

Нормы безопасности МАГАТЭ

для защиты людей и охраны окружающей среды

Геотехнические аспекты оценки площадок и оснований АЭС

Руководство по безопасности

№ NS-G-3.6



IAEA

Международное агентство по атомной энергии

ПУБЛИКАЦИИ МАГАТЭ ПО ВОПРОСАМ БЕЗОПАСНОСТИ

НОРМЫ БЕЗОПАСНОСТИ МАГАТЭ

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

Публикации, посредством которых МАГАТЭ устанавливает нормы, выпускаются в **Серии норм МАГАТЭ по безопасности**. Эта серия охватывает вопросы ядерной безопасности, радиационной безопасности, безопасности перевозок, безопасности отходов, а также общей безопасности (т.е. все эти области безопасности). Категории публикаций в этой серии – это **Основы безопасности, Требования безопасности и Руководства по безопасности**.

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

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

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

На этом сайте содержатся тексты опубликованных норм безопасности и проектов норм безопасности на английском языке. Тексты норм безопасности выпускаются на арабском, китайском, испанском, русском и французском языках, там также можно найти глоссарий МАГАТЭ по вопросам безопасности и отчет о положении дел с нормами безопасности, находящимися в стадии разработки. Для получения дополнительной информации просьба обращаться по адресу: P.O. Box 100, Wagramerstrasse 5, A-1400 Vienna, Austria.

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

ДРУГИЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ВОПРОСАМ БЕЗОПАСНОСТИ

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

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

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

ГЕОТЕХНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ
ОЦЕНКИ ПЛОЩАДОК И
ОСНОВАНИЙ АЭС

Членами Международного агентства по атомной энергии являются следующие государства:

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

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

Серия норм по безопасности, № NS-G-3.6

ГЕОТЕХНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ
ОЦЕНКИ ПЛОЩАДОК И
ОСНОВАНИЙ АЭС

Руководство по безопасности

МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ
ВЕНА, 2005 ГОД

УВЕДОМЛЕНИЕ ОБ АВТОРСКОМ ПРАВЕ

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

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

© МАГАТЭ, 2005

Напечатано МАГАТЭ в Австрии
Декабрь 2005

ГЕОТЕХНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОЦЕНКИ ПЛОЩАДОК И
ОСНОВАНИЙ АЭС
МАГАТЭ, ВЕНА, 2005
STI/PUB 1195
ISBN 92-0-400106-2
ISSN 1020-5845

ПРЕДИСЛОВИЕ

Мохамед ЭльБарадей
Генеральный директор

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

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

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

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

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

НОРМЫ БЕЗОПАСНОСТИ МАГАТЭ

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПОСРЕДСТВОМ МЕЖДУНАРОДНЫХ НОРМ

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

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

НОРМЫ МАГАТЭ

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

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

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

Основы безопасности

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

Требования безопасности

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

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

Руководства по безопасности

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

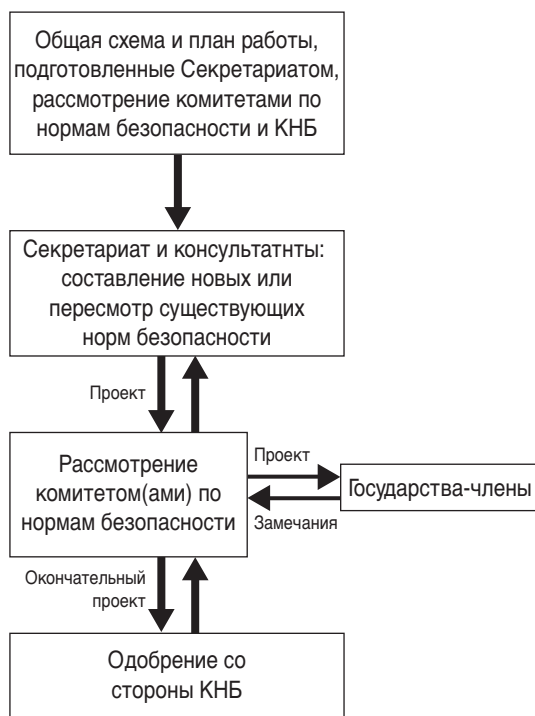
Нормы безопасности МАГАТЭ необходимо дополнять промышленными стандартами, и для достижения их полной эффективности они должны применяться в рамках соответствующих национальных регулирующих инфраструктур. МАГАТЭ выпускает широкий круг технических публикаций для помощи государствам в разработке этих государственных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

ОСНОВНЫЕ ПОЛЬЗОВАТЕЛИ НОРМ

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

ПРОЦЕСС РАЗРАБОТКИ НОРМ

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



Процесс разработки новых норм безопасности или пересмотр существующих норм.

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

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

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

ПРИМЕНЕНИЕ И СФЕРА ДЕЙСТВИЯ НОРМ

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

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

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

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

ТОЛКОВАНИЕ ТЕКСТА

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

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

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

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

Добавление, если оно включено, рассматривается в качестве неотъемлемой части норм. Материал в добавлении имеет такой же статус, как и основной текст, и МАГАТЭ берет на себя авторство в отношении такого

материала. Приложения и сноски к основному тексту, если они включены, используются для предоставления практических примеров или дополнительной информации или пояснений. Приложение не является неотъемлемой частью основного текста. Материал в приложениях, опубликованный МАГАТЭ, не обязательно выпускается в качестве его авторского материала; в приложениях может быть представлен материал, опубликованный в нормах, имеющих другое авторство. Посторонний материал в приложениях по мере необходимости публикуется в виде выдержек и адаптируется, с тем чтобы в целом быть полезным.

СОДЕРЖАНИЕ

1.	ВВЕДЕНИЕ	1
	Общие сведения (1.1–1.2)	1
	Цель (1.3)	1
	Область применения (1.4–1.8)	2
	Структура (1.9)	3
2.	ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛОЩАДКИ	3
	Программа исследований (2.1–2.24)	3
	Источники данных (2.25–2.34)	12
	Исследования сложных продстилающих условий (2.35–2.47)	16
3.	СООБРАЖЕНИЯ, КАСАЮЩИЕСЯ ПЛОЩАДКИ	21
	Категоризация площадки (3.1–3.2)	21
	Параметры профилей (3.3–3.5)	21
	Сейсмическая реакция на свободной поверхности и характерные для конкретной площадки спектры реакции (3.6–3.14)	23
	Возможности разжижения (3.15–3.25)	25
4.	СООБРАЖЕНИЯ, КАСАЮЩИЕСЯ ОСНОВАНИЙ	31
	Работы по устройству основания (4.1–4.8)	31
	Взаимодействие грунт-конструкция (4.9–4.26)	33
	Устойчивость (4.27–4.42)	39
	Оседания и вспучивания (4.43–4.49)	43
	Воздействие индуцированных колебаний (4.50)	44
5.	ЗЕМЛЯНЫЕ СООРУЖЕНИЯ И СТРУКТУРЫ	45
	Общая концепция (5.1)	45
	Естественные склоны (5.2–5.6)	45
	Дамбы и плотины (5.7–5.12)	46
	Волноломы, волнорезы и крепления (5.13–5.16)	47
6.	ПОДЗЕМНЫЕ СООРУЖЕНИЯ	48

Подпорные стены (6.1–6.6)	48
Погруженные сооружения (6.7–6.11)	49
Подземные трубопроводы, каналы и туннели (6.12–6.24)	51
7. КОНТРОЛЬ ГЕОТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ	53
Цель контроля геотехнических параметров (7.1–7.2)	53
Руководящие принципы контроля (7.3–7.7)	54
Контрольные приборы (7.8)	55
СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ	56
СОСТАВИТЕЛИ И РЕЦЕНЗЕНТЫ	57
ОРГАНЫ, УЧАСТВУЮЩИЕ В ОДОБРЕНИИ НОРМ БЕЗОПАСНОСТИ	58

1. ВВЕДЕНИЕ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1.1. Настоящее Руководство по безопасности, которое дополняет публикацию по требованиям безопасности «Оценка площадок для ядерных установок», выпускается в рамках программы МАГАТЭ по требованиям безопасности и руководствам по безопасности, касающимся наземных ядерных установок.

1.2. Настоящее Руководство по безопасности заменяет руководство по безопасности, выпущенное в 1986 году (на русском языке в 1990 году) в Серия изданий по безопасности, № 50-SG-S8 «Аспекты безопасности оснований атомных электростанций». Пересмотр сводился главным образом к обновлению технического содержания в соответствии с развитием инженерной геологии и информацией о накопленном опыте, а также к реорганизации текста. В процессе пересмотра было принято решение расширить сферу охвата руководства, с тем чтобы включить в него земляные сооружения и структуры, которые ранее рассматривались в Серии изданий по безопасности, № 50-SG-D15, «Проектирование и аттестация сейсмостойких конструкций атомных электростанций», которая была заменена документом [1].

ЦЕЛЬ

1.3. Цель настоящего Руководства по безопасности – дать руководящие материалы по рассмотрению геотехнических инженерных аспектов, которые являются важными для безопасности атомных электростанций. Сейсмические аспекты также играют важную роль в этой области, и поэтому в ряде случаев приводятся ссылки на Руководство по безопасности «Оценка сейсмических опасностей для атомных электростанций», Серия норм безопасности, № NS-G-3.3 [2], в котором рассматривается определение вводимых сейсмических данных о колебаниях грунта. Настоящее Руководство по безопасности содержит толкование Требований безопасности по оценке площадок для ядерных установок [3] и руководящие материалы по их осуществлению. Оно предназначается для использования специалистами по оценке безопасности или регулирующими органами, участвующими в процессе лицензирования, а также разработчиками проектов атомных электростанций и содержит для них руководящие материалы по методам и процедурам анализов, выполняемых для подтверждения оценки геотехнических аспектов безопасности атомных электростанций.

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

1.4. В процессе выбора новой площадки для ядерной установки требуется рассматривать ряд параметров, как указано в [3]. Эти параметры обычно играют важнейшую роль, и окончательно выбранная площадка редко оказывается идеальной в том, что касается геотехнических условий (на практике площадка может быть исключена из процесса рассмотрения по геотехническим причинам только в том случае, если эти условия являются совершенно неудовлетворительными). Настоящее Руководство по безопасности поэтому содержит руководящие материалы на случай реальной возможности возникновения ситуации, в которой приходится иметь дело со сложными геотехническими условиями.

1.5. В настоящем Руководстве по безопасности рассматриваются геотехнические инженерные аспекты подстилающих условий, а не геологические аспекты, за исключением случаев, когда последние непосредственно влияют на систему основания. В нем рассматривается программа исследований, которые следует выполнять для выработки надлежащего понимания подстилающих условий, которое требуется для того, чтобы определить, являются ли эти условия подходящими для строительства атомной электростанции. Оно также содержит описание геотехнических профилей и параметров, являющихся пригодными для использования при проведении геотехнических анализов, которые требуются при проектировании атомной электростанции. В нем также рассматривается контроль геотехнических параметров на площадке.

1.6. Здесь обсуждаются методы анализа, пригодные для оценки безопасности площадки, особенно для оценки воздействия землетрясения на площадку, включая определение характерных для конкретной площадки спектров реакции и оценку возможности разжижения. В данном Руководстве по безопасности рассматриваются также методы анализа, пригодные для оценки безопасности применительно к эффектам статического и динамического взаимодействия грунта и сооружений и последствиям для несущей способности и оседания. Более детальное описание методов анализа взаимодействий грунт-конструкция дается в [1]. В настоящем Руководстве по безопасности рассматриваются только зависящая от характеристик площадки информация и методы анализа.

1.7. В настоящем Руководстве по безопасности обсуждаются работы по устройству основания, включая последствия для геотехнических профилей и параметров, возможное улучшение материала основания и надлежащий выбор системы основания в соответствии с характеристиками грунта.

1.8. Кроме того, рассматриваются земляные сооружения и структуры, включая естественные склоны и подземные сооружения, безопасность которых, вероятно, необходимо оценивать. Руководство по безопасности содержит описание соответствующих методов анализа поведения таких сооружений под действием статических и динамических нагрузок.

СТРУКТУРА

1.9. Раздел 2 посвящен программе исследований, и в нем рассматриваются различные стадии осуществления такой программы и источники данных; отдельный подраздел посвящен исследованию сложных подстилающее условий. Раздел 3 посвящен оценке площадки в состоянии до начала строительства и соответствующим методам анализа. В соответствующих подразделах рассматриваются вопросы характеристики площадки с условиями от мягких до жестких грунтов, соответствующие параметры для описания механических свойств профилей грунта, спектров сейсмической реакции на свободной поверхности и характерных для конкретной площадки спектров реакции, а также оценки возможности разжижения. В Разделе 4 основное внимание уделяется соображениям, касающимся оснований; т.е. площадке после изменений, которые происходят в результате строительства. Сначала рассматриваются работы по устройству основания, а затем взаимодействия грунт-конструкция и их последствия для устойчивости и оседания. Разделы 5 и 6 посвящены специальным сооружениям. В Разделе 5 рассматриваются земляные сооружения и структуры, и имеются подразделы по естественным склонам, дамбам и плотинам, насыпям и выемкам, а также засыпкам, волноломам и аналогичным сооружениям. Раздел 6 рассматривает подземные сооружения в широком плане и содержит подразделы по подпорным стенкам, погруженным сооружениям, подземным трубопроводам и туннелям. В Разделе 7 рассматривается контроль геотехнических параметров.

2. ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛОЩАДКИ

ПРОГРАММА ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1. Исследование подстилающее условий на площадке атомной электростанции важно на всех стадиях процесса оценки площадок. Цель этого

исследования состоит в том, чтобы представить информацию или базовые данные для решений по характеру и пригодности подстилающих материалов. На каждой стадии оценки площадок следует предусматривать, чтобы программа исследований обеспечивала получение данных, необходимых для соответствующего определения характеристик подстилающих материалов. Детальные глубинные исследования грунта следует выполнять на более поздних стадиях. Конкретные требования могут в значительных пределах изменяться при переходе от стадии до стадии.

2.2. Следует обеспечивать, чтобы программа исследований охватывала все стадии процесса оценки площадок. В случае атомной электростанции оценка площадок обычно включает указанные ниже стадии:

- *Стадия выбора.* После обследования большого района, отклонения непригодных площадок и отбора и сравнения остальных площадок выбирается одна или несколько предпочтительных площадок-кандидатов.
- *Стадия характеристики.* Эта стадия подразделяется, в свою очередь, на:
 - проверку, при проведении которой пригодность площадки для размещения на ней атомной электростанции проверяется в основном в соответствии с заранее определенными критериями исключения площадки из рассмотрения;
 - подтверждение, в котором определяются характеристики площадки, необходимые для целей анализа и детального проектирования.
- *Предэксплуатационная стадия.* Исследования и изыскания, начатые на предыдущих стадиях, продолжаются после начала строительства и до начала эксплуатации станции, с тем чтобы завершить и доработать оценку характеристик площадки. Полученные данные о площадке позволяют проводить окончательную оценку имитационных моделей, используемых при окончательном проектировании.
- *Стадия эксплуатации.* Отдельные исследования осуществляются в течение всего жизненного цикла станции.

2.3. Программы исследований могут быть разными на различных стадиях ввиду того, что требования к данным различаются в значительных пределах. В целом требующиеся данные обеспечивают получение соответствующей геологической и инженерно-технической информации для использования в оценках или анализах безопасности. Эти данные можно классифицировать следующим образом:

- геологическая информация (стратиграфическая и структурная);

- описание протяженности и природы подстилающих материалов;
- характеристика грунта и породы (описание свойств);
- информация о подземных водах (режим, места нахождения подземных вод и характеристики гидрологических элементов, физико-химические характеристики воды).

2.4. Результаты исследований, указанных в данном разделе, следует должным образом документировать применительно к конкретным условиям площадки (грунт или горная порода), соответствующей стадии процесса оценки площадки и требуемому анализу проверки.

2.5. На всех стадиях процесса оценки площадки в разной степени применяются различные методы исследований, а именно использование текущей и исторической документации, геофизические и геотехнические исследования в естественных условиях и лабораторные испытания. В данном разделе указан уровень исследований, необходимых для оценки площадки с точки зрения поведения подстилающих материалов и земляных сооружений в условиях ожидаемых нагрузок (статических и динамических).

Стадия выбора

2.6. Цель исследований на стадии выбора площадки заключается в определении пригодности площадок. На этой стадии рассматриваются геологические, геоморфологические и геотехнические аспекты и обычно определяются участки или районы, которые исключаются из дальнейшего рассмотрения. Информацию о подстилающих материалах для этой стадии обычно получают из текущей и исторической документации и посредством полевых изысканий, включая геологические и геоморфологические исследования, и она используется для следующих оценок:

- *Неприемлемые подстилающие условия.* Площадка с геологическими условиями, которые могут влиять на безопасность атомной электростанции и которые не могут быть исправлены геотехническими методами или компенсированы конструктивными мерами, считается неприемлемой. Следует выявлять и оценивать опасные геологические явления, такие, как поверхностное разломообразование (см. в [3] 'Потенциал поверхностного разломообразования на площадке'), вулканическая деятельность, оползни, вечная мерзлота, процессы эрозии, оседание и обрушение из-за наличия подземных пустот (как природных, так и тех, которые являются следствием деятельности человека) или

других причин. Следует обеспечивать, чтобы район исследований соответствовал рассматриваемой опасности.

- *Классификация площадок.* Заключение о подстилающих условиях на площадке можно делать на основании геологической и геотехнической литературы. Площадка может быть классифицирована как площадка, сложенная скальными породами, мягкими породами, или площадка с жестким грунтом, площадка с мягким грунтом, либо с комбинацией перечисленного, и отнесена к соответствующей категории, как указано в Разделе 3. По своему типу грунт далее подразделяется на несвязный и связный. Однако такая грубая классификация может оказаться неприменимой в случае некоторых площадок. Например, образования четвертичного периода могут содержать сложные границы раздела между горной породой и глиной, которые следует тщательно исследовать и контролировать.
- *Режим подземных вод.* Гидрогеологическая литература может помочь в оценке местонахождения подземных вод и режима подземных вод (см. [4]).
- *Условия основания.* Могут определяться тип грунта, глубина залегания коренной породы и свойства отложений. Это позволяет делать предварительный выбор приемлемых типов основания.

2.7. На основе указанной выше информации о подстилающих условиях можно производить классификацию потенциальных или перспективных площадок (площадок-кандидатов) согласно пригодности основания. На этом этапе следует также делать заключения об опасных геологических явлениях, усиливающих сейсмичность эффектах, о возможности разжижения, несущей способности, потенциальном оседании и вспучивании, взаимодействиях грунт-конструкция и режиме грунтовых вод. После этого площадки отбираются для дальнейшего рассмотрения на основе геотехнических соображений.

Стадия проверки

2.8. На стадии проверки предполагается, что общие планы расположения и строительные нагрузки были определены. С целью учета как нормальных, так и экстремальных условий, таких, как землетрясения и наводнения, при оценке следует учитывать указанные ниже факторы:

- опасные геологические явления;
- геологические и подстилающие условия;
- возможность разжижения;
- практически возможные типы основания;

- предварительные значения несущей способности и другие факторы устойчивости основания;
- предварительные диапазоны оседания;
- уровни и режимы грунтовых вод;
- предыдущее использование площадки;
- требования к подготовке площадки.

На этой стадии следует обеспечивать, чтобы программа исследований охватывала площадку в целом, а также участки меньшего масштаба, необходимые для разработки планов размещения.

2.9. Среди методов исследования площадки и связанных с ними отдельные вопросы следует выделить:

- *Роторное бурение скважин.* В случае этого метода бурения извлекаются все керны для общего определения условий площадки. При этом обычно выбирается расположение буровых скважин по двум линиям пересечения с общей буровой скважиной в точке их пересечения; кроме получения кернов или других образцов для квалификации горной породы или грунта и лабораторных испытаний буровые скважины могут использоваться для установки в них приборов в целях проведения долгосрочных испытаний в естественных условиях, включая приборы для контроля режима подземных вод. Следует анализировать возможное воздействие буровых скважин на режим питьевой воды [4]. В случае необходимости следует использовать разведочные скважины или испытательные туннели для облегчения прямого исследования подстилающих условий.
- *Испытания в естественных условиях.* В зависимости от подстилающих условий следует выполнять различные типы простых испытаний в естественных условиях для измерения механических свойств материалов основания. В эти испытания следует также включать различные проводимые на месте нагрузочные тесты и пьезометрические измерения подземных вод.
- *Сейсморазведка методом преломленных и отраженных волн.* Сейсморазведку методом преломленных и отраженных волн следует проводить с целью получения непрерывной информации для оценки подстилающих условий в плане и по глубине. Интерпретация результатов разведки обеспечивает получение стратиграфической и структурно-геологической информации, данных о расположении зеркала грунтовых вод и позволяет провести оценку скоростей распространения волн на площадке. Бурением обеспечивается вертикальный стратиграфический контроль разведки.

— *Лабораторные испытания.* Ограниченные лабораторные испытания, состоящие из проверок руководящих минералов и классификационных испытаний, следует проводить на скальных породах или грунте. Если во время бурения были получены образцы связного грунта, то следует определять соответствующие коэффициенты консолидации и прочности на сдвиг на образцах с ненарушенной структурой, которые позволяют проводить оценку прочности грунта и возможности его оседания.

2.10. При проведении исследований особое внимание следует уделять выявлению нежелательных подстилающих характеристик, таких, как наличие зон с полостями, набухающих пород и сланцев, газовых карманов, ослабленных зон или неоднородностей в кристаллических породах, а также потенциальных оползневых плоскостей, предопределенных нестабильными подстилающими слоями.

Стадия подтверждения

2.11. Цель стадии подтверждения площадки заключается в обеспечении подтверждения результатов, полученных на предыдущих стадиях. На площадке следует осуществлять программу разведки подстилающих слоев и лабораторных испытаний, применяя сеточную схему расположения скважин либо другую схему расположения скважин, подходящую для данной площадки и рассматриваемой установки. Расстояние между скважинами в сетке может зависеть от геометрии характеристик подстилающих слоев. Метод регулярной сетки особенно подходит для площадок с относительно однородными грунтовыми условиями. Там где встречаются различия и нарушения сплошности нормальный процесс разведки следует дополнять бурением скважин на расстоянии, достаточно близком для обнаружения структурных особенностей и выполнения их надлежащей оценки. Следует учитывать последствия бурения скважин для режима подземных вод и, возможно, для запасов питьевой воды.

2.12. Как минимум, следует учитывать указанные ниже признаки потенциального наличия пустот и зон возможного обрушения грунта:

- воронки, заполненные водой провалы, пещеры, полости и каверны;
- уходящие в грунт ручьи;
- историческая просадка грунта;
- наличие шахт и связанной с этим деятельности;
- естественные мостики;
- понижение уровня поверхности;

- родники, ключи;
- породы таких типов, как известняки, доломиты, гипс, ангидрит, галит, красные грунты, лавы, слабоцементированные обломочные породы, уголь или руды;
- несогласные напластования на растворимых породах.

2.13. На этом этапе известны такие предварительные характеристики станции, как механические нагрузки, создаваемые станцией, физические размеры строений, предварительные инженерно-строительные критерии и предпочтительные планы расположения станции. Содержание программ испытаний в естественных условиях и лабораторных испытаний следует планировать как на основе предварительных характеристик станции, так и с учетом геотехнических вопросов, которые были определены на предыдущей стадии.

2.14. Требуемая глубина бурения зависит от условий площадки, однако бурение скважин следует выполнять на достаточную глубину, с тем чтобы можно было полностью описать условия площадки, которые будут воздействовать на сооружения, и подтвердить условия грунтов и породы, определенные в предыдущих исследованиях. В тех случаях, когда слои грунта имеют очень большую мощность, с тем чтобы можно было производить оценку возможной нестабильности по глубине на площадке, за минимальную глубину бурения для инженерно-технических целей следует принимать глубину менее двух следующих значений: i) глубины, на которой изменение вертикального напряжения во время строительства или после его окончания составляет менее 10% от эффективного напряжения, возникающего в покрывающих пластах в естественных условиях, или ii) глубины, равной диаметру основания.

2.15. Если площадка сложена из скальной породы или если на глубине менее той, которая рекомендуется выше, встречается крепкая порода, то бурение следует производить до максимальной глубины, на которой нарушения сплошности и ослабленные зоны или зоны разрушенных пород могут воздействовать на устойчивость основания. В случае площадок с выветрившимися глинистыми сланцами или мягкими породами глубину буровых скважин следует выбирать в расчете на грунт.

2.16. На этом этапе следует проводить испытания в естественных условиях и лабораторные испытания, достаточные для того, чтобы можно было рассчитать несущую способность, определить осадку структур и усиление сейсмических волн на площадке, установить параметры взаимодействия грунт-конструкция (динамические и статические), оценить возможность разжижения и при необходимости определить характерный для данной площадки расчетный

спектр реакции. В дополнение к программе бурения, описанной выше, может оказаться необходимым включить в программу исследований бурение нескольких скважин с целью определения модели грунта для изучения динамического взаимодействия грунт/порода-конструкция. Бурение скважин, требующихся для изучения эффектов усиления площадки, при необходимости может производиться на глубину свыше той, которая требуется для нормальных целей геотехнического проектирования.

2.17. Если признаются необходимыми работы по улучшению подстилающих условий, то эти работы следует выполнять на этом этапе, и их эффективность следует проверять посредством испытаний в естественных условиях.

2.18. На данном этапе следует проводить предварительные анализы, включающие определение статической устойчивости, реакции на динамические нагрузки, возможности разжижения и устойчивости склонов, насыпей и дамб. Анализы следует выполнять на основе данных исследований в естественных условиях и лабораторных испытаний.

