

СЕРИЯ НОРМ МАГАТЭ ПО БЕЗОПАСНОСТИ

Управление активной
зоной и обращение с
топливом на атомных
электростанциях

РУКОВОДСТВА

№ NS-G-2.5



IAEA

Международное агентство по атомной энергии

ПУБЛИКАЦИИ МАГАТЭ ПО ВОПРОСАМ БЕЗОПАСНОСТИ

НОРМЫ БЕЗОПАСНОСТИ МАГАТЭ

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

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

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

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

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

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

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

www-ns.iaea.org/standards/

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

ДРУГИЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ВОПРОСАМ БЕЗОПАСНОСТИ

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

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

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

УПРАВЛЕНИЕ АКТИВНОЙ ЗОНОЙ
И ОБРАЩЕНИЕ С ТОПЛИВОМ НА АТОМНЫХ
ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ

Членами Международного агентства по атомной энергии являются следующие государства:

АВСТРАЛИЯ	ИСПАНИЯ	ПЕРУ
АВСТРИЯ	ИТАЛИЯ	ПОЛЬША
АЗЕРБАЙДЖАН	ЙЕМЕН	ПОРТУГАЛИЯ
АЛБАНИЯ	КАЗАХСТАН	РЕСПУБЛИКА МОЛДОВА
АЛЖИР	КАМЕРУН	РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ
АНГОЛА	КАНАДА	РУМЫНИЯ
АРГЕНТИНА	КАТАР	САЛЬВАДОР
АРМЕНИЯ	КЕНИЯ	САУДОВСКАЯ АРАВИЯ
АФГАНИСТАН	КИПР	СЕЙШЕЛЬСКИЕ ОСТРОВА
БАНГЛАДЕШ	КИТАЙ	СВЯТЕЙШИЙ ПРЕСТОЛ
БЕЛАРУСЬ	КОЛУМБИЯ	СЕНЕГАЛ
БЕЛЬГИЯ	КОРЕЯ, РЕСПУБЛИКА	СЕРБИЯ И ЧЕРНОГОРИЯ
БЕНИН	КОСТА-РИКА	СИНГАПУР
БОЛГАРИЯ	КОТ-Д'ИВУАР	СИРИЙСКАЯ АРАБСКАЯ РЕСПУБЛИКА
БОЛИВИЯ	КУБА	СЛОВАКИЯ
БОСНИЯ И ГЕРЦЕГОВИНА	КУВЕЙТ	СЛОВЕНИЯ
БОТСВАНА	КЫРГЫЗСТАН	СОЕДИНЕННОЕ КОРОЛЕВСТВО ВЕЛИКОБРИТАНИИ И СЕВЕРНОЙ ИРЛАНДИИ
БРАЗИЛИЯ	ЛАТВИЯ	СОЕДИНЕННЫЕ ШТАТЫ АМЕРИКИ
БУРКИНА-ФАСО	ЛИБЕРИЯ	СУДАН
БЫВШАЯ ЮГОСЛ. РЕСП. МАКЕДОНИЯ	ЛИВАН	СЬЕРРА-ЛЕОНЕ
ВЕНГРИЯ	ЛИВИЙСКАЯ АРАБСКАЯ ДЖАМАХИРИЯ	ТАДЖИКИСТАН
ВЕНЕСУЭЛА	ЛИТВА	ТАИЛАНД
ВЬЕТНАМ	ЛИХТЕНШТЕЙН	ТУНИС
ГАБОН	ЛЮКСЕМБУРГ	ТУРЦИЯ
ГАИТИ	МАВРИКИЙ	УГАНДА
ГАНА	МАДАГАСКАР	УЗБЕКИСТАН
ГВАТЕМАЛА	МАЛАЙЗИЯ	УКРАИНА
ГЕРМАНИЯ	МАЛИ	УРУГВАЙ
ГОНДУРАС	МАЛЬТА	ФИЛИППИНЫ
ГРЕЦИЯ	МАРОККО	ФИНЛЯДИЯ
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
	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".

© МАГАТЭ, 2004

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

Напечатано МАГАТЭ в Австрии
Апрель 2004
STI/PUB/1125

СЕРИЯ НОРМ БЕЗОПАСНОСТИ, № NS-G-2.5

УПРАВЛЕНИЕ АКТИВНОЙ
ЗОНОЙ И ОБРАЩЕНИЕ С
ТОПЛИВОМ НА АТОМНЫХ
ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ

РУКОВОДСТВО ПО БЕЗОПАСНОСТИ

МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ
ВЕНА, 2004 ГОД

УПРАВЛЕНИЕ АКТИВНОЙ ЗОНОЙ И
ОБРАЩЕНИЕ С ТОПЛИВОМ НА
АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ

МАГАТЭ, ВЕНА, 2004

STI/PUB/1125
ISBN 92-0-404204-4
ISSN 1020-5845

ПРЕДИСЛОВИЕ

Мохамед ЭльБарадей
Генеральный директор

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

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

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

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

ответственность в любых процедурах лицензирования возлагается на государства.

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

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

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

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

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

РЕДАКЦИОННОЕ ПРИМЕЧАНИЕ

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

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

Официальным является английский вариант документа.

Перевод настоящей публикации и научное редактирование/контроль качества этого перевода были выполнены Научно-техническим центром по ядерной и радиационной безопасности (НТЦ ЯРБ) Госатомнадзора России.

СОДЕРЖАНИЕ

1.	ВВЕДЕНИЕ	1
	Исходные положения	1
	Цели	1
	Область применения	2
	Структура	2
2.	УПРАВЛЕНИЕ АКТИВНОЙ ЗОНОЙ	3
	Цели управления активной зоной	3
	Расчеты активной зоны	4
	Эксплуатация активной зоны	7
	Программа мониторинга активной зоны	9
	Обеспечение целостности топлива	12
	Программа перегрузки топлива	17
	Надзор за управлением активной зоной и обращением с топливом	21
3.	ОБРАЩЕНИЕ И ХРАНЕНИЕ СВЕЖЕГО ТОПЛИВА	22
	Обращение со свежим топливом	22
	Приемка свежего топлива	24
	Хранение свежего топлива	25
4.	ВВЕДЕНИЕ В ДЕЙСТВИЕ ПРОГРАММЫ ПЕРЕГРУЗКИ ..	27
	Подготовка	27
	Загрузка топлива и других компонентов активной зоны в реактор	28
	Выгрузка топлива и компонент активной зоны	30
	Меры предосторожности при загрузке и выгрузке топлива и компонентов активной зоны	31
5.	ХРАНЕНИЕ И ОБРАЩЕНИЕ С ОБЛУЧЕННЫМ ТОПЛИВОМ	35
	Общие цели	35
	Обращение с облученным топливом	35
	Хранение облученного топлива	37

Инспекция облученного топлива	39
6. ОБРАЩЕНИЕ И ХРАНЕНИЕ КОМПОНЕНТОВ АКТИВНОЙ ЗОНЫ	40
7. ПОДГОТОВКА ТОПЛИВА ДЛЯ ОТПРАВКИ	42
8. АДМИНИСТРАТИВНЫЕ И ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ	44
9. ДОКУМЕНТАЦИЯ	48
БИБЛИОГРАФИЯ	50
ГЛОССАРИЙ	51
СОСТАВИТЕЛИ И РЕЦЕНЗЕНТЫ	53
ОРГАНЫ ПО ОДОБРЕНИЮ НОРМ БЕЗОПАСНОСТИ	55

1. ВВЕДЕНИЕ

ИСХОДНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Данное Руководство по безопасности дополняет и детализирует требования по безопасности для управления активной зоной и обращению с топливом, которые представлены в разделе 5 выпуска Требований по безопасности по вопросам эксплуатации атомных электростанций/1/. Данное издание заменяет Руководство по безопасности МАГАТЭ по вопросам безопасности при работе с активной зоной и обращении с топливом, изданного в 1985 г. под номером № 50-SG-O10 в серии изданий по безопасности. Этот документ также затрагивает Руководство по безопасности Эксплуатирующая организация для атомных электростанций /2/, в котором обращение с топливом рассматривается в качестве одной из многих функций эксплуатирующей организации.

ЦЕЛИ

1.2. Целью настоящего Руководства по безопасности является предоставление рекомендаций по управлению активной зоной и обращению с топливом на атомных электростанциях на основе современного положительного международного опыта. Данное Руководство по безопасности рассматривает те аспекты управления топливом, которые необходимы для обеспечения оптимальной эксплуатации активной зоны реактора без нарушения ограничений, обусловленных проектными требованиями по безопасности, связанными с ядерным топливом и станцией в целом¹. В данном документе термин «управление активной зоной» относится к действиям, связанным с управлением топливом в активной зоне и управлением реактивностью, а термин «обращение с топливом» касается перемещения, хранения и контроля свежего и облученного топлива. Термин «управление топливом» охватывает как управление активной зоной, так и обращение с топливом.

¹ МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, безопасность активной зоны реактора в проектах атомных электростанций. Руководство по безопасности № 50-SG-D-14, МАГАТЭ, Вена (1986). (предполагается переработка документа в Серии норм безопасности).

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

1.3. Данное Руководство по безопасности охватывает вопросы управления топливом для всех типов наземных стационарных атомных станций на тепловых нейтронах. Руководство описывает цели безопасности управления активной зоной, меры необходимые для достижения этих целей, и действия, необходимые для осуществления этих мер.

1.4. Также в Руководстве рассматриваются вопросы поставки свежего топлива, хранения и обращения с топливом и другими компонентами активной зоны², загрузки и выгрузки топлива и компонентов активной зоны, а также вопросы установки и извлечения других реакторных материалов.

1.5. Кроме того, в Руководстве затрагиваются вопросы загрузки транспортных контейнеров облученным топливом и его подготовки для транспортировки за пределами площадки. В данном Руководстве не рассматриваются требования к транспортированию и меры безопасности при транспортировании, а также вопросы хранения вне площадки и захоронения облученного топлива и облученных компонентов активной зоны.

1.6. В данном Руководстве также не рассматриваются вопросы учета ядерного топлива, непосредственно не связанные с ядерной безопасностью; таким образом, данное Руководство не затрагивает вопросы гарантий.

СТРУКТУРА

1.7. В разделе 2 Руководства представлены рекомендации по программе работ с активной зоной. В разделе 3 рассмотрены основные аспекты обращения и хранения свежего топлива. В разделе 4 представлены инструкции по реализации программы перегрузки топлива. В разделе 5 рассматриваются вопросы обращения, хранения и инспекций облученного топлива. В разделе 6 рассматриваются вопросы обращения с компонентами активной зоны, в том числе, облученными. В разделе 7 приведены общие

² Далее в тексте термин «другие компоненты активной зоны» заменен термином «компоненты активной зоны», при этом подразумевается, что топливо (топливные сборки) и другие компоненты конструкции также являются компонентами активной зоны.

рекомендации по предварительным мероприятиям, связанным с вывозом топлива с площадки. В разделах 8 и 9 представлены руководства по административным и организационным мероприятиям, связанным с управлением топливом, включая основные аспекты ведения документации.

2. УПРАВЛЕНИЕ АКТИВНОЙ ЗОНОЙ

ЦЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ АКТИВНОЙ ЗОНОЙ

2.1. Целью управления активной зоной является обеспечение безопасного и надежного использования ядерного топлива в реакторе с учетом ограничений, налагаемых проектом топлива и станции в целом на основе анализа безопасности (см. ссылку 1). Для максимальной эффективности необходимы, по возможности, высокие тепловой поток и температуры теплоносителя, но в то же время основные параметры не должны выходить за рамки эксплуатационных пределов. В связи с этим, важное значение приобретают высокий уровень знаний и тщательный контроль соответствующих условий эксплуатации.

2.2. Хотя конкретные особенности управления активной зоной зависят от типа реактора и организационной структуры станции, в любых случаях программа управления активной зоной следует соответствовать следующим целям:

- обеспечению средств для осуществления эффективных функций управления активной зоной на протяжении всего топливного цикла, гарантирующих поддержание параметров активной зоны в установленных эксплуатационных пределах. Функции управления активной зоной включают: мониторинг рабочих характеристик активной зоны (с учетом обеспечения резервирования для основных средств контроля и процедур, связанных с потерей функций), оценку термомеханики; проведение расчетов снижения концентрации топлива в процессе выгорания, расчетов реактивности, нейтронно-физических расчетов и расчетов теплогидравлического состояния.
- обеспечению поддержки стратегии эксплуатации активной зоны для получения максимальной гибкости процесса эксплуатации и оптимального использования топлива, в то же время оставаясь в рамках установленных пределов безопасной эксплуатации.

- гарантированному использованию только разрешенных к применению топливных сборок.

