем для обращения с облученным топливом и его хранения

А-1. Рис. А-1А-4 показывают блок-схемы типовых систем для обращения с облученным топливом реакторов разных типов и его хранения

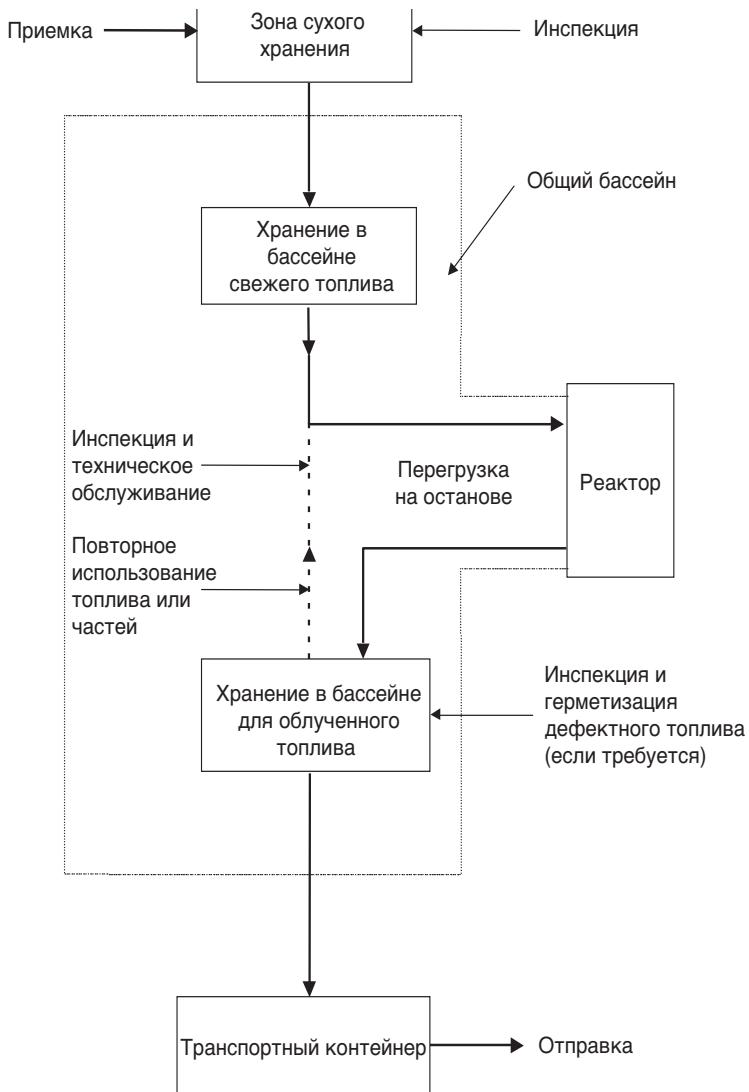


Рис. А-1. Блок-схема типовой системы для обращения с облученным топливом реакторов легководных реакторов и его хранения.