2.19. Результаты исследований для этом этапе обычно объединяются с базовыми данными, полученными на предыдущих этапах, в детальном геотехническом отчете. В этот отчет следует включать:

- геологические карты и профили;
- описание геологических факторов и геологии площадки;
- программу разведки и ее основы;
- планы размещения и данные о поперечном сечении буровых скважин;
- буровые журналы для скважин и пробных шурфов;
- результаты испытаний в естественных условиях;
- результаты лабораторных испытаний;
- результаты геофизических съемок;
- описание и результаты анализов;
- детальное описание режима подземных вод и физико-химических свойств подземных вод.

2.20. Следует обеспечивать, чтобы результаты стадии проверки площадки содержали необходимую информацию для получения общих проектных параметров и заключений в отношении площадки и ее характеристик. Следует обеспечивать, чтобы стадия проверки соответствовала окончательному расположению строений на площадке. Любая оставшаяся необходимая

геотехническая информация будет иметь прямое отношение к отдельным строениям, конструкциям и вспомогательному оборудованию.

2.21. Когда известна окончательная планировка строений, конструкций и вспомогательного оборудования, следует дифференцировать конструкции, связанные с безопасностью, и конструкции, которые не связаны с безопасностью. При разведке подстилающих слоев и в ходе осуществления программы испытаний конструкций, не связанных с безопасностью, следует применять стандартную практику. В целом на месте расположения каждой конструкции, связанной с безопасностью, следует бурить по меньшей мере одну скважину. В тех случаях, когда обнаруживается, что условия различаются, расстояние между скважинами следует выбирать так, чтобы обеспечивалось четкое определение изменчивости свойств грунта и породы.

Предэксплуатационная стадия

2.22. Исследования следует продолжать после начала строительства вплоть до начала эксплуатации станции, с тем чтобы завершить и доработать оценку характеристик площадки, включая геотехнические данные, которые были недавно получены в ходе экскавационных и строительных работ нулевого цикла. Выходы на поверхность подстилающего материала следует тщательно изучать и картировать для сравнения с проектными условиями с целью подтверждения проекта. В случае необходимости могут дополнительно проводиться испытания в естественных условиях путем использования основных экскавационных работ.

2.23. Данные, полученные по фактическим характеристикам оседания и деформации вследствие нагрузок на сооружение, следует использовать для проверки прогнозируемого поведения оснований. Ввиду того, что процесс выполнения строительных работ обычно является длительным, эти данные следует использовать для пересмотра моделей оседания и свойств грунта на основе фактических характеристик поведения.

Стадия эксплуатации

2.24. В ходе эксплуатации станции оседание сооружений, а также такие параметры, как уровень грунтовых вод, следует измерять и сравнивать с прогнозами для обновления оценки безопасности. Выбор измеряемых параметров, тип регистрационных записей, которые будут выполняться, интервалов измерений и в целом все виды деятельности по оценке площадки на

стадии эксплуатации следует регламентировать в программе технического обслуживания. Эта стадия также рассматривается в Разделе 7.

ИСТОЧНИКИ ДАННЫХ

2.25. Цель исследований состоит в том, чтобы обеспечить получение информации или базовых данных для принятия информированных решений по характеру и пригодности подстилающих материалов. Источниками данных являются:

- историческая и текущая документация;
- разведка на месте;
- лабораторные испытания.

Историческая и текущая документация

2.26. Для проведения исследований требуется понимания общей геологии интересующего района. Для этого следует выполнять полевые изыскания и анализ имеющейся исторической и текущей документации, включая следующие источники:

- топографические карты;
- геологические и инженерно-геологические карты;
- почвенные карты;
- геологические отчеты и другая геологическая литература;
- геофизические карты;
- геотехнический отчеты и другая геотехническая литература;
- космические снимки и аэрофотоснимки;
- описания водяных скважин и отчеты о водоснабжении;
- описания нефтяных и газовых скважин;
- гидрогеологические карты, гидрологические данные и данные о приливах, данные о паводках, и сведения о климате и об осадках;
- история горных выработок, планы старых шахт и отчеты об оседаниях грунта;
- сейсмические данные и исторические отчеты о землетрясениях;
- современные данные об оползнях, наводнениях, паводках, землетрясениях, оседаниях и других геологических значимых явлениях;
- данные о поведении близко расположенных сооружений.

2.27. Следует принимать во внимание другие возможные источники получения информации, такие, как отдельные наблюдатели, геологические и инженерные кафедры колледжей и университетов, государственные геологические службы и инженерно-технические учреждения, работы, выполненные другими лицами и организациями в районе расположения площадки, и наблюдения, проводимые в разрабатываемых карьерах.

Разведка на месте

2.28. Два типа испытаний – геофизические испытания и геотехнические испытания – различаются масштабом проводимых исследований, и следует обеспечивать выполнение испытаний обоих типов.

2.29. Геофизические испытания служат источником информации или данных, которые могут быть получены путем обратного анализа результатов испытаний, однако только в области упругой деформации. Эти методы обычно обеспечивают большой охват (в смысле глубины и площади поверхности) и дают лишь грубые оценки параметров (таких, как толщина слоев и параметры, определяющие их механические свойства), достаточных для целей оценки площадок. В программу обследований следует включать некоторых или все различные методы, указанные в таблице 1, согласно наилучшей практике при данных обстоятельствах с учетом подстилающих условий.

2.30. Геотехнические методы предназначены для исследования ближней зоны (до глубины, равной по меньшей мере одному диаметру основанию здания реактора). Существует множество различных методов, в которых используется бурение скважин или производятся работы непосредственно от уровня земной поверхности. В соответствии с подстилающими условиями следует проводить надлежащие испытания, перечисленные в таблице 2.

Лабораторные испытания

2.31. Лабораторные испытания следует проводить на образцах, полученных методами прямой разведки. Получение хороших образцов с ненарушенной структурой важно для общего успеха лабораторных испытаний. Подготовка образцов после их отбора является столь же важной для их качества, как и процедура, используемая для их получения. Вопросам обращения с образцами, их хранения в полевых условиях и перевозки в лабораторию следует уделять серьезное внимание. Отбор проб следует производить посредством шурфов, траншей или выемки и внутрискважинными методами. В некоторых случаях

ТАБЛИЦА 1. МЕТОДЫ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ОБРАЗЦОВ ГРУНТА И ПОРОДЫ

Тип испытаний	Измеряемый параметр	Задача	Примечания
Сейсморазведка методом преломленных/отраженных волн	Распространение деформации во времени	Категоризация площадки	Для поверхностных исследований
Сейсмические испытания перпендикулярно стволу скважины	Динамические эластичные свойства	Категоризация площадки, взаимодействие грунт-конструкция	В случае глубинных исследований: одна скважина для излучения и одна скважина для приема
Метод Накамуры	Колебания низкого уровня (фоновый шум)	Категоризация площадки, взаимодействие грунт-конструкция	
Удельное электрическое сопротивление	Содержимое жидкой среды	Суффозия грунта	Для поверхностных или глубинных исследований
Ядерный каротаж	Влажность, плотность		Требуется дорогостоящих методов каротажа
Микрогравиметрия	Ускорение силы тяжести	Раковины, разнородности	Сложные подстилающие условия
Георадар	Скорость распространения	Пустоты	Сложные подстилающие условия
Магнитные методы	Напряженность магнитного поля	Зоны влажности	Эксплуатация дамб и плотин

может требоваться заморозка 'несвязного' грунта для получения образцов с ненарушенной структурой.

2.32. Цель лабораторных испытаний состоит в том, чтобы дополнить и подтвердить данные испытаний в естественных условиях для полного и правильного описания характеристик грунта и породы на площадке во всем диапазоне ожидаемых напряжений. Коэффициент затухания материала грунта,

ТАБЛИЦА 2. МЕТОДЫ ГЕОТЕХНИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ОБРАЗЦОВ ГРУНТА И ПОРОДЫ

Тип испытаний	Тип материала	Измеряемый параметр	Задача	Примечания
Испытание с помощью плоского домкрата	Порода	Нормальное напряжение в естественных условиях	Деформируемость, схождение	Сомнительные результаты по породе с сильно зависящими от времени свойствами
Гидравлическое испытание на образование трещин	Порода	Напряженное состояние в естественных условиях	Деформируемость, схождение	Влияние анизотропии прочности на растяжение
Прямое испытание на напряжение сдвига	Порода	Прочность на сдвиг	Проблемы стабильности	Обычно требуется достаточное число испытаний для статистического контроля
Испытание несущей способности при помощи нагруженной плиты	Глина, песок, гравий, порода	Модуль реакции	Контроль уплотнения; оседание	Используется при выполнении работ по выемке и возведению насыпей
Испытание давлением	Глина, песок, гравий, порода	Модуль упругости; коэффициент сжимаемости	Оседание; несущая способность	Требует предварительного бурения скважины
Статическое испытание с помощью пенетromетра	Глина, песок, гравий	Сопротивление конусу; сцепление в недrenированном состоянии; прочность на сдвиг	Оседание; несущая способность	Включает испытания с помощью конусного пенетromетра

ТАБЛИЦА 2. МЕТОДЫ ГЕОТЕХНИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ОБРАЗЦОВ ГРУНТА И ПОРОДЫ

Тип испытаний	Тип материала	Измеряемый параметр	Задача	Примечания
Динамическое испытание с помощью пенетрометра	Глина, песок, гравий	Сопротивление конусу; относительная плотность	Разжижение	Включает стандартное испытание на пенетрацию
Испытание на сдвиг с помощью лопастей	Пластичная глина	Прочность на сдвиг	Несущая способность, устойчивость склонов	Не пригодно в случае ила, песка или грунта со значительным количеством гравия или ракушечника
Испытание накачиванием	Глина, песок, гравий	Коэффициент фильтрации в полевых условиях	Коэффициент пропускания грунта	Необходимо применение пьезометров

например, а также другие механические свойства в случае больших напряжений не легко определить посредством испытаний в естественных условиях. Все этапы исследования площадки и соответствующие полевые и лабораторных испытания следует тщательно планировать и выполнять так, чтобы можно было реалистично и своевременно оценить свойства грунта и породы.

2.33. Следует обеспечивать, чтобы программа испытаний позволяла определять и классифицировать образцы грунта и породы. Их физические свойства и инженерно-технические характеристики следует определять на основе опубликованных данных или путем измерений. Лабораторные испытания следует ориентировать на цели, указанные в таблице 3.

2.34. Параметры характеристики площадки для использования в проектном профиле следует тщательно определять на основе результатов испытаний в естественных условиях и лабораторных испытаний. Любые несоответствия между результатами испытаний в естественных условиях и лабораторных испытаний следует анализировать и устранять.

ТАБЛИЦА 3. МЕТОДЫ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ОБРАЗЦОВ ГРУНТА И ПОРОДЫ

Исследуемые характеристики	Тип грунта	Испытание	Измеряемый параметр	Цель
Индекс и классификация грунта	Глинистый грунт	Пределы Аттенберга	Влажность (через индексы текучести и пластичности)	Сжимаемость и пластичность
Физические и химические свойства грунта	Все типы	Прибор Дитриха Фрюлинга	Карбонаты и сульфаты	Классификация грунта
Физические и химические свойства подземных вод	Все типы		Солесодержание	Влияние на проницаемость
Соотношения влажность-плотность почвы	Все типы	Испытание по Проктору, гаммаметрия, испытание ASTM ^a (относительная плотность)	Плотность во влажном и в сухом состоянии, влажность, коэффициент насыщения, относительная плотность	Оседание; консолидация, несущая способность
Характеристики консолидации и проницаемости	Все типы	Одометр	Одометрический параметр, модуль Юнга, коэффициент консолидации	Оседание, консолидация
Прочность на сдвиг и способность деформации грунта	Все типы	Испытания на сдвиг, испытания на трехосное сжатие	Модуль Юнга, коэффициент Пуассона, связность и угол трения в дренированном и недренированном состоянии	Оседание, несущая способность
Механические свойства породы	Порода	Испытания на сдвиг, испытания на двухосное и трехосное сжатие	Модуль Юнга и коэффициент Пуассона	Устойчивость, упрочнение

ТАБЛИЦА 3. МЕТОДЫ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ОБРАЗЦОВ ГРУНТА И ПОРОДЫ

Исследуемые характеристики	Тип грунта	Испытание	Измеряемый параметр	Цель
Динамические характеристики грунта	Все типы	Циклические испытания на трехосное сжатие, резонансная колонна	Динамический модуль Юнга, коэффициент Пуассона, внутреннее демпфирование, поровое давление	Категоризация площадки, взаимодействие грунт-конструкция, разжижение

^a ASTM International, ранее известное как Американское общество по испытанию и материалам (ASTM).

ИССЛЕДОВАНИЯ СЛОЖНЫХ ПОДСТИЛАЮЩИХ УСЛОВИЙ

2.35. В программу исследований площадки для атомных электростанций следует включать рассмотрение возможных сложных подстилающих условий. Такие условия на площадке могут иметь серьезные последствия для целостности основания атомной электростанции. Сложные подстилающие условия включают вероятность возникновения подземных впадин естественного или искусственного происхождения, которые могут привести к обрушению. Следует учитывать также другие грунтовые условия, такие, как раковины и открытые швы, которые приводят к возникновению опасных эффектов других типов, таких, как перекачивание и просачивание.