2.3. В основные задачи управления активной зоной для обеспечения безопасного использования топлива в активной зоне следует включать, по крайней мере, следующие:

- поставку свежего топлива в соответствии с требованиями безопасности (см. также Руководство по безопасности «Обеспечение качества при поставке изделий и услуг» Q6 [3]);
- обеспечение целостности топлива за счет поддержания соответствующих эксплуатационных параметров активной зоны в соответствии с установленными эксплуатационными пределами и условиями; обеспечение возможности остановки реактора из любого эксплуатационного или переходного состояния;
- выгрузку топлива при достижении определенного выгорания или времени облучения, или в случае, когда по условиям эксплуатации (коррозия, утечка, искривление ТВС) необходима досрочная выгрузка топлива;
- предотвращение повторной загрузки в активную зону топлива, которое не может быть оставленным в ней до конца топливного цикла;
- предоставление обоснования безопасности, прежде чем оставить топливную сборку в активной зоне сверх установленного срока;
- определение негерметичного топлива и, при необходимости, его выгрузку;
- обновление эксплуатационной стратегии станции на основе изучения поведения топлива и опыта эксплуатации, полученного как на данной станции, так и на других станциях;
- оценку влияния на безопасность, включая отклик на сейсмические или динамические воздействия, любых компонент или материалов, предлагаемых для установки в активную зону или корпус реактора;
- оценку влияния облучения на компоненты активной зоны и внутрикорпусные устройства.

РАСЧЕТЫ АКТИВНОЙ ЗОНЫ

Анализ условий и характеристик активной зоны

2.4. В общей программе управления активной зоной следует рассматривать все виды используемого топлива. Следует обеспечить доступность

соответствующих численных методов и методик и возможность их использования для предсказания поведения реактора при эксплуатации, так чтобы быть уверенным, что реактор работает в рамках эксплуатационных пределов и условий. Расчетные модели, численные методы и ядерные данные следует верифицировать, аттестовать и одобрить, при этом должны учитываться погрешности измерений. Следует провести расчеты, по крайней мере, следующих параметров активной зоны, как для стационарного, так и переходного состояний:

- изменение реактивности в процессе выгорания топлива и меры, необходимые для поддержания реактивности активной зоны, например, за счет изменения положения управляющих стержней, эффективности поглотителя, температуры теплоносителя и содержания пустот, или скорости перегрузки;
- положение и запас реактивности всех управляющих стержней или групп стержней;
- запас реактивности по бору в теплоносителе;
- коэффициенты реактивности по температуре, мощности, давлению, и пустотный коэффициент во всем эксплуатационном диапазоне, а также при ожидаемых переходных режимах;
- нейтронный поток и распределение энерговыделения в активной зоне и по топливным сборкам и их поддержание за счет соответствующего перемещения управляющих стержней или зонных поглотителей;
- температуры топлива и замедлителя, расходов теплоносителя, перепада давления, температуры, плотности и термические запасы для теплоносителя;
- устойчивости распределения энерговыделения.

2.5. Как результат эксплуатации станции, выгорания и перегрузок изменяется реактивность активной зоны. Это вызывает необходимость перемещения или изменения конфигурации средств воздействия на реактивность, что влияет на распределение энерговыделения. Эти изменения и их эффекты следует прогнозировать для стационарного состояния и переходных режимов. Результаты таких прогнозных оценок следует сравнивать с измеряемыми параметрами и использовать для подтверждения достаточной способности управления в процессе эксплуатации для обеспечения безопасной остановки реактора и удержания его в подкритическом состоянии при нормальных условиях или при нарушении нормальных условий с учетом ограниченного числа учитываемых отказов.

2.6. При эксплуатации реактора должны учитываться следующие аспекты:

- изменение запаса реактивности управляющих стержней при облучении;
- влияние облучения и интерференции управляющих стержней на показания детекторов нейтронного потока, в частности, на их чувствительность;
- соответствие мощности нейтронного источника и чувствительности и положения нейтронных детекторов при пуске реактора, особенно после длительной остановки (облученное топливо и фотонейтроны могут не обеспечить достаточной мощности источника нейтронов).

2.7. При обнаружении заметного расхождения между расчетами и экспериментами следует принять следующие меры (в указанном порядке):

- 1) привести реактор в безопасное состояние (при необходимости его заглушить);
- 2) выявить коренную причину расхождения;
- 3) выполнить любые необходимые корректирующие мероприятия (включая необходимые для предотвращения повторения подобной ситуации).

Вычислительные методы для расчета активной зоны

2.8. Эксплуатирующей организации следует обеспечивать соответствующую программу обеспечения качества, которая включает компьютерные приложения для расчетов активной зоны как в режиме «on-line», так и в режиме «off-line», и которая дает возможность отслеживать и воспроизводить эксплуатационную ситуацию.

2.9. Программу обеспечения качества следует использовать для гарантии того, что расчетные методы средства, используемые для управления топливом в активной зоне, аттестованы, тестированы, откорректированы и обновлены в той мере, как это необходимо. Более того, следует считать обязательной независимую верификацию результатов расчетов для наиболее важных расчетов по управлению активной зоной (в идеальном случае, различными специалистами, используя различные средства и методы). Особое внимание должно быть

уделено оценке пригодности методов в отношении таких вопросов как увеличенное выгорание, новые материалы, изменения проекта и повышение мощности.

2.10. Любые изменения, вносимые в программное обеспечение и базы данных, используемые для расчета активной зоны, следует проанализировать и оценить с точки зрения их влияния на эксплуатацию активной зоны. Эти изменения следует независимо верифицировать и функционально испытать по стандартным методикам и процедурам с точки зрения управления и контроля программного обеспечения, включая одобрение компетентным органом до внедрения. Следует предусмотреть физический и /или административный контроль, обеспечивающий целостность и надежность соответствующих компьютерных программ и баз данных.

2.11. Эксплуатирующей организации следует обеспечить, чтобы персонал, проводящий расчеты активной зоны, был квалифицированным и обученным.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ АКТИВНОЙ ЗОНЫ

2.12. Для обеспечения безопасной эксплуатации активной зоны следует подготовить программу эффективной эксплуатации активной зоны. Оптимизацию использования топлива, гибкость эксплуатации активной зоны не следует проводить в ущерб безопасности. В программе по безопасной эксплуатации активной зоны следует иметь, по крайней мере, такие технические методы и процедуры, которые:

- гарантируют, что все предпусковые процедурные требования удовлетворены, все функциональные тесты завершены, и что все требуемые документы и/или методики обновлены до пуска реактора;
- гарантируют, что в течение пуска реактора выполнены требуемые измерения критичности и подкритичности, физические эксперименты на малых уровнях мощности, измерения нейтронно-физических характеристик активной зоны и эксперименты на этапах освоения мощности;
- устанавливают и обеспечивают программу надзора для всех требуемых функций управления топливом в активной зоне и управления реактивностью.

2.13. Для обеспечения безопасной эксплуатации активной зоны следует учитывать следующие свойства и условия:

- соответствие свежего топлива техническим условиям;
- картограмму загрузки топлива;
- величину подкритичности;
- теплопередачу, расход теплоносителя и теплотехнические запасы;
- скорости ввода и вывода реактивности;
- коэффициенты реактивности;
- суммарную эффективность управляющих стержней и растворенного бора;
- характеристики систем управления и защиты;
- нейтронный поток и распределение мощности;
- стабильность активной зоны;
- отвод тепла от активной зоны к конечному поглотителю при всех эксплуатационных состояниях и при аварийных условиях;
- химию теплоносителя и замедлителя и состояние замедлителя;
- эффекты старения в результате облучения и термические напряжения;
- активность продуктов деления в теплоносителе первого контура и системе газоудаления.

2.14. В эксплуатационные методики для пуска реактора, для работы на мощности, остановки реактора и для перегрузки топлива следует включать меры предосторожности и ограничения, необходимые для сохранения целостности топлива и соответствия с эксплуатационными пределами и условиями на протяжении срока службы топлива. В методиках по эксплуатации активной зоны следует предусматривать по возможности:

- идентификацию и калибровку измерительного оборудования и методы оценки, используемые оператором для контроля определяющих параметров реактора в диапазоне, соответствующем проектным целям и анализу безопасности;
- предпусковые проверки, включающие проверку картограммы загрузки топлива, расхода теплоносителя, температуры и целостности контура под давлением;
- уставки аварийной сигнализации и систем безопасности для предотвращения разрушения топлива, активной зоны или первого контура, позволяющие изменять состояние активной зоны при выгорании топлива или перегрузке;

- историю эксплуатации каждой топливной сборки, особенно, перед перегрузкой;
- параметры, которые необходимо регистрировать для сравнения с прогнозом состояний активной зоны;
- пределы для химических параметров теплоносителя первого контура и замедлителя;
- пределы по расходу теплоносителя первого контура;
- пределы по скорости увеличения мощности;
- пределы по плотности энерговыделения и неравномерности нейтронного потока;
- действия, которые необходимо предпринять при достижении пределов;
- картограмму стержней управления и порядок их извлечения (см.п.2.51);
- действия, которые необходимо предпринять в случае отказа управляющих стержней;
- критерии для определения повреждения топлива и действия, выполняемые при обнаружении повреждения.

2.15. Вероятностная оценка безопасности показывает, что режимы с остановом реактора вносят вклад в частоту повреждения активной зоны. Таким образом, при останове реактора необходимо соблюдать особые меры предосторожности для поддержания подкритичности реактора и длительного охлаждения активной зоны.

ПРОГРАММА МОНИТОРИНГА АКТИВНОЙ ЗОНЫ

2.16. Следует предусмотреть разработку всесторонней программы мониторинга активной зоны, обеспечивающей регистрацию параметров активной зоны, анализ на отклонения и оценку с целью обнаружения аномального поведения, подтверждение соответствия действительных характеристик активной зоны проектным требованиям и регистрацию значений ключевых эксплуатационных параметров, и сохранение их в логической и согласованной последовательности.

2.17. При работе реактора на мощности состояния активной зоны следует отслеживать и сравнивать с прогнозируемыми состояниями для определения, насколько они ожидаемы и находятся ли в рамках эксплуатационных пределов (см. /4/). Если состояния активной зоны не являются соответствующими, следует предпринять компенсирующие

меры для поддержания реактора в безопасном состоянии. Результаты мониторинга и тестирования активной зоны также следует использовать для пересмотра и обновления программы перегрузки топлива и для оптимизации рабочих характеристик активной зоны. К параметрам, которые должны отслеживаться, либо непрерывно, либо через соответствующие промежутки времени, анализироваться на отклонения и оцениваться, следует относить, по крайней мере, следующие:

- аксиальные, радиальные и азимутальные коэффициенты неравномерности нейтронного потока;
- скорость изменения нейтронного потока;
- положение и картограмма управляющих стержней и зональных поглотителей нейтронов;
- концентрации поглотителя в теплоносителе и/или замедлителе;
- уровень воды в корпусе реактора;
- работоспособность и характеристики отклика средств воздействия на реактивность и других важных средств управления мощностью реактора;
- реактивность в зависимости от положения управляющих стержней или уровня замедлителя;
- время аварийной остановки реактора, время открытия дренажного клапана, время дренирования, время введения поглотителя после каждого быстрого снижения мощности;
- рост давления, расхода и температуры теплоносителя и температуры теплоносителя на выходе в первом и втором контурах;
- средние по зоне и/или сектору температуры теплоносителя на выходе и коэффициенты перекоса мощности;
- оценочные значения для:
 - a) тепловой мощности, снимаемой с активной зоны;
 - b) температуры топлива;
 - c) генерация тепла в замедлителе;
 - d) минимального относительного запаса до критической мощности;
 - e) запаса до кризиса теплообмена;
 - f) предела по линейной тепловой нагрузке;
- температура замедлителя и максимальный расход в канале;
- активность продуктов деления в теплоносителе первого контура или системе газоудаления;
- физические и химические параметры замедлителя и теплоносителя первого контура, такие как рН, удельная электропроводность, количество и концентрация примесей и продуктов радиолитического распада;

— изотопный состав поглотителей в теплоносителе и замедлителе.

2.18. Особое внимание следует уделять оценке состояний активной зоны непосредственно после пуска реактора, при перегрузке «на ходу» и при остановке реактора, для подтверждения, что:

- реактивность и конфигурация управляющих стержней являются правильными;
- расходы по каналам являются правильными;
- корпус реактора и основные конструкционные компоненты функционируют нормально;
- температуры теплоносителя соответствуют прогнозируемым значениям.

2.19. Приборы и устройства для мониторинга соответствующих параметров следует подготовить таким образом, чтобы:

- обеспечить адекватное перекрытие диапазона на всех уровнях мощности от диапазона источника до выхода на полную мощность;
- иметь необходимую чувствительность, диапазон и калибровку для всех эксплуатационных состояний и, по возможности, для аварийных состояний;
- обеспечивать необходимую информацию о пространственном изменении значений параметров активной зоны, необходимых для оценки ее состояния;
- оказывать помощь оператору в оценке рабочих характеристик активной зоны и оценке нарушений нормальной эксплуатации.

