

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-89.

Нормы МАГАТЭ по безопасности

для защиты людей и охраны окружающей среды

Оценка сейсмической безопасности существующих ядерных установок

Руководство по безопасности
№ NS-G-2.13



IAEA

Международное агентство по атомной энергии

НОРМЫ МАГАТЭ ПО БЕЗОПАСНОСТИ И ДРУГИЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ДАННОЙ ТЕМЕ

НОРМЫ МАГАТЭ ПО БЕЗОПАСНОСТИ

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

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

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

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

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

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

ПУБЛИКАЦИИ ПО ДАННОЙ ТЕМЕ

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

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

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

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

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

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-89.

ОЦЕНКА СЕЙСМИЧЕСКОЙ
БЕЗОПАСНОСТИ
СУЩЕСТВУЮЩИХ ЯДЕРНЫХ
УСТАНОВОК

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-89.

Членами Международного агентства по атомной энергии являются следующие государства:

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

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”.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-89.

СЕРИЯ НОРМ МАГАТЭ ПО БЕЗОПАСНОСТИ, № NS-G-2.13

ОЦЕНКА СЕЙСМИЧЕСКОЙ
БЕЗОПАСНОСТИ
СУЩЕСТВУЮЩИХ ЯДЕРНЫХ
УСТАНОВОК

МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ
ВЕНА, 2014 ГОД

УВЕДОМЛЕНИЕ ОБ АВТОРСКОМ ПРАВЕ

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

Группа маркетинга и сбыта, Издательская секция
Международное агентство по атомной энергии
Vienna International Centre
PO Box 100
1400 Vienna, Austria
факс: +43 1 2600 29302
тел.: +43 1 2600 22417
эл. почта: sales.publications@iaea.org
веб-сайт: <http://www.iaea.org/books>

© МАГАТЭ, 2014

Отпечатано МАГАТЭ в Австрии
Январь 2014 года
STI/PUB/1379

ОЦЕНКА СЕЙСМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
СУЩЕСТВУЮЩИХ ЯДЕРНЫХ УСТАНОВОК
МАГАТЭ, ВЕНА, 2014
STI/PUB/1379
ISBN 978-92-0-401314-6
ISSN 1020-5845

ПРЕДИСЛОВИЕ

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

В середине 1990-х годов было начато осуществление существенного пересмотра программы норм МАГАТЭ по безопасности, была введена пересмотренная структура комитета по надзору и принят системный подход к обновлению всего свода норм. В результате этого новые нормы отвечают наивысшим требованиям и воплощают наилучшую практику в государствах-членах. С помощью Комиссии по нормам безопасности МАГАТЭ проводит работу с целью содействия глобальному признанию и использованию своих норм безопасности.

Однако нормы безопасности эффективны лишь тогда, когда они правильно применяются на практике. Услуги, оказываемые МАГАТЭ в области обеспечения безопасности, которые касаются вопросов инженерной безопасности, эксплуатационной безопасности, радиационной безопасности, безопасности перевозки и безопасности отходов, а также вопросов регулирования и культуры безопасности в организациях, помогают государствам-членам применять эти нормы и оценивать их эффективность. Эти услуги в области обеспечения безопасности позволяют осуществлять обмен ценной информацией, и я продолжаю призывать все государства-члены пользоваться ими.

Ответственность за деятельность по регулированию ядерной и радиационной безопасности возлагается на страны, и многие государства-члены принимают решение применять нормы МАГАТЭ по безопасности в своих национальных регулирующих положениях. Для договаривающихся сторон различных международных конвенций по безопасности нормы МАГАТЭ являются согласованным и надежным средством обеспечения эффективного выполнения обязательств, вытекающих из этих конвенций. Указанные нормы применяются также проектировщиками, изготовителями оборудования и операторами во всем мире в целях повышения ядерной и радиационной безопасности в энергетике, медицине, промышленности, сельском хозяйстве, научных исследованиях и образовании.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-89.

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

НОРМЫ МАГАТЭ ПО БЕЗОПАСНОСТИ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

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

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

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

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

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

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

НОРМЫ МАГАТЭ ПО БЕЗОПАСНОСТИ

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

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

Меры по обеспечению безопасности и физической безопасности¹ преследуют общую цель защиты жизни и здоровья людей и охраны окружающей среды. Меры по обеспечению безопасности и физической безопасности должны разрабатываться и осуществляться комплексно, таким образом, чтобы меры по обеспечению физической безопасности не осуществлялись в ущерб безопасности, и наоборот, чтобы меры по обеспечению безопасности не осуществлялись в ущерб физической безопасности.

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

¹ См. также публикации в Серии изданий МАГАТЭ по физической ядерной безопасности.



РИС. 1. Долгосрочная структура Серии норм МАГАТЭ по безопасности.

Основы безопасности

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

Требования безопасности

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

Руководства по безопасности

Руководства по безопасности содержат рекомендации и руководящие материалы, касающиеся выполнения требований безопасности, и в них выражается международный консенсус в отношении необходимости принятия рекомендуемых мер (или эквивалентных альтернативных мер). В руководствах по безопасности представлена международная образцовая практика, и они во все большей степени отражают наилучшую практику с целью помочь пользователям достичь высоких уровней безопасности. Рекомендации, содержащиеся в руководствах по безопасности, формулируются с применением глагола “следует”.

ПРИМЕНЕНИЕ НОРМ МАГАТЭ ПО БЕЗОПАСНОСТИ

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

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

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

Кроме того, нормы МАГАТЭ по безопасности закладывают основу для услуг МАГАТЭ по рассмотрению безопасности, и они используются МАГАТЭ в содействии повышению компетентности, в том числе, для разработки учебных планов и организации учебных курсов.

Международные конвенции содержат требования, аналогичные требованиям, которые изложены в нормах МАГАТЭ по безопасности, и делают их обязательными для договаривающихся сторон. Нормы МАГАТЭ по безопасности, подкрепляемые международными конвенциями,

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

Научные соображения, лежащие в основе норм МАГАТЭ по безопасности, обеспечивают объективную основу для принятия решений по вопросам безопасности; однако лица, отвечающие за принятие решений, должны также выносить обоснованные суждения и должны определять, как лучше всего сбалансировать выгоды принимаемых мер или осуществляемой деятельности с учетом соответствующих радиационных рисков и любых иных вредных последствий этих мер или деятельности.

ПРОЦЕСС РАЗРАБОТКИ НОРМ МАГАТЭ ПО БЕЗОПАСНОСТИ

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

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

Для осуществления процессов планирования, разработки, рассмотрения, пересмотра и установления норм МАГАТЭ по безопасности создана система управления. Особое место в ней занимают мандат МАГАТЭ, видение будущего применения норм, политики и стратегий безопасности и соответствующие функции и обязанности.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-89.

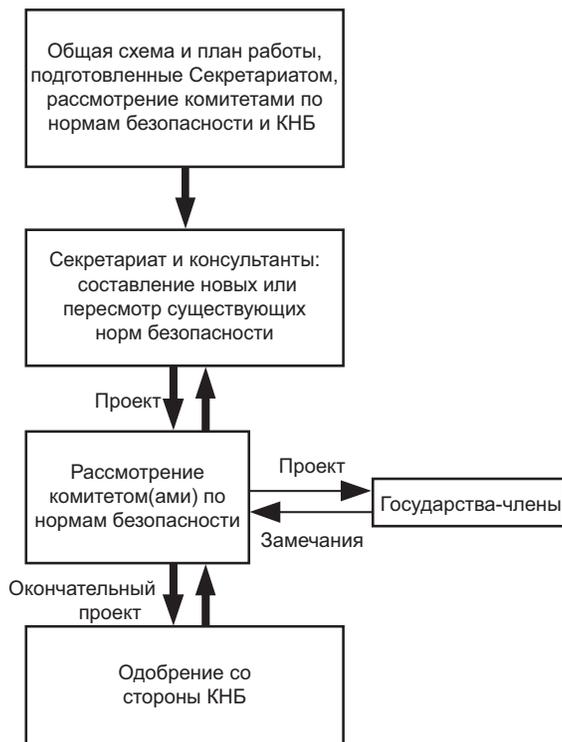


РИС. 2. Процесс разработки новых норм безопасности или пересмотр существующих норм.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С ДРУГИМИ МЕЖДУНАРОДНЫМИ ОРГАНИЗАЦИЯМИ

При разработке норм МАГАТЭ по безопасности принимаются во внимание выводы Научного комитета ООН по действию атомной радиации (НКДАР ООН) и рекомендации международных экспертных органов, в частности, Международной комиссии по радиологической защите (МКРЗ). Некоторые нормы безопасности разрабатываются в сотрудничестве с другими органами системы Организации Объединенных Наций или другими специализированными учреждениями, включая Продовольственную и сельскохозяйственную организацию Объединенных Наций, Программу Организации Объединенных Наций по окружающей среде, Международную организацию труда, Агентство по ядерной энергии ОЭСР, Панамериканскую организацию здравоохранения и Всемирную организацию здравоохранения.

ТОЛКОВАНИЕ ТЕКСТА

Относящиеся к безопасности термины должны толковаться в соответствии с определениями, данными в Глоссарии МАГАТЭ по вопросам безопасности (см. <http://www-ns.iaea.org/standards/safety-glossary.htm>). Во всех остальных случаях в издании на английском языке слова используются с написанием и значением, приведенными в последнем издании Краткого оксфордского словаря английского языка. Для руководств по безопасности аутентичным текстом является английский вариант.

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

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

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

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-89.

СОДЕРЖАНИЕ

1.	ВВЕДЕНИЕ	1
	Общие сведения (1.1-1.6)	1
	Цель (1.7-1.8)	3
	Область применения (1.9-1.11)	3
	Структура(1.12)	4
2.	ФОРМУЛИРОВАНИЕ ПРОГРАММЫ ОЦЕНКИ СЕЙСМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ	5
	Общие соображения (2.1-2.8)	5
	Оценка сейсмической безопасности (2.9-2.22)	8
	Организация программы (2.23-2.26)	14
3.	СБОР И ИЗУЧЕНИЕ ДАННЫХ	16
	Сбор данных о существующих установках (3.1)	16
	Данные и документация по первоначальной проектной основе (3.2-3.6)	17
	Текущие («как есть») данные и информация (3.7-3.13)	21
	Рекомендуемые исследования (3.14-3.23)	23
4.	ОЦЕНКА СЕЙСМИЧЕСКИХ ОПАСНОСТЕЙ (4.1-4.8)	26
5.	МЕТОДОЛОГИИ ОЦЕНКИ СЕЙСМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ (5.1)	29
	Оценка запаса сейсмостойкости (ОЗС) (5.2-5.19)	29
	Вероятностная оценка сейсмической безопасности (5.20-5.31)	36
	Общие элементы методологий ОЗС и ВОСБ (5.32-5.52)	41
6.	ЯДЕРНЫЕ УСТАНОВКИ, ОТЛИЧНЫЕ ОТ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ (6.1-6.15)	50
7.	СООБРАЖЕНИЯ, СВЯЗАННЫЕ С МОДЕРНИЗАЦИЕЙ	54
	Узлы, подлежащие модернизации (7.1-7.3)	54
	Проектирование модификаций (7.4-7.11)	55

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-89.

8. СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ СЕЙСМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ	57
Применение системы управления (8.1-8.4)	57
Документация и записи (8.5-8.7)	59
Управление конфигурацией (8.8)	60
СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ	61
ПРИЛОЖЕНИЕ: МЕТОДОЛОГИИ ОЦЕНКИ СЕЙСМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ	62
СОСТАВИТЕЛИ И РЕЦЕНЗЕНТЫ	71
ОРГАНЫ, УЧАСТВУЮЩИЕ В ОДОБРЕНИИ НОРМ БЕЗОПАСНОСТИ МАГАТЭ	73

1. ВВЕДЕНИЕ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1.1. Данное руководство по безопасности было подготовлено в рамках программы МАГАТЭ по нормам безопасности. Оно дополняет и предоставляет рекомендации по выполнению требований, относящихся к ядерным установкам и установленных в документе категории Требования безопасности «Безопасность атомных электростанций: эксплуатация» [1]; оно также связано с рядом других норм МАГАТЭ по безопасности, включая [2–4]¹.

1.2. Данное руководство по безопасности «Оценка сейсмической безопасности существующих ядерных установок» дополняет руководство МАГАТЭ по безопасности «Проектирование и аттестация сейсмостойких конструкций для атомных электростанций» [5] для проектирования и строительства новых атомных электростанций. В нем изложены рекомендации по выполнению требований, содержащихся в [1], а область применения расширена и распространяется на существующие ядерные установки, такие как исследовательские реакторы, установки ядерного топливного цикла и перерабатывающие установки и отдельные хранилища топлива. Документ из Серии докладов по безопасности № 28 «Оценка сейсмостойкости существующих атомных электростанций» [6] содержит подробную информацию, имеющую отношение к данному руководству по безопасности (пересмотр [6] планируется).

1.3. В публикации категории Требования безопасности «Безопасность атомных электростанций: эксплуатация» [1] указано, что от эксплуатирующей организации требуется выполнение систематических переоценок безопасности станции в течение всего срока службы. В свете этого и других требований, а также рекомендаций по анализу внешних опасностей при выполнении периодических рассмотрений безопасности [7] в настоящем руководстве по безопасности рассматривается оценка сейсмической безопасности существующих установок.

¹ Подготавливается проект руководства по безопасности, посвященного оценке сейсмических опасностей на площадке для ядерных установок, который заменит [4].

1.4. Руководящие принципы оценки сейсмической безопасности существующих ядерных установок – в основном атомных электростанций – были разработаны и используются во многих государствах-членах². С начала 1990-х годов эти методы были адаптированы применительно к конкретным ситуациям и применялись при оценке сейсмической безопасности многих ядерных установок. МАГАТЭ оказало ряду государств-членов поддержку в адаптации и применении этих методов для находящихся в эксплуатации установок, для которых требовались и были осуществлены программы оценки сейсмической безопасности и модернизации.

1.5. Проектирование и аттестация сейсмостойких конструкций отличаются от оценки сейсмической безопасности тем, что проектирование и аттестация сейсмостойких конструкций, систем и элементов (КСЭ) чаще всего выполняются на этапе проектирования установки до ее строительства. Оценка сейсмической безопасности выполняется только после того, как строительство установки завершено. Конечно, существуют исключения, например, сейсмостойкое проектирование и аттестация на сейсмическую безопасность новых или замененных элементов после строительства установки. И наоборот, при анализе сейсмической безопасности для оценки условий запроектного землетрясения для новых проектов до строительства могут быть использованы критерии, применяемые для оценки сейсмической безопасности.

1.6. Соответственно, оценка сейсмической безопасности существующих установок сильно зависит от реального состояния установки во время выполнения оценки. Это ключевое состояние определяется как состояние «как есть», означающее, что землетрясение, если произойдет, воздействует на установку в ее фактическом состоянии, и реакция и предельная нагрузка установки будут зависеть от ее фактической физической и рабочей конфигурации. Данное состояние установки «как есть» является базовым для любой программы оценки сейсмической безопасности. Состояние «как есть» включает состояния установки «в реальном исполнении», «вследствие эксплуатации» и «вследствие обслуживания», а также ее состояние старения на момент проведения оценки.

² Разработка и использование руководящих принципов оценки сейсмической безопасности существующих ядерных установок были начаты в США, где были разработаны подобные руководящие принципы и требовалось их применение на всех существующих атомных электростанциях.

ЦЕЛЬ

1.7. В настоящем руководстве по безопасности приведены рекомендации по оценке сейсмической безопасности существующих ядерных установок. Необходимость выполнения такой оценки может быть продиктована сейсмической опасностью, оказавшейся выше изначально заложенной в проектной основе, новыми регулируемыми требованиями, новыми полученными данными относительно сейсмической уязвимости КСЭ или необходимостью продемонстрировать рабочие характеристики в условиях запроектного землетрясения, в соответствии и в согласии с надлежащей практикой, признанной на международном уровне. Настоящее руководство по безопасности может быть также использовано для ядерных установок, назначение и соответствующие радиологические риски которых изменились или предполагается изменить, а также в случаях, когда рассматривается возможность долгосрочной эксплуатации установки.

1.8. Настоящее руководство по безопасности предназначено для использования регулирующими органами, несущими ответственность за установление регулирующих требований, и эксплуатирующими организациями, несущими прямую ответственность за выполнение программ оценки сейсмической безопасности и модернизации.

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

1.9. Положения настоящего руководства по безопасности предназначены для широкого круга существующих ядерных установок, как определено в [8]: стационарных атомных электростанций на суше, исследовательских реакторов, заводов по изготовлению ядерного топлива, обогатительных установок, перерабатывающих установок и отдельных хранилищ отработанного топлива. Большая часть методологии не зависит от типа ядерной установки или реактора, но такие аспекты, как критерии функционирования установки, моделирование систем и т.д. являются специфическими для каждого типа установок. Методологии, разработанные для атомных электростанций, могут также применяться для других ядерных установок при использовании дифференцированного подхода.

1.10. Для цели настоящего руководства по безопасности под существующими ядерными установками понимаются установки, которые находятся либо а) на этапе эксплуатации (включая долгосрочную эксплуатацию и удлиненные периоды временного останова), либо

б) на предэксплуатационном этапе, когда строительство конструкций, изготовление, монтаж и/или сборка элементов и систем, а также мероприятия по вводу в эксплуатацию значительно продвинулись или полностью завершены. На существующих ядерных установках, находящихся на этапе эксплуатации или предэксплуатационном этапе, изменение изначальной проектной основы, например, для учета новой сейсмической опасности на площадке, или изменение в нормативных требованиях, касающееся анализа сейсмической опасности и/или проектирования сейсмостойких конструкций установки, может привести к существенному влиянию на проект и, как следствие, к серьезной модификации технических средств.

1.11. В данном руководстве по безопасности подробно рассматриваются две методики: детерминистический подход, в основном представленный оценкой запаса сейсмостойкости (ОЗС), и вероятностная оценка сейсмической безопасности (ВОСБ). Может быть также продемонстрирована возможность применения различных вариантов этих подходов или альтернативных подходов, см. раздел 2.

СТРУКТУРА

1.12. В разделе 2 представлены общие соображения и общие рекомендации по оценке сейсмической безопасности ядерных установок. В разделе 3 изложены требования к данным (сбору и анализу). Раздел 4 содержит рекомендации по оценке площадки с точки зрения сейсмической опасности. В разделе 5 подробно излагается использование методик – детерминистической ОЗС и ВОСБ – для оценки сейсмической безопасности существующих атомных электростанций. В разделе 6 приведены рекомендации по применению дифференцированного подхода при оценке ядерных установок, не являющихся атомными электростанциями (со ссылкой в надлежащих случаях на раздел 5). В разделе 7 изложены соображения относительно модернизации. В разделе 8 представлена информация по системам управления, которые должны быть введены для выполнения всех видов деятельности, и указывается необходимость управления конфигурацией при осуществлении деятельности в будущем с целью сохранения сейсмостойкости в соответствии с оценкой. Сведения в разделах 1-4, 7 и 8 в целом или частично применимы ко всем ядерным установкам. В разделе 5 изложена специфическая информация для атомных электростанций. В Приложении кратко изложены обширные справочные материалы по разработке и использованию методики по состоянию на сегодняшний день, включая соответствующие ссылки. Определения

и разъяснения технических терминов даны в Глоссарии МАГАТЭ по вопросам безопасности [8]. Разъяснения терминов, специфических для данного руководства по безопасности, представлены в сносках.

2. ФОРМУЛИРОВАНИЕ ПРОГРАММЫ ОЦЕНКИ СЕЙСМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

ОБЩИЕ СООБРАЖЕНИЯ

2.1. Обычно считается, что хорошо спроектированным промышленным объектам, особенно, атомным электростанциям, свойственна способность выдерживать землетрясение, более интенсивное, чем заложенное в их первоначальном проекте. Факторы консерватизма вносятся в процессе сейсмического анализа и на этапах проектирования. Эта присущая способность или прочность – которая обычно описывается в терминах «проектного запаса сейсмостойкости» – является прямым следствием а) консервативности, присутствующей в процедурах проектирования и аттестации сейсмостойких конструкций, используемых в соответствии с прошлой или настоящей практикой инженерной сейсмологии, и б) того факта, что при проектировании атомных электростанций сейсмические нагрузки могут не быть основными нагрузками для некоторых КСЭ.