2.36. Требования, предъявляемые к исследованиям, испытаниям и анализу, могут зависеть от условий, с которыми приходится сталкиваться, и сложно определить содержание программ исследований, охватывающих все аномальные подстилающие условия. Тем не менее в основные элементы программы исследований в случае сложных подстилающих условий следует включать прогноз, обнаружение, оценку и обработку данных.

Прогноз сложных подстилающие условий

2.37. Прогноз наличия полостей и нарушений сплошности подстилающих материалов, могущих привести к потенциальному обрушению грунта и геотехническому поведению, выражающемуся в нарушении сплошности, следует выполнять в качестве важного этапа проводимой работы. Часть поверхности земли имеет подстилающий слой, образуемый формациями,

которые потенциально могут приводить к обрушению грунта в результате процессов растворения или карстовых явлений.

2.38. Соответствующая оценка и понимание региональной геологии и геологии площадки могут выявить признаки потенциального обрушения грунта. Растворимые породы представляют собой обычно осадочные породы, которые довольно хорошо растворяются в воде или в слабых кислых растворах (в том числе породы карбонатного типа, главным образом известняк и доломиты) или эвапориты (среди которых наиболее распространенными являются галит, гипс и ангидрит). Размер пустот или подземного растворения определяется как геологическими, так и экологическими факторами. К геологическим факторам относятся потенциал возникновения подземных каналов, стратиграфическая последовательность пластов, характеристики типа породы и свойства породной массы. В число экологических факторов входят гидрология поверхностных и подземных вод, климат и климатические изменения.

Обнаружение пустот в подстилающем материале

2.39. Программу разведки подстилающих слоев на площадке следует составлять так, чтобы она обеспечивала обнаружение пустот в подстилающем материале и позволяла оценивать протяженность этих пустот. Возможность обнаружения районов вероятного обрушения грунта следует учитывать при проработке всех аспектов программы разведки. Применимы обычные методы исследования площадки, которые включают проведение испытаний гидравлическим давлением, дистанционное зондирование, бурение, отбор проб, экскавационные работы, каротаж и геофизические съемки. Следует принимать к применению стандартные методы исследования площадки, учитывающие возможные осложнения, создаваемые системами пустот в подстилающем материале.

2.40. Если на площадке предполагается наличие пустот в подстилающем материале, то начальная программа разведки подстилающих слоев, предназначенная для определения местоположения пустот, может быть основана на таких вероятностных методах, как теория оптимального поиска.

2.41. Некоторые геофизические методы полезны при проведении разведки для обнаружения пустот в подстилающем материале, но не для оконтуривания их глубины, размера или геометрии. Такие методы включают наземное профилирование методом сопротивлений, микрогравиметрию, сейсморазведку методом преломленных волн, сейсморазведку с веерной расстановкой сейсмографов и радиолокационное зондирование грунта.

2.42. В число геофизических методов, которые могут использоваться в качестве высокочувствительных методов разведки для определения глубины, размера и геометрии пустот в подстилающем материале, входят сейсморазведка перпендикулярно стволам скважин, межскважинные радиолокационные методы, электроразведка методом сопротивлений, акустический резонанс с источниками в подстилающем материале, микрогравиметрия, сейсморазведка методом преломленных волн, сейсморазведка методом отраженных волн с высоким разрешением и радиолокационное зондирование грунта. Некоторые из этих методов могут применяться в сочетании с томографией.

2.43. Геофизические методы следует использовать осторожно и, как правило, в сочетании с методами бурения и отбора проб, которые повышают их эффективность. По результатам осуществления программы разведки с целью обнаружения и определения пустот в подстилающем материале следует составлять карту, показывающую полости и их взаимосвязь с конструкциями на площадке.

2.44. Однако обнаружение и оконтуривание всех возможных пустот или полостей и растворения в районе площадки может оказаться невозможным или практически неосуществимым. В этом случае решение следует принимать с учетом возможной необнаруженной полости максимального размера, которая будет считаться допустимой, на основе рассмотрения влияния подобных пустот на поведение важных структур.

Оценка и обработка данных о сложных подстилающих условиях

2.45. Максимальную опасность для безопасности основания атомной электростанции составляет наличие заполненных или открытых пустот и структур растворения на малых глубинах (относительно их размера) ниже основания конструкции. Сжимаемость и потенциал эрозии естественного наполнителя следует оценивать с целью определения их влияния на несущую способность, оседание и будущую эрозию в результате возможных изменений режима подземных вод.

2.46. Следует учитывать устойчивость естественных полостей ниже подошвы фундамента. Размер полости, ее глубина, расположение отдельностей, условия отдельностей, тип породы и углов напластования выше полости – это главные факторы, которые влияют на устойчивость кровли и глубины рассмотрения. Увеличение вертикального давления из-за нагрузок на сооружение может приводить к неустойчивости свода полости. Площадку, под которой

располагается потенциально большая и сложная система пустот, следует исключать из рассмотрения, поскольку провести реалистическую оценку системы пустот будет весьма сложно. Если размер и геометрия полости могут быть надежно определены, для оценки устойчивости полостей могут использоваться аналитические методы, такие, как расчет методом конечных элементов.

2.47. В случае некоторых площадок, на которых сложные подстилающие условия встречаются на уровне ниже подошвы фундамента, результаты оценки устойчивости могут указывать на то, что требуется обработка грунта с целью обеспечению безопасности конструкции. Общие требования в отношении улучшения условий основания в случае сложных подстилающие условий рассматриваются в Разделе 4.

3. СООБРАЖЕНИЯ, КАСАЮЩИЕСЯ ПЛОЩАДКИ

КАТЕГОРИЗАЦИЯ ПЛОЩАДКИ

3.1. Для цели анализа сейсмической реакции применяется следующая категоризация площадок:

- площадки типа 1: $V_s > 1100$ м/с;
- площадки типа 2: 1100 м/с $> V_s > 300$ м/с;
- площадки типа 3: 300 м/с $> V_s$;

где V_s – основанная на наилучшей оценке скорость поперечной волны среды основания непосредственно ниже подошвы фундамента структуры в естественных условиях (т.е. до выполнения любых работ на площадке) в случае очень небольших напряжений. Категоризация площадки является справедливой при условии, что скорость поперечной волны не снижается значительно с глубиной; за исключением этого случая следует проводить конкретные анализы в соответствии с наилучшей практикой.

3.2. Если категоризация площадки по указанному выше методу не представляется справедливой, следует выполнять исследования грунта, с тем

чтобы определить тип грунта для площадки или получить полные данные для дальнейших анализов.

ПАРАМЕТРЫ ПРОФИЛЕЙ

3.3. Следует определить ряд параметров для проведения геотехнической оценки, необходимой для строительства атомной электростанции. Полученный в результате набор параметров и данных называется профилем. Профиль может быть определен как геометрическое и механическое описание подстилающих материалов, в котором наилучшие оценки и диапазоны изменения характеристик материалов основания определены и изображены способом, непосредственно применимым к последующему анализу. Профиль включает:

- (1) геометрическое описание, например, стратиграфические описания подстилающих материалов, поперечную и вертикальную протяженность, число и мощность слоев;
- (2) физические и химические свойства грунта и горной породы и значения, используемые для классификации;
- (3) скорости распространения поперечной волны S и продольной волны P , соотношения напряжение-деформация, статические и динамические прочностные свойства, параметры уплотнения, проницаемости и другие механические свойства, полученные в естественных условиях или в результате проведения лабораторных испытаний;
- (4) характеристики уровня грунтовых вод, расчетный уровень водного зеркала и максимальный уровень водной поверхности в результате максимально возможного паводка и при других условиях.

3.4. В результате осуществления программы разведки на месте и лабораторных испытаний, которые выполняются с целью получения информации о свойствах соответствующих подстилающих материалов и облегчения построения модели подстилающих материалов, получается множество значений геотехнических параметров. На данном этапе на основе имеющейся информации следует определить соответствующий набор репрезентативных параметров, которые являются наиболее подходящими для использования в моделях для геотехнического анализа. При проведении такого анализа посредством параметрических исследований следует определять влияние неопределенностей в геотехнических параметрах на изменчивость результатов анализа.

3.5. Хотя концептуально профиль определяется только для конкретной площадки, с целью проработки разных гипотез в анализе следует применять различные проектные профили соответствующих данных, предназначенные для разных целей. В следующих ниже разделах представлены проектные профили для оценки:

- характерного для конкретной площадки спектра реакции;
- возможности разжижения;
- напряжений в грунте основания;
- устойчивости основания;
- взаимодействия грунт-конструкция;
- оседания и вспучивания;
- устойчивости земляных сооружений и структур;
- давления грунта и деформации в подземных сооружениях.

СЕЙСМИЧЕСКАЯ РЕАКЦИЯ НА СВОБОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ И ХАРАКТЕРНЫЕ ДЛЯ КОНКРЕТНОЙ ПЛОЩАДКИ СПЕКТРЫ РЕАКЦИИ

3.6. Для целей настоящего Руководства по безопасности сейсмический входной уровень, который следует учитывать, является уровнем SL-2¹ как определено в публикации по требованиям безопасности «Оценка площадок для ядерных установок» [3], в руководстве по безопасности «Оценка сейсмических опасностей для атомных электростанций» [2] и в соответствии с Разделом 5 руководства [2].

3.7. Расчет реакции площадки в условиях свободной поверхности следует выполнять для всех площадок, за исключением площадки типа 1 (см. пункт 3.1). Такой расчет реакции площадки может требоваться для оценки оседания или разжижения, а также для анализа взаимодействия грунт-конструкция. Расчет реакции площадки может быть также необходим для определения спектров реакции конкретной площадки. Для выполнения таких расчетов следует собрать данные, касающиеся:

¹ Сейсмический уровень 1 и сейсмический уровень 2 (SL-1 и SL-2) – это уровни колебаний грунта (представляющие потенциальные эффекты землетрясений), учитываемые в проектных основах данной установки. SL-1 соответствует менее тяжелому, более вероятному землетрясению, чем SL-2. В некоторых государствах SL-1 соответствует уровню с вероятностью превышения 10^{-2} в год и SL-2 соответствует уровню с вероятностью превышения 10^{-4} в год.

- исходного колебания грунта (полученного посредством процедур, описанных в [2]);
- соответствующей модели площадки, основанной на:
 - геометрическом описании слоев грунта;
 - скорости волн S и P в каждом слое;
 - относительной плотности грунта в каждом слое;
 - кривых $G-\gamma$ и $\eta-\gamma$, которые для каждого слоя описывают кажущееся уменьшение модуля сдвига G и коэффициента внутреннего затухания ζ грунта с деформацией сдвига γ ;
- в случае глубоких отложений грунта, в которых скорости распространения волн плавно увеличиваются с глубиной, изменение вышеупомянутых параметров в зависимости от глубины.

3.8. В зависимости от инженерно-технической практики исходное колебание грунта может быть репрезентативным для движения земной поверхности либо на площадке или в зоне выхода твердой породы на поверхность. В случае площадок типа 3 следует определять исходное колебание грунта на соседнем выходе твердой породы на поверхность (площадка типа 1); или, если это не представляется возможным, – на соседнем выходе жесткого грунта на поверхность (площадка типа 2); или, если это также не возможно, – на соответствующем подстилающем уровне.

3.9. В случае исходных колебаний грунта, определяемых на уровне поверхности земли, расчет деконволюции исходных колебаний в условиях свободной поверхности следует выполнять в качестве предварительного этапа анализа взаимодействия грунт-конструкция для всех площадок, кроме площадки типа 1 (см. пункт 3.1). Значительное сокращение исходного колебания грунта следует тщательно обосновывать посредством параметрических исследований. Применение на уровне подошвы фундамента исходного колебания грунта, определенного на уровне поверхности земли, вместо исходного колебания, полученного в результате деконволюции, является консервативной практикой и приемлемым методом.

3.10. Если исходное колебание грунта не может быть получено в форме, пригодной для геотехнических исследований, следует определять надлежащее исходное колебание грунта. Это исходное колебание следует выбирать с учетом интенсивности, магнитуды, эпицентрального расстояния, максимального ускорения, продолжительности, частотного состава и других параметров землетрясения.

3.11. Для расчета реакции площадки принимается следующая модель:

- вязкоупругая система грунта, залегающая над вязкоупругим полупространством;
- система с горизонтальным расположением слоев;
- материалы, рассеивающие энергию путем внутреннего демпфирования;
- вертикально распространяющиеся объемные волны (поперечные и продольные волны).

Нелинейные эффекты могут быть аппроксимированы эквивалентными линейными методами. Эквивалентные линейные модели основных отношений грунта следует рассчитывать так, чтобы они соответствовали уровню напряжения, создаваемому в профиле грунта реакцией на исходное колебание грунта. Это обычно приводит к итерационному процессу.