2.20. Такие параметры как температура теплоносителя, давление теплоносителя, расход теплоносителя и распределение нейтронного потока следует измерять и отображать в удобной для оператора форме. Изменения в зоне, вызванные перегрузкой или выгоранием топлива могут потребовать соответствующих изменений уровней аварийной сигнализации и уставок систем безопасности. При эксплуатации на пониженной мощности или в состоянии останова следует оценить необходимость подрегулировки уставок аварийной сигнализации или инициирования действий систем безопасности для поддержания соответствующих пределов безопасности.

2.21. Во многих случаях параметры, влияющие на поведение топлива, нельзя измерить непосредственно. В таких случаях они могут быть

определены при анализе измеряемых параметров, таких как распределение нейтронного потока и температур, скоростей изменения давления и расхода. Эти полученные значения используются как основные исходные данные при установлении эксплуатационных пределов и условий, однако оператору следует опираться при оценке параметров только на показания приборов.

2.22. Следует установить методы и критерии приемлемости для оценки измеряемых параметров активной зоны и их корреляции с другими параметрами, важными для безопасности, не измеряемыми непосредственно, такими как внутренняя температура топлива, оболочки и компонент, внутреннее давление в стержнях и критические тепловые потоки. Результаты оценки и корреляции следует документировать, и эти результаты следует использовать как основу для корректирующих мер для приведения в соответствие с эксплуатационными пределами и условиями.

2.23. Значения параметров, относящихся, например, к химическому контролю получены как при непосредственных измерениях, так и при периодическом анализе проб теплоносителя, замедлителя или газовой подушки. Следует регулярно информировать оперативный персонал о результатах такого анализа. Во избежание превышения такими параметрами установленных значений оперативному персоналу следует иметь инструкции, касающиеся действий, которые необходимо предпринять при приближении параметров к установленным пределам.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЦЕЛОСТНОСТИ ТОПЛИВА

Общие положения

2.24. Эксплуатирующей организации следует обеспечить соответствующий проект топлива и его изготовление в соответствии техническими условиями, при этом в активную зону может быть загружено только топливо, на которое имеется разрешение.

2.25. До установки или повторной установки топливо следует подвергать инспекции в соответствии с критериями приемлемости во избежание загрузки в активную зону поврежденного или негерметичного топлива.

2.26. Следует подготовить и внедрить программу эффективного мониторинга целостности топлива. В эту программу следует включить, по

крайней мере, мониторинг эксплуатационных параметров топлива, использование опытных сборок, обследование облученного топлива и, в отдельных случаях, исследования в защитных камерах. Следует обеспечивать, чтобы установление причин любого повреждения топлива являлось политикой эксплуатирующей организации.

2.27. В программу мониторинга целостности топлива следует включать соответствующие методики и технические решения:

- внедрение стратегий эксплуатации, позволяющих минимизировать возможность повреждения топлива;
- гарантировать систематический анализ радиохимических данных, свидетельствующих о целостности топлива для выявления тенденций и обнаружения аномального поведения топлива;
- внедрения плана мероприятий по обращению с негерметичным топливом.

2.28. Программу целостности топлива следует разрабатывать для уменьшения радиационных последствий до разумно достижимого минимального уровня (принцип ALARA).

Мониторинг целостности топлива

2.29. Для гарантии сохранения целостности топливной оболочки при всех эксплуатационных условиях активной зоны, следует систематически контролировать и анализировать изменения радиохимических данных, указывающих на целостность оболочки топлива. Следует установить соответствующие методы для идентификации любых аномальных изменений в активности теплоносителя и для проведения анализа данных с целью определения:

- происхождения и степени дефектов топлива;
- местонахождения дефектов топлива;
- вероятных коренных причин дефектов топлива;
- рекомендуемых действий.

2.30. Одним из свидетельств повреждения топлива является увеличение активности продуктов деления в первом контуре (или в системе газоудаления) выше значения, определенного для нормальной эксплуатации. Мониторинг активности продуктов деления в теплоносителе следует проводить согласно установленной процедуре с помощью

приборов непосредственного контроля, либо путем измерения активности проб, или одновременно этими двумя методами. Для идентификации повреждения проводится регистрация определенных радионуклидов.

2.31. Нормальный уровень активности продуктов деления в теплоносителе реактора следует определить на начальном этапе эксплуатации реактора, непосредственно после пуска реактора в качестве базового фонового уровня.

2.32. Для реакторов, проект которых предусматривает непрерывную перегрузку топлива, базовый уровень фона используется для определения верхнего предельного критерия активности продуктов деления в теплоносителе реактора, превышение которого свидетельствует о повреждении топлива. Там, где это применимо, для определения местонахождения поврежденного топлива следует использовать сканирующие системы (такие как система мониторинга по запаздывающим нейтронам). Если сканирующая система обеспечивает возможность мониторинга проб теплоносителя в отдельном канале или группе каналов, опытным путем следует определить значение отношения активности в отдельном канале к активности в группе каналов для использования в качестве критерия при определении канала, содержащего поврежденное топливо.

2.33. Целостность всех частей топливной сборки следует обеспечивать, где это возможно, путем мониторинга и эксплуатационной оценки. В частности, компоненты, подвергающиеся высоким напряжениям в процессе перегрузки в реакторе с непрерывной перегрузкой топлива за счет термоциклирования или других напряжений, следует тщательно обследовать и изучить для долгосрочной гарантии безопасности.

Планирование мероприятий по обращению с поврежденным топливом

2.34. Для обеспечения эксплуатации активной зоны в рамках установленных радиологических пределов и для проведения корректирующих мероприятий для поврежденного топлива следует разработать и внедрить план или политику в отношении поврежденного топлива. В этот документ следует включать следующие ключевые элементы:

- уровни вмешательства для исследований повреждений топлива;
- уровни вмешательства, направленные на эксплуатацию на пониженной мощности для предотвращения дополнительного повреждения топлива и усугубления существующего повреждения топлива;

- меры по идентификации негерметичных топливных сборок и выводу их из эксплуатации;
- меры по определению причин потери целостности топлива;
- меры по устранению причин повреждения топлива;
- деятельность по обследованию топлива;
- мероприятия по восстановлению целостности топлива;
- анализ опыта эксплуатации для предотвращения повреждения в будущем из-за тех же коренных причин.

2.35. Для реакторов, работающих в режиме непрерывных перегрузок, следует предусматривать инструкции по эксплуатации, в которых следует определить уровни, при которых предпринимаются корректирующие действия. Негерметичное топливо следует выгрузить для восстановления фоновой активности продуктов деления, чтобы обеспечить возможность обнаружения будущих дефектов для сведения к минимуму радиационного загрязнения теплоносителя первого контура и предотвращения последующего разрушения топлива (например, повреждения, вызванного образованием оксидных или гидридных отложений). Следует пересматривать план перегрузок топлива с целью определения необходимости внесения изменений в результате выгрузки негерметичного топлива.

2.36. В общем для реакторов, работающих в режиме частичных перегрузок, допускается работа на мощности с некоторым количеством негерметичного топлива. Критерием остановки реактора для выгрузки негерметичного топлива обычно является максимально допустимая активность в системе газоудаления или максимально допустимое содержание продуктов деления в теплоносителе первого контура для сведения к минимуму возможного облучения персонала станции и населения. Для обнаружения негерметичного топлива используются как внутризонные, так и внезонные пробоотборы. Недопустимо повторное использование поврежденного топлива без устранения повреждения или восстановления нормальных свойств. Следует провести переоценку проекта активной зоны для выяснения необходимости внесения каких-либо изменений в связи с выгрузкой негерметичного топлива.

Регистрация прохождения топлива в реакторе

2.37. Следует регистрировать историю топлива для рассмотрения его характеристик во всех аспектах, таких как:

- проект топлива и эксплуатационные характеристики;

- история эксплуатации топлива в реакторе, включая информацию о любых нарушениях нормальной эксплуатации;
- история выгорания и соответствующие местоположения топлива в активной зоне;
- содержание нуклидов;
- хронология дефектов оболочки топлива, включая их первичное обнаружение, оценку коренных причин и выполнение компенсирующих мероприятий.

Новые проекты топлива или модификация существующего топлива

2.38. При необходимости установки в активную зону реактора топлива новой конструкции или модифицированного топлива эксплуатирующая организация будет нести ответственность за полное исследование и понимание влияния данного топлива на безопасность эксплуатации активной зоны. До начала эксплуатации активной зоны с топливом более чем одного типа эксплуатирующей организации следует обеспечить совместимость нового или модифицированного топлива с существующим топливом и обеспечить проектанту активной зоны доступ к любой необходимой информации.

2.39. Эксплуатирующая организация будет нести ответственность за то, что все необходимые анализы безопасности нового или модифицированного топлива выполнены и что новое топливо соответствует проектным требованиям (см. сноску 1). Для нового или модифицированного загружаемого топлива следует подготовить соответствующую лицензионную документацию. В такую документацию следует включать, по крайней мере, следующие позиции:

- информацию о проекте топлива и исходные данные для прогнозирования и мониторинга поведения активной зоны;
- результаты анализа и испытаний, используемых при разработке корреляций для мониторинга теплотехнических запасов;
- подтверждение соответствия механических, теплогидравлических и нейтронно-физических ограничений проектным;
- анализ переходных режимов.

2.40. Для оценки поведения нового топлива или модификации существующего в условиях, ожидаемых при последующих перегрузках, следует предусмотреть программу испытаний опытной сборки, в которой

следует учесть весь доступный опыт эксплуатации. В такую программу следует включать:

- испытания административных процедур, инструментов и оборудования для обращения с новым топливом;
- регистрацию рабочих характеристик нового топлива, включая эффекты коррозии;
- приобретенный практический опыт эксплуатации при использовании более одного типа топлива в активной зоне.

2.41. Для демонстрации поведения нового топлива при нормальных условиях и в аварийных режимах следует рассмотреть обратную связь с экспериментом, программы исследований и разработок, содержащие испытания по набору мощности, по реактивностным авариям и авариям с потерей теплоносителя (аналитические или всесторонние).

2.42. Следует привести исследования, связанные с изменением поставщика топлива. Эксплуатирующей организации следует тщательно рассматривать выбор нового поставщика топлива для обеспечения качества тепловыделяющих сборок.

ПРОГРАММА ПЕРЕГРУЗКИ ТОПЛИВА

2.43. Следует осуществлять строгий контроль выгрузки, загрузки, перестановки топлива или перегрузки «на ходу», а все изменения в активной зоне производить в соответствии с ее прогнозируемой конфигурацией. Вносимые изменения загрузки следует сопровождать измерением реактивности активной зоны во избежание нежелательного роста критичности, а все перемещения топлива проводить в соответствии с установленными процедурами. Для любого промежуточного состояния загрузки не следует иметь большую реактивность, чем наиболее реактивное состояние, рассмотренное и обоснованное в проекте (в некоторых реакторах на естественном уране в начальный период наблюдается рост реактивности за счет образования плутония). Следует предусмотреть метод проверки правильности проведения перестановок топлива, и при необходимости следует предусмотреть возможность обратной перестановки топлива.

2.44. В программу перегрузки топлива следует включать подробную картограмму загрузки и схему движения компонентов активной зоны (топливных сборок, стержней регулирования, выгорающих поглотителей

и поглотителей, используемых для выравнивания потока нейтронов) при загрузке и выгрузке из реактора.

2.45. При освоении проектной мощности и выходе на стационарный режим перегрузки, а также при обеспечении реактивности, достаточной для компенсации выгорания топлива и накопления продуктов деления, следует обеспечивать, чтобы программа перегрузки за весь реакторный цикл, начиная со стартовой загрузки, удовлетворяла определенным целям безопасности. В эти цели безопасности следует включать следующее:

- поддержание распределения нейтронного потока и других параметров активной зоны в установленных эксплуатационных пределах и условиях;
- удовлетворение требованиям по величине подкритичности остановленного реактора.