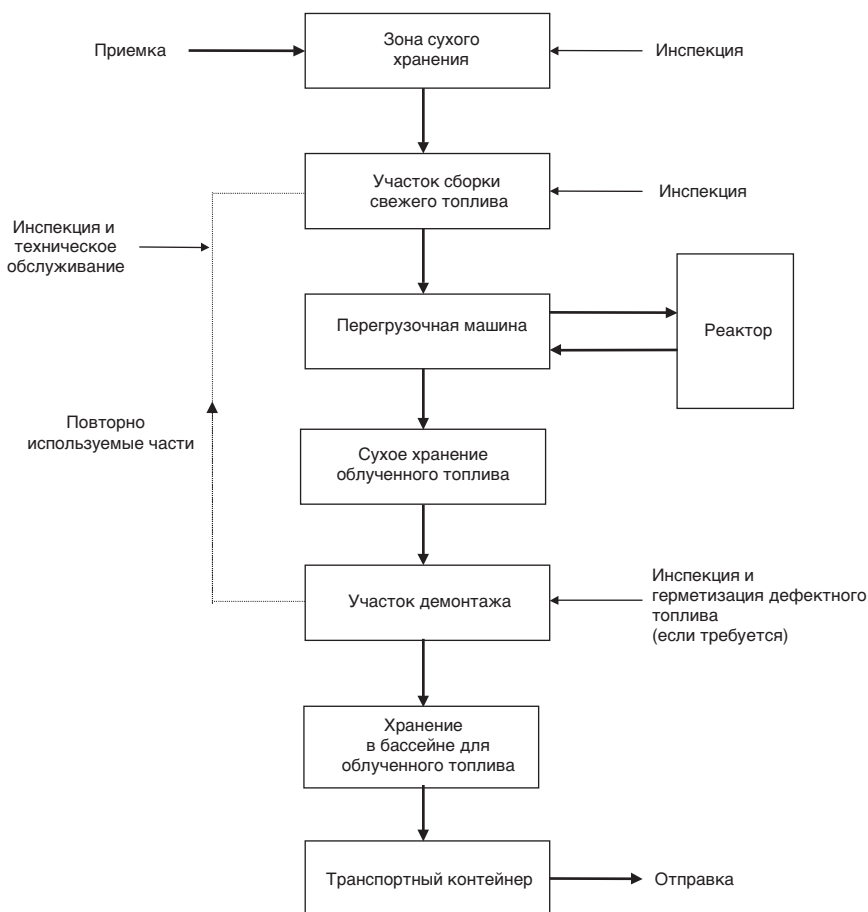


Рис. А-2. Блок-схема типовой системы для обращения с облученным топливом легководных реакторов и его хранения.