3.12. Неопределенности в механических свойствах материалов, слагающих площадку, следует учитывать путем проведения параметрических исследований как минимум значения модуля сдвига. Один из методов состоит в изменении значения модуля сдвига в диапазоне между основанными на наилучшей оценке значениями $(1 + C_v)$ и основанными на наилучшей оценке значениями, деленными на $(1 + C_v)$, где C_v определяется как коэффициент вариации. Минимальное значение C_v равно 0,5. Следует обратить внимание на тот факт, что профиль грунта не может быть принят без оценки, которая должна быть консервативной для всех рассматриваемых параметров; т.е. консервативный профиль в случае деконволюции может быть неконсервативным при его применении к анализу реакции площадки.

3.13. Если площадка находится в ближней зоне сейсмического источника, модель реакции площадки следует тщательно рассчитывать так, чтобы частотный состав исходного колебания, вызываемого механизмом землетрясения, можно было надлежащим образом учитывать.

3.14. В случае площадки типа 3 следует определять характерные для конкретной площадки спектры реакции; следует обеспечивать, чтобы они были по меньшей мере репрезентативными для реакции профиля на уровне поверхности земли.

ВОЗМОЖНОСТЬ РАЗЖИЖЕНИЯ

Проектный профиль для оценки возможности разжижения

3.15. Оценка возможности разжижения рассматривается в [2]. Грунты, подверженные разжижению, - это обычно несвязные грунты, такие, как песок и

гравий, содержащие небольшую долю ила и глины и встречающиеся в условиях неплотных отложений ниже водного зеркала.

3.16. В случае грунтов, подверженных разжижению, для оценки возможности разжижения требуется следующая информация о проектном профиле:

- (1) *Режим подземных вод.* Данные измерений, выполненных с помощью пьезодатчиков, установленных на площадке, следует использовать для определения соответствующего уровня воды для целей анализа разжижения. Режим подземных вод отражает сезонные колебания уровня воды. Для целей анализа можно принять соответствующие консервативные значения на основе имеющихся данных или данных, которые удастся получить. Данные измерений, выполненных в наблюдательных скважинах, могут использоваться для определения параметров проницаемости.
- (2) *Гранулометрический состав.* В случае несвязных грунтов гранулометрический состав следует определять посредством ситового анализа грунта, отобранного в различных точках площадки и на различной глубине. Содержание мелких частиц, определенное на основе анализа гранулометрического состава, и соответствующее значение пластичности являются существенными факторами в оценке стойкости к разжижению на основе результатов стандартных испытаний на пенетрацию (SPT) или испытаний коническим зондом (CPT).
- (3) *Стандартные испытания на пенетрацию.* Результаты SPT, проведенных в различных местах, следует представлять для разной глубины предпочтительно на диаграмме одинакового масштаба. По этим значениям SPT на основе эмпирических отношений можно оценить циклическую прочность в недренированном состоянии. При проведении гранулометрических анализов следует обращать внимание на процент содержания мелких частиц, который значительно влияет на эти отношения. Даже грунт с содержанием мелких частиц более 30% сохраняют тенденцию иногда поддаваться ожижению. В таких случаях показатель пластичности тонкозернистых грунтов следует измерять так, чтобы их подверженность разжижению можно было должным образом оценить на основе полученного значения.
- (4) *Испытания коническим зондом.* Метод CPT для определения сопротивления внедрению (пенетрации) имеет преимущество перед методом SPT в том, что он может обеспечить получение очень детального профиля стратификации, позволяя лучше проводить оценку степени ожижаемости грунта. Даже если грунт не может быть оценен методом CPT, оценку типов грунта можно проводить на основе отношения между

трением, измеренным в месте расположения конического пенетromетра над конусом, и сопротивлением пенетрации конуса. В методе СРТ степень пенетрации уменьшается с ростом плотности грунта, что ограничивает его применение только довольно рыхлым песчаным грунтом. В случае некоторых условий площадки более подходящей может быть комбинация методов SPT и СРТ.

- (5) *Относительная плотность.* Относительную плотность несвязных грунтов в естественных условиях иногда оценивают на основе результатов SPT, так как ее можно использовать в качестве удобного показателя для грубой оценки циклической прочности в недренированном состоянии или определения степени неустойчивости грунта, когда поровое давление достигает 100%. В лабораторных испытаниях относительная плотность образцов грунта непосредственно определяется на основе минимальной и максимальной плотностей пескового грунта, для которого применяется метод типовых испытаний.
- (6) *Циклическая прочность в недренированном состоянии.* Циклическую прочность на сдвиг подстилающих материалов в недренированном состоянии можно оценивать в более прямой форме посредством проведения испытаний циклическим нагружением в лаборатории на образцах с ненарушенной или нарушенной структурой. В большинстве случаев в инженерно-технической практике циклические испытания на трехосное сжатие обычно используются для оценки циклической прочности в недренированном состоянии. С целью учета аппроксимации фактических полевых условий к значениям циклической прочности, измеренным в испытаниях на трехосное сжатие, применяются поправочные коэффициенты. Оценивается число циклов, требующихся для достижения определенных условий разрушения (например, начального разжижения или процента продольной деформации) при данной амплитуде циклического напряжения. Уровень циклического напряжения варьируется, и испытаниям подвергаются другие образцы. В этих испытаниях качество образцов с ненарушенной структурой может в значительной мере влиять на возможность разжижения. После этого строится экспериментальная кривая, которая показывает соотношение между циклическими напряжениями и числом однородных циклов, требующихся для наступления разжижения. Аналогичная кривая может быть получена для образцов с нарушенной структурой, имеющих различную относительную плотность и разную степень уплотнения при сжатии в случае относительно молодого грунта, который не так подвержен влиянию цементирования или преднапряжения. Значение циклической прочности в недренированном состоянии, полученное таким образом, нормализуется напряжением сжатия в нормальной инженерно-

технической практике, в результате чего получается коэффициент напряжения. Напряжение сжатия в естественных условиях следует выбирать соответствующим образом, поскольку коэффициент напряжения имеет тенденцию уменьшаться с увеличением ограничивающего напряжения в случае среднеплотных и плотных песков.

- (7) *Зависимость свойств грунта от напряжения.* Для описания эффективного снижения модуля сдвига и коэффициента затухания грунта в зависимости от деформации сдвига требуется построение кривых $G-\gamma$ and $\eta-\gamma$ для каждого слоя.
- (8) *Другие свойства грунта.* В зависимости от типа сложного анализа может потребоваться знание других свойств грунта. Некоторые свойства могут быть исследованы путем проведения дополнительных лабораторных испытаний, таких, как недренированные испытания на сдвиг с монотонным нагружением и компрессионные испытания.
- (9) *Прошлая история разжижения.* В дополнение к определению параметров проектного профиля для анализа разжижения и определения характеристик циклической плотности подстилающих материалов на основе лабораторных испытаний следуют собрать и тщательно изучить данные о разжижении, которое имело место на площадке или вблизи площадки в прошлом. Следует выполнять программу детальных исследований и проводить анализ конкретных случаев разжижения в таких местах.

3.17. В результате сбора данных и поведения испытаний следует определить значения следующих параметров проектного профиля, необходимые для оценки возможности разжижения:

- мощность и изменчивость подстилающих слоев;
- средняя относительная плотность и ее изменение по каждому слою;
- протяженность в плане каждого слоя;
- уровень горизонта воды, связанный с эталонным колебанием грунта для анализа разжижения;
- кривые зависимости коэффициент напряжения от числа циклов нагружения для разных типов грунта;
- поправочные коэффициенты, учитывающие отклонение лабораторных условий от фактических полевых условий;
- число эквивалентных однородных циклов, принятое в качестве репрезентативного для эталонного колебания грунта на площадке;
- другие параметры грунта, используемые для численного анализа;
- критерии разрушения в случае разжижения.

Методы оценки возможности разжижения

3.18. Для оценки возможности разжижения в зависимости от подстилающих условий и уровня риска разжижения могут использоваться три метода.

- эмпирический метод, который основан на фактическом поведении материала во время прошлых землетрясений и в котором оценки могут быть легко выполнены с использованием данных метода SPT или CPT;
- традиционный аналитический метод;
- сложный аналитический метод.

Эмпирический метод

3.19. В эмпирическом методе возможность разжижения оценивается путем использования диаграмм, коррелирующих коэффициент напряжения с сопротивлением пенетрации, полученным по методу SPT или CPT, которые были эмпирически построены на основе прошлой истории случаев разжижения. Магнитуду землетрясения и содержание мелких частиц следует должным образом выбирать на этих диаграммах, так как результаты оценки сильно зависят от этих параметров.

Традиционный аналитический метод

3.20. Традиционный аналитический метод включает следующие этапы:

- Определение характеристик циклической плотности материала основания каждого слоя. Критерий разрушения определяется с учетом ряда факторов, которые могут включать относительную плотность, число циклов напряжений, ограничивающие напряжения и неоднородность грунта (определяются поправочные коэффициенты для приведения лабораторных результатов к полевым или естественным условиям).
- Выбор соответствующего набора акселерограмм.
- Расчет для каждого слоя напряжений на основе акселерограмм.
- Эти диаграммы напряжения преобразуются в число эквивалентных однородных циклов.
- Определение возможности разжижения путем сравнения в каждом слое характеристики циклической прочности с расчетными эквивалентными циклами.

3.21. Наиболее сильное землетрясение, используемое для анализа конструкций, систем и элементов, не обязательно может быть таким же, как

самое сильное землетрясение, применяемое при рассмотрении вопроса о разжижении материалов основания. Отдаленное сейсмическое явление с длительной продолжительностью может быть источником большого числа значительных циклов с низким ускорением на площадке, и они могут быть критическими с точки зрения разжижения.

Сложные аналитические методы

3.22. В сложных аналитических методах базовая модель грунта включается в нелинейный поэтапный анализ для непосредственной оценки роста порового давления и динамической реакции грунта. В большинстве случаев проводится анализ эффективного напряжения, так как он может моделировать изменения порового давления во времени и их влияние на изменения свойств грунта. В этом сложном анализе возможность разжижения можно непосредственно оценивать в соответствии с выбранными вводимыми сейсмическими данными о колебаниях грунта применительно к подъему давления или развитию напряжений. Однако результаты могут сильно различаться в зависимости от разных параметров исходных колебаний, базовых моделей и других параметров, и следует выполнять окончательную оценку с учетом степени изменчивости.

3.23. Коэффициенты запаса прочности определяются путем сопоставления результатов вышеупомянутых анализов с:

- результатами, полученными с помощью эмпирического метода;
- решением для нижней границы, полученным с помощью аналитического метода.

3.24. Как правило, можно рассчитать решение для нижней границы с помощью аналитического метода, применяя консервативные допущения для параметров проектного профиля. В случае рыхлых песков небольшое увеличение сейсмических напряжений может приводить грунт в неустойчивое состояние с возможными большими деформациями, тогда как в случае песков средней и высокой плотности даже значительное увеличение сейсмических напряжений вызывает лишь ограниченную деформацию несмотря на 100%-ный прирост порового давления.

3.25. Приемлемые коэффициенты запаса прочности невозможно определять априорно, их следует конкретизировать в каждом отдельном случае с использованием результатов, полученных как описано выше. Их следует также

выбирать таким образом, чтобы динамически вызываемая деформация или остаточная деформация не ухудшали характеристики основания.

4. СООБРАЖЕНИЯ, КАСАЮЩИЕСЯ ОСНОВАНИЙ

РАБОТЫ ПО УСТРОЙСТВУ ОСНОВАНИЯ

Предварительные работы по устройству основания

4.1. В данном разделе рассматриваются геотехнические аспекты предварительных работ по устройству основания. Для целей настоящего Руководства по безопасности, предварительные работы по устройству основания определяются как геотехнические мероприятия, осуществляемые до сооружения бетонных фундаментов. Эти работы непосредственным образом влияют на характеристики основания в ожидаемых условиях нагружения и поэтому чрезвычайно важны для обеспечения безопасности. К этим работам относятся:

- прототипные испытания (включая пробные засыпки и проверку методов для улучшения материала основания);
- выемка грунта (экскавационные работы) для устройства оснований или систем оснований;
- обезвоживание и его контроль;
- выемка пород;
- картирование экскавационных работ;
- улучшение материалов основания (включая такие работы, как изменение материала и дренаж);
- работы по обратной засыпке под конструкциями;
- укладка глинистой массы в основание или защитного слоя любого типа.

4.2. В число вопросов, касающихся производства земляных работ при выполнении этих мероприятий, следует включать требования по проведению испытаний для надлежащего контроля за ведением строительных работ и соответствующей документации. Эти испытания следует выполнять как в полевых, так и в лабораторных условиях в течение всего периода производства строительных работ.

Улучшение условий основания

4.3. Термин улучшение условий основания используется здесь в самом широком смысле и включает изменение механического поведения материала основания (например, уплотнение грунта), общую замену рыхлого или мягкого материала улучшенным материалом, или использование дополнительного материала с целью улучшения статического и/или динамического режима. Другой подход - это использование глубоких фундаментов, как описано ниже.