2.46. При разработке и применении программы перегрузки следует, по возможности, учитывать следующие аспекты:

- выгорание топлива и обусловленные им структурные и металлографические ограничения;
- температуры теплоносителя и оболочки топлива по отношению к распределению потока нейтронов, поканальным расходам и распределению поглотителей;
- увеличение мощности либо при перегрузке топливной сборки «на ходу», либо при увеличении общей мощности реактора (это может накладывать ограничение на скорость повышения реакторной мощности или может потребовать минимального времени для поддержания мощности на постоянном уровне перед очередным приращением мощности);
- исключение недопустимых перекосов нейтронного потока и неустойчивости реактора;
- обеспечение механической стойкости топливных элементов при условиях облучения и операциях перегрузки, в частности, при перестановках топлива или при повторном использовании элементов облученного топлива;
- наличие и возможности перегрузочных машин (для реакторов с перегрузкой «на ходу»);
- специальные вопросы, которые могут повлечь ограничения для конкретных топливных сборок, например, ограничения по снимаемой мощности;

- изменения, вызванные извлечением негерметичного топлива и установкой новых топливных сборок (например, изменения локальной температуры или изменения реактивности);
- выбор каналов при перегрузке «на ходу» для поддержания радиальной симметрии и, в случае перегрузок в двух направлениях, аксиальной симметрии;
- следует принимать во внимание взаимное расположение в активной зоне облученного и необлученного топлива, его обогащение и уровень отравления;
- уменьшение поглощающих свойств стержней регулирования и выгорающих поглотителей;
- наибольшую эффективность стержня регулирования, полностью извлеченного из активной зоны;
- отклонение реальных эксплуатационных параметров активной зоны от расчетных, используемых в программе перегрузки (особое внимание следует уделить конфигурации стержней управления и поглотителей, выгоранию топлива, распределению нейтронного потока и уменьшению поглощающей способности поглотителей нейтронов и выгорающих поглотителей);
- изменения, вызванные термошоком, и изменения реактивности при перегрузке «на ходу».

2.47. После перегрузки на остановленном реакторе перед пуском следует оценить характеристики активной зоны для подтверждения их соответствия эксплуатационным пределам и условиям, а также уровню подкритичности для последующего реакторного цикла.

2.48. Для реакторов с перегрузкой «на ходу» следует установить критерии, которым должна удовлетворять программа перегрузки, и следует подтверждать соответствие всем применимым эксплуатационным пределам и условиям. При наличии существенных отклонений от утвержденной программы следует провести оценку безопасности новой активной зоны, а также предпринять любые необходимые меры.

2.49. Прогнозирование поведения активной зоны, требуемое при проведении оценок, упомянутых в 2.47 и 2.48, обсуждается в разделах 2.4–2.6. Для обновления оценки рабочих характеристик активной зоны и для планирования программы последующих перегрузок следует использовать расчетное моделирование с использованием текущей реакторной информации. Кроме того, при таком моделировании может быть

получена дополнительная информация, например, кратность перегрузок топлива, реактивность, плотность энерговыделения и распределение нейтронного потока.

2.50. Для реакторов с перегрузкой на ходу полезно, по возможности, иметь информацию о графике перегрузки топлива, включая перечень каналов, содержащих топливо и соответствующее выгорание. При выборе каналов для перегрузки следует учитывать эту информацию и другие соображения, включая отмеченные в параграфе 2.46.

2.51. Для реакторов, перегружаемых в остановленном состоянии, нормально иметь в активной зоне управляющие стержни в процессе пуска реактора, при изменении нагрузки и на стационарном уровне мощности. В программе перегрузки следует конкретизировать картограмму управляющих стержней и последующие изменения для выполнения требований по эффективности управляющих стержней и распределению мощности.

2.52. После каждой перегрузки следует проводить проверки для подтверждения правильного формирования активной зоны. Кроме того, после каждой перегрузки перед пуском, или в течение пуска следует осуществлять измерения нейтронно-физических характеристик, чтобы убедиться, что конфигурация и характеристики активной зоны, а также эффективность управляющих стержней и бора соответствуют их эксплуатационным диапазонам. В эти измерения следует включать, по крайней мере, следующие:

- извлечение и ввод каждого управляющего стержня для проверки их действенности;
- время падения стержней;
- подтверждение того, что при полном извлечении наиболее эффективного стержня активная зона будет удовлетворять требованиям по подкритичности;
- сравнение прогнозных оценок положения стержней при выходе в критическое состояние реально измеренному в условиях необезвоживания в соответствии с запланированной последовательностью извлечения стержней;
- измерение и оценку температурного коэффициента реактивности замедлителя и других температурных коэффициентов реактивности, критических концентраций бора и полной эффективности управляющих стержней;

- проверку распределения потока внутри активной зоны и симметрии зоны при использовании либо симметричного расположения управляющих стержней, либо внутризонных датчиков;
- сравнение измеренных и рассчитанных распределений нейтронного потока и энерговыделения;
- подтверждение симметрии энерговыделения в активной зоне путем проверки несоответствия между измерениями.

НАДЗОР ЗА УПРАВЛЕНИЕМ АКТИВНОЙ ЗОНОЙ И ОБРАЩЕНИЕМ С ТОПЛИВОМ

2.53. Следует установить программу надзора за управлением активной зоной и обращением с топливом для раннего обнаружения любых отклонений, которые могут привести к нарушению условий безопасности активной зоны реактора. В мероприятия по надзору следует включать мониторинг, контроль, калибровку, проверки и инспекцию. Эти мероприятия составляют часть общей программы надзора, которую следует разработать и внедрить в соответствии с рекомендациями, приведенными в /5/. В программе надзора отражаются следующие положения, относящиеся непосредственно к управлению активной зоной и обращению с топливом:

- системы управления и защиты (работоспособность, времена срабатывания и скоростная эффективность);
- приборы для измерения параметров, необходимых для мониторинга (см. разд.2.19);
- системы охлаждения активной зоны, включая охлаждение компонентов активной зоны (расход, давление, температура, активность и химический состав теплоносителя);
- системы обращения с топливом и компонентами активной зоны (включая проверки оборудования и блокировок);
- деградация топлива и других компонентов активной зоны, например, искривление топливных сборок и коррозия при трении (фреттинг). истирание и распухание управляющих стержней.

3. ОБРАЩЕНИЕ И ХРАНЕНИЕ СВЕЖЕГО ТОПЛИВА

ОБРАЩЕНИЕ СО СВЕЖИМ ТОПЛИВОМ

3.1. Основной целью программы обращения со свежим топливом с точки зрения безопасности является предотвращение непреднамеренного достижения критичности и предотвращения повреждения ядерного топлива при его транспортировке, хранении и обращении. Ядерное топливо должно быть защищено от любых повреждений, в частности, от повреждений, которые могут повлиять на поведение топлива в активной зоне.

3.2. Основными элементами любой программы по обращению с ядерным топливом должны являться приемка, перевозка, обследование и хранение ядерного топлива. В хорошо структурированную программу следует включать методологический подход, контролируемый административно на основе процедур и инженерной практики. Целью этой программы является:

- определение физических границ, в пределах которых должно осуществляться хранение нового ядерного топлива и в пределах которых осуществляются меры по материальному контролю топлива и определены ограничения по конфигурации с точки зрения критичности;
- удовлетворение административным требованиям и подготовка производственных инструкций по обследованию свежего топлива, включая непредвиденные меры для поврежденного топлива.

3.3. В процедурах обращения с топливом следует, в частности, подчеркивать необходимость сведения к минимуму механических напряжений, в частности, поперечных напряжений, с выделением тех случаев, когда небольшие напряжения могут оказать пагубное влияние на топливную сборку. Величины и направления любых сил, воздействующих на топливную сборку, и ускорений следует поддерживать в проектных пределах.

3.4. В нормальной процедуре обращения с топливом следует запретить отключение автоматических систем безопасности (например, при превышении нагрузки или при назначении блокировок). При нарушениях нормальных условий обращения с топливом могут потребоваться

неотложные меры для защиты блокировок. Такие операции следует проводить только квалифицированным аттестованным персоналом в соответствии с утвержденными инструкциями.

3.5. Для снижения возможности нанесения повреждения топливу при обращении с ним следует использовать только специально спроектированное оборудование³. Персоналу, привлекаемому для обращения с топливом, следует иметь соответствующую квалификацию и быть обученным, и работать под надзором ответственного лица. Любую деятельность, связанную с обращением со свежим топливом, следует осуществлять в соответствии с установленными процедурами.

3.6. При обращении или хранении любое топливо с подозрением на повреждение необходимо обследовать и, при необходимости, подвергнуть обработке в соответствии с процедурой, установленной для поврежденного топлива (см.разд.3.17).

3.7. При обращении с топливом вручную необходимо предусмотреть специальные чехлы для предотвращения радиоактивного загрязнения персонала (см./6/).

3.8. При транспортировании топлива между зданиями на площадке станции для предотвращения радиоактивного загрязнения и повреждения топлива следует использовать соответствующие контейнеры, имеющие специальную маркировку. Маршруты передвижения топлива следует устанавливать по возможности короткими и простыми.

3.9. Помещения для обращения и хранения свежего топлива следует поддерживать при соответствующих условиях окружающей среды (влажность, температура, чистота воздуха), и постоянно контролировать для исключения химического загрязнения и инородных материалов.

3.10. Зоны хранения и обращения со свежим топливом следует защищать от несанкционированного доступа и несанкционированного вывоза топлива. Зоны хранения не следует располагать на путях к другим эксплуатационным зонам.

³ МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Безопасность активной зоны реактора в проектах атомных электростанций. Руководство по безопасности № 50-SG-D-14, МАГАТЭ, Вена (1986).(предполагается переработка документа в Серии норм безопасности).

3.11. Тяжелые грузы могут создавать угрозу безопасности при их падении, и следует избегать их перемещения над местами хранения топлива (в стеллажах, баках для хранения (чехлах), или подъемных устройствах). Исключения из этого следует обосновывать.

3.12. Оборудование, используемое для проверки физических размеров топлива следует подвергать периодической калибровке. Оборудование, используемое для обращения с топливом и связанные с ним системы, следует подвергать периодическому освидетельствованию, или, по крайней мере, проверке до начала кампании перегрузки и поддерживать в надлежащем состоянии.

3.13. Следует предусмотреть использование ручных приводов, позволяющих в аварийных ситуациях при любых обстоятельствах перевести топливные сборки при обращении с ними в безопасное положение.

3.14. При обращении со свежим топливом с повышенным радиационным фоном (например, с топливом, содержащим регенерированное топливо) следует руководствоваться специально разработанными процедурами для снижения дозовых нагрузок на персонал.

ПРИЕМКА СВЕЖЕГО ТОПЛИВА

3.15. До приемки топлива эксплуатирующей организации следует установить порядок, гарантирующий назначение ответственного лица за контроль топлива на площадке и ограничение доступа к местам хранения топлива только уполномоченному персоналу.

3.16. Топливо следует принимать, распаковывать и проверять подготовленным и квалифицированным персоналом в соответствии с документированными процедурами для возможного выявления поврежденного топлива. Приемку и распаковку свежего ядерного топлива следует производить в зоне, предназначенной для обращения с топливом. Следует предусмотреть программу контроля свежего топлива для проверки внешнего вида топлива и обнаружения любых повреждений во время транспортирования. В контроль топлива следует включать проверку специальных параметров (например, размеров), на которые могло бы оказать влияние транспортирование и обращение с топливом после окончательной проверки поставщиком топлива. Следует подтверждать идентификационные номера топливных сборок и проверять соответ-

вующую документацию для подтверждения того, что полученное топливо соответствует установленным и утвержденным на него требованиям.

3.17. Документированные процедуры по идентификации поврежденного топлива следует пересматривать, в случае поступления на площадку нового типа топлива. Для оценки поврежденного топлива следует использовать приемочные критерии. Следует письменно зарегистрировать любые повреждения, выявленные при приемке топлива инспектором. В соответствии с положениями по обеспечению качества (см. /3/, в частности, Руководства по безопасности Q6 и Q7) отбракованное топливо следует рассматривать как не подтвердившее качество. Коренные причины любых нарушений следует изучить, и предпринять корректирующие меры для предотвращения их повторения.

3.18. Следует провести проверку транспортных контейнеров для подтверждения их правильной идентификации и отсутствия повреждений. Следует устанавливать условия их хранения и идентификации так, чтобы исключить неправильное обращение с ними.

3.19. При инспекциях не следует допускать ни повреждения топлива, ни введение инородных материалов. Инспекторам следует идентифицировать любые инородные материалы, уже присутствующие в топливе, и принимать меры для их удаления.

3.20. Если в результате инспекции выявлены некондиционные свежие топливные сборки, поставщика топлива следует привлечь к участию в любом предлагаемом процессе их восстановления или модификации. Техническими или организационными мерами следует обеспечить восстановление именно конкретных топливных сборок, при этом их восстановление следует осуществлять в строгом соответствии с письменными инструкциями (касающимися, например, размещения сборок, обогащения и содержания поглотителей в топливных элементах) и исключая образование критических конфигураций.