2.2. Как правило, действующие критерии для проектирования и аттестации сейсмостойких конструкций, используемые для атомных электростанций, привносят значительные проектные запасы сейсмостойкости; единицы измерения запаса зачастую не указываются, а его величина редко определяется количественно. Известно, что существует значительный и достаточный проектный запас сейсмостойкости до отказа, и он обеспечивается посредством использования критериев проектирования в отраслевых нормах и руководящих принципах – в особенности тех, что применяются к ядерным установкам. Это было продемонстрировано путем осуществления методик ОЗС или ВОСБ для существующих атомных электростанций в нескольких странах. Введение проектных запасов сейсмостойкости на разных этапах исходного анализа и проектирования приводит к значительным предполагаемым отличиям в ядерной установке. Проектный запас сейсмостойкости обычно значительно изменяется в зависимости от того или иного местонахождения в установке, от того или

иного КСЭ и от того или иного местонахождения в одной конструкции. Одной из главных причин такого отличия, как указано в пункте 2.1, является тот факт, что ядерные установки проектируются с учетом широкого спектра внутренних и внешних экстремальных нагрузок, например, давления и других нагрузок, вызванных воздействием факторов окружающей среды, связанных с аварийными условиями, авиакатастрофой, торнадо или разрывом трубопровода, при этом сейсмические нагрузки могут не быть основными нагрузками для некоторых КСЭ. Другой причиной является метод аттестации оборудования, в котором в основном используется спектры отклика огибающего типа. Для понимания источников консерватизма необходимо детальное изучение фактической практики проектирования. Не следует автоматически полагать, что в процессе присутствует избыточная консервативность, поскольку это может привести к самоуспокоенности при оценке сейсмической безопасности.

2.3. Методики, представленные в данном руководстве по безопасности, предназначены для оценки и количественного определения сейсмостойкости существующей установки в соответствии с текущим состоянием «как есть».

2.4. Целью оценки сейсмической безопасности ядерной установки является понимание реального состояния КСЭ, исходя из их требуемой функции безопасности и выдерживаемого сейсмического воздействия, и, как результат, оценка запаса сейсмической безопасности установки. Поэтому для состояния КСЭ «как есть» важно использовать реалистичные значения, полученные в результате детального анализа, а не вводить факторы безопасности, которые могут вызывать ненужный сдвиг результатов. Например, при подходе, используемом в методологии ОЗС, следует учитывать более высокий уровень сейсмической опасности (выше, чем проектное движение грунта) и связывать его с реалистичной сейсмостойкостью установки. При этом можно учитывать внутренне присущую избыточную стойкость КСЭ.

2.5. В соответствии с существующей в государстве практикой регулирования, при использовании любой из методологий (ОЗС или ВОСБ) в программу по оценке сейсмической безопасности могут быть включены другие узлы, отличные от отнесенных к категории сейсмостойкости I [5], которые используются для предотвращения аварий или смягчения аварийных условий и которые не были аттестованы на сейсмическую безопасность в исходной проектной основе; например, существующие системы, которые могут быть использованы при управлении тяжелыми авариями.

2.6. В программах оценки сейсмической безопасности, выполнявшихся для существующих атомных электростанций на основе состояния установки «как есть», основное внимание уделялось прагматичным оценкам, а не использованию различных видов обширного сложного анализа. Ограниченный нелинейный анализ относительно простых конструкционных моделей или использование более высоких значений затухания и пластичности – при условии, что они используются аккуратно и соответствуют допустимым деформациям – может быть практически полезным для понимания поведения после упругого нагружения. Однако в обычной практике детальный сложный нелинейный анализ, как правило, не проводится.

2.7. Хотя пиковое ускорение грунта является параметром, широко используемым при определении уровня сейсмического воздействия, техническим специалистам известно, что способность сейсмического движения грунта вызывать повреждения КСЭ, обладающих пластичной реакцией, не очень хорошо соотносится с уровнем пикового ускорения грунта. Признано, что другие параметры, такие как скорость, смещение, продолжительность значительного перемещения, спектральное ускорение, спектральная плотность энергии и кумулятивная абсолютная скорость, – должны играть важную роль при здоровой оценке воздействия сейсмического движения грунта на КСЭ. Еще одним примером являются воздействия, вызываемые землетрясениями малой интенсивности в ближней зоне (т.е. с $M \leq 5,5$). Большинство таких событий имеют высокочастотный состав и создают высокие уровни пикового ускорения грунта, но не приводят к серьезным повреждениям конструкций и механического оборудования. Однако если высокочастотные компоненты спектра, создаваемые такими землетрясениями ближнего поля, передаются на конструкции, то это может стать причиной проблем для работоспособности определенных видов оборудования. При этом могут пострадать такие хрупкие материалы, как стекло. К актуальным проблемам безопасности относятся нестабильная работа электрооборудования или устройств и/или контрольно-измерительных приборов и систем управления.

2.8. Что касается поведения конструкций, механических элементов и распределительных систем, то многочисленные наблюдения в эксплуатационных условиях и программы НИОКР показали, что й конструкции с высокой сейсмостойкостью удается создать в том случае, когда сильные напряжения компенсируются пластичным поведением КСЭ, а не когда только лишь сбалансированы большие расчётные силы,

например, такие, оценка которых обычно производится на основе упругого поведения и подхода статического эквивалента.

ОЦЕНКА СЕЙСМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Причины и цели оценки сейсмической безопасности

2.9. Как указано в публикации категории Требования по безопасности «Безопасность атомных электростанций: эксплуатация», «эксплуатирующая организация на протяжении всего срока службы (жизненного цикла) станции должна проводить в соответствии с нормативными требованиями систематические повторные оценки безопасности станции с учетом эксплуатационного опыта и важной новой информации, имеющей отношение к безопасности, которая может поступать из всех соответствующих источников» ([1], пункт 10.1).

2.10. В соответствии с этим требованием и международной практикой, оценку сейсмической безопасности существующих ядерных установок следует выполнять в любом из приведенных ниже случаев:

- a) сведения о наличии сейсмической опасности на площадке, превышающей проектное землетрясение, полученные на основании новых или дополнительных данных (например, вновь обнаруженных сейсмогенных структур, от новых сейсмологических сетей или новых палеосейсмологических данных), новых методов оценки сейсмической опасности, и/или в результате реальных землетрясений, воздействовавших на установку;
- b) нормативные требования, такие как требования относительно периодического рассмотрения безопасности, учитывающие 'состояние знаний' и фактическое состояние установки;
- c) не отвечающее требованиям проектирования сейсмостойких конструкций, в основном ввиду устаревания установки;
- d) новые технические сведения, такие как уязвимость некоторых конструкций и/или неконструкционных элементов (например, кирпичных стен), и/или систем или элементов (например, реле);
- e) новый опыт, полученный в результате реальных землетрясений (например, улучшенная регистрация данных о движении грунта и наблюдаемого поведения КСЭ);
- f) необходимость анализа работы установки в условиях движения грунта при запроектом землетрясении с целью убедиться в отсутствии

«порогового эффекта», то есть для демонстрации того, что на установке не возникнут серьезные отказы в случае землетрясения, несколько более интенсивного, чем проектное ([2], пункты 4.6 и 5.73);

- g) программа долгосрочной эксплуатации, частью которой является подобная оценка.

2.11. Если по вышеизложенным или каким-либо иным причинам требуется проведение оценки сейсмической безопасности существующей ядерной установки, то до начала осуществления процесса оценки следует четко установить ее цели. Причина этого заключается в том, что в зависимости от цели оценки существует значительная разница в имеющихся процедурах выполнения оценки и критериях приемлемости. В этом смысле цели оценки сейсмической безопасности могут включать решение одной или нескольких приведенных ниже задач:

- a) продемонстрировать запас сейсмической безопасности за пределами первоначального проектного землетрясения и подтвердить отсутствие пороговых эффектов;
- b) определить слабые места на установке и в ее функционировании в связи с сейсмическими явлениями;
- c) выполнить оценку группы установок (например, всех установок в регионе или государстве), определить их относительную сейсмостойкость и/или ранжировать их риски. Для этой цели следует принимать аналогичные или сопоставимые методологии;
- d) получить исходные данные для принятия решений на основе информации о риске;
- e) определить и назначить приоритеты для возможных модернизаций;
- f) оценить измеряемые параметры риска (например, частоту повреждений активной зоны и частоту крупных ранних выбросов) с точки зрения нормативных требований, если таковые имеются;
- g) оценить измеряемые параметры сейсмостойкости установки (например, значения неустойчивости на уровне систем и на уровне установки или значения высокой достоверности низкой вероятности отказа (ВДНВО)) с точки зрения ожиданий регулирующего органа.

2.12. Цели оценки сейсмической безопасности существующих установок следует устанавливать в соответствии с нормативными требованиями и после консультации и согласования с регулирующим органом. Впоследствии и в соответствии с такими целями следует определить уровень воздействующего сейсмического движения, методику оценки выдерживаемой нагрузки и используемые критерии приемлемости,

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-89.

включая требуемые конечные продукты. В частности, при оценке сейсмической безопасности при сейсмических воздействиях, более тяжелых, чем воздействие, указанное в первоначальном проекте, в цели безопасности следует включать функции, осуществление которых требуется обеспечивать, и режимы отказов, которые необходимо предотвращать во время землетрясения или после него.

2.13. С самого начала при согласовании с регулирующим органом следует определить, какая конечная документация будет выработана в конце оценки, причем она должна соответствовать установленной цели программы. Конечные продукты этих оценок могут быть одним или несколькими из приведенных ниже:

- a) мера сейсмостойкости ядерной установки в детерминистическом или вероятностном выражении;
- b) определение КСЭ с низкими характеристиками сейсмостойкости и связанных с ними последствий для безопасности установки, для цели принятия решений относительно программ модернизации;
- c) определение эксплуатационных модификаций с целью улучшения характеристик сейсмостойкости;
- d) определение улучшений в сфере административно-хозяйственной деятельности (например, хранения оборудования для технического обслуживания);
- e) определение взаимодействия с системами пожарной профилактики и противопожарной защиты и т.д.;
- f) определение действий, которые следует предпринимать до, во время и после землетрясения, воздействующего на установку, включая мероприятия и действия по эксплуатационному и административному реагированию, анализ полученных от приборов данных сейсмических измерений и выполненных инспекций, а также выполняемых как следствие этого оценок целостности;
- g) основа для предоставления исходной информации для принятия решений на основе информации о риске.

Выбор методологии выполнения оценки сейсмической безопасности

2.14. Одним из первых шагов программы по оценке сейсмической безопасности должен быть выбор методологии, которая будет использоваться. Цели оценки могут определять используемую методологию, значения параметров для методологии, использование общих данных и данных, специфических для станции и площадки, а также другие ключевые

элементы. Как указано в области применения данного руководства по безопасности, рекомендованы и подробно излагаются две методологии: детерминистическая, связанная с оценкой запаса сейсмостойкости (ОЗС), и вероятностная оценка сейсмической безопасности (ВОСБ). Не имеется в виду, что будут использованы обе методологии, так как цели программы может удовлетворить подход на основе ОЗС или ВОСБ. Может также быть продемонстрирована приемлемость вариантов этих методологий или альтернативных подходов.

2.15. Следует проводить четкое различие между оценкой сейсмической безопасности, которая не влечет за собой изменения проектного землетрясения (т.е. SL-2, см. [4]), и оценкой сейсмической безопасности, при которой регулирующий орган требует внесения изменения в проектное землетрясение. В настоящем руководстве по безопасности рассматриваются в основном методологии оценки сейсмической безопасности, не предполагающие изменений в проектном землетрясении, но подразумевающие оценку сейсмической безопасности существующих установок при воздействии сейсмических опасностей, более тяжелых, чем те, которые первоначально установлены для проектной основы и реалистичного определения имеющегося запаса безопасности. Понятно, что для определения вводимых сейсмических данных и критериев приемлемости для этого процесса следует получить одобрение регулирующего органа. Если для этих целей были использованы существующие методы инженерной сейсмологии и критерии приемлемости, применяемые при проектировании и аттестации сейсмостойких конструкций новых установок, то они, вероятно, могут привести к серьезным, если не невыполнимым, требованиям в отношении модернизации.

2.16. После выбора методологии оценки в программу по оценке сейсмической безопасности следует включить следующие аспекты:

- a) определение вводимых сейсмических данных, т.е. параметров сейсмического движения грунта (см. раздел 4);
- b) верификацию геологической стабильности площадки с учетом возможности поверхностного смещения и использования вновь определенной сейсмической опасности (см. раздел 4) для переоценки других геологических опасностей (например, разжижения);
- c) сейсмические характеристики установки, когда она подвергается опасности землетрясения, т.е. сейсмические требования к КСЭ и их характеристикам сейсмостойкости или неустойчивости,

работоспособности систем, и т.д. Данные аспекты обсуждены в разделе 5;

- d) критерии приемлемости и необходимость модернизации установки (как установки, так и эксплуатационных мер). Данные темы обсуждены в разделе 7.

2.17. В настоящем руководстве по безопасности рассматриваются реалистичные режимы отказов КСЭ, т.е. неспособность КСЭ выполнять требуемые функции по причине либо неадекватных характеристик сейсмостойкости, либо сейсмического воздействия. Для конструкций данной функцией может быть удержание радиоактивности, поддержка и/или защита других КСЭ. Для распределительных систем и элементов данной функцией может быть работоспособность и /или удержание жидкости. Например, для систем трубопроводов отказом является утрата способности поддерживать штатный расход. Для систем отказом является потеря приемлемой работоспособности. Для конструкций и механических элементов оценка сейсмической безопасности может допускать некоторое нелинейное поведение, но с уровнями, более низкими, чем те, которые допускаются для традиционных промышленных объектов. Следует определить функции, требуемые от КСЭ, и режимы отказов этих КСЭ.

2.18. Оценка характеристик сейсмостойкости или неустойчивости систем и элементов следует в значительной мере основывать на данных опыта землетрясений и данных испытаний. Уже накоплен значительный объем данных, которые были получены, оценены, проанализированы и включены в процедуры. Эти данные состоят из следующих данных опыта землетрясений и данных испытаний:

- a) данные опыта землетрясений были получены из широкого круга международных источников и в основном отражают работоспособность механического и электрического оборудования и распределительных систем на промышленных объектах, подвергшихся сильным землетрясениям;
- b) данные испытаний основываются на квалификационных испытаниях или испытаниях элементов на неустойчивость. В некоторых случаях база данных, содержащая данные испытаний, зависит от конкретной информации по элементам, такой как сведения о производителе, размере, функции и креплении.

Во всех случаях применимость этих данных опыта землетрясений и данных испытаний следует проверять с учетом конкретной ядерной установки, подвергаемой оценке.

2.19. Методология ОЗС основана на определении набора КСЭ, демонстрация которыми приемлемых характеристик сейсмостойкости обеспечивает высокую уверенность в том, что установка успешно достигнет безопасного состояния после свершившегося землетрясения. Выбранные КСЭ составляют «путь успеха». Для атомной электростанции путем успеха применительно к разделу 5 является «путь безопасного останова». Для ядерных установок, отличных от атомных электростанций (раздел 6), успех следует определять как функцию конечного состояния, которое должно быть достигнуто ядерной установкой, подвергаемой оценке – например, успешная локализация ядерного материала во время землетрясения и после него. Требования пути успеха могут включать аспекты глубокоэшелонированной защиты, резервирования систем и т.д., как определено в соглашении с регулирующим органом. См. также пункт 5.2 и связанную с ним сноску 3.

2.20. Неотъемлемой частью методологий ОЗС и ВОСБ являются станционные обходы. Для всех методик станционные обходы должны быть ключевым элементом программы оценки сейсмической безопасности. Станционные обходы подробно рассматриваются в пунктах 5.32-5.40.

Аспекты старения

2.21. При оценке сейсмической безопасности ядерных установок всех типов следует учитывать деградацию вследствие старения. Деградация вследствие старения включает те эффекты старения, которые снижают характеристики сейсмостойкости КСЭ. Типичные эффекты деградации вследствие старения включают: коррозию и эрозию трубопроводов, емкостей и металлических элементов; тепловые эффекты и эффекты нейтронного облучения (например, охрупчивание корпуса реактора, ухудшение состояния бетонных конструкций, элементов и анкеров, ухудшение состояния электрических систем); коррозионное растрескивание под напряжением (для кожуха активной зоны реактора с кипящей водой, трубопроводов первого контура и т.д.); коррозию, возникающую под воздействием окружающей среды из-за контакта с жесткой водой и чрезмерной концентрацией хлоридов в грунтовых водах; и старение электрических систем и устройств.

Сейсмическая аппаратура

2.22. Сейсмическую аппаратуру, установленную на площадке (на свободной площадке на грунтовой или каменной поверхности и в стволах скважин) и в пределах установки (на основаниях и внутри конструкций), следует подвергать оценке для обеспечения того, чтобы в случае землетрясения вблизи площадки были получены фактические и надежные регистрационные данные. В случае необходимости сейсмическую аппаратуру следует соответствующим образом обновлять или модернизировать для получения адекватной информации о движении грунта во время землетрясения и после него и для определения последующих действий по реагированию для станции, в соответствии с современной международной надлежащей практикой. Следует также обеспечивать наличие программы технического обслуживания и программы передачи данных для сейсмической аппаратуры. Сейсмическая аппаратура должна отвечать требованиям регистрации крупных и малых землетрясений, представляющих интерес.

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОГРАММЫ

2.23. Для осуществления программы оценки сейсмической безопасности установки следует подготовить всесторонний и подробный рабочий план. В рабочем плане следует учитывать эксплуатацию установки. Во время эксплуатации установки может оказаться невозможным выполнение некоторых задач, таких, как сбор оперативных данных, выполнение станционных обходов и физической модернизации. В рабочем плане следует учитывать ожидаемые физические или эксплуатационные изменения, с тем чтобы их можно было принять во внимание при оценке. Эти цели могут быть достигнуты при использовании поэтапного подхода, являющегося типичным для программ оценки сейсмической безопасности.

2.24. В настоящем руководстве по безопасности не содержится каких-либо конкретных рекомендаций относительно временного графика, необходимого для выполнения программы по оценке сейсмической безопасности. Этот важный аспект следует определять эксплуатирующей организации с согласия регулирующего органа в соответствии с общим графиком основных этапов, установленным для выполнения модернизаций в части безопасности и в соответствии с имеющимися ресурсами. Если необходимо выполнение дополнительных работ по модернизации, не связанных с сейсмическими аспектами, то в программу следует включать проверку совместимости мероприятий по модернизации, связанных и не связанных с сейсмическими

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-89.

асpekтами. Временной график сильно зависит от возможности доступа в помещения, зоны и/или к оборудованию как на этапе оценки (в основном в связи со сбором данных), так и на этапе модернизации (в основном для выполнения работ по модернизации), с учетом потребностей эксплуатации установки, а также принципа оптимизации радиационной защиты.

2.25. Для успешной разработки и выполнения программы по оценке сейсмической безопасности необходимо создать специальную организацию с четко определенными обязанностями и техническими возможностями, требуемыми для выполнения данного проекта. В этой связи эксплуатирующей организации следует учредить соответствующую группу (не имеющую обычных производственных обязанностей) для выполнения оценки, которая будет контролироваться руководителем проекта, подчиняющимся непосредственно старшему руководству установки.

2.26. Для учета обстоятельств, связанных с ограниченными ресурсами, может быть использована схема распределения приоритетов, основанная на принципе оптимального снижения риска. Программа может быть разделена на более мелкие базовые задачи, сохраняя при этом логическую техническую последовательность. Для удобства процесс оценки может быть разделен на основные задачи, каждая из которых предполагает выполнение нескольких действий; например, могут быть определены следующие задачи:

- a) сбор имеющейся информации, связанной с первоначальным проектированием сейсмостойких конструкций;
- b) выявление и сбор недостающей фактической информации «как есть»;
- c) определение сейсмической опасности, которая будет использована для оценки;
- d) для ОЗС: определение процедуры безопасного останова в случае землетрясения, определение целей и функций безопасности, которые должны быть обеспечены, и определение соответствующего выбранного набора КСЭ, которые будут подвергнуты оценке;
- e) выполнение станционных обходов для сбора фактических данных «как есть», определение слабых звеньев и проблем сейсмического взаимодействия между системами и элементами, и исключение из оценки определенных КСЭ по причине присущих им или доказуемых характеристик сейсмостойкости;
- f) создание соответствующих математических моделей и расчет сейсмической реакции зданий и конструкций, включая расчеты взаимодействия «грунт-конструкция» и спектров отклика внутри конструкции (спектры отклика пола);

- g) оценка сейсмостойкости зданий и конструкций;
- h) оценка сейсмического отклика и сейсмостойкости систем и оборудования;
- i) определение КСЭ с недостаточной сейсмостойкостью, которые следует модернизировать;
- j) модернизация КСЭ, обладающих недостаточной сейсмостойкостью;
- к) обновление, если необходимо, математических моделей, расчет сейсмического отклика и верификация сейсмостойкости КСЭ после модернизации.