4.4. Улучшение условий основания следует проводить, если:

- материал основания не способен выдерживать нагрузки от сооружений в пределах допустимой деформации (осадки);
- существуют полости, которые могут привести к оседанию, как указано в Разделе 2;
- существуют неоднородности в масштабе величины строений, которые могут привести к опрокидыванию и/или недопустимой дифференцированной осадке.

4.5. Если требуется улучшение условий основания, следует выполнять работы, которые указаны ниже:

- определение существующего профиля в естественных условиях;
- определение требуемого профиля для материала основания;
- подбор конкретной технологии, с использованием которой будут проводиться работы по улучшению основания (дополнительная выемка грунта и уплотненная засыпка, удаление породы, уплотнение различными методами, отверждение цементом или постоянное осушение);
- осуществление программы прототипных испытаний для экспериментальной проверки эффективности методов, предложенных для улучшения подстилающих условий;
- подготовка технических условий для полевых работ после проверки предложенной технологии;
- проведение исследований с целью определения, были ли выполнены технические условия, по завершении программы улучшения условий основания;
- включение любых параметров улучшения материала основания в проектные профили, используемые в оценках.

Выбор системы и устройства основания

4.6. Для передачи нагрузки от верхней части конструкции на грунт применяются две системы оснований: фундаменты неглубокого заложения и фундаменты глубокого заложения. Фундаменты неглубокого заложения используются, когда распределение нагрузки является достаточно однородным и верхние слои грунта достаточно устойчивы. В случае рыхлых грунтовых условий фундаменты глубокого заложения используются для передачи нагрузки на более жесткие грунтовые слои, залегающие на глубине. Фундаменты неглубокого заложения обычно рассматриваются первыми, и вариант фундаментов глубокого заложения принимается к рассмотрению в качестве последнего средства ввиду сложности конструкции.

4.7. При выборе системы основания следует применять критерии, указанные ниже:

- следует обеспечивать, чтобы усилия, вызываемые сооружениями, передавались на грунт без недопустимой деформации;
- следует обеспечивать, чтобы деформации грунта, вызываемые исходными колебаниями с уровнем SL-2, были совместимыми с проектными требованиями, применяемыми в отношении данного сооружения;
- при проектировании и устройстве системы основания следует учитывать риски, связанные с неопределенностями в оценке сейсмической реакции;
- следует принимать во внимание риски, связанные с возможным наличием 'агрессивных' подземных вод;
- для каждого строения следует использовать один тип основания;
- следует обеспечивать, чтобы выбор типа основания зависел от типа здания (для радиационной части следует использовать опорную плиту, так как она обеспечивает однородное оседание под действием статических и динамических нагрузок и барьер между окружающей средой и зданиями).

4.8. Следует обеспечивать, чтобы анализы и проектный профиль отражали поведение сооружений под действием ожидаемых условий нагружения, и поэтому следует обеспечивать, чтобы анализ систем основания и сооружений отражал условия фактической конструкции.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГРУНТ-КОНСТРУКЦИЯ

Статический анализ

Вводимые параметры

4.9. Распределение контактных давлений ниже оснований и напряжения, возникающие в подстилающих материалах, определяются на основе анализе статического взаимодействия грунт-конструкция. В дополнение к упругим и геометрическим параметрам структур с целью вычисления контактного давления основания в проектный профиль следует включать указанные ниже параметры подстилающих материалов:

- модули упругости и коэффициент Пуассона грунта и их изменение в зависимости от глубины и уровня деформации;
- реакция грунтового основания;
- удельный вес подстилающих материалов;
- режим подземных вод.

4.10. Кроме того, если подстилающими материалами являются грунты или мягкая порода, для прогнозирования оседания и вспучивания, а также для оценки опасности серьезного разрушения (сдвига) основания следует использовать информацию об истории нагружения подстилающих материалов. Для составления такой истории нагружения следует определять как минимум:

- геологическую историю нагружения и возникающее в результате предуплотняющее напряжение и коэффициент переуплотнения;
- историю циклов нагружения и разгрузки в результате выполнения таких операций, как осушение, выемка грунта (экскавационные работы), засыпка и строительные работы, а также геометрию нарушенных пространств;
- параметры, необходимые для определения и применения основной закономерности, применимой к подстилающим материалам, и изменение этих параметров по глубине;
- геометрию и жесткость плит основания, а также наземной части конструкции зданий.

Существуют компьютерные программы, с помощью которых выполняются расчеты и которые учитывают нелинейное поведение грунта. Оценки оседания рассматриваются более подробно ниже в данном разделе.

Методы анализа

4.11. Наиболее широко используемым типом основания для атомных электростанций является фундаментная плита. Конструкцию плиты основания следует анализировать применительно к характеристикам жесткости конструкции различных типов, которые могут иметь место (т.е. бесконечно жёсткое основание, гибкое основание или фактическая жесткость конструкции). В этой оценке, если необходимо, следует принимать во внимание жесткость надземной части конструкции. Для расчета распределения контактного давления под плитовым основанием подстилающий материал основания можно моделировать, используя метод конечных элементов (модель в виде сплошной среды) или применяя серию пружинных подвесок, жесткость которых представляет коэффициент постели (модель с сосредоточенными параметрами).

4.12. Для двух экстремальных условий бесконечно жестких и бесконечно гибких оснований (случай распределенной нагрузки на грунт) решения описаны в литературе. Для промежуточных условий, которые, как правило, представляют фактические условия основания, обычно применяются числовые решения с использованием компьютерных программ. Следует принимать во внимание условие, когда жесткость структур изменяется в процессе строительных работ. Кроме того, если подстилающие материалы демонстрируют нелинейное поведение при воздействии разгрузки и повторного нагружения во время проведения экскавационных работ, при осушении и засыпке, это также следует учитывать.

4.13. В случае конструкций, расположенных близко друг от друга, следует оценивать возможное влияние соседних конструкций на реакцию грунта основания. В этом случае следует рассматривать применение трехмерного анализа.

Динамический анализ

Основные элементы анализа динамического взаимодействия грунт-конструкция

4.14. Цель анализа динамического взаимодействия грунт-конструкция состоит в том, чтобы определить динамическую реакцию структуры с учетом эффектов сцепления между структурой и опорной средой основания, когда комплексная система подвергается внешним динамическим нагрузкам или воздействию связанных с землетрясением колебаний грунта.

4.15. В случае конструкций, подвергающихся воздействию внешних динамических нагрузок, таких, как ветер, взрывы или принудительное возбуждение вибрации, решение для динамической реакции системы грунт-конструкция включает следующие три основных этапа:

- (1) определение динамических свойств конструкции (т.е. этап структурного моделирования);
- (2) определение зависимостей смещения от усилия для среды основания (т.е. этап определения сопротивления основания);
- (3) определение динамической реакции сопряженной системы грунт-конструкция на приложенную нагрузку (т.е. анализ этапа реакции взаимодействия).

4.16. В случае конструкций, подвергающихся воздействию связанных с землетрясением колебаний грунта решение для динамической реакции сопряженной системы грунт-конструкция требует в дополнение к этапам, описанным здесь, определение колебаний грунта, вводимых в рассматриваемую систему. Определение вводимых колебаний грунта состоит из двух частей:

- (1) определение колебаний на свободной поверхности (т.е. задача, касающаяся реакции площадки (см. Раздел 3));
- (2) определение рассеивания (изменения) колебаний на свободной поверхности, обусловленного наличием конструкции и выемок.

4.17. В целом анализ взаимодействия грунт-конструкция следует выполнять для площадок с условиями материала основания типа 2 или типа 3 (см. Раздел 3). Для анализа сейсмической реакции площадок типа 1 при моделировании конструкции станции может быть принято допущение в отношении наличия неподвижной базовой опоры.

Этапы анализа сейсмического взаимодействия грунт-конструкция

4.18. В полный анализ сейсмического взаимодействия грунт-конструкция следует включать указанные ниже этапы:

- анализ реакции площадки;
- анализ рассеяния в основании;
- анализ сопротивления основания;
- структурное моделирование;
- анализ реакции взаимодействия сопряженной системы.

Вводимые параметры

4.19. Для выполнения анализов сейсмического взаимодействия грунт-конструкция в проектном профиле следует обеспечивать наличие указанной ниже информации:

- Основанное на наилучшей оценке значение профилей скорости объемных волн (поперечных и продольных) с диапазоном изменения, определенным методами измерения на месте.
- Число и мощность слоев выше вязкоупругого полупространства.
- Разрез выбирается таким образом, чтобы каждый слой имел однородные характеристики (т.е. тот же самый тип грунта и ту же самую скорость поперечной волны).
- Начальные условия подстилающих материалов, представленных скоростью поперечной волны (или модулем сдвига) при малой деформации и коэффициентом Пуассона. Эти значения определяются в модели для каждого слоя основания.
- Нелинейное поведение грунта, которое следует учитывать, используя эквивалентные линейные свойства материалов. Проектные параметры, требующиеся для эквивалентного линейного метода, - это модуль сдвига и зависимость между демпфированием и деформацией сдвига для каждого подстилающего слоя.
- Уровень воды, используемый для проведения анализа с применением значений эталонного (контрольного) колебания грунта.
- Удельный суммарный вес материалов каждого слоя.
- Глубина заложения фундамента в подстилающий материал.
- Размеры и геометрия основания.
- Жесткость плиты основания.
- Масса, жесткость и демпфирование надземной части конструкции.

Методы анализа

4.20. Анализы взаимодействия грунт-конструкция следует выполнять для исследования:

- влияния условий грунта основания на динамическую реакцию конструкции;
- влияния подземных сооружений (например, эффектов рассеяния);
- влияния динамических давлений и деформаций на подземные сооружения;
- поднятие основания;

— влияния взаимодействий конструкция-грунт-конструкция.

4.21. Следует учитывать влияние на эти анализы неопределенностей в параметрах проектного профиля для материала основания. Цель введения этой вариации – получить диапазон результатов, огибающих реакцию системы взаимодействия грунт-конструкция, которая учитывает неопределенности. Следует использовать метод, аналогичный подходу, описанному в пункте 3.12.

4.22. Следует учитывать вклад демпфирования разного типа (демпфирование за счет материала, такое, как вязкостное демпфирование и гистерезисное демпфирование, а также затухание излучения). В случае систем грунт-конструкция, которые состоят из компонентов (система основания, сооружения и подземные части сооружений) с различными характеристиками демпфирования, моделирование может выполняться с использованием сложного модального демпфирования. Обычно применяются максимальные пределы значений демпфирования, однако это зависит от моделей и методов выбранного анализа.

4.23. Для представления среды основания в анализе взаимодействия грунт-конструкция применяется несколько методов. Четыре основных метода – это метод модели с пружинами и сосредоточенными параметрами грунта, метод трехмерной модели с бесконечным полупространством и подконструкциями, метод трехмерной модели с конечными элементами и подконструкциями и прямой (одношаговый) метод конечных элементов с двумерной осесимметричной моделью.

4.24. В этих методах анализа взаимодействия грунт-конструкция применяются неявные и явные допущения и математические модели, которые придают методам различные потенциальные возможности и ограничения и, таким образом, обуславливают их различную применимость. Поэтому следует тщательно выбирать аналитический метод, используемый для каждого условия площадки.

4.25. В анализах взаимодействий грунт-конструкция следует принимать во внимание влияние расслоения грунта, глубины залегания, зависимых от деформации свойств грунта, уровня грунтовых вод и условий засыпки.

4.26. Поскольку грунт основания и сооружения демонстрируют трехмерные динамические характеристики, задача взаимодействия конструкция-грунт-конструкция является трехмерной. Поэтому для надлежащего представления

характеристик грунта основания и конструкций атомной электростанции следует выполнять трехмерный анализ.

УСТОЙЧИВОСТЬ

4.27. Оценку устойчивости основания следует быть проводить для условий статических (т.е. постоянных) нагрузок и сочетания статических нагрузок и динамических нагрузок, вызываемых сейсмической активностью (вертикальную составляющую сейсмического ускорения следует принимать действующей вверх или вниз). В оценку следует включать рассмотрение несущей способности, опрокидывания и сдвига.

Вводимые параметры

4.28. Информация, требующаяся для выполнения анализа устойчивости, включает:

- (1) геометрические данные для основания;
- (2) нагрузки на основание и сочетания нагрузок для рассмотрения;
- (3) грунтовые условия, включая уровень грунтовых вод и следующие механические свойства:
 - удельный вес,
 - удельный вес материала засыпки,
 - связность,
 - угол эффективного сопротивления сдвигу (связности грунта),
 - угол сопротивления сдвигу между грунтом и конструкцией; следует обеспечивать, чтобы этот угол был меньше угла эффективного сопротивления сдвигу или равен ему в случае монолитных фундаментов и меньше двух третей угла эффективного сопротивления сдвигу или равен им в случае сборных фундаментов.

4.29. Циклические сейсмические силы, возникающие в материале основания в результате сейсмического воздействия, следует рассчитывать при помощи соответствующего динамического метода для получения максимального значения этих сил и оценки числа эквивалентных циклов нагружения, если это требуется для оценки несущей способности. Эти силы можно преобразовывать в эквивалентные статические силы с целью оценки устойчивости.