ХРАНЕНИЕ СВЕЖЕГО ТОПЛИВА

3.21. Перед поставкой свежего топлива на площадку станции следует подготовить оборудование для приема, хранения и обращения с партией топлива. При поставках нового вида топлива, при изменении его обогащения или при переоборудовании стеллажей для хранения топлива

следует провести переоценку пригодности анализа ядерной безопасности. В Руководстве по безопасности для систем хранения и обращения с топливом на атомных станциях (см. сноску 3) будет приведена информация о проектных аспектах такого оборудования и будут рассмотрены внутренние и внешние исходные события, которые могут привести к непреднамеренному нарушению ядерной безопасности, или могли бы оказывать неблагоприятное воздействие на топливо и /или на системы хранения и обращения с топливом.

3.22. Для обеспечения целостности топливных сборок и предотвращения их повреждения при хранении следует регламентировать их взаимное расположение. В частности, следует предпринять меры во избежание аксиального перекоса топливныхборок.

3.23. Для зон хранения свежего топлива следует соблюдать требования по подкритичности, определенные в проекте (см. сноску 3), и эти требования по подкритичности должны удовлетворяться постоянно, даже в случае затопления хранилища в результате внешних или внутренних исходных событий, или в результате любых других исходных событий, рассмотренных в проекте. Для предотвращения роста критичности следует предусмотреть технические и/или организационные меры, обеспечивающие хранение и обращение с топливом только при установленном строго определенном размещении топлива. Следует подтвердить соответствие обогащения топлива проектным ограничениям, установленным для зоны хранения.

3.24. В зоне сухого хранения свежего топлива не следует иметь никакого другого оборудования, вентиляей или трубопроводов, подвергающихся периодической проверке эксплуатационным персоналом.

3.25. В зоне хранения свежего топлива под водой условия содержания топлива в воде и взаимное расположение стеллажей следует поддерживать в заданных проектом пределах для обеспечения заданной подкритичности. Более того, для сведения к минимуму коррозии оболочек тепловыделяющих элементов и других компонентов хранения следует строго соблюдать требования по химическому составу воды (см.п.5.13).

3.26. Для систем мокрого и сухого хранения, в которых используются твердые поглотители нейтронов, следует предусмотреть программу обследования в течение всего срока службы, обеспечивающую контроль установки твердых поглотителей и исключение потери их эффективности или извлечения.

3.27. При хранении тепловыделяющих сборок вне их герметичных транспортных контейнеров для предотвращения попадания пыли и других аэрозолей в зоны хранения свежего топлива следует использовать систему вентиляции. Одним из путей достижения этой цели является установка фильтров на канале подачи воздуха и поддержании давления воздуха внутри помещения чуть выше давления окружающей среды.

3.28. Дренажи в помещениях для сухого хранения свежего топлива следует поддерживать в рабочем состоянии для эффективного отвода любой воды, способной попасть в помещение, чтобы они не стали возможной причиной затопления помещения.

3.29. Риск пожара следует свести к минимуму за счет предотвращения накопления горючих материалов в зоне хранения. Следует предусмотреть инструкции по тушению пожара и соответствующее противопожарное оборудование для пожаротушения в случае пожаров с вовлечением топлива. Следует установить процедуры контроля попадания замедляющих материалов в зону хранения свежего топлива для поддержания подкритичности, даже если эти материалы используются для пожаротушения. Более подробную информацию о пожаробезопасности можно найти в /7/.

3.30. С момента завоза свежего топлива на площадку к нему следует предотвратить несанкционированный доступ. Любую зону хранения свежего топлива следует обозначить как зону специального контроля, в которой может осуществляться только деятельность, связанная с обращением с топливом.

3.31. До поставки первой партии топлива в зону хранения топлива следует ввести в действие соответствующую часть программы радиационной защиты (см. /6/).

4. ВВЕДЕНИЕ В ДЕЙСТВИЕ ПРОГРАММЫ ПЕРЕГРУЗКИ

ПОДГОТОВКА

4.1. Программа перегрузки, описанная в разделах 2.43–2.52, вводится в действие посредством планов перегрузки, в которых детализируется

последовательность осуществляемых операций. В планах перегрузки следует указывать типы топлива и других компонентов активной зоны, которые должны быть вывезены из зон хранения, маршруты их перевозки и местоположение их в активной зоне. В плане перегрузки также следует определить, какое топливо подлежит перестановке или выгрузке; его первоначальное расположение в активной зоне; его новое положение либо в активной зоне, либо в зоне хранения; последовательность выгрузки и загрузки топлива и других компонентов активной зоны, например, стержней регулирования; и какие проверки должны быть осуществлены на каждом этапе. Основные операции перегрузки следует обосновать и утвердить письменно уполномоченным лицом.

4.2. Последовательность операций по сборке свежего топлива и подготовке его для установки в реактор, включая размещение топлива в промежуточном хранилище, следует отражать в инструкциях. В активную зону реактора следует загружать только топливо, на установку которого имеется разрешение. Следует проводить проверки, подтверждающие правильность сборки топлива. Во всех методиках по обращению с топливом и поддержанию его в рабочем состоянии следует предусмотреть, по возможности, гарантии предотвращения попадания инородных материалов в реактор.

4.3. Между персоналом, обслуживающим топливо, и персоналом блочного пункта управления следует установить надежную двустороннюю связь.

ЗАГРУЗКА ТОПЛИВА И ДРУГИХ КОМПОНЕНТОВ АКТИВНОЙ ЗОНЫ В РЕАКТОР

4.4. При перемещении топлива из хранилища его следует идентифицировать и проверить на соответствие утвержденной программе перегрузки. Следует провести подготовительные работы, чтобы гарантировать, насколько это возможно (например, путем независимой проверки персоналом, непосредственно не вовлеченным в операции по перегрузке), что топливо загружено в предусмотренное для него место в активной зоне и правильно установлено (и, для легководных реакторов, с определенной ориентацией). Любые проверки подкритичности, осуществляемые при перегрузках на остановленном реакторе, следует отражать в инструкциях по перегрузке.

4.5. Несмотря на то, что процедуры обращения с топливом при первой загрузке реактора, пока топливо и компоненты активной зоны еще не облучены, могут быть упрощены, тем не менее, следует соблюдать планы перегрузки и инструкции по обеспечению качества, рассмотренные выше в данном разделе. Перед загрузкой свежего топлива в загрузочную машину или в активную зону следует также проводить проверки, чтобы убедиться, что все оборудование, материалы и опытные или исследовательские топливные сборки, используемые при эксплуатации, извлечены из зоны. Следует предпринять меры предосторожности для предотвращения попадания в активную зону посторонних предметов. Следует обеспечивать, чтобы макетные или опытные сборки даже при их установке в активную зону были легко различимы. Для того, чтобы гарантировать извлечение любого постороннего материала из корпуса реактора до его герметизации, следует выполнять определенные процедуры, включая документированные. Руководство по первой загрузке топлива изложено в /8/.

4.6. Следует разработать требования и процедуры для испытания перегрузочной машины, а также для любого другого оборудования и систем, которые могут понадобиться до начала загрузки топлива. Персоналу, осуществляющему перегрузку топлива, следует иметь соответствующую квалификацию и быть обученным. Операторам перегрузочной машины следует иметь лицензию в соответствии с нормативными требованиями. Персоналу следует пройти тренировки по управлению перегрузочной машиной в начале на макетном топливе, а также пройти обучение по всей цепочке обращения с топливом, начиная с узла приемки топлива до реакторной зоны и узла перегрузки отработавшего топлива.

4.7. Любой компонент активной зоны (измерительные приборы, распределительная решетка для регулирования расхода, стержень управления или поглотитель нейтронов), являющийся частью топливной сборки или соединенный с ней, следует обследовать и проверить в рамках процедуры перегрузки топлива в соответствии с требованиями программы обеспечения качества. Любые аспекты безопасности, связанные с размещением нейтронного источника и компонент активной зоны, не учитываемых планом загрузки топлива, следует рассмотреть до установки этих компонентов в активную зону.

4.8. Следует установить процедуры контроля перемещения любого компонента активной зоны от его загрузки в активную зону до выгрузки.

По возможности, следует предусмотреть проверки надлежащей установки топлива в зону. Для изделий, не являющихся частью проекта, представленного в отчете по обоснованию безопасности, и не являющихся постоянной частью станции (например, облучаемые в активной зоне образцы материалов), по процедуре требуется дополнительное обоснование безопасности и соответствующее разрешение на установку, облучение и извлечение из активной зоны.

4.9. При загрузке на остановленном реакторе значительного количества топлива следует регистрировать скорость счета в подкритическом состоянии во избежание уменьшения подкритичности или непреднамеренного достижения критичности. При полной загрузке топлива следует провести измерения, подтверждающие наличие требуемого запаса подкритичности.

4.10. При перегрузках на ходу в течение всего времени работы реактора на мощности должна поддерживаться целостность границ контура давления для транспорта тепла. При перемещении топлива через границу защитной оболочки следует предусмотреть меры обеспечения целостности защитной оболочки в течение всего времени.

ВЫГРУЗКА ТОПЛИВА И КОМПОНЕНТ АКТИВНОЙ ЗОНЫ

4.11. Выгрузку топлива следует производить в соответствии с планом перегрузки.

4.12. Во время перегрузки или непосредственно после нее провести идентификацию выгруженного топлива на соответствие плану перегрузки. Любую ошибку, обнаруженную как при начальной загрузке, так и при выгрузке топлива, следует зарегистрировать, а администрации станции провести анализ для принятия соответствующих мер.

4.13. Для обеспечения радиационной защиты в инструкциях следует описать меры предосторожности при обращении с выгружаемым топливом, компонентами активной зоны и при любых операциях по их разборке. Следует проводить четкую политику по использованию для хранения (даже временного) облученных или радиоактивно загрязненных изделий только специально предназначенных и обозначенных мест во избежание распространения загрязнения или риска нежелательного радиационного облучения.

4.14. При подозрении на любое физическое повреждение выгружаемое топливо или компоненты активной зоны следует обследовать до размещения в хранилище. При обнаружении поврежденного топлива или компонент активной зоны может потребоваться обследование соседних компонент. Любые операции по восстановлению следует, в идеальном случае, базировать на подтвержденные методики и проводить в соответствии с утвержденной процедурой.

4.15. Обращение с топливом, для которого подтверждена его негерметичность, следует осуществлять с принятием мер, снижающих загрязнение хранилища и обеспечивающих при отправке за пределы площадки соответствующие требования по его транспортированию. Обращаться с любым топливом при подозрении на негерметичность следует так же, как и с негерметичным до тех пор, пока результаты проверки не докажут обратное.

4.16. До установки выгруженного топлива в стеллажи хранилища отработавшего топлива стеллажи следует проверить на отсутствие повреждений, которые могут повлиять на целостность размещаемого топлива. Вертикальность стеллажей следует поддерживать в пределах установленных допусков для исключения искривления топливных сборок.

МЕРЫ ПРЕДОСТОРОЖНОСТИ ПРИ ЗАГРУЗКЕ И ВЫГРУЗКЕ ТОПЛИВА И КОМПОНЕНТОВ АКТИВНОЙ ЗОНЫ

4.17. В инструкции по введению в действие установленного плана перегрузки следует включать необходимые меры предосторожности для обеспечения безопасности. Следует рассмотреть такие вопросы как состояние реактивности, целостность компонент, теплоотвод и радиационная защита, включая экранирование. Примерами таких важных вопросов при обращении с топливом и другими компонентами активной зоны являются:

- рост реактивности, например, из-за ошибок при обращении с приборами контроля реактивности;
- физическое повреждение топлива при соударении или падении компонент;
- повреждение топлива за счет искривления, распухания или изгиба топливной сборки или топливных элементов;

- облучение персонала за счет радиоактивности компонент или других материалов при обращении.

4.18. Для реакторов, перегружаемых при останове, следует предварительно, а при необходимости, и в процессе загрузки, проверить оборудование, обеспечивающее невозможность образования критических конфигураций при загрузке топлива, такое как пусковая аппаратура, блокировки защитных систем. Это особенно важно при начальной загрузке топлива. Более подробную информацию об оборудовании и условиях его испытаний можно найти в /8/.

4.19. Ниже приведены требования, которые следует учитывать для реакторов с частичными перегрузками⁴:

- следует установить меры по радиационной защите и контролю ее состояния в процессе перегрузки топлива;
- для процесса перегрузки следует определить требования по целостности защитной оболочки или конфайнмента;
- следует иметь в работоспособном состоянии системы вентиляции и очистки воздуха;
- следует иметь источник надежного электроснабжения;
- следует иметь в рабочем состоянии приборы регистрации нейтронного потока в пусковом диапазоне и соответствующую аварийную сигнализацию;
- стержни управления следует погрузить в активную зону и расцепить для поддержания в нерабочем состоянии и обеспечить циркуляцию борированной воды с определенной концентрацией бора и принять меры по предотвращению уменьшения его концентрации (блокировка клапанов чистого конденсата, отключение всех систем борирования воды, находящихся в непосредственной близости от реактора);
- уровень воды в корпусе реактора и бассейне выдержки следует поддерживать выше определенного минимального значения;
- реактор следует выдерживать в подкритическом состоянии в течение определенного минимального периода времени и до

⁴ Данный перечень составлен для проекта легководного реактора. Аналогичные рекомендации могут быть подготовлены и для реакторов другого типа, использующих перегрузку на остановленном реакторе.