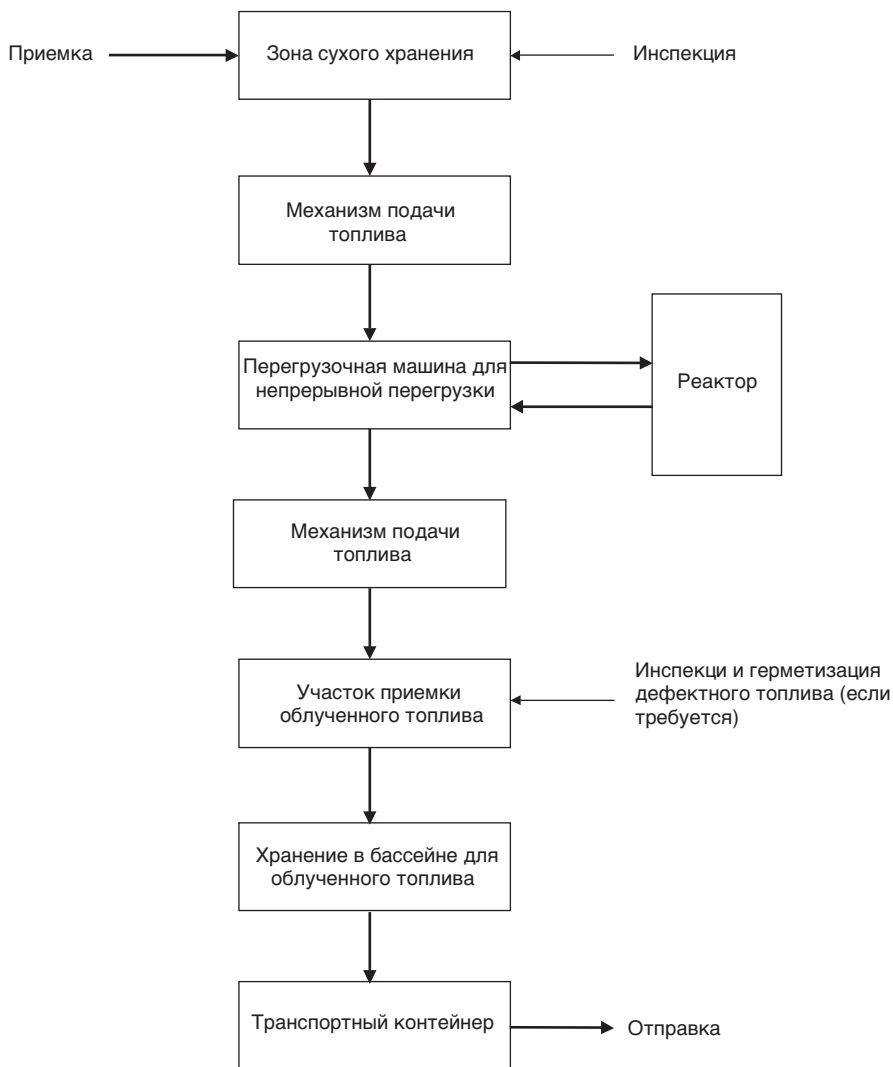


Рис. А-3. Блок-схема типовой системы для обращения с облученным топливом легководных реакторов и его хранения.

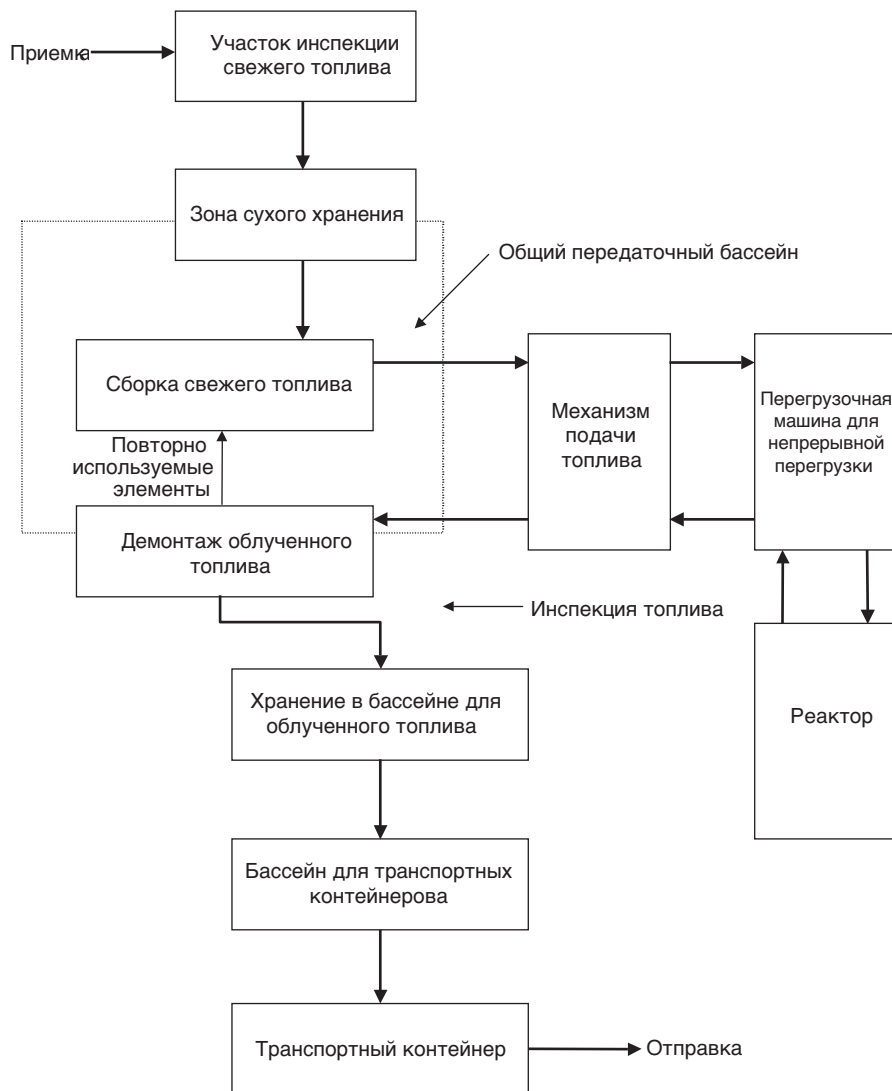


Рис. А-4. Блок-схема типовой системы для обращения с облученным топливом тяжеловодных реакторов и его хранения.