4.30. Этот метод следует также применять в случае анализа поднятия и опрокидывания и расчета поперечных нагрузок на подповерхностные стены и

подпорные стены. Эквивалентные статические силы следует определять в соответствии с рассматриваемой задачей.

4.31. Уровень воды следует принимать равным максимальному значению уровня воды вследствие максимально возможного паводка при статическом нагружении. Уровень грунтовых вод принимается равным среднему уровню для определения несущей способности при воздействии сейсмических нагрузок с уровнем SL-2.

Несущая способность

4.32. Классические методики, используемые в механике грунтов для расчета предельной несущей способности являются приемлемыми, если подстилающий материал относительно однороден. Анализ упругопластического равновесия может выполняться для случаев плоской деформации и осевой симметрии. Основная трудность заключается в выборе математической модели поведения грунта или ее основного соотношения (напряжение-деформация-время). Имеющиеся решения обычно сводятся к решениям, разработанными классической теорией пластичности для жесткопластического твердого тела. Предполагается, что это твердое тело не подвержено деформации до наступления момента разрушения при сдвиге и пластической деформации при постоянном напряжении после разрушения. Эти решения могут применяться при условии, что фактическая рассматриваемая ситуация удовлетворяет допущениям, связанным с используемым методом. В случае разнородных подстилающие условий предельную несущую способность следует определять методом поверхности скольжения.

4.33. В случае связных грунтов следует проводить оценку как краткосрочной, так и долгосрочной несущей способности.

4.34. Если подстилающий материал демонстрирует значительную неоднородность, анизотропию или нарушение сплошности, вместо формул для определения несущей способности следует использовать метод поверхности скольжения. В этом методе потенциальные поверхности скольжения с меньшими коэффициентами запаса прочности по отношению к скольжению предопределяются для подстилающего материала и анализируются традиционным методом анализа поверхности обрушения для поведения при воздействии начальной статической и эквивалентной сейсмической нагрузки. Если расчетный коэффициент запаса прочности ниже приемлемого значения, в этом случае следует выполнять дальнейший анализ. Можно проводить динамический анализ с использованием данных об изменении ускорения во

времени при начальной статической нагрузке. Во всех таких анализах следует принимать во внимание вертикальные сейсмические силы на основе консервативного подхода.

Коэффициенты запаса прочности

4.35. Следует обеспечивать, чтобы потенциал потери несущей способности подстилающих материалов основания атомной электростанции при статическом нагружении оставался низким, так чтобы были высокие значения запаса прочности при статическом нагружении (в обычном случае). Следует обеспечивать, чтобы эти значения были достаточными для того, чтобы выдерживать сейсмические условия нагружения с уровнем SL-2 с разумными запасами прочности.

4.36. Если требующийся коэффициент запаса прочности обеспечивается на основе консервативного допущения, дальнейший анализ обычно не требуется. Следует отметить, что выбор приемлемых коэффициентов запаса прочности зависят от метода анализа и от других соображений. При традиционном методе расчета несущей способности коэффициент запаса прочности следует выбирать равным не ниже 3,0 при статическом нагружении и не ниже 1,5 при сочетании нагрузок, которые включают сейсмическое воздействие с уровнем SL-2 (опрокидывающийся эффект). Коэффициент запаса прочности в случае использования метода поверхности скольжения следует выбирать равным больше 2,0 в традиционном расчете поверхности обрушения при сочетании нагрузок, которые включают сейсмическое воздействие с уровнем SL-2. Если расчетный коэффициент запаса прочности ниже приемлемого значения, в этом случае следует выполнять дополнительный анализ.

4.37. При наличии трещиноватой породы в материале основания в расчеты следует также включать местный коэффициент запаса прочности. Местный коэффициент запаса прочности определяется как отношение прочности к рабочему напряжению в каждой точке, где может произойти оседание или местный сдвиг вдоль имеющихся под основанием зон излома (трещиноватости) и зон выветривания (малых скоростей). Этот показатель указывает на протяженность зон оседания или прогрессирующего разрушения материала под воздействием расчетной нагрузки. Этот показатель полезен при определении места и объема работ, которые могут потребоваться для улучшения материалов основания, а также при выборе соответствующего метода улучшения. Если при сочетании нагрузок, которые включают сейсмическое воздействие с уровнем SL-2, этот коэффициент запаса прочности ниже 1 в области, достаточно большой для того, чтобы она оказывала воздействие на поведение конструкции,

следует улучшать условия основания. Однако макроскопическую устойчивость следует оценивать по запасу прочности применительно к несущей способности и оползанию.

Опрокидывание

4.38. При некотором сочетании движения грунта, уровней грунтовых вод и геометрических конфигураций строений традиционные процедуры расчета могут приводить к выводу о возможном поднятии. Это не означает, что обязательно произойдет поднятие основания, а скорее то, что традиционные процедуры, используемые для расчета динамической характеристики конструкции, могут оказаться неприемлемыми в этих обстоятельствах. В случае, если оцениваемая площадь поверхности поднятия основания составляет более 30% от общей поверхности основания, в анализе динамического взаимодействия грунт-конструкция следует использовать более сложный метод. Следует обеспечивать, чтобы оцененное поднятие основания ограничивалось значением, которое является приемлемым с учетом несущей способности грунта и функциональных требований.

4.39. Условие поднятия следует учитывать при анализе несущей способности материала основания.

Оползневое перемещение

4.40. Следует проводить возможность оползневого перемещения структуры, залегающей под основанием.

4.41. В случае погруженного основания активное давление грунта следует рассматривать в качестве дополнительной горизонтальной нагрузки, в то время как возможную дополнительную способность основания следует ограничивать в соответствии с исходным значением давления грунта.

4.42. При определении надежности фундамента атомной электростанции с точки зрения оползневого перемещения следует учитывать не только оценку равновесия сил между сопротивлением и расчетной нагрузкой, но также и сравнение смещений (оцененных соответствующими методами, такими, как метод конечных элементов или метод граничных элементов) во время и после воздействия исходных колебаний с уровнем SL-2 с приемлемым значением.

ОСЕДАНИЯ И ВСПУЧИВАНИЯ

Статический анализ

4.43. Следует проводить оценку оседания в условиях статических нагрузок. Возможность дифференцированных оседаний или вспучиваний между зданиями атомной электростанции следует определять из-за присутствия труб, трубопроводов и туннелей, обеспечивающих коммуникации между установками. Анализ оседания и вспучивания также важен в связи с деформацией фундамента, которая может приводить к чрезмерному напряжению зданий и помехам в работе такого оборудования, как насосы и турбины, если они не изолированы от своих опор.

4.44. Следует оценивать краткосрочное и долгосрочное оседание (которое может появиться на протяжении срока эксплуатации станции).

4.45. Оседания, зависящие от времени, можно рассчитывать на основе классической теории уплотнения и других современных методов нелинейного анализа.

В случае водонасыщенных грунтов следует рассматривать три составляющие, указанные ниже:

- оседание без дренажа вследствие сдвига для полностью водонасыщенного грунта;
- оседание, вызванное консолидацией;
- оседание, вызванное ползучестью.

4.46. Для оценки долгосрочного оседания требуются следующие действия:

- Следует определить предполагаемый процесс нагружения во времени подстилающих материалов (последовательность экскавационных работ, процесс осушения, засыпка, процесс строительных работ).
- Следует рассматривать следующие параметры: предуплотняющее давление, коэффициенты консолидации, начальный модуль Юнга, коэффициент Пуассона и другие параметры, которые определяют частную основную закономерность; их значения следует определять для всего исследуемого профиля.
- Для каждого слоя следует выбирать модель в соответствии с данными лабораторных испытаний и испытаний в естественных условиях.

- Эти модели следует оценивать и улучшать посредством интерпретации результатов измерений оседания и вспучивания, проводимых во время экскавационных работ, работ по осушению, засыпки и строительных работ.
- Модели следует корректировать посредством сравнения полученных прогнозов с наблюдениями так, чтобы можно было ввести любые необходимые поправки для их использования в будущих прогнозах.

Динамический анализ

4.47. При проектировании оснований для зданий, конструкций, связывающих смежные строения, и фундаментов для машинного оборудования следует выполнять консервативную оценку относительного и суммарного оседания.

4.48. Если анализ взаимодействия конструкция-грунт-конструкция не проводился, следует выполнять анализ взаимодействия грунт-конструкция для каждого строения, и индивидуальные смещения строений следует объединять, с тем чтобы определить динамическую часть относительного смещения. Следует учитывать как горизонтальные, так и вертикальные составляющие и их сочетания.

4.49. В случае площадок с мягким грунтом следует проводить оценку остаточного оседания после сейсмического воздействия наилучшими имеющимися средствами.

ВОЗДЕЙСТВИЕ ИНДУЦИРОВАННЫХ КОЛЕБАНИЙ

4.50. Основания для сооружений, подвергающихся воздействию колебаний или вибрационных нагрузок, следует проектировать так, чтобы колебания не приводили к чрезмерному оседанию. С этой целью следует предпринимать меры предосторожности, с тем чтобы обеспечить невозможность появления резонанса между частотой толчкообразной нагрузки и критической частотой в системе основание-грунт. Если эти меры предосторожности не осуществляются, источник вибрации следует изолировать от опорной конструкции и от грунта посредством пружин или систем пружин и амортизаторов.

5. ЗЕМЛЯНЫЕ СООРУЖЕНИЯ И СТРУКТУРЫ

ОБЩАЯ КОНЦЕПЦИЯ

5.1. Следует обеспечивать, чтобы проект земляных сооружений и структур, а также подземных сооружений, которые имеют отношение к безопасности атомной электростанции, соответствовал проекту самой станции. В частности, следует обеспечивать, чтобы проект станции с защитой от внешних опасностей был выполнен с учетом событий, которые были выбраны при проектировании; эти события и связанные с ними нагрузки следует включать в техническое задание для земляных сооружений и структур или подземных сооружений; в перечень событий следует дополнительно вносить конкретные события, если таковые определены, которые могут поставить под угрозу безопасность этих сооружений. Например:

- *в отношении соответствия:* следует обеспечивать, чтобы уровень сейсмической безопасности, достигаемый посредством проектирования связанных с безопасностью дамб и плотин, соответствовал уровню сейсмической безопасности основных установок атомной электростанции;
- *в отношении конкретных событий:* применительно к устойчивости склонов следует учитывать проливные дожди, при этом следует обеспечивать, чтобы данные об их повторяемости соответствовали данным по метеорологическим явлениям, учитываемым при проектировании станции.

ЕСТЕСТВЕННЫЕ СКЛОНЫ

5.2. Устойчивость естественных склонов, окружающих важные установки атомной электростанции, следует анализировать с точки зрения безопасности станции. Оценка безопасности будет в значительной мере зависеть от расстояния и особенностей склона. Если делается вывод, что склон находится на достаточно большом расстоянии от важных установок, при котором фрагменты разрушения ни в коем случае не смогут достичь связанных с безопасностью сооружений, то никакие контрмеры не требуются. Потенциально опасные склоны поэтому следует дифференцировать с учетом таких факторов, как расстояние, угол наклона, высота, геология и влажность, и других геотехнических условий материалов склона.

5.3. При оценке безопасности с целью определения потенциальных опасностей, связанных с естественными склонами, следует учитывать внешнее воздействие землетрясений и проливных дождей.

5.4. Если склон оценивается как потенциально опасный, следует проводить анализ устойчивости с применением соответствующих средств. Для оценки коэффициента запаса прочности по отношению к разрушению от сдвига обычно выполняется традиционный расчет поверхности скольжения.

5.5. Сейсмическое воздействие обычно выражается в виде эквивалентной статической нагрузки силами инерции с применением сейсмического коэффициента. Для оценки эквивалентной статической силы при необходимости следует учитывать эффект усиления сейсмических колебаний в склоне. При оценке сил инерции следует применять пиковое ускорение грунта; однако в некоторых случаях вместо него может применяться более низкое значение, если это применение обосновано дополнительным исследованием. Коэффициент запаса прочности следует устанавливать равным больше 1,5. Если коэффициент запаса прочности не достаточно высок, следует проводить анализ динамической реакции на основе данных о расчетных сейсмических колебаний. В случае необходимости следует оценивать остаточную деформацию для определения предельной прочности в случаях, когда коэффициент запаса прочности близок к единице.

5.6. Если коэффициент запаса прочности, оцененный таким образом, является достаточно низким, чтобы указывать на потенциал значительного разрушения в результате скольжения, следует предусматривать и осуществлять соответствующие контрмеры для стабилизации и укрепления склона или для предупреждения попадания любого обломочного материала на территорию строений станции, имеющих отношение к безопасности. В противном случае следует вносить изменения в план расположения строений на площадке станции.

ДАМБЫ И ПЛОТИНЫ

5.7. Термин 'дамба' следует использовать как означающий сооружения, устраиваемые вдоль водных путей, а термин 'земляная плотина' следует применять только для обозначения сооружений высотой более 15 м, которая в некоторых случаях необходима для создания водохранилища вверх по течению от атомной электростанции. Для надлежащего проектирования плотин и дамб следует пользоваться соответствующими справочниками по проектированию.