3. СБОР И ИЗУЧЕНИЕ ДАННЫХ

СБОР ДАННЫХ О СУЩЕСТВУЮЩИХ УСТАНОВКАХ

3.1. Оценку следует выполнять с учетом состояния установки на время ее проведения, что является общей чертой любой оценки сейсмической безопасности на существующей ядерной установке. Это ключевое состояние установки определяется как состояние «как есть», что означает, что в случае землетрясения воздействию будет подвергнута установка в ее фактическом состоянии, а реакция и выдерживаемая нагрузка установки будут зависеть от фактической физической и рабочей конфигурации. Следовательно, одним из первых и наиболее важных шагов программы по оценке сейсмической безопасности является сбор всех необходимых данных и информации для обеспечения полного отображения фактической ситуации на установке. Сбор фактических данных «как есть» должен включать те отобранные КСЭ, которые будут рассматриваться в рамках программы по оценке сейсмической безопасности и которые оказывают либо непосредственное воздействие на функциональные характеристики системы, либо косвенное воздействие, такое как передача сейсмического движения из одной области в другую. Следует также подчеркнуть, что состояние «как есть» должно правильно отражать и включать эффекты деградации установки вследствие старения на протяжении всего ее срока службы. Следует также учитывать планируемые физические или функциональные изменения, с тем чтобы их можно было принять во внимание в процессе оценки.

ДАННЫЕ И ДОКУМЕНТАЦИЯ ПО ПЕРВОНАЧАЛЬНОЙ ПРОЕКТНОЙ ОСНОВЕ

3.2. Данные и документацию по первоначальной проектной основе следует собирать из всех возможных источников. Основное внимание следует уделять сбору, насколько возможно, конкретных данных и информации по ядерной установке, которые использовались на этапе проектирования. Программа по оценке сейсмической безопасности потребует меньше усилий и ресурсов, если будет собрана как можно более полная информация по этапу проектирования.

Общая документация установки

3.3. Следует собрать всю имеющуюся общую и специальную документацию, использованную на этапе проектирования установки для целей проектирования и лицензирования, в том числе:

- a) документацию по техническому обоснованию безопасности, предпочтительнее окончательный отчет по обоснованию безопасности;
- b) правила и нормы, использовавшиеся во время первоначального проектирования установки:
 - i) принятые нормы и процедуры, первоначально применявшиеся для указания номинальных свойств использованных материалов и их механических характеристик;
 - ii) принятые нормы и процедуры, применявшиеся для определения первоначального сочетания нагрузок и для расчета параметров сейсмостойкого проекта;
 - iii) национальные отраслевые нормы, использованные при проектировании конструкций, элементов, систем трубопроводов и других узлов по мере надобности;
 - iv) национальные нормы и процедуры, использовавшиеся при проектировании обычных зданий во время проектирования установки, которые следовало рассматривать в качестве минимальных требований;
- c) чертежи общего вида и компоновочные чертежи для конструкций, оборудования и распределительных систем (например, трубопроводов, кабельных лотков, вентиляционных каналов);
- d) результаты вероятностной оценки безопасности для внутренних (и внешних) событий, если она выполнялась;
- e) данные и информация по результатам и доклады об испытаниях по аттестации на сейсмическую безопасность для КСЭ, выполненных

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-89.

в предэксплуатационный период, включая любую имеющуюся информацию по инспекциям, техническому обслуживанию, доклады о несоответствии и доклады о корректирующих действиях;

- f) документация по обеспечению и контролю качества с уделением особого внимания реальному состоянию материалов, геометрии и конфигурации, для оценки модификаций в процессе строительства, изготовления, сборки и ввода в эксплуатацию, включая доклады о несоответствии и доклады о корректирующих действиях. Следует оценивать точность этих данных.

Конкретная документация по КСЭ, включенным в программу по оценке сейсмической безопасности

3.4. Следует собирать следующую конкретную информацию по первоначальному проектированию установки, особенно тех КСЭ, которые включены в программу оценки сейсмической безопасности:

- a) системное проектирование:
 - i) документация по описанию систем;
 - ii) классификация по безопасности, качеству и сейсмостойкости;
 - iii) доклады о проектировании;
 - iv) доклад о подтверждении функциональных возможностей систем;
 - v) КИП и А, включая подробные сведения;
- b) геотехническое проектирование:
 - i) контроль за земляными работами, обратной засышкой и фундаментом (например, оседание, вспучивание, обезвоживание);
 - ii) строительство подпорных стен, берм и т.д.;
 - iii) виды отказов системы «грунт-фундамент-конструкция» и ее характеристики (например, расчетные оседания, сдвиг, опрокидывание, поднятие, разжижение);
- c) проектирование конструкций:
 - i) доклады по анализу напряжений для всех интересующих конструкций;
 - ii) строительные чертежи (например, конструкционная сталь, армированный и/или предварительно напряженный бетон), предпочтительно документация о реальном исполнении;
 - iii) свойства материала (заданные свойства и данные испытаний);
 - iv) типовые детали (например, соединения);
- d) проектирование элементов:
 - i) процедуры сейсмического анализа и проектирования сейсмостойких конструкций;

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-89.

- ii) процедуры аттестации на сейсмическую безопасность, включая технические условия испытаний, доклады о проведении испытаний и т.д.:
- iii) типовые требования к креплению и использованные типы;
- iv) доклады об анализе напряжений;
- v) доклады о предэксплуатационных испытаниях, если имеются;
- e) проектирование распределительных систем (трубопроводов, кабельных лотков, кабельных каналов, вентиляционных каналов):
 - i) документы с описанием систем;
 - ii) схемы трубопроводов и контрольно-измерительных приборов;
 - iii) компоновочные и рабочие чертежи трубопроводов и их опор;
 - iv) схемы кабельных лотков, каналов и их опор;
 - v) схемы вентиляционных каналов и их опор;
- f) оборудование для технического обслуживания и ремонта и погрузочно-разгрузочное оборудование (хотя определенное подобное оборудование не связано с обеспечением безопасности, его оценка может потребоваться для анализа и изучения эффектов взаимодействия при эксплуатации и хранении):
 - i) основные и вспомогательные краны;
 - ii) машины для перегрузки топлива.

Основы проектирования сейсмостойких конструкций

3.5. Для выполнения программы по оценке сейсмической безопасности следует хорошо понимать характеристики вводимых сейсмических данных, использованных на этапе первоначального проектирования. Следует определять любое несоответствие между документацией по оценке сейсмической опасности, выполненной во время обследования площадки, и принятыми в конце концов первоначальными значениями проектной основы. Данная информация необходима для определения контрольного уровня, который будет использован для оценки запаса сейсмической безопасности установки с целью определения новых вводимых сейсмических данных для программы по оценке. В связи с этим следует рассмотреть следующие аспекты:

- a) указание уровня(-ей) сейсмического воздействия в первоначальном проекте, который(ые) был(и) использован(ы) при проектировании и аттестации СКЭ [4];
- b) параметры движения грунта в произвольном месте (свободное поле), выраженные в виде спектров упругого отклика грунта, изменения ускорения во времени и других характеристик;

- c) основные параметры сейсмического источника, использованные для определения первоначальных движений вводимых сейсмических данных, такие как магнитуда (M) или интенсивность (I), эпицентральное расстояние (Δ), определение и продолжительность сильного движения или другие параметры землетрясения;
- d) если некоторые конструкции были спроектированы в соответствии с правилами проектирования, в которых проектные спектры имеют неявные сокращения, учитывающие неупругое поведение, то следует вывести соответствующие спектры упругого отклика грунта для обеспечения основы сопоставления с требованиями программы по сейсмической оценке безопасности с учетом вновь определенных входных сейсмических данных.

Взаимодействие «грунт-конструкция», детали моделирования конструкций и отклика внутри конструкций

3.6. Следует проводить сбор следующей информации об анализе взаимодействия «грунт-конструкция» и методах анализа отклика конструкции, использованных во время начального проекта:

- a) параметры взаимодействия «грунт-конструкция»:
 - i) местонахождение контрольной точки, то есть место, выбранное для применения движения грунта в соответствии с вводимыми сейсмическими данными, например, поверхность свободного поля на уровне поверхности, на уровне сплошного фундамента или на уровне основной породы;
 - ii) свойства почвенного профиля, включая свойства плотности и затухания почвы, использованные в специфическом для станции анализе отклика, информация об изменении уровня грунтовых вод и учете свойств, зависящих от деформации (см. 3.14-3.17);
 - iii) методы учета неопределенностей в свойствах грунта и методы анализа взаимодействия «грунт-конструкция», например, использование огибающей по результатам трех анализов для получения наилучшей оценки, профили грунта по верхней и нижней границам, если использовались во время первоначального проектирования;
- b) методы моделирования:
 - i) методы моделирования и аналитические методы, использованные для расчета сейсмического отклика конструкций и спектров реакции внутри конструкции (спектры отклика пола);

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-89.

- ii) демпфирование материалов и систем, отсечение модального демпфирования;
- iii) допуски на неупругое поведение – согласно проектным допущениям, а также в соответствии с реальным исполнением на этапе строительства;
- c) анализ конструкций и параметры отклика:
 - i) одно- или двухэтапный анализ с использованием спаренных или вспомогательных моделей грунта и конструкций;
 - ii) динамический анализ элементов и конструкций;
 - iii) собственные частоты и формы колебаний, если имеются;
 - iv) результат отклика конструкции (например, внутренние нагрузки конструкции (силы и моменты); ускорения внутри конструкции; деформации или смещения);
 - v) реакция фундамента, включая общее поведение, такое как сдвиг или выпор грунта;
 - vi) расчет спектров отклика внутри конструкции (спектров отклика пола), включая:
 - демпфирование оборудования;
 - критерии огибания и расширения, если используются.

ТЕКУЩИЕ («КАК ЕСТЬ») ДАННЫЕ И ИНФОРМАЦИЯ

3.7. После сбора как можно большего количества данных относительно первоначальной проектной основы, как рекомендовано в предыдущих пунктах, следует выполнить оценку состояния на данный момент времени и фактических условий на установке (т.е. состояния «как есть»). В этом отношении лицам, выполняющим оценку, следует действовать последовательно и без упущений, надлежащим образом документируя все выполненные шаги.

3.8. Если на установке проводились периодические рассмотрения безопасности, как рекомендовано в [7], следует предоставить доклады об этих рассмотрениях для использования в целях программы по оценке сейсмической безопасности.

3.9. Следует критически рассмотреть всю имеющуюся предэксплуатационную документацию и документацию реального исполнения (доклады, чертежи, фотографии, записи на пленке, отчеты по неразрушающему контролю и т.д.). С этой целью следует выполнить обход с предварительным отбором (скринингом) для подтверждения

зарегистрированных данных и получения новой, уточнённой информации. Во время такого обхода следует собрать и зарегистрировать данные о любых важных модификациях и/или модернизации и/или ремонтных мероприятиях, которые были выполнены на протяжении жизненного цикла установки, включая доклады об эффектах старения. Экспертам по оценке сейсмостойкости следует сделать заключение о том, насколько значительной должна быть модификация, позволяющая улучшить сейсмическую реакцию и сейсмостойкость установки.

3.10. Особое внимание следует уделять требованиям, процедурам и докладам о несоответствии в части строительства и /или сборки, имеющим отношение к:

- a) земляным работам, обратной засыпке;
- b) трассированным проводкам (например, трубопроводам, кабельным лоткам, каналам);
- c) монтажу не имеющих отношения к безопасности узлов (например, каменных стен, защитных блоков, обогревателей помещений, водоводов питьевой воды и линий пожаротушения, подвесных потолков);
- d) расстоянию или зазору между элементами;
- e) элементам, испытанным в условиях эксплуатации;
- f) анкерным креплениям.

3.11. Следует рассмотреть все имеющиеся за период эксплуатации установки записи и документацию, касающиеся надежности КСЭ с точки зрения случайных отказов и эффектов старения, выявленных в результате инспекций на станции и в рамках истории эксплуатации, включая документирование ремонтных работ и любую выполненную оценку оставшегося ресурса. Особое внимание следует уделять наличию докладов об испытаниях (если таковые проводились) с целью определения динамических характеристик КСЭ, а также учетным документам по проведению инспекций, технического обслуживания и/или мониторинга.

3.12. Для оценки деформаций, осадки, поведения фундамента, относительных смещений конструкций и т.д. следует использовать имеющуюся информацию периодического геотехнического мониторинга и геодезических съёмок площадки и конструкций установки.

3.13. Сейсмическая аппаратура, установленная когда-либо на площадке, в том числе на этапах выбора площадки, оценки площадки,

предэксплуатационных мероприятий и эксплуатации, может предоставить данные, обеспечивающие лучшее понимание и оценку конкретного поведения грунта, конструкций и элементов в условиях реального землетрясения. В этой связи следует собирать и анализировать все имеющиеся документы. Следует провести рассмотрение текущего состояния сейсмической аппаратуры и систем аварийного останова на установке, в том числе их работоспособности и функционирования (см. пункт 2.22). В рассмотрение имеющейся сейсмической аппаратуры следует включить:

- a) локальную сейсмологическую сеть в районе, прилежащем к площадке;
- b) сейсмическую аппаратуру на самой установке;
- c) рабочие процедуры, разработанные для действий во время землетрясения и после него.

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Данные о грунте

3.14. Для выполнения надежного и реалистичного анализа сейсмического отклика, характерного для станции, следует получить данные о статических и динамических свойствах профилей грунта и скальных пород. Если такие данные были получены на более раннем этапе (например, на этапе проектирования), их следует рассмотреть с точки зрения достаточности по отношению к современным методологиям. При этом:

- a) для скальных слоев достаточна документация о свойствах скальных пород в каждом слое;
- b) для слоистого грунта значения модуля сдвига совместимых деформаций и значения затухания по каждому слою являются основой для разработки математической модели слоистого грунта. Следует предоставить данные о свойствах плотности и свойствах при малых деформациях (обычных измерений на месте проведения работ скорости волны P и S и лабораторных измерений статических свойств по трём осям координат и, если возможно, динамических свойств и коэффициента демпфирования материала). Что касается функции глубины, то потребуются данные о варьировании значений модуля сдвига совместимых деформаций и значений демпфирования при увеличении уровней деформации. Зависимое от деформации изменение свойств грунтового материала может основываться

на типовых данных, если типы грунта правильно соотнесены с типовой классификацией. Для использования в программе по оценке сейсмической безопасности следует изучить и задокументировать соответствующие диапазоны статических и динамических значений, которые объясняют характерные для площадки геотехнические характеристики.

3.15. Следует получить информацию об уровне местных грунтовых вод и его колебаниях в среднем за год.

3.16. На различных этапах исследования площадки, проектирования и строительства другие данные могут быть получены из необычных источников, таких как фотографии, заметки и наблюдения, сделанные эксплуатационным персоналом или кем-либо еще. Следует оценить такие данные с точки зрения их источника и метода документирования. Насколько возможно, сбор таких данных следует выполнять в соответствии с [9].

3.17. Следует получить всю имеющуюся информацию, относящуюся к реальному опыту землетрясения на площадке или на других промышленных установках в регионе. Особое внимание следует уделить явлениям, вызванным землетрясением, таким как речные затопления по причине повреждения дамб, затопления береговых приморских зон волнами цунами, оползни и разжижение.

Данные о строительных конструкциях

3.18. На основе данных проведенных на существующей станции испытаний и отраслевых норм для бетона следует проверить фактические марки бетона, использованные при строительстве конструкций, относящихся к безопасности. Могут быть использованы либо разрушающие, либо неразрушающие методы контроля. При дальнейшем анализе и оценке характеристик следует использовать собранные данные, а не первоначальные проектные данные. Если имеется серьезное отклонение от проектных значений, то следует изучить причину и последствия этого отклонения.

3.19. При оценке следует использовать фактические свойства материалов стальной арматуры. Сведения о свойствах материалов можно получить из имеющихся данных испытаний. В противном случае следует применить надежные методы разрушающего и неразрушающего контроля. В анализ стальной арматуры следует включить как механические свойства, так и

детализацию (например, размер арматурных стержней, их расположение, геометрические характеристики, защитный слой бетона, расстояние между арматурными стержнями). Для оценки основных характеристик всей конструкции следует оценить свойства всех важных элементов, принимающих нагрузку. Другими случаями, когда важна детализация армирования, могут быть, например, проходки и анкерное крепление больших элементов.

3.20. Хотя эффекты старения обычно оцениваются в рамках отдельного проекта, в оценку сейсмической безопасности следует включать, как минимум, обследование бетонных зданий, включающее визуальный осмотр на предмет выявления трещин, явлений эрозии/коррозии и поверхностных повреждений, степени цементации/карбонизации, определения толщины защитного слоя бетона и степени деградации подземной части фундамента по причине присутствия в грунтовых водах, например, хлоридов и других коррозионных примесей.

3.21. Следует выполнить выборочное обследование для проверки геометрических характеристик выбранных элементов конструкции.

3.22. Важным элементом оценки является верификация и, возможно, новая оценка нагрузок, отличающихся от сейсмических, для последующего использования при оценке сейсмической безопасности. Как правило, собственный вес конструкции, включая постоянные нагрузки, и временные рабочие нагрузки, указанные в состоянии «как есть», отличаются от значений, указанных в первоначальном проекте. Отличия следует тщательно изучить и задокументировать.

Данные по трубопроводам и оборудованию

3.23. Если проектная документация для трубопроводов, оборудования и их опорных конструкций недостаточна, то следует выполнить анализ и/или испытания с целью определения их динамических характеристик и поведения. Может оказаться достаточной репрезентативная выборка.

4. ОЦЕНКА СЕЙСМИЧЕСКИХ ОПАСНОСТЕЙ

4.1. Начальным шагом любой программы по оценке сейсмической безопасности – параллельно со сбором соответствующих данных, как указано в разделе 3 – должно быть определение сейсмической опасности, с учетом которой будет производиться оценка сейсмической безопасности существующей установки. В связи с этим сейсмическую опасность, характерную для площадки, следует оценивать по трем основным элементам:

- a) оценка геологической стабильности площадки [4, 9], с двумя основными целями:
 - i) провести проверку отсутствия серьезного сброса, который мог бы стать причиной явлений дифференциального смещения грунта под зданиями и конструкциями, важными для безопасности, или в непосредственной близости от них. Если новые доказательства указывают на возможность такого сброса в районе или вблизи площадки, то первой следует оценить опасность сбросового смещения в соответствии с руководящими материалами, представленными в [4]. Если же четкое решение данного вопроса невозможно, то опасность сбросового смещения следует оценить с помощью вероятностных методов;
 - ii) проверить отсутствие явлений постоянного смещения грунта (т.е. разжижение, нестабильность откосов, оседание или обвал и т.д.);
- b) определение интенсивности сейсмического движения грунта на площадке, т.е. оценка вибрационных параметров движения грунта, с учетом в полном объеме сейсмотектонических эффектов по четырем шкалам исследования, как рекомендовано в [4];
- c) оценка других сопутствующих явлений, таких как затопление речными водами, вызванное землетрясением по причине повреждения дамбы, затопление береговых приморских зон волнами цунами и оползни.

4.2. В целом оценка сейсмической опасности может быть выполнена с использованием детерминистического или вероятностного подхода, в зависимости от целей и требований программы. В любом случае следует принимать во внимание случайные и внешние гносеологические неопределенности.

4.3. Оценки, рекомендуемые в пунктах 4.1(a) и 4.1(c), следует выполнять во всех случаях для программы оценки сейсмической безопасности, независимо от используемой методологии и в соответствии с [4, 9, 10]. Для оценки геотехнических опасностей (например, разжижения, нестабильности откосов, оседания или обвала) следует использовать новые параметры сейсмической опасности.

4.4. Что касается пункта 4.1(b), то рекомендации по оценке сейсмической опасности на площадке зависят от целей оценки. Оценку сейсмической опасности следует выполнять, как рекомендовано в [4], в случае:

- a) выполнения корректировки первоначального проектного землетрясения, которое может быть пересмотрено по причине, например, новой информации о сейсмической опасности на площадке (например, вновь обнаруженный сброс), если первоначальная проектная основа признана недостаточной или ниже рекомендованного минимума (например, как указано в [4-6]) или если проектные характеристики движения грунта отличаются от первоначально использованных (например, большее высокочастотное содержание для землетрясений в ближней зоне);
- b) установления запаса сейсмической безопасности сверх первоначального проектного землетрясения и демонстрации отсутствия пороговых эффектов;
- c) выполнения оценки сейсмической безопасности в соответствии с нормативными требованиями, по причине изменений в стандартах или для поддержки долгосрочной эксплуатации (то есть продления срока службы станции);
- d) выполнения оценки с целью проверки того, что вновь наблюдаемая работоспособность КСЭ при воздействии определенного уровня сейсмических толчков не подвергает риску сейсмостойкость установки.

В результате оценки сейсмической опасности определяется новая характерная для площадки сейсмическая опасность, называемая «землетрясением уточненного уровня», для использования при оценке сейсмической безопасности установки.

4.5. В некоторых случаях регулирующий орган может непосредственно задать движение грунта, для которого следует выполнить оценку сейсмической безопасности без явной оценки сейсмической опасности. В любом случае рекомендуется выполнение оценки сейсмической опасности (либо детерминистической, либо вероятностной) в соответствии

с рекомендациями [4], с тем чтобы предоставить ценную информацию для принятия решения об определении уточненного уровня землетрясения и интерпретации результатов оценки.