СОСТАВИТЕЛИ И РЕЦЕНЗЕНТЫ

Aly, A.M.M.	Совет по контролю за использованием атомной энергии, Канада
Bencová, A.	Ядерный регулирующий орган, Словакия
Bigas, J.	Czech Power Enterprises (CEZ), АЭС "Темелин", Чешская Республика
Colonna d'Istria, L.	компания "Electricité de France", Франция
Cowley, J.S.	консультант, Соединенное Королевство
Dobson, A.	British Nuclear Fuels plc, Соединенное Королевство
Eveillard, P.	компания "Electricité de France", Франция
Ewing, B.	Совет по контролю за использованием атомной энергии, Канада
Gasparini, M.	Международное агентство по атомной энергии
Jit, I.	Nuclear Power Corporation, Индия
Капитанов, А.	Федеральный надзор России по ядерной и радиационной безопасности, Российская Федерация
Kienle, F.	Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke (VDEW), Германия
Kim, N. Ch.	Корейский институт ядерной безопасности, Республика Корея
Kmosena, J.	Slovenske Elektrarne, Словакия
Knecht, K.	Siemens AG, KWU, BVV5, Германия
Král, L.	АЭС "Темелин", Чешская Республика
Kuba, S.	АЭС "Дукованы", Чешская Республика
Leblanc, R.	Совет по контролю за использованием атомной энергии, Канада
Lemoine, P.	компания "Electricité de France", Франция
Макарчук, Т.	ВНИПИЭТ, Российская Федерация
Markus, J.	АЭС "Моховце SE", Словакия
McBride, J.A.	консультант, Соединенные Штаты Америки
Mercier, J.P.	CEA/IPSN, Франция
Novo, M.	Centrales Nucleares, АЭС "Трильо 1", Испания
Ördögh, M.	ETV-EROTERV-RT, Венгрия
Peyrouty, P.	IPSN/DES, Франция
Revel, P.	Фраматом, Франция
Revilla, J.L.	Consejo de Seguridad Nuclear, Испания

Saegusa, T.	Центральный научно-исследовательский институт электроэнергетической промышленности, Япония
Sjöstrand, H.	АЭС "Рингхальс", Швеция
Smith, M.	British Nuclear Fuels plc, Соединенное Королевство
Takala, H.J.T.	Финский центр радиационной и ядерной безопасности, Финляндии
Takáts, F.	Международное агентство по атомной энергии
Van Beginne, F.	Departement Nucléaire de Tractebel, Бельгия
Williams, R.F.	Williams Technical Associates, Inc., Соединенные Штаты Америки

ОРГАНЫ, УЧАСТВУЮЩИЕ В ОДОБРЕНИИ НОРМ БЕЗОПАСНОСТИ

Примечание: звездочкой (*) отмечены члены-корреспонденты. Членам-корреспондентам направляются проекты документов для замечаний, а также другая документация, но они, как правило, не принимают участия в работе совещаний.

Комиссия по нормам безопасности

Аргентина: Oliveira, A.; *Бразилия:* Caubit da Silva, A.; *Канада:* Pereira, J.K.; *Китай:* Zhao, C.; *Франция:* Lacoste, A.-C.; Gauvain, J.; *Германия:* Renneberg, W.; *Индия:* Sukhatme, S.P.; *Япония:* Suda, N.; *Корея, Республика:* Eun, S.; *Российская Федерация:* Вишневецкий, Ю.Г.; *Испания:* Azuara, J.A.; Santoma, L.; *Швеция:* Holm, L.-E.; *Швейцария:* Schmocker, U.; *Украина:* Грищенко, В.; *Соединенное Королевство:* Williams, L.G. (председатель); Pape, R.; *Соединенные Штаты Америки:* Travers, W.D.; *МАГАТЭ:* Karbassioun, A. (координатор); *Международная комиссия по радиологической защите:* Clarke, R.H.; *Агентство по ядерной энергии ОЭСР:* Shimomura, K.