минимального результата, прежде чем будет разрешена выгрузка топлива;

- соответствующие блокировки следует держать в надлежащем положении, и проводить функциональные проверки и калибровки в цепи приводов стержней управления, в системе защиты реактора и оборудовании для перегрузки;
- следует задействовать, по крайней мере, одну петлю охлаждения остановленного реактора с соответствующим аварийным запасом;
- следует определить соответствующие меры, исключая попадание посторонних предметов внутрь корпуса реактора;
- следует предусмотреть меры для предотвращения любых нежелательных перемещений оборудования или других компонент над пространством приреакторного бассейна при обращении с топливной сборкой;
- следует установить соответствующую связь между блочным пунктом управления и участком загрузки топлива;
- в течение всего процесса перегрузки работы следует осуществлять под контролем уполномоченного лица;
- перед опрессовкой корпуса реактора следует провести окончательную проверку правильности загрузки активной зоны (проверка и идентификация топлива и компонент активной зоны) и, по возможности, для последующей верификации провести видеозапись.

4.20. Аналогичным образом для реакторов с перегрузкой на ходу следует учитывать следующие факторы:

- для реактора следует установить эксплуатационные условия, которые следует поддерживать неизменными на уровне мощности, соответствующем перегрузке;
- все регистрирующие приборы и устройства, необходимые для безопасной и безошибочной перегрузки, следует откалибровать и подтвердить их работоспособность и эксплуатационную надежность;
- следует подтвердить правильность отбора топливныхборок из соответствующих ячеек хранения, и что они загружены в соответствующие ячейки перегрузочной машины, и что имеются свободные ячейки в магазине перегрузочной машины для приема выгружаемого топлива;
- операторам блочного пункта управления, которым следует иметь постоянную информацию о состоянии процесса перегрузки, следует санкционировать начало операции перегрузки;

- следует предусмотреть независимые проверки правильности установки перегрузочной машины с ячейкой реактора, выбранной для перегрузки (для проектов с двумерной перегрузкой следует обеспечить правильность настройки на один и тот же канал при загрузке и выгрузке топлива перед захватом канала);
- управление перегрузочной машиной следует осуществлять только уполномоченным персоналом, и следует предусмотреть специальные требования при необходимости перехода к любому режиму с нарушением нормальной эксплуатации (в каждом таком случае отключение блокировок следует санкционировать);
- в перегрузочной машине следует предусмотреть возможность альтернативной заглушки канала реактора при невозможности установки в канал новой топливной сборки;
- следует обеспечить, чтобы перегрузочная машина могла проходить через границу защитной оболочки реактора и возвращаться в исходное положение;
- до рассоединения перегрузочной машины с топливным каналом следует подтвердить правильность установки заглушки;
- после перегрузки при сниженном давлении, до подачи значительного давления теплоносителя следует проверить надежность установки заглушки;
- в дополнение к проектным решениям следует установить административный контроль для предотвращения перемещений перегрузочной машины после соединения с каналом;
- следует установить контроль правильности установки облученного топлива в перегрузочной машине до прекращения подачи теплоносителя в перегрузочную машину и, по возможности, контроль для предотвращения перемещения перегрузочной машины за установленный проектом диапазон;
- следует обеспечить строгое соблюдение процедуры перегрузки с помощью таких мер, как автоматический контроль и/или опросные листы;
- при работе реактора на мощности следует иметь возможность перемещения перегрузочной машины в зону обслуживания;
- следует предусмотреть стенды для испытания перегрузочной машины в условиях, максимально приближенных к эксплуатационным;
- на случай отказов в системе обращения с топливом следует предусмотреть аварийные процедуры.

5. ХРАНЕНИЕ И ОБРАЩЕНИЕ С ОБЛУЧЕННЫМ ТОПЛИВОМ

ОБЩИЕ ЦЕЛИ

5.1. Топливо, облученное в реакторе, является радиационным источником, а также содержит продукты деления, которые следует удерживать в структуре топлива. Основными задачами безопасности при хранении и обращении с облученным топливом являются:

- обеспечение подкритичности в течение всего времени эксплуатации;
- предотвращение физического повреждения топливной сборки и/или тепловыделяющих элементов;
- обеспечение надежного теплоотвода;
- поддержание уровня радиационного облучения и выхода радиоактивных веществ при обращении с облученным топливом на разумно достижимом низком уровне.

ОБРАЩЕНИЕ С ОБЛУЧЕННЫМ ТОПЛИВОМ

5.2. Для обеспечения целостности топлива и поддержания подкритичности обращение с облученным топливом, его хранение и обследование следует осуществлять только в специальных зонах с использованием предназначенного для этих целей оборудования (см. сноску 3) и только в соответствии с письменными инструкциями. Более подробное руководство по эксплуатации хранилищ отработавшего топлива приведено в /9/.

5.3. Все перемещения отработавшего топлива следует осуществлять в соответствии с письменными инструкциями. Все основные операции следует утверждать, и выполнять уполномоченным персоналом без дополнительных разрешений. Перед использованием оборудования для перемещения облученного топлива его необходимо подготовить и проверить. При необходимости следует предусмотреть наличие системы регистрации содержания нуклидов и остаточного тепловыделения облученного топлива.

5.4. Скорость отвода остаточного тепловыделения облученного топлива следует иметь достаточной для предотвращения недопустимой деградации топливной сборки или хранилища и обеспечивающих систем, способной привести к выходу радиоактивных материалов. Следует учитывать повышенную скорость испарения воды бассейна выдержки.

5.5. Для обеспечения безопасных условий окружающей среды в рабочих зонах станции следует предотвращать недопустимый выход радиоактивных материалов, осуществлять контроль и минимизировать распространение радиоактивного загрязнения. Для этой цели могут оказаться необходимыми специальное оборудование и методики для обращения с поврежденным или негерметичным топливом.

5.6. Все участки, где может быть размещено облученное топливо или облученные компоненты активной зоны, следует оборудовать биологической защитой. Такая защита необходима для предотвращения переоблучения персонала и чтобы доза облучения от прямого воздействия продуктов деления и облученных материалов поддерживалась на разумно допустимом низком уровне /10/.

5.7. Для предотвращения коррозионного износа топлива для всех постулированных условий, а также для обеспечения требуемой подкритичности следует контролировать химический состав воды.

5.8. Зоны обращения и хранения облученного топлива следует защищать от несанкционированного доступа или несанкционированного вывоза топлива. Обращение с компонентами активной зоны, которые предполагается хранить в зонах размещения облученного топлива, следует осуществлять предписанными и безопасными методами.

5.9. Для управления системой обращения и хранения обработавшего топлива при постулируемых исходных событиях и проектных авариях следует установить соответствующие эксплуатационные аварийные процедуры. В этих процедурах следует отражать действия, принимаемые как при внутренних исходных событиях (образование критичности, потеря теплоотвода, падение тяжелых предметов, внутренние пожары и наводнения, ошибки операторов и отказы систем безопасности), так и при воздействии внешних исходных событий (сейсмическое воздействие, ураганы и торнадо, полная потеря внешней электрической нагрузки). Более подробную информацию об исходных событиях при обращении и хранении топлива можно найти в /11/ (см. также сноску 3).

ХРАНЕНИЕ ОБЛУЧЕННОГО ТОПЛИВА

5.10. Для хранения облученного топлива необходимо использовать специально отведенные зоны хранения. Для обеспечения хранения облученного топлива только в определенной конфигурации следует соблюдать инструкции, при этом должен производиться анализ хранения топлива, например, при хранении новых типов топлива, при повышенном выгорании топлива, для определения конфигурации хранения для нового топлива. Более подробно анализ хранения топлива рассмотрен в /11/.

5.11. В частности, необходима взаимосвязь принятой конфигурации с требованиями к поглотителям нейтронов при хранении, и, по возможности, с максимальной емкостью хранилища. Поглотители нейтронов могут быть в виде фиксированных твердых поглотителей, либо, при хранении в бассейнах, в виде раствора бора в воде. Для поддержания концентрации поглотителя в бассейне следует предусмотреть программу обследования. Для обеспечения подкритичности следует внедрить соответствующую программу обеспечения качества.

5.12. Для предотвращения деградации топливных сборок, способной привести к выходу активности, следует обеспечить надежный отвод остаточного тепловыделения. Следует поддерживать температуру основной массы воды бассейнов выдержки, а также ее изменение и скорость изменения в пределах, определенных требованиями проекта (см. /12/). Состав охлаждающей среды следует контролировать для предотвращения повреждения оболочек облученного топлива при всех постулированных исходных событиях. Для сухих хранилищ следует обеспечивать качество теплоотвода охлаждающей средой (отсутствие застоя или возмущения потока охлаждения). При отводе тепла за счет естественной или принудительной циркуляции следует предусмотреть системы подогрева, вентиляции и кондиционирования воздуха.

5.13. При хранении облученного топлива под водой следует поддерживать соответствующий водно-химический режим, температуру, химическую активность и другие физико-химические характеристики воды с тем чтобы:

- избежать коррозии топлива, компонентов активной зоны при хранении в бассейне за счет поддержания соответствующих значений pH и других химических характеристик (например, концентрации галогенов-ионов);

- избежать кристаллизации бора за счет поддержания температуры бассейна выше минимального уровня;
- уменьшить уровни загрязнения и радиационного фона в помещении бассейна за счет ограничения испарения воды и ее активности;
- содействовать процессу обращения с топливом за счет поддержания качества воды (удаления примесей и взвешенных частиц) и обеспечения соответствующего освещения подводной части бассейна;
- при использовании раствора бора для поддержания подкритичности предотвратить уменьшение его концентрации в воде бассейна.

5.14. Во избежание повреждения топлива при хранении в бассейнах выдержки перемещение тяжелых грузов, не являющихся частями грузоподъемных механизмов, следует, по возможности, запрещать. Высоту подъема следует ограничить для безопасного проведения операций. Для обеспечения правильности операций краны бассейнов выдержки следует проверять до начала операции по обращению с топливом.

5.15. Следует осуществлять радиационный контроль зон хранения топлива (см./6/, раздел 3.). Доступ следует разрешать ограниченному кругу лиц, имеющих право доступа, прошедшему соответствующее обучение, и все операции следует осуществлять в соответствии с утвержденными письменными инструкциями.

5.17. В качестве примеров таких мер предосторожности, применяемых при хранении облученного топлива в бассейнах выдержки для ограничения радиационных доз, можно выделить следующие:

- уровень воды в бассейне выдержки должен поддерживаться в установленных пределах, протечки следует регистрировать, а аварийную сигнализацию о снижении уровня следует испытать;
- приборы дозиметрического контроля следует проверять на работоспособность и соответствующую градуировку для подтверждения подачи аварийного сигнала при достижении предельного радиационного уровня;
- для ограничения радиационного уровня на поверхности воды в бассейне выдержки следует использовать установленные методы и средства, обеспечивающие достаточный слой воды над топливом;
- вентиляционная система должна обеспечивать уровни аэрозольного загрязнения в заданных пределах;
- следует обеспечить надежную связь между помещением бассейна, блочным пунктом управления и группой дозиметрии;

- следует обеспечить надлежащий надзор и рабочие инструкции контроля (с учетом разрешений на проведение радиационно-опасных работ), следует предусмотреть соответствующее обучение персонала и сохранять сведения о возможных дозах облучения, полученных персоналом, и медицинские заключения.
- следует контролировать доступ в зону бассейна хранения топлива.

5.17. Следует установить соответствующие меры безопасности для сухого хранения или хранения в жидкой среде, отличной от воды.

5.18. Для некоторых типов реакторов, например реакторов с водой под давлением, в целях безопасности важно оставлять свободной значительную емкость хранилищ облученного топлива, чтобы иметь возможность извлечения полной топливной загрузки реактора и одного полного набора регулирующих стержней в любое время (также см. сноску 3).

5.19. Следует разработать политику для исключения попадания посторонних материалов при любых видах хранения облученного топлива. Следует разработать меры контроля наличия определенных материалов, таких, например, как прозрачных пленки, которые нельзя увидеть в воде, и незакрепленные предметы.