4.6. Для достижения целей, отличных от указанных в пункте 4.4, следует выполнить вероятностную оценку сейсмической опасности для конкретной площадки [4]. Как правило, эти цели сопряжены с:

- a) расчетом измеряемых параметров риска (например, частоты повреждения активной зоны и частоты крупных ранних выбросов);
- b) созданием инструментального средства управления риском для принятия решений на основе информации о риске;
- c) определением относительного риска, создаваемого сейсмической и другими внутренними и внешними опасностями;
- d) предоставлением инструментального средства для анализа окупаемости капитальных затрат при принятии решений в отношении модернизационных мероприятий на станции.

4.7. Для методологии ОЗС землетрясение уточненного уровня (пункт 4.5) определяет вводимые сейсмические данные, которые следует использовать в программе по оценке сейсмической безопасности. В этом случае землетрясение уточненного уровня следует определить со значительным запасом по отношению к первоначальному проектному землетрясению для обеспечения безопасности станции и нахождения любых «слабых звеньев», которые могут ограничить способность установки безопасно выдерживать сейсмическое событие, более интенсивное, чем первоначальное проектное землетрясение.

4.8. Для методики вероятностной оценки сейсмической безопасности ВОСБ землетрясение уточненного уровня (пункт 4.5) обозначает вероятностную сейсмическую опасность, характерную для площадки. Вообще говоря, результаты оценки вероятностной сейсмической опасности, характерной для площадки, включают кривые сейсмической опасности, определяющие годовую частоту превышения (часто определяемую как годовую вероятность) параметра движения грунта (например, пиковое ускорение грунта), соответствующие спектры отклика (например, равномерные спектры опасности) и характеристики основных параметров источника (например, магнитуды и расстояния до площадки).

5. МЕТОДОЛОГИИ ОЦЕНКИ СЕЙСМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

5.1. Наряду с оценкой сейсмической опасности, как рекомендовано в разделе 4, еще одним важным начальным шагом любой программы по оценке сейсмической безопасности является выбор методологии, которая будет использоваться в соответствии с назначением программы, как обсуждено в пункте 2.14. В данном руководстве по безопасности представлены две методологии выполнения оценки сейсмостойкости атомной электростанции: а) детерминистическая ОЗС и б) вероятностная ВОСБ. Многие элементы обеих методологий являются общими. Эти общие элементы рассматриваются здесь с последующим обсуждением отличительных аспектов методологий ОЗС и ВОСБ.

ОЦЕНКА ЗАПАСА СЕЙСМОСТОЙКОСТИ (ОЗС)

5.2. Методология ОЗС включает ряд шагов. Они могут быть описаны следующим образом:

- 1) подбор группы для выполнения оценки;
- 2) выбор землетрясения уточненного уровня (см. раздел 4);
- 3) ознакомление со станцией и сбор данных (см. раздел 3);
- 4) определение пути(ей) успеха и выбранных КСЭ³;
- 5) определение сейсмического отклика выбранных КСЭ для использования при расчете сейсмостойкости;
- 6) обход систем и обход с целью контроля сейсмостойкости;
- 7) определение ВДНВО для выбранных КСЭ;
- 8) расчеты ВДНВО для установки;

³ Термин «выбранные КСЭ» используется в данном руководстве по безопасности для обозначения тех КСЭ, которые были выбраны для определения их характеристик сейсмостойкости с использованием критериев, соответствующих нормативным требованиям и конечным целям программы по оценке сейсмической безопасности. Это соответствует терминологии, использованной в [6]. В технических руководящих материалах МАГАТЭ, разработанных в 1990 х годах для оценки сейсмической безопасности конкретных атомных электростанций, также использовался термин «список оборудования для безопасного останова» (safe shutdown equipment list – SSEL), который ранее использовался в США. Однако предпочтителен термин «выбранные КСЭ», так как понятие КСЭ охватывает не только «оборудование», а цели программы могут быть более широкими, чем «безопасный останов».

- 9) внесение уточнений в программу (например, оценки пожаров и затопления в результате землетрясений, подробное рассмотрение реле);
- 10) экспертное рассмотрение (см. раздел 8);
- 11) документация (см. раздел 8).

5.3. До начала выполнения ОЗС следует определить перечисленные ниже аспекты в качестве части требований к оценке сейсмической безопасности, в соответствии с достигнутым соглашением с регулирующим органом в отношении задания объема программы:

- a) а) определение функций безопасности, выполнение которых должно обеспечиваться при предполагаемом воздействии на установку землетрясения с параметрами, соответствующими землетрясению уточненного уровня. Эти обеспечиваемые функции безопасности станции, включая соответствующую группу КСЭ, выбранных для оценки, определяются как «путь успеха». Одним из определений пути успеха является безопасный останов станции (горячий или холодный останов) и поддержание станции в этом состоянии после землетрясения. Безопасный останов может быть определен в первоначальном лицензированном проекте или, по согласованию с регулирующим органом, в рамках программы по оценке сейсмической безопасности;
- b) б) исходные условия на станции во время землетрясения. Примером исходных условий является потеря электропитания от внешнего источника и отсутствие нормального питания на площадке, такого как питание от другого энергоблока АЭС или традиционной электростанции на площадке, при условии что они будут подвергнуты общему воздействию землетрясения. Даже если традиционные электростанции могут находиться в работоспособном состоянии, а линии передач могут быть неповрежденными, трансформаторные подстанции подвержены отказам во время землетрясения, что делает невозможной подачу питания на энергоблок атомной электростанции, рассматриваемый при оценке. Если показано, что электростанции, линии передач и подстанции обладают характеристиками ВДНВО (см. пункт 5.11), равными или лучшими чем соответствующие характеристики оцениваемого блока атомной электростанции, то можно рассчитывать на наличие нормального энергоснабжения;
- c) в) требования к системам для смягчения событий на станции, возникающих по причине землетрясения, таких как потеря нормального питания от внешнего источника и аварии с малой потерей

теплоносителя внутри защитной оболочки. Альтернативой оценке всех малых линий внутри защитной оболочки является практический подход по верификации того, что один из путей успеха ослабляет аварию с малой потерей теплоносителя⁴;

- d) подлежащие рассмотрению резервные пути успеха, включая допущения относительно готовности систем и элементов;
- e) наличие внешней помощи. Какого рода внешняя помощь потребуется, и когда ее смогут оказать? Тип внешней помощи и условия использования внешней помощи следует определить и согласовать с регулирующим органом. Например, воспользоваться внешней помощью можно либо i) сразу после того, как прекратились сейсмические толчки, либо ii) спустя определенный период времени (например, 24, 48 или 72 часа).

5.4. Группа, выполняющая оценку с помощью методологии ОЗС, должна быть многопрофильной, состоящей из инженеров-системотехников, эксплуатационного персонала и специалистов по сейсмической безопасности, имеющих признанный опыт в данной области. Инженеры-системотехники уделяют основное внимание определению основных и вспомогательных систем, необходимых для достижения желаемого конечного состояния станции на основании предположений и допущений, перечисленных в пункте 5.3. Системотехники и эксплуатационный персонал формулируют возможные альтернативные варианты безопасного останова и выбирают окончательный предпочтительный путь безопасного останова (и, если требуется, альтернативный путь) с помощью специалистов по сейсмической безопасности. Специалисты по сейсмической безопасности выполняют скрининг выбранных КСЭ с точки зрения прочности и внутристанционных уязвимостей, и рассчитывают значения ВДНВО (см. пункт 5.11) для тех КСЭ, которые включены в путь(и) безопасного останова. Обычно группа оценки насчитывает 3-5 членов.

5.5. Инженерам-системотехникам следует выбрать с привлечением эксплуатационного персонала возможный(ые) путь(и) успеха. В качестве начального шага по программе следует определить фундаментальные функции безопасности, которые должны быть обеспечены при воздействии землетрясения уточненного уровня. Фундаментальными функциями безопасности, указанными в пункте 4.6 [2], являются:

⁴ В некоторых государствах-членах авария с малой потерей теплоносителя определяется как суммарный размер разрыва, эквивалентный разрыву трубопровода диаметром 25 мм.

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

Функция «отвод тепла из активной зоны» рассматривается по пунктам в методологии ОЗС следующим образом: контроль давления теплоносителя первого контура, контроль запаса теплоносителя первого контура и отвод остаточного тепловыделения. Отчасти третья функция безопасности относится к защитной оболочке и системам защитной оболочки. Следует выполнить оценку требуемых систем мониторинга и управления, а также проверить приемлемость их функционирования.

5.6. В методологии ОЗС целью определения сейсмического отклика выбранных КСЭ является выработка сейсмических откликов с использованием медианно-центрированных процедур и значений параметров, при этом конечным результатом являются детерминистические медианно-центрированные сейсмические отклики на воздействие землетрясения уточненного уровня (см. [6]). Медианно-центрированные значения отклика приемлемы для оценки запасов.

5.7. Следует определить сейсмический отклик тех зданий и конструкций, которые были выбраны как часть пути безопасного останова, для использования при:

- a) оценке характеристик сейсмостойкости конструкций на основе функций, которые должны быть сохранены, и режима повреждения;
- b) выработке вводимых сейсмических данных о колебаниях грунта для систем и элементов (обычно спектров отклика внутри конструкций или спектров отклика пола).

Подобным же образом, определение сейсмической реакции систем и элементов важно для расчета характеристик ВДНВО для этих узлов.

5.8. Для определения сейсмической реакции следует использовать масштабирование, анализ (детерминистический либо вероятностный) или испытания. Масштабирование расчетного ответа для сейсмостойкого проекта больше всего подходит для скальных площадок и применяется, когда модели сейсмостойкого проекта считаются медианно-центрированными (то есть без смещения). Детерминистические анализы, включая условия

объяснения неопределенностей в аналитических процедурах и значениях параметров, также приемлемы. Вероятностные методы анализа являются наиболее реалистичными по причине явного учета неопределенностей в процессе.

5.9. Целью обходов систем является рассмотрение предварительных путей успеха, и их следует проводить группе, выполняющей оценку, которая, как указано в пункте 5.4, включает инженеров-системотехников, эксплуатационный персонал и специалистов по сейсмической безопасности. Эксплуатационному персоналу следует обеспечивать совместимость выбранных путей с эксплуатационными процедурами на станции. Специалистам по сейсмической безопасности следует рассматривать возможные КСЭ с точки зрения их прочности и простоты демонстрации высокой выдерживаемой нагрузки. Последнее включает осмотр КСЭ и близлежащего участка с целью учета возможных источников отказа КСЭ по причине взаимодействия систем в результате сейсмического воздействия. Конечным результатом обхода систем является выбор окончательного(ых) пути(ей) успеха и группы выбранных для оценки КСЭ.

5.10. В качестве следующего шага следует выполнять обход с целью контроля характеристик сейсмостойкости, или стационарный обход. Стационарный обход рассматривается подробно в пунктах 5.32-5.40.

5.11. Для методологии ОЗС характеристики сейсмостойкости выбранных КСЭ могут быть определены как характеристики ВДНВО⁵. Характеристикой ВДНВО того или иного КСЭ является уровень сейсмического движения, при котором имеется высокая достоверность (около 95%) низкой (5%) вероятности отказа. Частотные характеристики данного сейсмического

⁵ Характеристика ВДНВО является уровнем сейсмического движения, при котором существует высокая достоверность низкой вероятности отказа. Характеристика ВДНВО представляет собой меру запаса сейсмостойкости. В вероятностной оценке сейсмической безопасности она определяется как уровень движения грунта при землетрясении, при котором имеется высокая достоверность (около 95%) низкой (5%) вероятности отказа. Используя модель неустойчивости с логарифмическим нормальным распределением отказов, можно выразить характеристику ВДНВО как $A_m e^{[-1.65(\beta + \beta u)]}$. Когда используется логарифмическое стандартное отклонение составной вариабельности β , характеристика ВДНВО может быть аппроксимирована уровнем движения грунта, при котором полная вероятность отказа не превышает 1%. В этом случае характеристика ВДНВО выражается как $A_m e^{[-2.33\beta]}$. При детерминистических оценках ОЗС ВДНВО рассчитывается с использованием консервативного детерминистического метода запаса до отказа.

движения описываются частотными характеристиками землетрясения уточненного уровня. Несмотря на свое концептуальное определение в вероятностном смысле, значения ВДНВО могут быть рассчитаны детерминистическими методами. В приложении содержится более подробное объяснение методологий оценки сейсмической безопасности, включая методологию ВДНВО.

5.12. Расчеты ВДНВО (для выбранных КСЭ и для станции) следует выполнять специалистам по сейсмической безопасности, и их следует надлежащим образом документировать. В результате этих расчетов выбранные КСЭ надлежит классифицировать следующим образом:

- a) выбранные КСЭ, оцененные как «сейсмически прочные», с характеристиками ВДНВО выше землетрясения уточненного уровня. Эта оценка выполняется с использованием: i) скрининговых таблиц, таких как разработанные на основе данных по опыту землетрясений и многочисленных расчетов отказов КСЭ; ii) офисной верификации того, что условия скрининга (также определяемые как оговорки) выполнены; и iii) станционной верификации условий реального исполнения и отсутствия любых локальных опасностей, таких как источники взаимодействия систем;
- b) выбранные КСЭ, сгруппированные по сходству типа или характеристик, и расчеты ВДНВО, выполненные с целью получения огибающей состояний разных КСЭ в группе;
- c) выбранные КСЭ, для которых выполнены специальные расчеты ВДНВО и которые не относятся ни к одной из двух вышеуказанных категорий.

5.13. Характеристику ВДНВО того или иного пути успеха следует полагать равной ВДНВО для узла, относящегося к пути успеха и имеющего наихудшую характеристику ВДНВО. Для оценок сейсмической безопасности с требованиями единого пути успеха это будет станционная характеристика ВДНВО; для оценок сейсмической безопасности с требованиями оценки множественных путей успеха станционная характеристика ВДНВО может быть определена как путь успеха с наивысшим значением ВДНВО.

5.14. В зависимости от конечных целей оценки регулирующему органу и эксплуатирующей организации следует учитывать в рамках ОЗС такие аспекты как: a) альтернативные или множественные пути успеха; b) анализ несейсмических отказов и действий человека; c) оценка защитной оболочки и систем защитной оболочки; и d) оценка дребезга контактов реле.

5.15. Лежащая в основе концепция альтернативных резервных путей успеха заключается в том, что следует определить множественные пути успеха, включая основные и вспомогательные системы, с тем чтобы как можно более широко включить разнообразие в системах, трубопроводах и элементах. Если выбраны два пути успеха, то один определяется как первичный, а второй как альтернативный. Первичный путь успеха – это путь, для которого как считается, проще всего продемонстрировать высокий запас сейсмической безопасности, который должны задействовать операторы после крупного землетрясения (т.е. в соответствии с эксплуатационными процедурами на станции), и для которого проводились тренировки. Альтернативный путь должен содержать отличающиеся, насколько возможно, последовательности операций, системы и элементы.

5.16. Детальный обход внутри защитной оболочки с целью проверки того, что все малые линии могут выдержать землетрясение уточненного уровня, включая оценку пространственных сейсмических взаимодействий, приводящих к отказу малых линий, является ресурсоемким и может привести к чрезмерному облучению группы обхода. Альтернативой детальному обходу внутри защитной оболочки является требование, чтобы один или два пути успеха были в состоянии выдержать одновременно потерю энергоснабжения от внешнего источника и аварии с малой потерей теплоносителя внутри защитной оболочки.

5.17. Следует принимать во внимание аспекты несейсмических отказов, т.е. случайные отказы и простои систем по другим причинам, таким как техническое обслуживание, а также ошибки персонала. При выборе путей успеха следует оценивать случайные отказы, так как они свойственны функциям, которые выполняют системы. Следует избегать, насколько это возможно, использования путей успеха, которые полагаются на КСЭ, характеризующиеся высоким уровнем случайных отказов при выполнении функции, требуемой для обеспечения пути успеха.

5.18. Требуемые действия персонала следует оценивать с учетом общепричинного характера события землетрясения, с тем чтобы гарантировать выполнение функций успешных путей. Эксплуатационный персонал должен знать о требуемых сроках выполнения действий, их продолжительности, возможном взаимодействии с другими обязанностями и т.д. Если после возникновения землетрясения от эксплуатационного персонала требуется перемещение в другие места на станции, то следует оценить пути в эти места с учетом последствий землетрясения, таких как повреждение конструкций, которые не аттестованы на сейсмическую

безопасность, во избежание появления каких-либо препятствий физическому доступу, способных повлиять на действия человека.

5.19. Обычно регулирующий орган может потребовать, а эксплуатирующая организация пожелать рассмотрения функции локализации. Если потребуется, уязвимости, ведущие к раннему отказу защитной оболочки и систем защитной оболочки, следует рассмотреть и оценить таким же образом, как были разработаны пути успеха и характеристики ВДНВО для состояния безопасного останова станции. Обходы систем защитной оболочки могут проводиться одновременно с обходами других систем или могут быть запланированы отдельно, в зависимости от наличия доступа. Следует рассмотреть такие узлы, как проходки, люки оборудования и люки для персонала, соприкосновение зданий и системы защитной оболочки. Следует подготовить значения ВДНВО и документально зафиксировать сейсмостойкость защитной оболочки.

ВЕРОЯТНОСТНАЯ ОЦЕНКА СЕЙСМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

5.20. Методика вероятностной оценки сейсмической безопасности (ВОСБ) развилась за последние три десятилетия вслед за разработкой методологий вероятностной оценки безопасности (ВОБ) для внутренних событий. Методология ВОСБ включает ряд шагов. В общем случае ВОСБ включает:

- 1) выбор группы для выполнения оценки;
- 2) оценку сейсмической опасности (см. раздел 4);
- 3) ознакомление со станцией и сбор данных (см. раздел 3);
- 4) анализ систем и анализ последовательности событий при аварии, ведущие к моделированию дерева событий и дерева отказов и определению выбранных КСЭ;
- 5) определение сейсмических откликов конструкций как входных данных для расчетов неустойчивости;
- 6) анализ надежности действий человека в случае сейсмических событий;
- 7) обходы с целью контроля сейсмостойкости;
- 8) расчеты на неустойчивость выбранных КСЭ;
- 9) количественное определение риска для установки;
- 10) внесение уточнений в программу (например, оценки пожаров и затопления в результате землетрясений, подробные рассмотрения реле);
- 11) экспертное рассмотрение (см. раздел 8);

12) документацию (см. раздел 8).

5.21. Деревья событий и деревья отказов для ВОСБ должны основываться на этих системных моделях внутренних событий, с модификациями и дополнениями с целью учета отказов в результате землетрясения, которые не рассматриваются в случае внутреннего события. ВОСБ отличается от ВОБ для внутреннего события несколькими серьезными моментами, которые следует принимать во внимание:

- a) землетрясения – это события общей причины, которые одновременно воздействуют на все элементы станции и прилегающей территории;
- b) для площадки с несколькими установками (ядерными или неядерными), важны комбинированные последствия для всех установок;
- c) землетрясения могут служить причиной исходных событий, отличных от рассматриваемых в ВОБ для внутреннего события;
- d) диапазон землетрясений, от слабого до мощного, является причиной широкого спектра требований к КСЭ (например, землетрясения в ближней зоне и на удалении, землетрясения различной интенсивности и разных видов сейсмогенного источника, землетрясения в разных регионах) [4];
- e) риск определяется количественно, т.е. выполняется интеграция рисков по отношению к сейсмической опасности. Нижний предел этой интеграции определяется как несколько более низкий, чем уровень, использованный при проектировании установки, пока не будет продемонстрировано посредством неустойчивости выбранных КСЭ, что вероятны вклады в станционный риск от землетрясений более низкого уровня;
- f) включены режимы отказов пассивных КСЭ, а именно, таких узлов, как конструкции, элементы конструкций, трубопроводы и другие, которые, возможно, не будут включены в ВОБ для внутреннего события.

5.22. Конечные результаты ВОСБ следует получать на основе модели и процесса моделирования, и они должны включать количественные конечные измеряемые параметры, такие как частота повреждений активной зоны и, если требуется, частота крупного раннего выброса. Часто повреждение защитной оболочки или систем защитной оболочки может

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-89.

служить заменителем частоты крупного раннего выброса. Эти конечные результаты должны включать:

- a) понимание протекания аварии;
- b) понимание наиболее вероятных сценариев развития аварии, возникшей в результате землетрясения;
- c) определение доминантных факторов сейсмического риска: элементов, систем, последовательностей и процедур;
- d) перечень сейсмических неустойчивостей выбранных КСЭ и запасы сейсмостойкости, которые задаются значениями ВДНВО;
- e) определение диапазона землетрясений, вносящих наиболее серьезный вклад в сейсмический риск;
- f) расчет сейсмического риска, определяемого частотой повреждений активной зоны или частотой крупных ранних выбросов, в виде точечных оценок и распределений вероятности, представленных доверительными интервалами;
- g) сравнение сейсмического риска с рисками, возникающими по причине других событий (например, внутренних событий, пожаров);
- h) определение важности несейсмических отказов (например, отказа запуска дизель-генераторов по требованию);
- i) определение действий оператора, необходимых для достижения успеха;
- j) определение вероятных модификаций установки (физических и функциональных) и окружающей территории (физических и административных), и количественное определение соответствующего снижения риска.