Комитет по нормам ядерной безопасности

Аргентина: Sajaroff, P.; *Австралия:* MacNab, D.; **Беларусь:* Судаков, Л.; *Бельгия:* Govaerts, P.; *Бразилия:* Salati de Almeida, I.P.; *Болгария:* Гантчев, Т.; *Канада:* Hawley, P.; *Китай:* Wang, J.; *Чешская Республика:* Böhm, K.; *Египет:* Hassib, G.; *Финляндия:* Reiman, L. (председатель); *Франция:* Saint Raymond, P.; *Германия:* Feige, G.; *Венгрия:* Vöröss, L.; *Индия:* Sharma, S.K.; *Ирландия:* Hone, C.; *Израиль:* Hirshfeld, H.; *Италия:* del Nero, G.; *Япония:* Yamamoto, T.; *Корея, Республика:* Lee, J.-I.; *Литва:* Demcenko, M.; **Мексика:* Delgado Guardado, J.L.; *Нидерланды:* de Munk, P.; **Пакистан:* Hashimi, J.A.; **Перу:* Ramírez Quijada, R.; *Российская Федерация:* Баклушин, Р.П.; *Южная Африка:* Bester, P.J.; *Испания:* Mellado, I.; *Швеция:* Jende, E.; *Швейцария:* Aeberli, W.; **Таиланд:* Tanipanichskul, P.; *Турция:* Alten, S.; *Соединенное Королевство:* Hall, A.; *Соединенные Штаты Америки:* Newberry, S.; *Европейская комиссия:* Schwartz, J.-C.; *МАГАТЭ:* Bevington, L. (координатор); *Международная организация по стандартизации:* Nigon, J.L.; *Агентство по ядерной энергии ОЭСР:* Hrehor, M.

Комитет по нормам радиационной безопасности

Аргентина: Rojkind, R.H.A.; *Австралия:* Mason, С. (председатель), *Беларусь:* Рыдлевский, Л.; *Бельгия:* Smeesters, P.; *Бразилия:* Amaral, E.; *Канада:* Utting, R.; *Куба:* Betancourt Hernandez, A.; *Китай:* Yang, H.; *Чешская Республика:* Drabova, D.; *Дания:* Ulbak, K.; *Египет:* Hanna, M.; *Финляндия:* Markkanen, M.; *Франция:* Piechowski, J.; *Германия:* Landfermann, H.; *Венгрия:* Koblinger, L.; *Индия:* Sharma, D.N.; *Ирландия:* McGarry, A.; *Израиль:* Laichter, Y.; *Италия:* Sgrilli, E.; *Япония:* Yonehara, H.; *Корея, Республика:* Kim, С.; *Мадагаскар:* Andriambololona, R.; *Мексика:* Delgado Guardado, J.; *Нидерланды:* Zuur, С.; *Норвегия:* Saxebol, G.; *Перу:* Medina Gironzini, E.; *Польша:* Merta, A.; *Российская Федерация:* Кутков, В.; *Словакия:* Jurina, V.; *Южная Африка:* Olivier, J.H.L.; *Испания:* Amor, I.; *Швеция:* Hofvander, P.; Moberg, L.; *Швейцария:* Pfeiffer, H.J.; *Таиланд:* Pongpat, P.; *Турция:* Buyan, A.G.; *Украина:* Лихтарев, И.А.; *Соединенное Королевство:* Robinson, I.; *Соединенные Штаты Америки:* Paperiello, С.; *МАГАТЭ:* Bilbao, A.; *Европейская комиссия:* Kaiser, S.; Janssens, A.; *Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций:* Rigney, С.; *Международная комиссия по радиологической защите:* Valentin, J.; *Международное бюро труда:* Niu, S.; *Международная ассоциация радиационной защиты:* Webb, G.; *Международная организация по стандартизации:* Perrin, M.; *Агентство по ядерной энергии ОЭСР:* Lazo, T.; *Панамериканская организация здравоохранения:* Borrás, С.; *Научный комитет ООН по действию атомной радиации:* Gentner, N.; *Всемирная организация здравоохранения:* Kheifets, L.