5.20. Следует предусмотреть планы по обращению с поврежденными или негерметичными топливными сборками, а также определить требования к их хранению, например:

- хранение негерметичных или поврежденныхборок отдельно от другого облученного топлива;
- обеспечение наличия контейнеров (а также мест их размещения), позволяющих хранить серьезно поврежденные сборки и любые фрагменты при обеспечении соответствующего охлаждения;
- обеспечение наличия контейнеров для тепловыделяющих элементов, извлеченных из топливныхборок, причем эти контейнеры могут быть использованы как для длительного хранения, так и для вывоза топлива с территории станции.

ИНСПЕКЦИЯ ОБЛУЧЕННОГО ТОПЛИВА

5.21. Для того чтобы отслеживать характеристики топливных элементов в активной зоне и прогнозировать их дальнейшее поведение, следует разработать программу инспектирования облученного топлива. Это

особенно важно в тех случаях, когда выгруженное топливо используется повторно в последующих циклах. Результаты инспекции также важны для гарантии целостности топлива при его окончательной отправке, для изучения коренных причин разгерметизации топлива и для обеспечения обратной связи с поставщиком топлива. Можно привести следующие примеры необходимых компонентов такой программы:

- 1) отбор топливных сборок для полного отслеживания, включая периодическое обследование во время облучения в активной зоне и при последующем хранении этого облученного топлива (могут быть приведены соображения по отбору некоторых сборок для обследования после облучения в реакторе);
- 2) использование опытных тестовых сборок для исследования новых топливных композиций и возможности повышения выгорания, а также разработка программы изучения структурных характеристик такого топлива в горячих камерах;
- 3) установление порядка осуществления обратной связи и обмена информацией с поставщиком топлива.

5.22. Инспекции следует проводить в специально отведенных местах при использовании методик и инструментов, предназначенных для этих целей, а результаты инспекций следует документировать.

5.23. Для проведения необходимой инспекции, идентификации, разборки и сборки топлива, включая, при необходимости, измерения выгорания, следует предусмотреть достаточное пространство в зоне хранения.

6. ОБРАЩЕНИЕ И ХРАНЕНИЕ КОМПОНЕНТОВ АКТИВНОЙ ЗОНЫ

6.1. При рассмотрении различных аспектов обращения и хранения необлученных компонентов активной зоны следует включить вопросы предохранения от физических повреждений, гарантии чистоты топлива и меры предохранения от радиоактивного загрязнения.

6.2. Для хранения компонентов активной зоны, в частности облученных компонентов, следует предусмотреть специальные места. Это касается всех типов средств воздействия на реактивность или приборов измерений

в подкритическом состоянии, нейтронных источников, макетного топлива, топливных каналов, измерительного оборудования, ограничителей расхода, выгорающих поглотителей, образцов материала корпуса реактора, других компонентов активной зоны и другого оборудования, например, контейнеров для хранения и транспортных контейнеров.

6.3. Все новые компоненты активной зоны перед размещением в ней следует проверить визуально на наличие физических повреждений. В соответствующих случаях следует проводить контроль размеров и функциональные проверки для гарантии того, что компоненты находятся в надлежащем состоянии для их предполагаемого применения.

6.4. Каждый компонент активной зоны следует идентифицировать соответствующим образом и хранить записи о его расположении в активной зоне, ориентации в пределах активной зоны, размещении при хранении вне активной зоны и другую существенную информацию для сохранения истории облучения компонента.

6.5. В течение работы реактора компоненты активной зоны могут стать высокоактивными. Для облученных компонентов активной зоны следует предусмотреть следующие мероприятия:

- облученные компоненты активной зоны следует хранить только в определенных местах в зоне хранения, специально предназначенной для этого, и принять меры предосторожности, чтобы не допустить хранения облученных компонентов активной зоны в помещениях для свежего топлива или в других чистых зонах хранения;
- следует обеспечить соответствующее охлаждение;
- следует ограничить доступ и предусмотреть соответствующие меры для обеспечения радиологической защиты;
- следует обеспечить совместимость материала компонента активной зоны и среды хранения ;
- следует предусмотреть доступ к элементу, предназначенному для повторного использования, или который необходимо извлекать по другим причинам;
- при необходимости проведения инспекции облученных компонентов следует предусмотреть соответствующие меры для защиты операторов от облучения;
- при необходимости, следует предусмотреть средства для перемещения облученных компонентов в соответствующий транспортировочный контейнер.

6.6. Следует обеспечить подходящее помещение для хранения и использования инструментов и оборудования, необходимых для ремонта и тестирования компонентов активной зоны, но не за счет уменьшения емкости хранилища. Могут также понадобиться помещения для приема других компонентов активной зоны.

6.7. Активные источники нейтронов, имеющиеся на реакторной площадке в любой форме, должны иметь защиту и требуют соответствующего обращения. Следует установить надлежащий порядок для однозначной идентификации всех источников, а также следует предусмотреть административные инструкции по контролю всех источников. При приеме транспортных контейнеров, содержащих источники нейтронов, следует проводить контроль загрязнения. Транспортные контейнеры для источников нейтронов следует ясно маркировать в соответствии с требованиями регулирующего органа.

6.8. При необходимости, следует разработать программы надзора и технического обслуживания компонентов активной зоны в течение срока службы. Следует проводить проверки изменения физических свойств компонентов, таких как изгиб, распухание, коррозия, износ и ползучесть. В эти программы следует включать обследование компонентов при повторном размещении в активной зоне для дальнейшей эксплуатации и обследование выгруженных компонентов с целью обнаружения значительной деградации в ходе эксплуатации. В программы технического обслуживания следует включать меры предохранения от попадания посторонних материалов в реактор. Подробное руководство по надзору и техническому обслуживанию компонентов, важных для безопасности, приведено в /5/.

7. ПОДГОТОВКА ТОПЛИВА ДЛЯ ОТПРАВКИ

7.1. Топливо следует извлекать из зоны хранения только по специальному разрешению, в котором указываются тип топлива, его размещение в зоне хранения, его место предназначения и процедуры, которые следует использовать при обращении с топливом.

7.2. Для загрузки в транспортные контейнеры, предназначенные для определенного топлива (в частности, исходя из оценки критичности)

следует выбирать топливо, исходя из его выгорания, истории облучения и времени выдержки таким образом, чтобы уровни радиационного излучения и уровни остаточного тепловыделения оставались в пределах, установленных для данного контейнера. Если для контейнера необходимы специальные съемные поглощающие нейтроны экраны или аналогичные устройства, следует разработать методики, позволяющие подтвердить до помещения топлива в контейнер, что такие устройства установлены. Контейнер следует маркировать в соответствии с действующими правилами транспортирования и ясно различимыми знаками радиационной опасности, а также другими необходимыми идентификационными знаками.

7.3. Следует разработать методики для подготовки транспортных контейнеров для транспортировки за пределами площадки. В частности, с помощью этих методик следует подтвердить герметичность транспортного контейнера и обеспечение требуемого охлаждения, а также, что уровни радиации и загрязнения удовлетворяют соответствующим требованиям для транспортирования. Кроме того, следует предусмотреть процедуры, подтверждающие наличие оборудования, необходимого для обращения с транспортными контейнерами, и проверку его на функциональность. Методиками следует предусматривать наличие контрольных ведомостей, утверждаемых и согласованных по основным позициям для гарантии загрузки топлива в транспортный контейнер в соответствии с установленными требованиями.

7.4. Перед отправкой за территорию станции транспортные средства следует проверить на соответствие требованиям транспортирования по уровням внешнего загрязнения и уровням радиации.

7.5. Любой контейнер, который ранее использовался, в первую очередь, следует проверить на содержание радиоактивных веществ и загрязнения ими, и до прибытия на станцию следует проверить его радиационный уровень. Если уровни загрязнения и радиации превышают установленные значения, следует провести исследование для выяснения причин и выбора требуемых корректирующих мер.

7.6. Перед тем, как открыть ранее использованный и предположительно пустой контейнер, необходимо убедиться, что радиационные мониторы, оборудованные устройствами аварийной сигнализации, находятся в рабочем состоянии, а для предотвращения случайного облучения персонала в том случае, если в контейнере остался радиоактивный

материал значительной активности, следует принять соответствующие меры (например, вскрытие контейнера под водой).

7.7. Подробное руководство по безопасному транспортированию радиоактивных материалов можно найти в Требованиях по безопасности МАГАТЭ по Правилам безопасного транспортирования радиоактивных материалов /13/.

8. АДМИНИСТРАТИВНЫЕ И ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ

8.1. Эксплуатирующая организация является ответственной по все вопросам управления топливом на площадке. Организационные мероприятия по управлению активной зоной могут значительно изменяться в зависимости от практики и политики эксплуатирующей организации. Для групп управления активной зоной следует обеспечить соответствующую проектную поддержку. Эксплуатирующей организации следует наделить администрацию станции соответствующими полномочиями, обеспечить необходимой поддержкой, и четко определить границы ответственности.

8.2. В ответственность эксплуатирующей организации в части управления активной зоной и обращения с топливом (также может быть необходимо сотрудничество с другими организациями) следует включать, по крайней мере, следующие положения:

- подготовку мероприятий, обеспечивающих разработку исчерпывающей программы управления активной зоной, и ее поддержки на станции(см. раздел 2); следует подготовить мероприятия, обеспечивающие необходимое содействие администрации станции для выполнения задач управления топливом, описанных в данном Руководстве по безопасности;
- подготовка мероприятий, обеспечивающих предоставление администрации станции, начиная со стадии проекта, необходимых данных, проектных материалов и документации по изготовлению, сооружению, вводу в эксплуатацию и обеспечению качества для безопасной эксплуатации станции в соответствии с целями и исходными положениями проекта;

- периодическое инспектирование производства топлива и компонентов активной зоны для обеспечения их соответствия техническим условиям и надлежащим требованиям по управлению качеством (см. /3/); следует подготовить мероприятия, обеспечивающие для эксплуатирующей организации адекватную информацию для осуществления надзора за производством;
- подготовка мероприятий, гарантирующих, что никаких модификаций, касающихся топливных сборок, компонентов активной зоны, оборудования для обращения с ними и/или методик обслуживания, не будет внесено без надлежащего рассмотрения и формального утверждения, если это требуется (см. также /4/);
- подготовка мероприятий, гарантирующих разработку, поддержку и постоянное обновление методов расчета для определения топливных циклов и картограмм загрузки топлива и поглотителей для поддержания соответствия эксплуатационным пределам и условиям, подтверждения эксплуатационных методик, разработки соответствующих требований надзора, а также для достижения оптимального использования топлива;
- подготовка мероприятий по обследованию облученного топлива для оценки его рабочих характеристик;
- подготовка мероприятий для транспортирования свежего и облученного топлива и компонентов активной зоны;
- подготовка мероприятий по хранению и обращению со свежим и облученным топливом и компонентами активной зоны на площадке станции;
- подготовка мероприятий по инспектированию и периодическому техническому обслуживанию оборудования для обращения с топливом;
- подготовка мероприятий для исключения посторонних материалов, включая соответствующие методики, предусматривающие надлежащие меры;
- подготовка мероприятий, обеспечивающих соответствующую квалификацию и подготовку персонала;
- четкое определение ответственности по всем направлениям и ее персональное распределение для соответствующего персонала.

8.3. Кроме того, эксплуатирующей организации следует обеспечить наличие, процедур, позволяющих контролировать различные вопросы безопасности, связанные с управлением активной зоной и обращением с топливом, включая:

- приемку, хранение, обращение, инспектирование и размещение топлива и компонентов активной зоны;
- регистрацию местонахождения, степени облучения, физических условий и порядок размещения топлива и компонентов активной зоны;
- инспектирование активной зоны для выработки требований по управлению активной зоной;
- контрольные измерения для получения значений параметров активной зоны, таких как рассмотренные в параграфе 2.17 (где это требуется);
- действия, предпринимаемые операторами в случае, если параметры активной зоны выходят за установленные пределы и условия нормальной эксплуатации, и корректирующие меры, необходимые для предотвращения превышения пределов безопасной эксплуатации;
- независимая оценка характеристик активной зоны и предложения по существенному изменению их перечня и методик определения (см. /14/);
- описание и исследования нарушений, включая анализ коренных причин.

8.4. Необходимо сформулировать корпоративную политику определения стандартов для программы управления топливом и порядок их соблюдения. Высшему руководству следует донести эту информацию до персонала, обеспечив значительные ресурсы для выполнения установленных задач и контроля деятельности персонала. В политике следует определить цели безопасности и технико-экономические цели, установить предполагаемые уровни их достижения и четко распределить ответственность. Достижение целей и задач деятельности, связанной с управлением топливом, следует осуществлять посредством соответствующей политики и процедур.