5.23. В состав группы, выполняющей оценку посредством методологии ВОСБ, могут быть включены: персонал, компетентный в вопросах анализа сейсмической опасности; персонал, знакомый с ВОБ для внутреннего события (инженеры-системотехники, инженеры-эксплуатационники и другие, участвовавшие в разработке и использовании модели ВОБ для внутреннего события); специалисты в области разработки функции неустойчивости; и инженерно-технический персонал эксплуатирующей организации.

5.24. Системную модель ВОБ для внутреннего события следует изменять с учетом исходных событий и поведения реагирующей системы, т.е. основных и вспомогательных систем, срабатывание которых требуется для предотвращения развития исходного события в разрушение активной зоны и другие нежелательные конечные состояния. Если определены

новые исходные события, связанные с землетрясением (т.е. если они не были включены в ВОБ для внутреннего события), то следует разработать новые деревья событий и, вероятно, новые деревья отказов. Во всех случаях следует модифицировать деревья событий и деревья отказов, с тем чтобы принять во внимание отказы по причине сейсмического воздействия, т.е. путем добавления базисных событий, которые представляют отказ КСЭ по причине воздействия условий сейсмической нагрузки. На основе совместного использования инженерно-технических оценок и заключений специалистам группы оценки следует ограничить количество исходных событий возможными событиями. Следует вывести функции неустойчивости, как обсуждается в следующих пунктах, для режимов отказов КСЭ, определенных аналитическими специалистами по неустойчивости. К последовательностям, ведущим к разрушению активной зоны, следует в необходимых случаях добавлять системные модели, представляющие системы защитной оболочки.

5.25. В методологии ВОСБ целью определения сейсмического отклика КСЭ является генерирование сейсмического отклика с использованием медианно-центрированных процедур и значений параметров. Медианно-центрированные значения сейсмического отклика следует рассчитывать как функцию уровня возбуждения землетрясения. Конечным результатом является сейсмический отклик, представленный распределением вероятностей, обычно принимаемым как логарифмическое нормальное.

5.26. Сейсмические отклики могут быть определены масштабированием значений проектного сейсмического отклика, с тем чтобы учесть консервативности в проектных расчетах, или повторным анализом интересующих конструкций, или повторным анализом репрезентативной подгруппы.

5.27. Существенной частью методологии ВОСБ является обход станции, который следует выполнять в соответствии с руководящими материалами, представленными в пунктах 5.32-5.40.

5.28. Оценка неустойчивости параллельна подходу к расчету величин ВДНВО, представленному в пункте 5.11 для методологии ОЗС. Важным отличием является то, что стартовой точкой для ВОСБ является группа КСЭ, которая значительно больше группы для успешного(ых) пути(ей) по методологии ОЗС. Соответственно, эту группу следует сократить посредством скрининга на основе их высоких характеристик сейсмостойкости, отсутствия отказов, вызванных сейсмическим

воздействием и связанных с взаимодействием систем (подтверждается при обходе станции), а также уровня сейсмических нагрузок, которым они подвергаются при высоких уровнях сейсмического движения грунта. КСЭ, исключенные с помощью такого подхода, следует заменить в системных моделях суррогатным элементом с высокими характеристиками сейсмостойкости (или низкой неустойчивостью). Следует установить уровень скрининга и соответствующую характеристику суррогатного элемента неустойчивости таким образом, чтобы суррогатный элемент не являлся доминантным вкладчиком в конечные измеряемые параметры. Конечным результатом будет перечень выбранных КСЭ, для которых будет выполняться дальнейшая оценка.

5.29. Следует разработать функции неустойчивости для тех позиций в перечне выбранных КСЭ, по которым следует выполнять дальнейшую оценку, и отобранных в результате скрининга, описанного выше в пункте 5.28. Функция неустойчивости должна связывать вероятность отказа КСЭ с величиной сейсмической нагрузки. Следует разработать функции неустойчивости для определяющего режима отказа и для режимов множественных отказов. Функции неустойчивости следует непосредственно связывать с функциональными требованиями к выбранным КСЭ. Мерой нагрузки может быть параметр движения грунта (чаще всего, пиковое ускорение грунта или среднее спектральное ускорение в определенном диапазоне частот) или параметр локальной реакции (спектры отклика внутри конструкции, величина силы и т.д.). Функция неустойчивости должна отображать медианное значение, а также соответствующие неопределенности, обусловленные присущей случайностью – т.е. случайные неопределенности – и обусловленные состоянием знаний (или моделирования) – то есть, гносеологическими неопределенностями.

5.30. Количественное определение риска должно вытекать из комбинирования системных моделей с функциями неустойчивости и интегрирования по сейсмической опасности. В альтернативном варианте количественное определение риска может быть связано с каждой группой сейсмических исходных событий или с конкретным уровнем движения грунта. Конечные измеряемые параметры частоты повреждений активной зоны и частоты крупных ранних выбросов (или функционального отказа локализации) следует рассчитывать как точечные оценки или как распределения, в зависимости от потребностей проекта и уровня детализации элементов данных.

5.31. В зависимости от конечной цели, регулируемому органу и эксплуатирующей организации следует рассматривать такие аспекты, как:

- a) анализ несейсмических отказов. В ВОСБ анализ несейсмических отказов обрабатывается просто, так как системы моделей выводятся из моделей внутренних событий, которые были разработаны для представления несейсмических отказов. КСЭ с низкой несейсмической надежностью следует включать в количественное определение риска, а их влияние на конечные измеряемые параметры может быть количественно определено с помощью исследований чувствительности;
- b) глобальное поведение конструкций, такое, как выпор, сдвиг, опрокидывание и оседание, и их моделирование в ВОБ (например, одноэлементное множество);
- c) действия человека (см. пункт 5.18);
- d) оценка защитной оболочки и систем защитной оболочки (см. пункт 5.19), включая разработанные функции неустойчивости (значения ВДНВО);
- e) оценка электрических устройств (см. пункт 5.48);
- f) оценка взаимодействий, вызванных пожарами и затоплениями, возникшими в результате землетрясения.

ОБЩИЕ ЭЛЕМЕНТЫ МЕТОДОЛОГИЙ ОЗС И ВОСБ

Обходы станции

5.32. Термин «выбранные КСЭ» означает те КСЭ, которые представляют интерес для целей ОЗС или ВОСБ; оборудование выбранных КСЭ обычно регистрируется в перечне оборудования безопасного останова в случае ОЗС или перечне сейсмостойкого оборудования в случае ВОСБ⁶.

5.33. Обходы станции являются одним из наиболее важных элементов оценки сейсмической безопасности существующих установок как для методологии ОЗС, так и для методологии ВОСБ. Обходы станции следует выполнять в рамках программы по оценке сейсмической безопасности. Термин «обход станции» используется для обозначения «обхода с целью контроля сейсмостойкости» для подхода ОЗС и «обхода с целью контроля

⁶ См. сноску 3 на стр. 29.

неустойчивости» для подхода ВОСБ. Эти обходы могут служить многим целям, таким как: сбор и проверка на соответствие данных «как есть»; проверка КСЭ, исключенных в результате скрининга по причине высоких сейсмостойких характеристик, на основе инженерной оценки; проверка выбора путей безопасного останова для ОЗС; оценка внутрисканционных уязвимостей КСЭ, особенно вопросов взаимодействия систем при сейсмическом воздействии (толчок, падение, распыление, затопление); определение других внутрисканционных опасностей, таких как относящихся к временному оборудованию (строительные леса, лестницы, тележки для оборудования и т.д.); и определение «легких решений», необходимых для устранения некоторых очевидных уязвимостей, включая эффекты взаимодействия. Обходы следует также использовать для рассмотрения конфигураций при простоях, которые связаны с режимами останова. Подробные руководящие материалы о том, как организовывать, проводить и документально оформлять обходы, следует разрабатывать или адаптировать, используя существующие процедуры обхода.

5.34. Обход станции должен включать следующее:

- a) подготовительные мероприятия для обхода (в офисе);
- b) предварительный обход выбранных КСЭ;
- c) план обхода;
- d) подробный обход;
- e) документацию.

5.35. Подготовка к обходу осуществляется в офисе. Она должна включать:

- a) ознакомление со станцией (раздел 3);
- b) рассмотрение выбранных КСЭ, определенных системными аналитиками; составление предварительных групп узлов и указание соответствующего уровня детализации для оценки выдерживаемых нагрузок; подтверждение, совместно с системными аналитиками, полноты перечня;
- c) выполнение первого скрининга позиций в перечне выбранных КСЭ на основе их надежных сейсмических характеристик, например, с использованием правил скрининга для характеристик сейсмостойкости;
- d) составление базы данных по выбранным КСЭ, которая включает название, тип элемента, производителя, размер, крепление, проектные условия, функцию, физическое местонахождение и любую другую соответствующую информацию по КСЭ, которая

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-89.

доступна в офисе. Обычно эти данные включают сводный перечень (выбранных КСЭ) и отдельные пакеты информации, называемые «рабочими картами для оценки сейсмической безопасности». Этот неполный перечень данных будет дополнен на местах при проведении внутристанционной оценки и посредством расчетов значений ВДНВО или функций неустойчивости после завершения проекта;

- e) определение требований в отношении доступа, например, доступа к обучению, сопровождению, техническому обслуживанию оборудования и т.д.;
- f) подготовка плана предварительного обхода выбранных КСЭ.

5.36. При предварительном обходе выбранных КСЭ те из них, которые являются доступными, нужно обследовать визуально. В обход следует включать:

- a) определение местонахождения и доступности каждой позиции в перечне выбранных КСЭ; установление необходимости в поддержке со стороны служб эксплуатации и технического обслуживания для доступа к конкретным элементам (например, для открытия электрического оборудования с целью проверки опоры и общего раскрепления устройств); заполнение рабочих карт по оценке сейсмической безопасности и листов данных, насколько это возможно;
- b) определение групп элементов, для которых в качестве репрезентативного для всей группы может быть выбран граничный экземпляр (например, клапаны с электроприводами);
- c) проверка офисного скрининга на устойчивость, включая все оговорки отбора; проверка того, что взаимодействие систем в результате сейсмического воздействия не ослабит способность элемента выполнять назначенную функцию;
- d) проверка выполнимости предложенных простых решений проблем и определение других возможных простых решений;
- e) подтверждение плана обхода для детального обхода.

5.37. Детальные обходы должны предполагать внутристанционную оценку выбранных КСЭ, для которых скрининг на устойчивость не применялся, или устойчивость которых не проверялась во время предыдущего предварительного обхода, а также КСЭ, для которых требуется характеристика ВДНВО или расчет функции неустойчивости. На местах будет собрана вся информация, требуемая как вводная для расчета значений ВДНВО или функций неустойчивости. Следует завершить документирование данных, начатое на этапе, предворяющем обход

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-89.

(см. пункт 5.35). Документация по данной задаче должна быть в форме чертежей, записок по месту обхода, фотографий, видеоматериалов и т.д.

5.38. В каждую группу обхода следует включать квалифицированных специалистов по сейсмической безопасности при поддержке, в случае необходимости, со стороны станционного персонала (ремонтного, эксплуатационного, инженерно-технического и системного). Специалисты по сейсмической безопасности должны иметь достаточный уровень знаний по сейсмическому анализу, сейсмостойкому проектированию и аттестации на сейсмическую безопасность КСЭ для обеспечения устойчивости к землетрясениям и другим нагрузкам, возникающим при нормальной эксплуатации, авариях и внешних событиях. По крайней мере один член группы должен быть знаком с конструкцией и функционированием КСЭ, обход которых совершается. Может потребоваться поддержка по некоторым техническим дисциплинам, например, от механического, электрического цехов и цеха автоматики и измерений.

5.39. Обход также следует нацеливать на определение пространственных взаимодействий, которые могут оказывать неблагоприятное воздействие на работоспособность выбранных КСЭ. Следует обратить внимание на следующие основные аспекты взаимодействия систем при сейсмическом воздействии:

- а) взаимодействие вследствие падения представляет собой нарушение целостности конструкции узла, не связанного или связанного с безопасностью, которое может привести к ударному воздействию и повреждению одного или нескольких выбранных КСЭ. Для того чтобы взаимодействие создавало угрозу для выбранных КСЭ, удары должны передавать значительную энергию, а цель должна быть уязвимой. Падение осветительной арматуры на трубопровод диаметром 10 см может не являться достоверно разрушающим взаимодействием с трубопроводом. Однако падение такой осветительной арматуры на открытую панель реле является взаимодействием, на которое следует обратить внимание. Неукрепленные каменные стены относятся к наиболее часто встречающимся причинам взаимодействия вследствие падения. Каменные стены могут находиться в достаточной близости, и их разрушение может повредить связанное с безопасностью оборудование, находящееся внутри ограниченного ими пространства;
- б) взаимодействие вследствие близости определяется как условия, при которых два или более узлов находятся в такой близости, что любое небезопасное поведение одного из них может иметь последствия

для другого. Наиболее общим примером взаимодействия вследствие близости является столкновение электрического шкафа, содержащего чувствительные реле, с прилегающими узлами;

- с) разбрызгивание и затопление могут быть результатом повреждения систем трубопроводов или резервуаров, не имеющих правильной опоры или раскрепления. Опасности случайного разбрызгивания на выбранные КСЭ чаще всего возникают от влажных систем трубопроводов для пожаротушения. Самым частым источником разбрызгивания является удар и разрыв или течь водораспыляющих головок. Если источники разбрызгивания могут забрызгать оборудование, чувствительное к разбрызгиванию воды, то такой источник следует усовершенствовать, обычно путем добавления опоры для сокращения отклонений и ударов или механических напряжений. Большие емкости могут служить потенциальным источником затопления. Если источник затопления может быть поврежден, то группе обхода при поддержке стационарного персонала следует определить потенциальные последствия с учетом направлений потока и разбрызгивания жидкости через проходки, дренажи и т.д.

5.40. В качестве ключевого мероприятия программы по оценке сейсмической безопасности, обход необходимо правильно документировать следующим образом:

- а) может быть подготовлен письменный сводный доклад по обходу, в котором кратко излагаются вопросы, общие для системы, если таковые имеются, и содержится обзор высокого уровня;
- б) следует подготовить сводный перечень выбранных КСЭ с соответствующими данными;
- с) на самом высоком уровне детализации следует подготовить пакеты документации по результатам обхода для каждой позиции в перечне выбранных КСЭ. Эти пакеты по результатам обхода включают обзорные листы и вспомогательную информацию (например, записи в процессе обхода, фотографии, чертежи, расчеты). Эти пакеты следует предоставлять группе по экспертному рассмотрению. Пакеты могут также включать расчеты значений ВДНВО или функции неустойчивости. Тем не менее, пакеты расчетов значений ВДНВО или функции неустойчивости могут храниться в отдельных файлах, с перекрестными ссылками на пакеты документации по результатам обхода.

Здания и конструкции

5.41. Для каждого здания и конструкции, определенных как часть выбранных КСЭ, следует определить функцию, которая должна быть сохранена, режим повреждения для функции и показатель режима повреждения. Для конструкций со стенами жесткости, обычно используемых на атомных электростанциях, этому показателю соответствует деформация сдвига каждого уровня (поэтажное смещение) стены жесткости.

5.42. Следует определить процедуру оценки для наилучшей оценки сейсмического отклика, в соответствии с функцией и режимом повреждения здания и конструкции. Следует выбрать процедуры для расчета отклика, такие как масштабирование или анализ (линейный, эквивалентный линейный или нелинейный и т.д.; подробные сведения см. в [6]). Полезные данные «как есть» для характеристики динамических свойств и оценки реалистичных сейсмических откликов могут быть получены в результате динамических испытаний существующих зданий и конструкций (с использованием вибраций окружающей среды, ударных и/или импульсных нагрузок, динамических механических приводов и т.д.).

Сопряжение «оборудование-здание»

5.43. К участкам сопряжения «оборудование-здание» относятся анкерные крепления, например, сварные крепления к закладным плитам и основаниям, и анкерные болты, которые крепят оборудование к основанию самой конструкции. Оценка сопряжений «оборудование-здание» следует включать в оценку оборудования и трубопроводов при ОЗС и при ВОСБ. Все доминантные режимы отказов этих сопряжений, такие как повреждение раскрепления или повреждение основания (бетона, стали и т.д.), следует определять и оценивать на основе состояния «как есть». Следует также принимать во внимание ожидаемое поведение опорного основания во время землетрясения, например, растрескивание бетона, что также может привести к снижению рабочих характеристик анкеров с распорной головкой.

Распределительные системы

5.44. Оценка распределительных систем (таких как трубопроводы, кабельные лотки, каналы, оборудование теплоснабжения, вентиляции и кондиционирования) следует включать в методологии ОЗС и ВОСБ на основе проектной информации, станционных обходов, расчетов и тестирования образцов, если они имеются. Режимы отказов следует

соотносить с функциональными отказами. Для распределительных систем стационарные обходы следует выполнять по принципу «от зоны к зоне», а не по одному конкретному направлению. Специалистам по сейсмической безопасности следует обращать внимание на такие ситуации, как перегруженные кабельные лотки, и на опасности взаимодействия систем.

Система первого контура реактора

5.45. Следует выполнять реалистичную оценку характеристик сейсмостойкости и запаса сейсмической безопасности системы первого контура реактора. Глобальная модель, включающая грунт, опорную конструкцию и систему первого контура, может быть использована для учета динамического взаимодействия и получения входных движений в точках опоры системы первого контура с целью ее детальной оценки.

Оборудование

5.46. Значение ВДНВО или функция неустойчивости для единицы оборудования должны соотносить неспособность оборудования выполнять требуемую функцию с входными сейсмическими данными для этой единицы оборудования. Следует признать, что некоторые повреждения оборудования допустимы, до тех пор пока единица оборудования может выполнять свою функцию. Требуемая функция включает временной период, в течение которого функция требуется, например, временной период, в течение которого от этого оборудования требуется работоспособность во время и/или после вызванной землетрясением вибрации, и требуемую продолжительность работы без внешней поддержки.

5.47. При определении значения ВДНВО или функции неустойчивости следует использовать всю информацию по проектированию и аттестации сейсмостойких конструкций для конкретной установки. Данные для конкретной установки следует дополнять имеющимися данными землетрясений и результатами общей оценки (анализов или испытаний), если они применимы. Для демонстрации работоспособности активного оборудования во время вибрации в результате землетрясения обычно требуются данные испытаний на вибростенде. Данные испытаний по аттестации на сейсмическую безопасность могут быть экстраполированы для разработки значения ВДНВО или функции неустойчивости. Для демонстрации более высоких значений ВДНВО или более низких функций неустойчивости можно, если потребуется, учитывать восстановительные

действия. Следует проверить выполнимость восстановительных действий в случае землетрясения.

Рассмотрение электрических устройств

5.48. Неисправная работа электрических устройств, такая как дребезг реле или контактов, – это явление, связанное с вибрациями, при котором установка может изменять положение или состояние или может посылать ложные сигналы. Дребезг реле часто наблюдается при функциональных испытаниях. Следует выполнять систематический анализ электрических установок, а результаты следует учитывать в методологиях ОЗС или ВОСБ. В рассмотрение следует включать следующие шаги:

- a) определение установок, связанных с путями успеха для ОЗС или важными системами для ВОСБ;
- b) оценку последствий неправильной работы устройств для задействованной системы;
- c) оценка характеристик сейсмостойкости или неустойчивости.

Пожары и затопления, вызванные сейсмическим воздействием

5.49. В рассмотрении сейсмической безопасности следует включать события, вызванные сейсмическим воздействием, такие как пожары или затопления. Такие рассмотрения следует выполнять группе, в состав которой входят специалисты по сейсмической и пожарной безопасности, в особенности те, кто принимал участие в оценке пожарных рисков установки. Эти рассмотрения следует выполнять в основном посредством станционных обходов, концентрирующихся на рассмотрении зон, то есть рассмотрении с точки зрения источников возгорания и горючих материалов в зонах или помещениях, где находятся элементы, важные для успешного пути или ВОСБ. Источниками возгорания являются источники, потенциально инициируемые вибрациями, связанными с землетрясением. Горючие материалы в зоне возгорания и прилегающих зонах следует рассматривать с точки зрения пожаробезопасности и возможного распространения огня из-за разрушения перегородок. Следует включать в оценку и надлежащим образом документировать возможные воздействия на выбранные пути успеха (для ОЗС) и на количественное определение риска (для ВОСБ).