Комитет по нормам безопасности перевозки

Аргентина: López Vietri, J.; *Австралия:* Colgan, P.; **Беларусь:* Зайцев, С.; *Бельгия:* Cottens, E.; *Бразилия:* Bruno, N.; *Болгария:* Бакалова, А.; *Канада:* Viglasky, T.; *Китай:* Pu, Y.; **Дания:* Hannibal, L.; *Египет:* El-Shinawy, R.M.K.; *Франция:* Aguilar, J.; *Германия:* Rein, H.; *Венгрия:* Sáfár, J.; *Индия:* Nandakumar, A.N.; *Ирландия:* Duffy, J.; *Израиль:* Koch, J.; *Италия:* Trivelloni, S.; *Япония:* Namada, S.; *Корея, Республика:* Kwon, S.-G.; *Нидерланды:* Van Halem, H.; *Норвегия:* Hornkjøl, S.; *Перу:* Regalado Campaña, S.; *Румыния:* Vieru, G.; *Российская Федерация:* Ершов, В.Н.; *Южная Африка:* Jutle, K.; *Испания:* Zamora Martin, F.; *Швеция:* Pettersson, B.G.; *Швейцария:* Knecht, B.; **Таиланд:* Jerachanchai, S.; *Турция:* Köksal, M.E.; *Соединенное Королевство:* Young, C.N. (председатель); *Соединенные Штаты Америки:* McGuire, R.; *МАГАТЭ:* Pore, R.V.; *Европейская комиссия:* Rossi, L.; *Международная ассоциация воздушного транспорта:* Abouchaar, J.; *Международная организация гражданской*

авиации: Rooney, K.; *Международная федерация ассоциаций линейных пилотов*: Tisdall, A.; *Международная морская организация*: Rahim, I.; *Международная организация по стандартизации*: Malesys, P.; *Экономическая комиссия Организации Объединенных Наций для Европы*: Kervella, O.; *Всемирный институт по ядерным перевозкам*: Lesage, M.

Комитет по нормам безопасности отходов

Аргентина: Siraky, G.; *Австралия*: Williams, G.; **Беларусь*: Роздяловская, Л.; *Бельгия*: Baekelandt, L. (председатель); *Бразилия*: Xavier, A.; **Болгария*: Симеонов, Г.; *Канада*: Ferch, R.; *Китай*: Fan, Z.; *Куба*: Benitez, J.; **Дания*: Øhlenschlaeger, M.; **Египет*: Al Adham, K.; Al Sorogi, M.; *Финляндия*: Rukola, E.; *Франция*: Averous, J.; *Германия*: von Dobschütz, P.; *Венгрия*: Czoch, I.; *Индия*: Raj, K.; *Ирландия*: Pollard, D.; *Израиль*: Avraham, D.; *Италия*: Dionisi, M.; *Япония*: Irie, K.; *Корея, Республика*: Sa, S.; **Мадагаскар*: Andriambolona, R.; *Мексика*: Maldonado, H.; *Нидерланды*: Selling, H.; **Норвегия*: Sorlie, A.; *Пакистан*: Qureshi, K.; **Перу*: Gutierrez, M.; *Российская Федерация*: Полуэктов, П.П.; *Словацкая Республика*: Конесну, L.; *Южная Африка*: Pather, T.; *Испания*: O'Donnell, P.; *Швеция*: Wingefors, S.; *Швейцария*: Zurkinden, A.; **Таиланд*: Wangcharoenroong, B.; *Турция*: Kahraman, A.; *Соединенное Королевство*: Wilson, C.; *Соединенные Штаты Америки*: Greeves, J.; Wallo, A.; *МАГАТЭ*: Hioki, K. (координатор); *Европейская комиссия*: Taylor, D.; Webster, S.; *Международная комиссия по радиологической защите*: Valentin, J.; *Международная организация по стандартизации*: Hutson, G.; *Агентство по ядерной энергии ОЭСР*: Riotte, H.

МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ
ВЕНА
ISBN 92-0-410805-3
ISSN 1020-5845