8.5. Эксплуатирующей организации следует определить, утвердить и документировать организационные взаимодействия. В документации следует отразить необходимую информацию, круг лиц, ответственных за ее предоставление, и необходимые оценки, комментарии и утверждения. Если эксплуатирующая организация предусматривает предоставление услуг по управлению активной зоной другими подразделениями, входящими в ее состав, или другими организациями, то эти услуги следует незамедлительно предоставлять. Руководство по вопросам административного контроля приведено в нормах безопасности МАГАТЭ по обеспечению качества /3/.

8.6. Эксплуатирующей организации следует всесторонне изучить проблемы управления активной зоной и обращения с топливом и предусмотреть достаточный штат сотрудников для проведения этих работ. Необходимая численность штата будет зависеть, например, от:

- объемов работ по управлению активной зоной, соответствующих расчетов активной зоны, оценок безопасности перегрузки и анализов переходного режимов, которые выполняются подрядчиками;
- стратегии по вопросам оптимизации (например, политики компании по отношению к новым проектам топлива или новым поставщикам, увеличению выгорания, разработке активных зон с малой утечкой и использованию запасов по тепловым характеристикам).

8.7. Эксплуатирующей организации следует установить необходимый уровень компетентности для выполнения основного круга задач, например, компетенцию, необходимую для оценок критичности и анализов переходных режимов и для экспертизы методов проведения расчетов активной зоны. Следует рассмотреть, обеспечивается ли уровень компетенции самой эксплуатирующей организацией, расположенной на площадке, либо это обеспечение является корпоративной функцией, или является задачей подрядной организации. Какой бы выбор не был сделан, эксплуатирующей организации следует предусмотреть установление и поддержание необходимого уровня компетенции для обеспечения требуемого уровня безопасности. Если работы проводятся на контрактной основе, эксплуатирующей организации следует хорошо быть осведомленной о работе, проводимой от ее имени, для ее технической оценки, и при необходимости знать, куда обратиться за консультацией и содействием.

8.8. Систему обеспечения качества для программы управления топливом на площадке следует расширить для включения поставщиков. Эксплуатирующей организации следует обеспечивать, что бы производители и проектировщики имели соответствующие программы обеспечения качества. Также важно убедиться, например, путем проведения периодических проверок что производители и проектировщики соблюдают программы обеспечения качества.

8.9. Для повышения безопасности может быть использован опыт, накопленный в процессе эксплуатации. Важную для безопасности информацию, полученную на основе опыта эксплуатации, следует документировать и передать для обмена опытом поставщику, другим

станциям той же эксплуатирующей организации, лицензирующим организациям и другим организациям, в частности, эксплуатирующим реакторы подобного типа.

9. ДОКУМЕНТАЦИЯ

9.1. Для безопасной эксплуатации атомной электростанции эксплуатирующей организации следует иметь адекватную информацию по топливу, параметрам и элементам активной зоны и по оборудованию для обращения с топливом и его элементам. В такую информацию следует включать детальное описание конструкции и монтажа, а также результаты анализа безопасности. Информацию, полученную в течение ввода в эксплуатацию и при последующей эксплуатации, следует изучать и сохранять по мере ее поступления.

9.2. Такую основополагающую информацию следует накапливать в ходе дальнейшей эксплуатации станции с помощью всеобъемлющей системы документации, охватывающей управление активной зоной и деятельность по обращению с топливом и компонентами активной зоны. Такую систему документации следует предназначать для обеспечения полной информации о надлежащем обращении с топливом и компонентами активной зоны на площадке для подробного анализа характеристик топлива и деятельности, связанной с безопасностью активной зоны, в течение всего срока эксплуатации станции. Указания по ведению документации можно найти в /З/, в частности, в Руководстве по безопасности Q3.

9.3. В характерные сведения, важные для управления активной зоной и обращения с топливом и компонентами активной зоны, следует включать, по крайней мере, следующие:

- проектные основы, свойства материалов и размеры активной зоны;
- эксплуатационные данные;
- данные по проверкам монтажа и тестам при вводе в эксплуатацию и записи специальных тестов при эксплуатации;
- история эксплуатации активной зоны (обычно, с почасовой регистрацией параметров, таких как, температура и расход, получаемых от компьютера АС);

- мощность, энергия и тепловой баланс;
- баланс реактивности и критическая конфигурация при пуске реактора;
- измерения потока нейтронов в активной зоне;
- программы перегрузки топлива и сопутствующая информация;
- картограммы и графики перегрузки топлива;
- местонахождение каждой топливной сборки за все время ее пребывания на площадке;
- история выгорания для каждой отдельной топливной сборки;
- данные по повреждениям топлива;
- результаты обследования топлива и компонентов активной зоны;
- состояние, история технического обслуживания и ремонта, модификации оборудования для обращения с топливом и компонентами активной зоны и результаты его тестирования;
- проверка запасов теплоносителя и замедлителя, их химического качества и примесей;
- записи, касающиеся управления активной зоной (записи расчетов и описания компьютерных программ);
- компьютерные расчеты параметров активной зоны, распределений мощности и нейтронных потоков, изменений изотопного состава и дополнительные данные, важные для характеристики топлива;
- эксплуатационные данные для обоснования методов, обеспечение исходных данных для графика перегрузки топлива и формирования основы для оценки эксплуатационной безопасности;
- сравнение результатов тестирования и обоснования компьютерных методов.

БИБЛИОГРАФИЯ

- [1] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Safety of Nuclear Power Plants: Operation, Safety Standards Series No. NS-R-2, IAEA, Vienna (2000).
- [2] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, The Operating Organization for Nuclear Power Plants, Safety Standards Series No. NS-G-2.4, IAEA, Vienna (2001).
- [3] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Quality Assurance for Safety in Nuclear Power Plants and Other Nuclear Installations, Safety Series No. 50-C/SG-Q, IAEA, Vienna (1996).
- [4] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Operational Limits and Conditions and Operating Procedures for Nuclear Power Plants, Safety Standards Series No. NS-G-2.2, IAEA, Vienna (2000).
- [5] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Maintenance, Surveillance and In-Service Inspection of Nuclear Power Plants, Safety Standards Series No. NS-G-2.6, IAEA, Vienna (2002).
- [6] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY Radiation Protection and Radioactive Waste Management in the Operation of Nuclear Power Plants, Safety Standards Series No. NS-G-2.7, IAEA, Vienna (2002).
- [7] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Fire Safety in the Operation of Nuclear Power Plants, Safety Standards Series No. NS-G-2.1, IAEA, Vienna (2000).
- [8] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Commissioning of Nuclear Power Plants, Safety Standards Series No. NS-G-2.8, IAEA, Vienna (2002).
- [9] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Operation of Spent Fuel Storage Facilities, Safety Series No. 117, IAEA, Vienna (1994).
- [10] FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, INTERNATIONAL LABOUR ORGANISATION, OECD NUCLEAR ENERGY AGENCY, PAN AMERICAN HEALTH ORGANIZATION, WORLD HEALTH ORGANIZATION, International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources, Safety Series No. 115, IAEA, Vienna (1996).
- [11] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Safety Assessment for Spent Fuel Storage Facilities, Safety Series No. 118, IAEA, Vienna (1994).
- [12] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Design of Spent Fuel Storage Facilities, Safety Series No. 116, IAEA, Vienna (1994).
- [13] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material 1996 Edition (Revised), Safety Standards Series TS-R-1 (ST-1, Revised), IAEA, Vienna (2000).
- [14] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Modifications to Nuclear Power Plants, Safety Standards Series NS-G-2.3, IAEA, Vienna (2001).

ГЛОССАРИЙ

выгорающий поглотитель. Материал, поглощающий нейтроны, используемый для управления реактивностью, и со специфической способностью уменьшения концентрации при поглощении нейтронов.

оболочка (материал). Внешний слой материала, имеющий непосредственный контакт с ядерным топливом, или другим материалом, обеспечивающий защиту от химического взаимодействия с окружающей средой и от загрязнения радиоактивными продуктами в результате облучения. Оболочка также может служить опорной конструкцией⁵.

компоненты активной зоны. Компоненты активной зоны реактора, помимо топливных сборок, использующиеся в качестве опорных элементов активной зоны, или приборы, инструменты, оборудование, вводимые в активную зону реактора, для ее мониторинга, контроля потока и других технологических задач, и рассматривающиеся как компоненты активной зоны⁶.

свежее топливо. В данном документе термин «свежее топливо» означает новое топливо или необлученное топливо; даже если топливо могло быть изготовлено из делящихся материалов в процессе переработки облученного топлива.

топливная сборка. Комплект топливных элементов и соответствующих компонент, которые загружаются и впоследствии извлекаются из активной зоны реактора в качестве единого блока.

топливный элемент (топливный стержень для легководного реактора). Стержень ядерного топлива, его оболочка и некоторые

⁵ В тексте настоящего Руководства оболочка представляет собой трубу, окружающую топливо, которая вместе с концевыми деталями и заглушками является также и опорной конструкцией.

⁶ Примерами компонентов активной зоны являются средства управления реактивностью, приборы регистрации нейтронного потока в подкритическом состоянии, нейтронные источники, модельное топливо, топливные каналы, измерительное оборудование, ограничители расхода, выгорающие поглотители, образцы-свидетели.

соответствующие компоненты, необходимые для образования структурного объекта.

эксплуатационные пределы и условия. Набор правил, формулирующих пределы параметров, функциональные возможности и уровни рабочих характеристик для оборудования и персонала, одобренный регулирующим органом для безопасной эксплуатации поднадзорных установок.

хранение. Сохранение отработанного топлива или радиоактивных отходов в установках, которые обеспечивают их содержание с целью дальнейшего восстановления.

сухое хранение. Хранилища, в которых свежее или отработанное топливо хранится в газовой среде, например, воздухе или инертных газах. Сухие хранилища включают установки для хранения отработанного топлива в контейнерах, бункерах или камерах.

мокрое хранение. Хранилища, в которых отработанное топливо хранится в воде или в другой жидкости. Универсальным режимом мокрого хранения является хранение отработавших топливных сборок или их элементов в бассейнах с водой или другой жидкостью обычно на стеллажах или в чехлах и/или в контейнерах с жидкостью. Жидкость бассейна, в которую погружено топливо, служит для теплоотвода и радиационной защиты, а стеллажи или другие устройства обеспечивают геометрическую конфигурацию, сохраняющую подкритичность.

СОСТАВИТЕЛИ И РЕЦЕНЗЕНТЫ

Luihto, P.	Radiation and Nuclear Safety Authority (STUK), Finland
Magalyaes Friere, E.	Elertronuclear, Brasil
Paviot, N.	EDF SEPTEN, France
Robbins, M	Nuclear Installations Inspectorate, United Kingdom
Ronberg, G.	AKG AB, Sweden
Spierring, H.	Siemens AG, Germany
Ulses, F.	Nuclear Regulatory Commission, United State of America
Vaisnys, P.	International Atomic Energy Agency

ОРГАНЫ ПО ОДОБРЕНИЮ НОРМ БЕЗОПАСНОСТИ

Комитет по нормам ядерной безопасности

Аргентина: Sajaroff, P.; *Бельгия:* Govaerts, P. (председатель); *Бразилия:* Salati de Almeida, I.P.; *Канада:* Malek, I.; *Китай:* Zhao, Y.; *Финляндия:* Reiman, L.; *Франция:* Saint Raymond, P.; *Германия:* Wendling, R.D.; *Индия:* Venkat Raj, V.; *Италия:* Del Nero, G.; *Япония:* Hirano, M.; *Республика Корея:* Lee, J.-I.; *Мексика:* Delgado Guardado, J.L.; *Нидерланды:* de Munk, P.; *Пакистан:* Hashimi, J.A.; *Российская Федерация:* Баклушин, Р.П.; *Испания:* Mellado, I.; *Швеция:* Jende, E.; *Швейцария:* Aberli, W.; *Украина:* Миколайчук, О.; *Соединенное Королевство:* Hall, A.; *Соединенные Штаты Америки:* Murphy, J.; *Европейская комиссия:* Gómez-Gómez, J.A.; *МАГАТЭ:* Hughes, P. (координатор); *Международная организация по стандартизации:* d'Ardenne, W.; *Агентство по ядерной энергии ОЭСР:* Roeyen, J.

Комиссия по нормам безопасности

Аргентина: D'Amato, E.; *Бразилия:* Caubit da Silva, A.; *Канада:* Bishop, A., Duncan, R.M.; *Китай:* Zhao, C.; *Франция:* Lacoste, A.-C., Gauvain, J.; *Германия:* Renneberg, W., Wendling, R.D.; *Индия:* Sukhatme, S.P.; *Япония:* Suda, N.; *Республика Корея:* Kim, S.-J.; *Российская Федерация:* Вишневецкий, Ю.Г.; *Испания:* Martín Marquinez, A.; *Швеция:* Holm, L.-E.; *Швейцария:* Jeschki, W.; *Украина:* Смышляев, О.У.; *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.