5.50. Практический опыт предыдущих землетрясений продемонстрировал, что многие конфигурации элементов, удерживающих жидкость, подвержены повреждению из-за вибраций в результате землетрясения. К

примерам можно отнести незакрепленные емкости, негибкие трубопроводы, механические соединения систем трубопроводов (системы пожаротушения) и водораспыляющие головки системы водоснабжения. Необходимость рассмотрения локальных источников разбрызгивания и затопления при оценке позиций из списка выбранных КСЭ обсуждалась в пунктах 5.32-5.40, посвященных станционным обходам. Следует выполнять общие обходы территории, включая здания и площадки, для оценки других источников затопления, например, выплескивание воды в бассейнах отработавшего топлива, повреждение емкостей, установленных на более высоких основаниях, в зданиях, где имеются пути распространения потока по проходкам в полу, и повреждения емкостей на площадке, где имеются пути распространения потока на уровни здания ниже нулевого. При дальнейшей конкретной оценке следует учитывать случайное срабатывание системы пожаротушения. В оценки следует включать возможные воздействия на выбранные пути успеха (для ОЗС) и на количественное определение риска (для ВОСБ).

5.51. В соответствии с [10, 11] следует оценивать влияние на функции безопасности расположенных на побережье ядерных установок опасностей, связанных с цунами, например, нарушений функционирования оборудования, расположенного на низком уровне, такого как насосы морской воды.

Оценка характеристик грунта

5.52. Следует учитывать режимы повреждения грунта, которые могут быть важными. В число этих режимов следует включать разрушение собственно грунта (например, нестабильность склонов, оседание, потерю несущей способности, разжижение) и режимы повреждения, затрагивающие конструкции (например, сдвиг конструкции, выпор и опрокидывание); см. [9]. Важным аспектом, который следует учитывать для возможных повреждений грунта, является их воздействие, прямое или опосредованное, на выбранные КСЭ. Например, большие относительные смещения конструкций по причине чрезмерных деформаций грунта под фундаментом могут иметь серьезные неблагоприятные последствия для соединительных распределительных систем, таких как трубопроводы и шахты. Режимы повреждения грунта включают воздействие потенциальных сбросовых смещений на площадку и на конструкции (пункт 4.1(a)(i)). Опасность сбросового смещения и его последствия следует рассматривать, используя вероятностные подходы к оценке сейсмической безопасности существующих установок.

6. ЯДЕРНЫЕ УСТАНОВКИ, ОТЛИЧНЫЕ ОТ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

6.1. В настоящем разделе представлены руководящие материалы по оценке сейсмической безопасности широкого спектра ядерных установок, отличных от атомных электростанций. Эти установки включают [8]:

- a) исследовательские реакторы и лаборатории, работающие с ядерными материалами;
- b) установки по хранению отработавшего топлива (совмещенные либо с атомными электростанциями, либо с независимыми установками), в том числе:
 - установки для хранения отработавшего топлива, требующего активного охлаждения;
 - установки для хранения отработавшего топлива, требующего только пассивного или естественного конвекционного охлаждения;
- c) технологические установки для ядерных материалов в ядерном топливном цикле (например, конверсионные установки, установки по обогащению урана, установки по изготовлению ядерного топлива, перерабатывающие заводы).

6.2. Для цели оценки сейсмической безопасности эти установки следует классифицировать с точки зрения их сложности, возможных радиологических опасностей и опасностей, связанных с наличием других материалов. Оценка сейсмической безопасности следует выполнять в соответствии с этой классификацией. КСЭ на этих установках следует оценивать в соответствии с их важностью для достижения безопасного останова или других определенных успешных конечных состояний.

6.3. Прежде чем классифицировать установку, следует применить консервативный процесс скрининга, при котором предполагается, что в результате аварии, инициированной сейсмическим воздействием, происходит выброс всего объема радиоактивного материала установки. Если результатом этого выброса является отсутствие недопустимых последствий для работников или населения (т.е. дозовые нагрузки на работников или население в результате выброса всего объема будут ниже пределов, установленных регулирующим органом) или для окружающей среды, и к подобной установке регулирующим органом не предъявляются никакие другие конкретные требования, то установку можно исключить из оценки сейсмической безопасности. Если, даже после такого

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-89.

скрининга, желательно выполнение оценки сейсмической безопасности на определенном уровне, можно использовать национальные нормы сейсмостойкости для коммерческих/промышленных объектов.

6.4. Если результаты процесса консервативного скрининга показывают, что последствия выбросов являются «значительными», то следует провести оценку сейсмической безопасности установки.

6.5. Сейсмическую опасность на площадке следует оценивать в соответствии с методологией, представленной в разделе 4, или, если применимо, на основании национальных карт сейсмического районирования.

6.6. Вероятность того, что сейсмическое событие вызовет радиологические последствия, зависит от характеристик ядерной установки (например, ее использования, конструкции, строительства, эксплуатации и компоновки) и от самого события. Такие характеристики должны включать следующие факторы:

- a) объем, тип и состояние инвентарного количества радиоактивных материалов на площадке (например, твердые, жидкие, обработанные или только хранящиеся);
- b) присущая опасность, связанная с физическими процессами (например, критичность) и химическими процессами, происходящими на установке;
- c) тепловая мощность ядерной установки, если применимо;
- d) конфигурация установки для различных видов деятельности;
- e) концентрация радиоактивных источников в пределах установки (например, на исследовательских реакторах большая часть инвентарного количества радиоактивных материалов будет находиться в активной зоне и бассейне выдержки, в то время как на установках по переработке и в хранилищах оно может быть распределено по предприятию);
- f) меняющийся характер конфигурации и компоновки установок, спроектированных для экспериментов (такой деятельности присуща внутренняя непредсказуемость);
- g) необходимость активных систем безопасности и/или действий оператора для смягчения последствий постулируемых аварий; характеристики инженерно-технических средств безопасности для предотвращения аварий и смягчения последствий аварий (например, защитной оболочки и систем защитной оболочки);

- h) характеристики процесса или инженерно-технических средств, у которых в случае аварии может проявляться пороговый эффект;
- i) характеристики площадки, относящиеся к последствиям распространения радиоактивных материалов в атмосферу и гидросферу (например, размер, демографические показатели региона);
- j) возможность радиационного загрязнения территории на площадке и за пределами площадки.

6.7. В зависимости от критериев регулирующих органов, следует учитывать некоторые или все перечисленные выше факторы. Например, интересующими условиями или измеряемыми параметрами могут быть повреждение топлива, радиоактивные выбросы или дозы облучения.

6.8. Процесс классификации установки следует основывать на следующей информации:

- a) существующее техническое обоснование безопасности установки должно быть главным источником информации;
- b) если была выполнена ВОБ, то результаты этого исследования следует использовать для классификации;
- c) следует использовать характеристики, указанные в пункте 6.6.

6.9. Классификация установки ведет к ее категоризации. Эта классификация могла быть выполнена на этапе проектирования или позже. Если эта классификация уже была выполнена, то предположения, на которых она основывалась, и результирующую категоризацию следует проанализировать и проверить. Вообще говоря, критерии для категоризации должны основываться на радиологических последствиях выброса радиоактивного материала, содержащегося на установке, начиная с весьма малых радиологических последствий и до потенциально тяжелых радиологических последствий. В качестве альтернативы, категории могут быть различными – от радиологических последствий, ограниченных пределами самой установки, до радиологических последствий, ограниченных периметром площадки, и до радиологических последствий для населения и окружающей среды вне границ площадки.

6.10. В результате этого процесса классификации установки могут быть определены три или более категорий установок на основе национальной практики и критериев, как указано в пункте 6.9. В качестве примера, могут быть определены следующие категории:

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-89.

- a) низшая категория опасности включает те ядерные установки, для которых следует применять, как минимум, национальные строительные нормы для обычных объектов (например, основных сооружений, таких как больницы) или для опасных объектов (например, нефтехимических или химических заводов).
- b) высшая категория опасности включает ядерные установки, для которых следует применять нормы и стандарты атомных электростанций;
- c) часто существуют промежуточные категории (одна или более) ядерных установок, для которых следует применять, как минимум, специальные нормы для опасных объектов.

6.11. Для ядерных установок, относящихся к любой из установленных категорий, следует определить КСЭ, важные для безопасности, т.е. те КСЭ, которые включены в путь успеха (см. пункт 2.19). Они называются выбранными КСЭ.

6.12. Оценку сейсмической безопасности выбранных КСЭ следует выполнять с использованием следующих руководящих материалов (см. также разделы 4 и 5):

- a) для установок низшей категории опасности методы оценки выбранных КСЭ могут основываться на упрощенных, но консервативных статических или эквивалентных статическим оценочных процедурах, применяемых к обычным основным или опасным объектам в соответствии с национальной практикой и стандартами. Подобным же образом, сейсмическая опасность, связанная с этими установками, может быть определена с использованием национальных строительных норм и карт;
- b) для выбранных КСЭ установок высшей категории опасности следует использовать методологии оценки сейсмической безопасности, описанные в разделе 5;
- c) для выбранных КСЭ установок средней категории опасности оценка сейсмической безопасности обычно выполняется с использованием методологий, описанных в разделе 5, но для заниженных вводимых сейсмических данных. Для методологии ОЗС может быть использовано соответствующее более слабое землетрясение уточненного уровня. Для методологии ВОСБ может быть использована более низкая (по сравнению с использованной при оценке атомной электростанции) кривая распределения опасности, соответствующая критериям, которые были использованы в первоначальном проекте или в текущем проекте установок аналогичной категории. В альтернативном варианте

могут быть использованы, если они имеются, методологии оценки для опасных объектов.

6.13. Если национальные регулирующие органы не требуют иного, оценка сейсмической безопасности ядерных установок низшей категории опасности должна основываться на национальных картах сейсмического районирования, применяемых к площадке, включая соответствующие факторы состояния грунта и увеличение эквивалента вводимых сейсмических данных до 1,5 по сейсмическим нагрузкам. В общем случае вводимые сейсмические данные для оценки должны соответствовать пиковому ускорению грунта не менее $0,1g$ на уровне фундамента.

6.14. Обходы следует также рассматривать в качестве неотъемлемой части программы по оценке сейсмической безопасности установок, отличных от атомных электростанций. Нет необходимости классифицировать процедуры обхода, являющиеся частью методологии оценки сейсмической безопасности. Следует применять процедуры станционных обходов, рассмотренные в разделе 5. Обходы могут играть дополнительную роль в оформлении документации для тех установок, в отношении которых не проводилось проектирование сейсмостойких конструкций или на которых были осуществлены модификации без оформления надлежащей документации.

6.15. Рекомендации относительно сейсмической аппаратуры на установке и на площадке (см. пункт 2.22) следует корректировать в соответствии с категорией установки, определенной в пункте 6.10.

7. СООБРАЖЕНИЯ, СВЯЗАННЫЕ С МОДЕРНИЗАЦИЕЙ

УЗЛЫ, ПОДЛЕЖАЩИЕ МОДЕРНИЗАЦИИ

7.1. В результате осуществления программы по оценке сейсмической безопасности может быть определена некая подгруппа выбранных КСЭ, которые не удовлетворяют критериям приемлемости для вновь определенных вводимых сейсмических данных. Данная информация, наряду с другими соображениями безопасности, должна послужить основанием для принятия решения о необходимости выполнения физической модернизации на установке и корректировки соответствующей

документации. В целях осуществления мероприятий по модернизации следует установить для них приоритеты.

7.2. Важным соображением при осуществлении мероприятий по модернизации является то, что самые высокие приоритеты в этой связи отдаются тем элементам, которые вносят наибольший вклад в повышение сейсмической надежности пути безопасного останова на основе оценки экономической эффективности.

7.3. Для установок, на которых первоначально не проводилось проектирование сейсмостойких конструкций и для которых соображения проектирования сейсмостойких конструкций играли относительно неважную роль, или по каким-либо причинам, указанным в пункте 2.10, регулирующим органом может быть рекомендована программа простых решений, с тем чтобы устранить легко определяемые уязвимости в течение короткого промежутка времени. В такой программе простых решений определяются общестанционные модернизационные мероприятия, такие как просто надежное анкерное закрепление всего оборудования, связанного с безопасностью, или минимальная боковая фиксация распределительных систем, связанных с безопасностью, выполняемые до осуществления официальной программы ОЗС или ВОСБ и в качестве безотлагательного первого шага.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОДИФИКАЦИЙ

7.4. Модификации следует проектировать в соответствии с признанными нормами и стандартами для ядерных установок и, как минимум, первоначальными стандартами проектирования. При проектировании модификаций вводимые сейсмические данные, определение требуемых характеристик сейсмостойкости и критерии приемки следует устанавливать в соответствии с требованиями регулирующего органа. При проектировании мер повышения сейсмостойкости следует учитывать имеющееся пространство и рабочую среду (радиационное воздействие). Концепции модернизации должны учитывать: а) существующую конфигурацию, насколько возможно, и б) возможность инспектирования модернизаций.

Конструкции и их элементы

7.5. В проект по модернизации, ремонту или укреплению выбранных конструкций или их элементов следует включать следующие основные части:

- a) предварительное проектирование модернизаций, включая сравнение различных альтернатив;
- b) статический или динамический анализ модернизируемых конструкций;
- c) верификацию критериев приемлемости;
- d) подробное проектирование модернизаций.

7.6. Варианты модернизации определяются на основании инспекций во время обхода и оценки характеристик сейсмостойкости конструкций в реальном исполнении. Следует разрабатывать предварительные концепции модернизации различных частей конструкций или их элементов. Окончательная концепция модернизации определяется путем оценки альтернативных реально выполнимых мер по модернизации (или опций).

7.7. Тип модернизации существующих конструкций и элементов зависит от требуемых дополнительных характеристик сейсмостойкости. В случае незначительных недостатков в характеристиках сейсмостойкости, возможно, потребуются локальные модернизации. Однако в случае низких характеристик сейсмостойкости всей конструкции или ее элемента может потребоваться глобальное улучшение. В случае глобальных модернизаций может измениться динамическое поведение всей конструкции. В связи с этими соображениями следует оценить влияние модернизаций на взаимосвязанные системы и элементы (например, распределительные системы). По окончании проектирования модернизации следует оценить необходимость динамического анализа с целью получения новых спектров отклика и смещений внутри конструкции. Если это необходимо в связи с предлагаемыми модернизациями, следует проверить характеристики фундамента и грунта (пункт 5.52). Для локальных модернизаций значения деформаций нового материала должны быть совместимы с соответствующими значениями для существующего материала.

Трубопроводы и большие компоненты

7.8. Следует выполнить анализ систем трубопроводов и больших компонентов с целью оценки их характеристик сейсмостойкости. При

модернизации трубопроводов с жидкими средами при повышенных температурах и больших компонентов следует принимать во внимание динамические ограничительные устройства (амортизаторы и т.д.).

Распределительные системы

7.9. При модернизации распределительных систем следует учитывать необходимость обеспечения дополнительных боковых ограничительных устройств.

Оборудование

7.10. Оборудование (выбранные КСЭ, а также узлы, представляющие опасность с точки зрения системного взаимодействия), требующее модернизации анкерных креплений, следует крепить к существующим конструкциям. Модернизируемые анкерные крепления можно стандартизировать для простоты реализации.

Элементы КИП и А

7.11. Для элементов КИП и А следует по мере необходимости рассмотреть возможность модернизации реле, важных для предпочитаемого пути безопасного останова и для альтернативных путей безопасного останова.

8. СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ СЕЙСМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

8.1. До начала выполнения программы по оценке сейсмической безопасности следует создать и внедрить систему управления, применимую для всех организаций, участвующих в оценке сейсмической безопасности [12, 13]. В систему управления следует включать все процессы и виды деятельности по программе оценки сейсмической безопасности, в особенности, те, которые связаны со сбором данных и обработкой данных, исследованиями в эксплуатационных и лабораторных условиях и анализами и оценками, включенными в область применения настоящего

руководства по безопасности. В нее также следует включать процессы и виды деятельности, соответствующие этапу модернизации программы.

8.2. Ввиду разнообразия подлежащих выполнению исследований и анализов, а также необходимости использования инженерно-технических заключений группы, проводящей оценку сейсмической безопасности, следует разработать специфические для данного проекта технические процедуры, с тем чтобы облегчить выполнение и верификацию этих задач.

8.3. Следует провести экспертное рассмотрение осуществления методологии оценки. В частности, в рамках экспертного рассмотрения следует оценить элементы осуществления методологий ОЗС или ВОСБ в свете использования в процессе оценки рекомендаций настоящего руководства по безопасности и существующей международной надлежащей практики.

8.4. Экспертное рассмотрение следует проводить силами экспертов в областях системного инжиниринга, эксплуатации (включая специалистов по пожарной безопасности и защите), инженерной сейсмологии и по релейным схемам (если выполняется рассмотрение реле). Экспертное рассмотрение надлежит проводить на разных этапах процесса оценки следующим образом:

- 1) сначала следует выполнить анализ систем и функционирования, совпадающий с выбором путей успеха в случае ОЗС или с доработкой системных моделей внутренних событий в случае ВОСБ;
- 2) экспертные рассмотрения сейсмостойкости следует выполнять а) во время и после обходов и б) после завершения выполнения расчетов большинства значений ВДНВО (для ОЗС) или функций неустойчивости (для ВОСБ) для КСЭ. В экспертное рассмотрение сейсмостойкости следует включать ограниченный стационарный обход, который может совпадать с частью стационарного обхода или может быть выполнен отдельно.

Результаты выполненного экспертного рассмотрения следует оформлять документально в специальных докладах.

ДОКУМЕНТАЦИЯ И ЗАПИСИ

8.5. Важным элементом системы управления является определение объема документации и записей, подлежащих разработке в процессе выполнения программы оценки сейсмической безопасности, и заключительного доклада по результатам оценки. Следует сохранять детальную документацию для рассмотрения и будущего применения.

8.6. Типичным документом по результатам выполнения оценки сейсмической безопасности должен быть доклад, фиксирующий следующее:

- a) методологию и предположения/допущения, использованные при оценке;
- b) выбор землетрясения уточненного уровня (в случае ОЗС), или кривых сейсмической опасности и равномерных спектров опасностей (в случае ВОСБ);
- c) состав и полномочия членов группы;
- d) верификацию геологической стабильности на площадке (см. пункт 4.1(a));
- e) выбранный(ые) путь(и) успеха, обоснования или аргументация выбора, значение ВДНВО для пути и контрольные элементы (для ОЗС);
- f) обзор системных моделей и модификаций, включенных в модели внутреннего события, для ВОСБ;
- g) таблицу с перечнем выбранных КСЭ после скрининга (если имеется), с режимами отказа, потребностями сейсмостойкости, значениями ВДНВО (в случае ОЗС) и функциями неустойчивости (в случае ВОСБ) в табличной форме;
- h) в случае ВОСБ – результаты количественной оценки анализа последовательностей, включая частоту повреждения активной зоны, доминантные последовательности повреждения активной зоны, частоту крупного раннего выброса или частоту повреждения защитной оболочки и доминантные последовательности отказов функции локализации;
- i) краткие сведения о функциях сейсмического отказа для смоделированных основных и вспомогательных систем, включая идентификацию критических элементов, если имеются, в случае ВОСБ;
- j) доклад по обходам с кратким изложением результатов и замечаний по системам, если имеются;

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-89.

- k) требуемые действия оператора и оценка их вероятного успеха;
- l) значения ВДНВО или функции неустойчивости для защитной оболочки и систем защитной оболочки (если требуется);
- m) обработку несейсмических отказов, дребезга реле, зависимостей и пожаров и затоплений по причине сейсмического воздействия;
- n) доклады об экспертных рассмотрениях.

Следует разработать специальные стационарные процедуры для управления мерами реагирования, требуемыми до, во время землетрясения и после него, охватывающие аспекты, указанные в пункте 2.13.

8.7. Помимо вышеуказанной информации, следует хранить подробную информацию, указанную ниже:

- a) детальные описания системы, используемые при разработке пути(ей) успеха, записи по системам и другие данные (для ОЗС);
- b) детальная документация по разработке моделей ВОСБ, в частности тех аспектов, которые относятся к модификациям моделей ВОБ для внутреннего события с целью учета сейсмических событий;
- c) детальная документация всех выполненных обходов, включая определение и характеристики КСЭ, скрининг (если уместно), наблюдения пространственного взаимодействия систем при сейсмическом воздействии, и территориальные обходы, обычно выполняемые по системам, таким как кабельные лотки и трубопроводы малого диаметра, и с целью оценки возможности возникновения пожара или затопления вследствие сейсмического воздействия;
- d) пакеты расчетов ВДНВО (для ОЗС) или функции неустойчивости (для ВОСБ) для всех позиций в перечне выбранных КСЭ;
- e) новые или измененные стационарные эксплуатационные процедуры для реализации путей успеха;
- f) перечень записей с указанием сроков их хранения.

УПРАВЛЕНИЕ КОНФИГУРАЦИЕЙ

8.8. Оператору следует осуществить программу управления конфигурацией для обеспечения того, чтобы в будущем проектирование и выполнение модификаций КСЭ, их замена, программы и процедуры технического обслуживания и эксплуатационные процедуры не сделали недействительными результаты осуществленной программы по оценке сейсмической безопасности.

СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

- [1] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Безопасность атомных электростанций: эксплуатация, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № NS-R-2, МАГАТЭ, Вена (2003).
- [2] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Безопасность атомных электростанций: проектирование, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № NS-R-1, МАГАТЭ, Вена (2003).
- [3] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Оценка площадок для ядерных установок, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № NS-R-3, МАГАТЭ, Вена (2010).
- [4] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Оценка сейсмического риска для атомных электростанций, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № NS-G-3.3, МАГАТЭ, Вена (2008).
- [5] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Проектирование и аттестация сейсмостойких конструкций для атомных электростанций, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № NS-G-1.6, МАГАТЭ, Вена (2008).
- [6] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Seismic Evaluation of Existing Nuclear Power Plants, Safety Reports Series No. 28, IAEA, Vienna (2003) (готовится новая редакция).
- [7] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Периодическое рассмотрение безопасности атомных электростанций, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № NS-G-2.10, МАГАТЭ, Вена (2009).
- [8] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Глоссарий МАГАТЭ по вопросам безопасности: терминология, используемая в области ядерной безопасности и радиационной защиты, Издание 2007 года, МАГАТЭ, Вена (2008)
- [9] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Геотехнические аспекты оценки площадок и оснований АЭС, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № NS-G-3.6, МАГАТЭ, Вена (2005).
- [10] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Оценка риска наводнения на прибрежных площадках АЭС, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № NS-G-3.5, МАГАТЭ, Вена (2008).
- [11] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Учет внешних событий, исключая землетрясения, при проектировании атомных электростанций, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № NS-G-1.5, МАГАТЭ, Вена (2008).
- [12] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Система управления для установок и деятельности, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № GS-R-3, МАГАТЭ, Вена (2008).
- [13] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Применение системы управления для установок и деятельности, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № GS-G-3.1, МАГАТЭ, Вена (2009).

Приложение

МЕТОДОЛОГИИ ОЦЕНКИ СЕЙСМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

А–1. Выбор методологии, которая будет использована для оценки сейсмической безопасности, следует делать на самых ранних этапах процесса. В разделе 2 данного руководства по безопасности подчеркнута важность определения целей оценки, с тем чтобы способствовать процессу принятия решений. Кроме того, важной является роль оценки и ее результатов в будущем. Таким образом, например, необходимо принять решение: будет ли оценка «моментальным снимком во времени», или же частью постоянного инструментального средства управления для принятия решений.

А–2. Для оценки сейсмической безопасности существующих установок были специально разработаны два подхода: – оценка запаса сейсмостойкости (ОЗС) (методология успешного пути) [А–1] и методология ВОСБ – вероятностной оценки сейсмической безопасности (методология дерева событий или дерева отказов – называемая в некоторых публикациях вероятностной оценкой сейсмического риска) [А–2]. Отличия лежат в подходе к системному моделированию и в оценке характеристик сейсмостойкости. Моделирование систем в первой из указанных выше методологий выполняется с использованием пути успеха, а во второй – с использованием деревьев событий и деревьев отказов. Оценка характеристик сейсмостойкости КСЭ выполняется в первой из методологий в терминах значений ВДНВО; во второй методологии оценка характеристик сейсмостойкости выполняется с помощью функций неустойчивости, определенных вероятностным образом. В данном руководстве по безопасности представлены следующие процедуры оценки сейсмической безопасности: i) детерминистическая оценка запаса сейсмостойкости (ОЗС) и ii) вероятностная оценка сейсмической безопасности (ВОСБ).

А–3. В таблице А–1 кратко изложены различия между подходом ОЗС и подходом ВОСБ со ссылкой на соответствующие пункты для дальнейшего обсуждения.

А–4. Ключевым элементом выполнения ВОСБ является наличие вероятностного анализа сейсмической безопасности. Полезно иметь результаты вероятностного анализа сейсмической опасности уже на начальном этапе, для регулирования оценки. Если же эти результаты

ТАБЛИЦА А–1. ОТЛИЧИЯ МЕЖДУ ПОДХОДОМ ОЗС И ПОДХОДОМ ВОСБ

Этапы осуществления ОЗС и ВОСБ	ОЗС	ВОСБ	Пункт
Землетрясение, определенное в результате рассмотрения с использованием новых вводимых сейсмических данных	Землетрясение уточненного уровня (спектры реакции грунта привязаны к указанному пиковому значению ускорения грунта) оценивается с точки зрения детерминистического или вероятностного подхода	Вероятностная оценка сейсмической опасности	А-4
Станционные модели или системные модели	Путь(и) успеха	Деревья событий или деревья отказов	А-5
Анализ сейсмического отклика	Детерминистический или вероятностный анализ «наилучшей оценки» – для землетрясения уточненного уровня	Детерминистический или вероятностный анализ «наилучшей оценки» – для диапазона сейсмического движения грунта или при SL-2 как контрольная точка для экстраполяции	А-6
Оценка характеристик сейсмостойкости или неустойчивости	ВДНВО	Функции неустойчивости – вероятность отказа как функция уровня землетрясения	А-7
Количественное определение или конечные измеряемые параметры	Детерминистический расчет ВДНВО для КСЭ и станции	Вероятностный расчет частоты повреждения активной зоны и частоты крупного раннего выброса – точечные оценки и доверительные интервалы; классификация рисков для КСЭ	А-8

отсутствуют в начале, то их наличие потребуется в скором времени для выполнения задач по определению сейсмического отклика, требуемых на последующих этапах программы. Определение землетрясения уточненного уровня для ОЗС требуется в начале оценки, но оно не зависит от результатов вероятностного анализа сейсмической опасности. Землетрясение уточненного уровня определяет уровень отбора

(скрининга) в процессе оценки. Большинство процедур, разработанных и реализованных на сегодняшний день, определяют два уровня скрининга: пиковые ускорения грунта $0,3g$, которые соответствуют спектральному ускорению $0,8g$ при 5% затухания, и $0,5g$, что соответствует спектральному ускорению $1,2g$ при 5% затухания. Эти уровни скрининга были основаны на первоначальных значениях сейсмической опасности, данных практического опыта землетрясений, общих данных испытаний и результатах анализа сейсмостойкого проектирования и анализа неустойчивости. Национальные нормативные требования и практика могут потребовать применения иных уровней. Они были установлены на основе зарегистрированного поведения КСЭ, подверженных сейсмическому движению грунта при этих уровнях. При уровне скрининга $0,3g$ многие КСЭ исключаются из процесса на основе продемонстрированной прочности по отношению к сейсмическим нагрузкам. Разумеется, при выполнении скрининга налагаются определенные условия или ограничения (оговорки). Для уровня скрининга $0,5g$ существенно увеличивается объем КСЭ, которые подлежат индивидуальной оценке.

А–5. Станционные или системные модели для методологий ОЗС и ВОСБ отличаются в следующем:

- a) ОЗС использует подход на основе пути успеха. Т.е. при условии достижения конечного состояния станции (например, безопасного останова), определяются один или более путей (совокупностей) КСЭ (называемых выбранными КСЭ), которые могут успешно привести станцию в это состояние. Выбранные КСЭ оцениваются посредством скрининга по характеристикам сейсмостойкости, станционных обходов и расчетов ВДНВО;
- b) при ВОСБ системные модели в основном представлены в форме деревьев событий и деревьев отказов. Как показал опыт, экономически эффективные ВОСБ для комплексных объектов основываются на имеющихся ВОБ внутренних событий. Если разрабатываются новые модели, то это станет дублированием усилий, а также потребуется обеспечить согласованность моделей. Деревья событий и деревья отказов для ВОСБ основываются на этих системных моделях внутренних событий с модификациями и дополнениями с целью учета отказов в результате сейсмического воздействия, которые не рассматриваются в случае внутреннего события. Примерами являются пассивные отказы и эффекты по общей причине.

А–6. Методологии ОЗС и ВОСБ требуют сейсмического отклика (или требуемого сейсмического поведения) выбранных КСЭ:

- а) для ОЗС нужны сейсмические отклики по результатам анализа «наилучшей оценки» (или медианно-центрированные), зависящие от землетрясения уточненного уровня;
- б) для ВОСБ нужны вероятностные распределения сейсмического отклика (или требуемого сейсмического поведения), зависящие от частоты землетрясений значительной интенсивности. Условные сейсмические отклики обычно привязаны к уровню землетрясения SL-2 и экстраполируются на средний уровень неустойчивости, или же они непосредственно рассчитываются для медианного уровня неустойчивости.

А–7. В случае ОЗС основные характеристики выбранных КСЭ определяются как характеристики ВДНВО. В вероятностном выражении характеристикой ВДНВО какого-либо КСЭ является уровень сейсмического движения, при котором имеется высокая достоверность (около 95%) низкой (5%) вероятности отказа. Частотные характеристики данного сейсмического движения описываются частотными характеристиками землетрясения уточненного уровня. Хотя значения ВДНВО и определяются концептуально в вероятностном выражении, они практически всегда рассчитываются детерминистическими методами. Были разработаны детерминистические руководящие принципы и продемонстрировано, что они позволяют получить приблизительное вероятностное определение. Примеры представлены в [А–1, А–2]. Для ОЗС процедуры являются такими, что специалисты по сейсмической безопасности, не имеющие подготовки в области вероятностных методов, могут без труда рассчитать ВДНВО. В случае ВОСБ требуются функции неустойчивости выбранных КСЭ в деревьях событий (т.е. частоты исходного события на уровне стационарной функции) и в деревьях отказа. Обычно эти вероятностные оценки неустойчивости выполняются с использованием серьезных вкладов экспертов, работающих на местах.

А–8. Стратегия подготовки или расчета величин ВДНВО с помощью метода консервативно-детерминистического запаса до отказа (КДЗО)¹ заключается в следующем:

¹ В методе КДЗО запас сейсмической безопасности КСЭ рассчитывается с использованием ряда детерминистических правил, которые являются более реалистичными, чем процедуры проектирования.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-89.

- a) функция нагрузки должна быть установлена с вероятностью не превышения около 84%. Это может быть достигнуто несколькими путями. Наиболее часто это определяется на этапе задания движения грунта, т.е. землетрясение уточненного уровня устанавливается на вероятность не превышения 84% или понимается таким образом. Землетрясение уточненного уровня может задаваться как независимое от площадки, например – с медианными уровнями отклика скальных пород или грунта, что можно понимать как эквивалентное 84%-й вероятности не превышения величины движения грунта, характерной для площадки. Альтернативой является задание характерного для площадки движения грунта, с учетом его вариабельности, и подробный анализ интересующих конструкций с расчетом 84%-й вероятности не превышения для отклика конструкций (сил или моментов в элементах конструкции, спектров реакции внутри конструкции и других интересующих количественных выражений отклика) в качестве входных данных для оценки выбранных КСЭ;
- b) прочность или характеристики сейсмостойкости упругих элементов должны иметь целью 98%-ю вероятность не превышения. Целевым уровнем прочности или характеристик сейсмостойкости хрупких элементов должен быть такой, который не будет превышен с вероятностью 99%.

A-9. В случае ОЗС количественное выражение стационарной характеристики ВДНВО достигается относительно просто путем оценки путей успеха на основании значений ВДНВО для выбранных КСЭ. Конечным результатом ОЗС является значение ВДНВО для станции, т.е. описатель движения грунта, при котором можно констатировать, что имеется высокая уверенность в том, что станция может быть остановлена безопасно при заданных исходных условиях. Определяются слабые звенья, т.е. выбранные КСЭ с низкими значениями ВДНВО или операции, которые ведут к низким значениям ВДНВО для станции. На основании этих значений ВДНВО могут быть приняты решения о модернизации. Для принятия решений на основе информации о риске или какого-либо иного использования информации о риске, необходимо, чтобы информация о сейсмической опасности была соотнесена со значениями ВДНВО для станции. Это выполняется соотношением значений ВДНВО для станции с типовой кривой стационарной функции неустойчивости. Расчет вероятности стационарного отказа является результатом конволюции вероятностной сейсмической безопасности и кривой стационарной неустойчивости.

А–10. В случае ВОСБ расчет частоты повреждения активной зоны и частоты крупных ранних выбросов является результатом конволюции сейсмической опасности с функциями неустойчивости на деревьях событий и деревьях отказов. В качестве альтернативы, те же величины могут быть рассчитаны для каждого интервала движения грунта. Конечными результатами являются точечные оценки или доверительные интервалы интересующих конечных измеряемых параметров.

А–11. В подходах ОЗС и ВОСБ имеются многие общие элементы:

- a) оценка сейсмической опасности на конкретной представляющей интерес площадке. В ОЗС землетрясение уточненного уровня определяется как детерминистическое задание вводимых сейсмических данных, по которым оценивается сейсмостойкость объекта. В ВОСБ задается вероятностная сейсмическая опасность, чаще всего – на основании вероятностной оценки сейсмической опасности [А–2];
- b) определение КСЭ, для которых выполняется оценка характеристик сейсмостойкости. Для ОЗС эти элементы определяются по пути(ям) безопасного останова и называются перечнем оборудования для безопасного останова или выбранными КСЭ. Для ВОСБ определяется первоначальный перечень КСЭ, численно больший, чем для ОЗС. Благодаря использованию скрининга и других методов окончательный перечень КСЭ для подробной оценки характеристик сейсмостойкости значительно сокращается;
- c) существенными элементами ОЗС и ВОСБ являются внутристанционные оценки или обходы;
- d) при выполнении ОЗС количественное выражение сейсмостойкости установки выражается значением ВДНВО для станции. В случае ВОСБ обычными результатами оценки являются частота повреждения активной зоны и частота крупных ранних выбросов или заменяющие их параметры. Побочным результатом ВОСБ является значение ВДНВО для установки. В обоих случаях достигается ранжирование КСЭ по важности;
- e) для оценки влияния станционных модификаций (физических и функциональных) на конечные результаты выполняются исследования чувствительности.

А–12. Весьма полезными при выполнении ОЗС и ВОСБ являются данные по реальному опыту землетрясений и результаты динамических испытаний при аттестации элементов и, если имеются, данные по неустойчивости

элементов. Оценка характеристик сейсмической безопасности систем и элементов часто выполняется с использованием опыта, полученного в результате сейсмических событий, порождавших очень мощные движения. Данные о землетрясениях с сильными движениями грунта собирались в основном для получения информации, необходимой для непосредственной проверки сейсмической адекватности отдельных узлов на существующих станциях. Такая проверка требует:

- а) демонстрации того, что вводимые сейсмические данные для объекта, имеющего базу данных (т.е. объекта с документально оформленными характеристиками КСЭ в базе данных), соответственно превышают вводимые сейсмические данные для объекта, подвергаемого сейсмической оценке;
- б) демонстрации того, что КСЭ, подвергаемые оценке, и позиции в базе данных аналогичны по физическим характеристикам, включая опоры и/или крепления.

В качестве альтернативы можно путем дополнительного анализа выполнить оценку основных характеристик опор или креплений. В случае активных узлов необходимо продемонстрировать, что узел, который подвергался интенсивному сейсмическому воздействию, выполнял аналогичные функции во время этого землетрясения или после него, включая возможные эффекты последующих толчков после основного землетрясения, как это требовалось бы для связанного с безопасностью узла, подвергаемого оценке.

A-13. Некоторые КСЭ являются специализированными, и их нельзя рассматривать, используя данные опыта реальных землетрясений и результаты динамических испытаний. Примером таких КСЭ являются ядерная паропроизводящая система и опорные конструкции. Для этих КСЭ, когда они становятся выбранными КСЭ, оценка сейсмической безопасности с помощью методологий ОЗС или ВОСБ основывается на сейсмическом анализе с целью определения уровней нагрузок и деформаций, которые впоследствии могут быть преобразованы в детерминистические значения ВДНВО или функции неустойчивости. Сейсмические отклики рассчитываются как медианно-центрированные, см. пункт A-6. Результаты аттестации конкретной системы и элемента на безопасность или испытаний на неустойчивость, если они имеются, представляют ценность при определении значений ВДНВО или функций неустойчивости. Примером результатов испытаний выбранных КСЭ, важных для оценки, являются испытания системы приводов регулирующих стержней и ввода

регулирующих стержней. Часто анализ сейсмической безопасности является основой для оценки конструкций, частей систем и механических элементов, для которых режим повреждения связан с напряжением или деформацией. В случае электрического или контрольно-измерительного оборудования основой для их оценки являются квалификационные испытания или испытания на неустойчивость.

A-14. В ответ на запрос Комиссии по ядерному регулированию США было инициировано развитие процедур, имеющих непосредственное отношение к реальным опытным сейсмическим данным. Это привело к процедуре экспертной оценки на основе опыта землетрясения и испытаний (т.е. общей процедуре, описанной в [A-3]), в которой сейсмические эмпирические методы используются для проверки сейсмической адекватности определенного связанного с безопасностью оборудования на действующих АЭС. Данная процедура основывается в первую очередь на работоспособности установленного механического и электрического оборудования, которое подвергалось реальным землетрясениям большой интенсивности, а также на поведении элементов оборудования во время имитационных сейсмических испытаний. Следует тем не менее указать, что в некоторых из этих аттестационных данных существуют неучтенные неопределенности. С особой осторожностью следует использовать данные, источником которых являются более старые атомные (и неатомные) станции.

A-15. Прежде, чем данные могут быть использованы в конкретной оценке, следует проверить их применимость. Данная процедура была адаптирована для использования на других типах АЭС за пределами США, в особенности – на водо-водяных энергетических реакторах (ВВЭР) в Восточной Европе. Адаптация такого типа требует, чтобы была тщательно оценена достаточность имеющихся баз данных и, по возможности, создана новая база данных, поскольку элементы, использованные в одном государстве, могут по конструкции серьезно отличаться от элементов в другом и поэтому могут не быть представлены в имеющейся базе данных.

СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ К ПРИЛОЖЕНИЮ

[A-1] ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE, A Methodology for Assessment of Nuclear Power Plant Seismic Margin, Rep. EPRI NP-6041-SL, Rev. 1, EPRI, Palo Alto, CA, (1991).

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-89.

- [A-2] AMERICAN NUCLEAR SOCIETY, External Events PRA Methodology, Rep. ANSI/ANS-58.21-2007, ANS, La Grange Park, IL (2007).
- [A-3] SEISMIC QUALIFICATION UTILITIES GROUP, Generic Implementation Procedure for Seismic Verification of Nuclear Power Plant Equipment, Rev. 2, Office of Standards Development, Washington, DC (1992).

СОСТАВИТЕЛИ И РЕЦЕНЗЕНТЫ

Abe, H.	Организация по безопасности ядерной энергетики Японии, Япония
Chigama, A.	Международное агентство по атомной энергии
Godoy, A.	Международное агентство по атомной энергии
Gürpınar, A.	Международное агентство по атомной энергии
Ibrahim, A.	Комиссия по ядерной безопасности Канады, Канада
Jimenez Juan, A.	Совет по ядерной безопасности, Испания
Johnson, J.	«Джеймс Дж. Джонсон энд ассошиэйтс», Соединенные Штаты Америки
Костарев, В.	ООО «ЦКТИ-Вибросейсм», Российская Федерация
Kostov, M.	«Риск инжиниринг Лтд, Болгария
Krutzik, N.	«ЭнДжейКей консалтинг», Германия
Labbé, P.	«Электрисите де Франс, Франция
Nagasawa, K.	Токийская электроэнергетическая компания, Япония
Rambach, J.-M.	Институт радиационной защиты и ядерной безопасности, France
Ricciuti, R.	«Атомик энерджи оф Кэнада лимитед», Канада
Schotten, T.	Консультант, Швейцария
Shibata, H.	Ассоциация развития прогнозирования землетрясений, Япония
Shokr, A.	Международное агентство по атомной энергии
Sollogoub, P.	Комиссариат по атомной энергии, Франция
Stevenson, J.D.	Консультант, Соединенные Штаты Америки

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-89.

ОРГАНЫ, УЧАСТВУЮЩИЕ В ОДОБРЕНИИ НОРМ БЕЗОПАСНОСТИ МАГАТЭ

Звездочкой отмечены члены-корреспонденты. Членам-корреспондентам направляются проекты документов для замечаний, а также другая документация, но они, как правило, не принимают участия в работе совещаний. Двумя звездочками отмечены заместители.

Комиссия по нормам безопасности

Австралия: Loy, J.; Аргентина: González, A.J.; Бельгия: Samain, J.-P.; Бразилия: Vinhas, L.A.; Вьетнам: Le-chi Dung; Германия: Majer, D.; Египет: Barakat, M.; Израиль: Levanon, I.; Индия: Sharma, S.K.; Испания: Barceló Vernet, J.; Канада: Jammal, R.; Китай: Liu Hua; Корея, Республика: Choul-Но Yun; Литва: Maksimovas, G.; Пакистан: Rahman, M.S.; Российская Федерация: Адамчик, С.; Соединенное Королевство: Weightman, M.; Соединенные Штаты Америки: Virgilio, M.; Украина: Миколайчук, Е.; Финляндия: Laaksonen, J.; Франция: Lacoste, А.-С. (председатель); Швеция: Larsson, С.М.; Южная Африка: Magugumela, М.Т.; Япония: Fukushima, А.; Агентство по ядерной энергии ОЭСР: Yoshimura, U.; Европейская комиссия: Faross, P.; Консультативная группа по вопросам физической ядерной безопасности: Hashmi, J.A.; МАГАТЭ: Delattre, D. (координатор); Международная группа по ядерной безопасности: Meserve, R.; Международная комиссия по радиологической защите: Holm, L.-E.; председатели комитетов по нормам ядерной безопасности: Brach, E.W. (ТРАНССК); Magnusson, S. (РАССК); Pather, T. (ВАССК); Vaughan, G.J. (НУССК).

Комитет по нормам ядерной безопасности

*Австралия: Le Cann, G.; Австрия: Sholly, S.; Алжир: Merrouche, D.; Аргентина: Waldman, R.; Бельгия: De Boeck, B.; *Болгария: Gledachev, Y.; Бразилия: Gromann, A.; Венгрия: Adorján, F.; Гана: Emi-Reynolds, G.; Германия: Wassilew, С.; *Греция: Camarinopoulos, L.; Египет: Ibrahim, M.; Израиль: Hirshfeld, H.; Индия: Vaze, K.; Индонезия: Antariksawan, A.; Иран, Исламская Республика: Asgharizadeh, F.; Испания: Zarzuela, J.; Италия: Vava, G.; Канада: Rzentkowski, G.; *Кипр: Demetriades, P.; Китай: Jingxi Li; Корея, Республика: Hyun-Koon Kim; Ливийская Арабская Джамахирия: Abuzid, O.; Литва: Demčenko, M.; Малайзия: Azlina Mohammed Jais;*

Марокко: Soufi, I.; *Мексика:* Carrera, A.; *Нидерланды:* van der Wiel, L.; *Пакистан:* Habib, M.A.; *Польша:* Jurkowski, M.; *Российская Федерация:* Баранаев, Ю.; *Румыния:* Biro, L.; *Словакия:* Uhrík, P.; *Словения:* Vojnovič, D.; *Соединенное Королевство:* Vaughan, G.J. (председатель); *Соединенные Штаты Америки:* Mayfield, M.; *Тунис:* Baccouche, S.; *Турция:* Bezdegumeli, U.; *Украина:* Шумкова, Н.; *Уругвай:* Nader, A.; *Финляндия:* Järvinen, M.-L.; *Франция:* Feron, F.; *Хорватия:* Valčić, I.; *Чешская Республика:* Šváb, M.; *Швейцария:* Flury, P.; *Швеция:* Hallman, A.; *Южная Африка:* Leotwane, W.; *Япония:* Kanda, T.; *Агентство по ядерной энергии ОЭСР:* Reig, J.; **Всемирная ядерная ассоциация:* Борисова, И.; *Европейская комиссия:* Vigne, S.; *МАГАТЭ:* Feige, G. (координатор); *Международная организация по стандартизации:* Sevestre, B.; *Международная электротехническая комиссия:* Bouard, J.-P.; *ФОРАТОМ:* Fourest, B.

Комитет по нормам радиационной безопасности

Австралия: Melbourne, A.; **Австрия:* Karg, V.; **Алжир:* Chelbani, S.; *Аргентина:* Massera, G.; *Бельгия:* van Bladel, L.; **Болгария:* Katzarska, L.; *Бразилия:* Rodriguez Rochedo, E.R.; *Венгрия:* Koblinger, L.; *Гана:* Amoako, J.; *Германия:* Helming, M.; **Греция:* Kamenopoulou, V.; *Дания:* Øhlenschläger, M.; *Египет:* Hassib, G.M.; *Израиль:* Koch, J.; *Индия:* Sharma, D.N.; *Индонезия:* Widodo, S.; *Иран, Исламская Республика:* Kardan, M.R.; *Ирландия:* Colgan, T.; *Исландия:* Magnusson, S. (председатель); *Испания:* Amor Calvo, I.; *Италия:* Bologna, L.; *Канада:* Clement, C.; **Кипр:* Demetriades, P.; *Китай:* Huating Yang; *Корея, Республика:* Byung-Soo Lee; **Куба:* Betancourt Hernandez, L.; **Латвия:* Salmins, A.; *Ливийская Арабская Джамахирия:* Busitta, M.; *Литва:* Mastauskas, A.; *Малайзия:* Hamrah, M.A.; *Марокко:* Tazi, S.; *Мексика:* Delgado Guardado, J.; *Нидерланды:* Zuur, C.; *Норвегия:* Saxebol, G.; *Пакистан:* Ali, M.; *Парагвай:* Romero de Gonzalez, V.; *Польша:* Merta, A.; *Португалия:* Dias de Oliveira, A.M.; *Российская Федерация:* Савкин, М.; *Румыния:* Rodna, A.; *Словакия:* Jurina, V.; *Словения:* Sutej, T.; *Соединенное Королевство:* Robinson, I.; *Соединенные Штаты Америки:* Lewis, R.; **Таиланд:* Suntarapai, P.; *Тунис:* Chékir, Z.; *Турция:* Окуар, Н.В.; *Украина:* Павленко, Т.; **Уругвай:* Nader, A.; *Филиппины:* Valdezco, E.; *Финляндия:* Markkanen, M.; *Франция:* Godet, J.-L.; *Хорватия:* Kralik, I.; *Чешская Республика:* Petrova, K.; *Швейцария:* Piller, G.; *Швеция:* Almen, A.; *Эстония:* Lust, M.; *Южная Африка:* Olivier, J.H.I.; *Япония:* Kiryu, Y.; *Агентство по ядерной энергии ОЭСР:* Lazo, T.E.; *Всемирная организация здравоохранения:* Carr, Z.; *Всемирная ядерная ассоциация:* Saint-Pierre, S.; *Европейская комиссия:* Janssens, A.; *МАГАТЭ:* Boal, T. (координатор); *Международная ассоциация*

поставщиков и производителей источников: Fasten, W.; Международная комиссия по радиологической защите: Valentin, J.; Международная организация по стандартизации: Rannou, A.; Международная электротехническая комиссия: Thompson, I.; Международное бюро труда: Niu, S.; Научный комитет Организации Объединенных Наций по действию атомной радиации: Crick, M.; Панамериканская организация здравоохранения: Jiménez, P.; Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций: Byron, D.

Комитет по нормам безопасности перевозки

Австралия: Sarkar, S.; Австрия: Kirchnawy, F.; Аргентина: López Vietri, J.; **Сапародона, N.M.; Бельгия: Cottens, E.; Болгария: Bakalova, A.; Бразилия: Xavier, A.M.; Венгрия: Sáfár, J.; Гана: Emi-Reynolds, G.; Германия: Rein, H.; *Нитше, F.; **Альтер, U.; *Греция: Vogiatzi, S.; Дания: Breddam, K.; Египет: El-Shinawy, R.M.K.; Израиль: Koch, J.; Индия: Agarwal, S.P.; Индонезия: Wisnubroto, D.; Иран, Исламская Республика, А.; *Емамжомех, А.; Ирландия: Duffy, J.; Испания: Zamora Martin, F.; Италия: Trivelloni, S.; **Орсини, А.; Канада: Régimbald, A.; *Кипр: Demetriades, P.; Китай: Xiaqing Li; Корея, Республика: Dae-Hyung Cho; *Куба: Quevedo Garcia, J.R.; Ливийская Арабская Джамахирия: Kekli, A.T.; Литва: Statkus, V.; Малайзия: Sobari, M.P.M.; **Хусайн, Z.A.; *Марокко: Allach, A.; Мексика: Bautista Arteaga, D.M.; **Делгадо Гвардадо, J.L.; Нидерланды: Ter Morshuizen, M.; *Новая Зеландия: Ardouin, C.; Норвегия: Hornkjøl, S.; Пакистан: Rashid, M.; *Парагвай: More Torres, L.E.; Польша: Dziubiak, T.; Португалия: Vuxo da Trindade, R.; Российская Федерация: Бучельников, А.Э.; Соединенное Королевство: Sallit, G.; Соединенные Штаты Америки: Boyle, R.W.; Врэх, E.W. (председатель); Таиланд: Jerachanchai, S.; Турция: Ertürk, K.; Украина: Лопатин, С.; Уругвай: Nader, A.; *Сабрал, W.; Финляндия: Lahkola, A.; Франция: Landier, D.; Хорватия: Belamarić, N.; Чешская Республика: Ducháček, V.; Швейцария: Krietsch, T.; Швеция: Häggblom, E.; **Свахн, В.; Южная Африка: Hinrichsen, P.; Япония: Hanaki, I.; Всемирная ядерная ассоциация: Горлин, С.; Всемирный институт по ядерным перевозкам: Green, L.; Всемирный почтовый союз: Bowers, D.G.; Европейская комиссия: Binet, J.; Европейская экономическая комиссия Организации Объединенных Наций: Kervella, O.; МАГАТЭ: Stewart, J.T. (координатор); Международная ассоциация воздушного транспорта: Brennan, D.; Международная ассоциация поставщиков и производителей источников: Miller, J.J.; **Раухан, К.; Международная морская организация: Rahim, I.; Международная организация гражданской авиации:

Rooney, K.; *Международная организация по стандартизации*: Malesys, P.; *Международная федерация ассоциаций линейных пилотов*: Tisdall, A.; **Gessl, M.

Комитет по нормам безопасности отходов

Австралия: Williams, G.; **Австрия*: Fischer, H.; *Алжир*: Abdenacer, G.; *Аргентина*: Biaggio, A.; *Бельгия*: Blommaert, W.; **Болгария*: Simeonov, G.; *Бразилия*: Tostes, M.; *Венгрия*: Czoch, I.; *Гана*: Faanu, A.; *Германия*: Götz, C.; *Греция*: Tzika, F.; *Дания*: Nielsen, C.; *Египет*: Mohamed, Y.; *Израиль*: Dody, A.; *Индия*: Rana, D.; *Индонезия*: Wisnubroto, D.; *Ирак*: Abbas, H.; *Иран, Исламская Республика*: Assadi, M.; **Zarghami, R.*; *Испания*: Sanz Aludan, M.; *Италия*: Dionisi, M.; *Канада*: Howard, D.; *Кипр*: Demetriades, P.; *Китай*: Zhimin Qu; *Корея, Республика*: Won-Jae Park; *Куба*: Fernandez, A.; **Латвия*: Salmins, A.; *Ливийская Арабская Джамахирия*: Elfawares, A.; *Литва*: Paulikas, V.; *Малайзия*: Sudin, M.; **Марокко*: Barkouch, R.; *Мексика*: Aguirre Gómez, J.; *Нидерланды*: van der Shaaf, M.; *Пакистан*: Mannan, A.; **Парагвай*: Idoyaga Navarro, M.; *Польша*: Wlodarski, J.; *Португалия*: Flausino de Paiva, M.; *Словакия*: Homola, J.; *Словения*: Mele, I.; *Соединенное Королевство*: Chandler, S.; *Соединенные Штаты Америки*: Camper, L.; **Таиланд*: Supaokit, P.; *Тунис*: Bousselmi, M.; *Турция*: Özdemir, T.; *Украина*: Макаровская, О.; **Уругвай*: Nader, A.; *Финляндия*: Nutri, K.; *Франция*: Rieu, J.; *Хорватия*: Trifunovic, D.; *Чешская Республика*: Lietava, P.; *Швейцария*: Wannner, H.; *Швеция*: Frise, L.; *Эстония*: Lust, M.; *Южная Африка*: Pather, T. (председатель); *Япония*: Matsuo, H.; *Агентство по ядерной энергии ОЭСР*: Riotte, H.; *Всемирная ядерная ассоциация*: Saint-Pierre, S.; *Европейская комиссия*: Necheva, C.; *МАГАТЭ*: Siraky, G. (координатор); *Международная ассоциация поставщиков и производителей источников*: Fasten, W.; *Международная организация по стандартизации*: Hutson, G.; *Нормы безопасности европейских ядерных установок*: Lorenz, B.; **Нормы безопасности европейских ядерных установок*, Zaiss, W.



ЗАКАЗ В СТРАНАХ

В указанных странах платные публикации МАГАТЭ могут быть приобретены у перечисленных ниже поставщиков или в крупных книжных магазинах.

Заказы бесплатных публикаций следует направлять непосредственно в МАГАТЭ. Контактная информация приводится в конце настоящего перечня.

АВСТРАЛИЯ

DA Information Services

648 Whitehorse Road, Mitcham, VIC 3132, AUSTRALIA

Телефон: +61 3 9210 7777 • Факс: +61 3 9210 7788

Эл. почта: books@dadirect.com.au • Веб-сайт: <http://www.dadirect.com.au>

БЕЛЬГИЯ

Jean de Lannoy

Avenue du Roi 202, 1190 Brussels, BELGIUM

Телефон: +32 2 5384 308 • Факс: +32 2 5380 841

Эл. почта: jean.de.lannoy@euronet.be • Веб-сайт: <http://www.jean-de-lannoy.be>

КАНАДА

Renouf Publishing Co. Ltd.

5369 Canotek Road, Ottawa, ON K1J 9J3, CANADA

Телефон: +1 613 745 2665 • Факс: +1 643 745 7660

Эл. почта: order@renoufbooks.com • Веб-сайт: <http://www.renoufbooks.com>

Bernan Associates

4501 Forbes Blvd, Suite 200, Lanham, MD 20706-4391, USA

Телефон +1 800 8653457 • Факс: 1 800 865 3450

Эл. почта: orders@bernan.com • Веб-сайт: <http://www.bernan.com>

ЧЕШСКАЯ РЕСПУБЛИКА

Suweco CZ, spol. S.r.o.

Klecakova 347, 180 21 Prague 9, CZECH REPUBLIC

Телефон +420 242 459 202 • Факс: +420 242 459 203

Эл. почта: nakup@suweco.cz • Веб-сайт: <http://www.suweco.cz>

ФИНЛЯНДИЯ

Akateeminen Kirjakauppa

PO Box 128 (Keskuskatu 1), 00101 Helsinki, FINLAND

Телефон: +358 9 121 41 • Факс: +358 9 121 4450

Эл. почта: akatilaus@akateeminen.com • Веб-сайт: <http://www.akateeminen.com>

ФРАНЦИЯ

Form-Edit

5 rue Janssen, PO Box 25, 75921 Paris CEDEX, FRANCE

Телефон: +33 1 42 01 49 49 • Факс: +33 1 42 01 90 90

Эл. почта: fabien.boucard@formedit.fr • Веб-сайт: <http://www.formedit.fr>

Lavoisier SAS

14 rue de Provigny, 94236 Cachan CEDEX, FRANCE

Телефон: +33 1 47 40 67 00 • Факс: +33 1 47 40 67 02

Эл. почта: livres@lavoisier.fr • Веб-сайт: <http://www.lavoisier.fr>

L'Appel du livre

99 rue de Charonne, 75011 Paris, FRANCE

Телефон: +33 1 43 07 50 80 • Факс: +33 1 43 07 50 80

Эл. почта: livres@appeldulivre.fr • Веб-сайт: <http://www.appeldulivre.fr>

ГЕРМАНИЯ

Goethe Buchhandlung Teubig GmbH

Schweitzer Fachinformationen

Willstätterstrasse 15, 40549 Düsseldorf, GERMANY

Телефон: +49 (0) 211 49 8740 • Факс: +49 (0) 211 49 87428

Эл. почта: s.dehaan@schweitzer-online.de • Веб-сайт: <http://www.goethebuch.de>

ВЕНГРИЯ

Librotade Ltd., Book Import

PF 126, 1656 Budapest, HUNGARY

Телефон: +36 1 257 7777 • Факс: +36 1 257 7472

Эл. почта: books@librotade.hu • Веб-сайт: <http://www.librotade.hu>

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-89.

ИНДИЯ

Allied Publishers

1st Floor, Dubash House, 15, J.N. Heredi Marg, Ballard Estate, Mumbai 400001, INDIA
Телефон: +91 22 2261 7926/27 • Факс: +91 22 2261 7928
Эл. почта: alliedpl@vsnl.com • Веб-сайт: <http://www.alliedpublishers.com>

Bookwell

3/79 Nirankari, Delhi 110009, INDIA
Телефон: +91 11 2760 1283/4536
Эл. почта: bkwell@nde.vsnl.net.in • Веб-сайт: <http://www.bookwellindia.com/>

ИТАЛИЯ

Libreria Scientifica "AEIOU"

Via Vincenzo Maria Coronelli 6, 20146 Milan, ITALY
Телефон: +39 02 48 95 45 52 • Факс: +39 02 48 95 45 48
Эл. почта: info@libreriaaeiou.eu • Веб-сайт: <http://www.libreriaaeiou.eu/>

ЯПОНИЯ

Maruzen Co., Ltd.

1-9-18 Kaigan, Minato-ku, Tokyo 105-0022, JAPAN
Телефон: +81 3 6367 6047 • Факс: +81 3 6367 6160
Эл. почта: journal@maruzen.co.jp • Веб-сайт: <http://www.maruzen.co.jp>

НИДЕРЛАНДЫ

Martinus Nijhoff International

Koraalrood 50, Postbus 1853, 2700 CZ Zoetermeer, NETHERLANDS
Телефон: +31 793 684 400 • Факс: +31 793 615 698
Эл. почта: info@nijhoff.nl • Веб-сайт: <http://www.nijhoff.nl>

Swets Information Services Ltd.

PO Box 26, 2300 AA Leiden
Dellaertweg 9b, 2316 WZ Leiden, NETHERLANDS
Телефон: +31 88 4679 387 • Факс: +31 88 4679 388
Эл. почта: tbeysens@nl.swets.com • Веб-сайт: <http://www.swets.com>

СЛОВЕНИЯ

Cankarjeva Založba dd

Kopitarjeva 2, 1515 Ljubljana, SLOVENIA
Телефон: +386 1 432 31 44 • Факс: +386 1 230 14 35
Эл. почта: import.books@cankarjeva-z.si • Веб-сайт: http://www.mladinska.com/cankarjeva_zalozba

ИСПАНИЯ

Díaz de Santos, S.A.

Librerías Bookshop • Departamento de pedidos
Calle Albasanz 2, esquina Hermanos García Noblejas 21, 28037 Madrid, SPAIN
Телефон: +34 917 43 48 90 • Факс: +34 917 43 4023
Эл. почта: compras@diazdesantos.es • Веб-сайт: <http://www.diazdesantos.es/>

СОЕДИНЕННОЕ КОРОЛЕВСТВО

The Stationery Office Ltd. (TSO)

PO Box 29, Norwich, Norfolk, NR3 1PD, UNITED KINGDOM
Телефон: +44 870 600 5552
Эл. почта (заказы): books.orders@tso.co.uk • (справки): book.enquiries@tso.co.uk • Веб-сайт: <http://www.tso.co.uk>

СОЕДИНЕННЫЕ ШТАТЫ АМЕРИКИ

Bernan Associates

4501 Forbes Blvd, Suite 200, Lanham, MD 20706-4391, USA
Телефон: +1 800 865 3457 • Факс: 1 800 865 3450
Эл. почта: orders@bernan.com • Веб-сайт: <http://www.bernan.com>

Renouf Publishing Co. Ltd.

812 Proctor Avenue, Ogdensburg, NY 13669, USA
Телефон: +1 888 551 7470 • Факс: +1 888 551 7471
Эл. почта: orders@renoufbooks.com • Веб-сайт: <http://www.renoufbooks.com>

Организация Объединенных Наций (ООН)

300 East 42nd Street, IN-919J, New York, NY 1001, USA
Телефон: +1 212 963 8302 • Факс: +1 212 963 3489
Эл. почта: publications@un.org • Веб-сайт: <http://www.unp.un.org>

Заказы платных и бесплатных публикаций можно направлять непосредственно по адресу:

IAEA Publishing Section, Marketing and Sales Unit, International Atomic Energy Agency
Vienna International Centre, PO Box 100, 1400 Vienna, Austria
Телефон: +43 1 2600 22529 или 22488 • Факс: +43 1 2600 29302
Эл. почта: sales.publications@iaea.org • Веб-сайт: <http://www.iaea.org/books>

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-89.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-89.

Настоящая публикация была заменена публикацией SSG-89.

Обеспечение безопасности с помощью международных норм

«Обязанность правительств, регулирующих органов и операторов во всем мире – обеспечивать полезное, безопасное и разумное применение ядерных материалов и источников излучения. Нормы МАГАТЭ по безопасности предназначены способствовать этому, и я призываю все государства-члены пользоваться ими.»

Юкия Аmano
Генеральный директор

МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ
ВЕНА
ISBN 978-92-0-401314-6
ISSN 1020-5845