5.8. До начала строительных работ в дополнение к классическим геофизическим и геотехническим исследованиям особое внимание следует уделять определению проницаемости площадки вблизи от зон расположения оснований. Эту проницаемость следует контролировать на протяжении всего срока эксплуатации станции.

5.9. В дополнение к обычным видам разрушения при проектировании этих земляных сооружений следует учитывать также все возможные виды разрушения, которые зависят от следующих двух параметров: поровое давление в насыпи и суффозия грунта, которая вызывается потоками воды в насыпи.

5.10. Следует обеспечивать, чтобы требования, предъявляемые при проектировании дамб и плотин в отношении последствий их разрушения для безопасности станции (например, потери водного теплоносителя станции), соответствовали проектным требованиям, применяемым к самой станции, особенно применительно к оценке опасных природных явлений (землетрясения, ливни или периодические наводнения).

5.11. В дополнение к обычным методам инженерного проектирования следует выполнять конкретный анализ для расчета соответствующих параметров сооружений (например, смещения, порового давления), значения которых следует сравнивать с параметрами, измеренными в естественных условиях на различных стадиях строительства.

5.12. Следует постоянно осуществлять наблюдение (периодический осмотр), контроль за состоянием плотин и дамб, а также работы по техническому обслуживанию на стадии строительства и в ходе эксплуатации с целью предотвращения возможного повреждения, такого, как суффозия грунта дамб.

ВОЛНОЛОМЫ, ВОЛНОРЕЗЫ И КРЕПЛЕНИЯ

5.13. Волноломы, волнорезы и крепления – это инженерные сооружения для защиты важных установок атомной электростанции от волновой активности океана, моря, озера или другого водоема во время штормов и цунами. Эти сооружения следует должным образом проектировать с целью предотвращения почвенной эрозии, наводнений и разрушений строительных конструкций, которые могут ставить под угрозу безопасность важных установок.

5.14. При оценке потенциальных разрушений волноломов, волнорезов и креплений следует учитывать внешнее воздействие волн, цунами и землетрясений. Динамические эффекты волн следует оценивать с учетом максимального статического уровня воды, определенного на основе оценки опасности наводнения, как описано в [5].

5.15. Устойчивость волноломов, волнорезов и креплений следует должным образом оценивать применительно к устойчивости упомянутых выше защитных функций, а также с учетом последствий их потенциального отказа. Методы оценки аналогичны методам, применяемым в отношении разрушения в результате скольжения (сдвига) склонов, которые указаны выше. При выполнении этой оценки следует должным образом оценивать свойства материалов волноломов, волнорезов, креплений, а также материалов засыпки, в число которых могут входить бетонные блоки, бутовый камень и другие крупные фрагменты. У подножия этих сооружений может оказаться песчаный грунт, возможность разжижения которого, по-видимому, необходимо оценивать.

5.16. Следует надлежащим образом учитывать последствия разрушения этих сооружений (вследствие побочных эффектов) для связанных с безопасностью каналов, труб и другого подземного оборудования, проходящих рядом с установками атомной электростанции или через них. Если ожидается опасное воздействие, следует принимать соответствующие контрмеры с целью защиты установки, или же в противном случае следует пересматривать план общего расположения.

6. ПОДЗЕМНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

ПОДПОРНЫЕ СТЕНЫ

6.1. Подпорные стены могут быть подразделены на две группы:

- гравитационные подпорные стены, в случае которых вес стены и, возможно, вес удерживаемого грунта играют важную роль в ее устойчивости;
- погруженные стены, такие, как панельные стены, устойчивость которых зависит от пассивного давления грунта и/или от анкеров.

Часто подпорная стена является комбинацией стен обоих типов.

6.2. Вводимые параметры аналогичны параметрам, используемым для оценки устойчивости оснований, которые обычно дополняются геометрическими данными для грунта, находящегося сзади подпорной стены, особенно склона поверхности. Особое внимание следует уделять определению уровня грунтовых вод. Данные следует определять для грунта до глубины, которая соответствует анализам, выполненными для оценки устойчивости.

6.3. В оценке устойчивости давление грунта позади стены может быть активным давлением. Если какое-либо требование ограничивает допустимое смещение стены, в качестве давления грунта следует выбирать статическое давление.

6.4. Активное давление грунта вследствие воздействия землетрясений следует оценивать путем рассмотрения искусственной силы тяжести с наклоном в неблагоприятном направлении. Вертикальную составляющую сейсмического ускорения следует учитывать как действующую вверх или вниз. Пассивное давление грунта рассматривается аналогичным образом, с тем чтобы учесть наиболее неблагоприятное воздействие.

6.5. При выполнении анализа устойчивости следует рассматривать виды разрушения, включающие появление поверхностей скольжения, а также виды разрушения, которые включают действие сдерживающей способности стены. Соответствующими коэффициентами запаса прочности, соответственно, являются параметры прочности естественных склонов и параметры прочности по отношению к несущей способности оснований.

6.6. Следует обеспечивать, чтобы грунт позади основания не был подвержен разжижению в сейсмических условиях с уровнем SL-2 (см. сноску 1).

ПОГРУЖЕННЫЕ СООРУЖЕНИЯ

6.7. Погруженные сооружения – это строения с фундаментом, заложенным достаточно глубоко, чтобы взаимодействие подземных стен с окружающим их грунтом было значительным. Следует учитывать два последствия такой закладки:

- Подземные стены действуют в качестве подпорных стен; этот вопрос был уже рассмотрен.

— Данная ситуация имеет последствия для самого строения, которые рассматриваются в этом разделе.

6.8. Вводимые параметры для оценки погруженных сооружений аналогичны тем, которые применяются для оснований и подпорных стен, и соответственно следует обеспечивать наличие информации о них. Следует обеспечивать получение дополнительной информации, касающейся требований по безопасности и эксплуатационной надежности подземных стен, особенно в отношении герметичности, которые должны соблюдаться при различных режимах нагрузки. Для данной цели при проектировании основания следует принимать во внимание возможное образование трещин в бетоне (и, таким образом, необходимость ограничивать напряжения в арматурных стержнях и бетоне) и особое внимание следует уделять конструкции рабочих швов строений. Вопросы, касающиеся защитной оболочки (контейнента), рассматриваются в [6].

6.9. При проектировании следует принимать во внимание осложняющее воздействие подземных вод как на устойчивость, так и на герметичность погруженных сооружений. В любом случае следует предусматривать дренаж для любого основания ниже уровня грунтовых вод, или же в противном случае следует учитывать гидростатическое давление. В случае прибрежных площадок следует учитывать возможные отрицательные последствия изменения уровня засоленности подземных вод для материала основания и материала изоляции.

6.10. Строение может считаться погруженным только в том случае, если засыпка была должным образом уплотнена или если были приняты другие надлежащие меры. В таком случае следует принимать во внимание влияние погружения на сопротивление основания и на взаимодействие грунт-конструкция. Если строение механически не погружено, то следует принимать во внимание только последствия глубины заложения, игнорируя эффекты взаимодействия грунта с подземными стенами.

6.11. Рекомендации по анализу устойчивости строений даны в Разделе 4, посвященном основаниям. Даже в случае механически погруженных оснований при анализе устойчивости под действием сейсмических нагрузок трением между грунтом и стенами следует пренебрегать.

ПОДЗЕМНЫЕ ТРУБОПРОВОДЫ, КАНАЛЫ И ТУННЕЛИ

Программа исследования площадки

6.12. В программе исследования площадки следует учитывать расположение подземных трубопроводов или каналов. По трассе прокладки трубопровода следует проводить бурение скважин и/или разведочных шурфов, расположенных на надлежащем расстоянии друг от друга. Особое внимание следует уделять выявлению зон нарушений сплошности или изменений в материале основания по трассе трубопровода.

6.13. Исследовательские скважины или разведочные шурфы следует бурить до глубины, которая будет зависеть от стратиграфии материала основания ниже трубопровода, однако следует обеспечивать, чтобы они достигали устойчивого слоя грунта ниже структуры подошвы фундамента.

6.14. В программу исследования площадки следует включать оценку потенциального воздействия любых коррозионно-активных веществ окружающей среды на материал трубопровода.

Соображения, касающиеся строительных работ

6.15. Подземный трубопровод следует размещать на глубине, достаточной для предотвращения повреждения из-за поверхностных нагрузок (например, нагрузок от транспортных средств), или же такой трубопровод следует проектировать так, чтобы он выдерживал поверхностные нагрузки, воздействия которых можно ожидать.

6.16. Трубопровод следует размещать на хорошо уплотненном гранулированном материале поверх устойчивого материала основания таким образом, чтобы не могло произойти повреждения или деформации трубопровода из-за оседания или разжижения материала основания. В случае рыхлых подстилающих условий могут использоваться методы улучшения основания.

Соображения, касающиеся проектирования

6.17. Подземные системы и туннели, имеющие отношение к безопасности, следует проектировать так, чтобы они были защищены от сейсмических воздействий.

6.18. Подземные системы трубопроводов большой протяженности прежде всего подвергаются воздействию напряжений, вызванных относительным смещением, а не инерционных сил. Эти напряжения вызываются прежде всего сейсмическими волнами и относительным смещением точек крепления строения (анкерных точек) и грунта, окружающего подземный трубопровод. В случае подземных трубопроводов, каналов и туннелей большой протяженности следует учитывать перечисленные ниже нагрузки, вызванные сейсмическим воздействием:

- напряжения, вызванные прохождением сейсмических волн;
- относительные смещения в зонах различных материалов;
- деформация и колебания грунтовых анкеров или анкерных точек относительно грунта;
- разрушение грунта, такое, как разжижение, оползни и оседание.

Соображения, касающиеся анализа

6.19. При анализе воздействия на систему трубопроводов колебаний грунта в результате землетрясения следует учитывать указанные ниже два типа нагрузок:

- относительные деформации, вызванные сейсмическими волнами, проходящими через окружающий грунт, или относительными деформациями грунта и анкерных точек;
- боковое давление грунта, действующее на поперечное сечение элемента конструкции.

6.20. Если не подтверждено иное, можно предположить, что звенья линейного подземного трубопровода большой протяженности, находящегося на удалении от анкерных точек, острых изгибов или пересечений, смещаются вместе с окружающим грунтом и что отсутствует перемещение подземной конструкции относительно окружающего грунта. В этом случае максимальную продольную деформацию можно оценивать, игнорируя трение между трубопроводом и окружающим грунтом. Если существует вероятность скольжения между трубопроводом и окружающим грунтом, следует оценивать с учетом трения продольную деформацию прямых звеньев, удаленных от анкерных точек, острых изгибов или пересечений.

6.21. Оценка этих продольных деформаций будет зависеть от типа волны, приводящего к максимальному относительному смещению грунта. Типами

волны, которые следует рассматривать, являются волны сжатия, поперечные волны и поверхностные волны.

6.22. В дополнение к расчету сил и деформаций, возникающих в подземных трубопроводах из-за эффектов распространения волн, следует также выполнять расчет сил и деформаций, возникающих вследствие максимального относительного перемещения анкерных точек (таких, как точка крепления строения) и примыкающего грунта, которое происходит в результате динамической реакции анкерной точки. При выполнении расчетов максимальных значений сил и деформаций, возникающих в подземном трубопроводе, перемещение соседних анкерных точек следует оценивать на основе консервативного подхода.

6.23. При анализе туннелей следует рассматривать напряжения и деформации, обусловленные всеми ожидаемыми нагрузками, включая сейсмические колебания. Напряжения можно оценивать эмпирически или численно, например, методом конечных элементов.

6.24. В случае глубоких туннелей и шахт будут также развиваться окружные напряжения и деформации вследствие сейсмических волн, и эти окружные деформации следует учитывать при проектировании.

7. КОНТРОЛЬ ГЕОТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

ЦЕЛЬ КОНТРОЛЯ ГЕОТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

7.1. Для получения параметров и информации о характеристиках площадки, необходимых для прогнозирования поведения систем основания в ожидаемых условиях нагружения, следует выполнять разведку подстилающих слоев и проводить испытания в естественных и лабораторных условиях. Использование этих параметров позволяет установить расчетные критерии основания для определения поведения материалов основания и сооружений при ожидаемых нагрузках. В целях проверки поведения основания и земляных сооружений и структур следует осуществлять контроль за их фактическим поведением в естественных условиях с начала работ на площадке, во время строительства и эксплуатации.

7.2. Контроль фактических нагрузок и деформаций позволяет проводить полевую проверку прогнозируемого поведения оснований и земляных сооружений и структур. Поскольку строительные работы обычно проводятся в течение длительного срока, контроль параметров позволяет уточнять модели оседания на основе данных о поведении в реальных условиях. Прогнозы долгосрочного поведения, таким образом, можно выполнять с достаточной степенью достоверности.

РУКОВОДЯЩИЕ ПРИНЦИПЫ КОНТРОЛЯ

7.3. Строительные работы обычно состоят из выемки грунта, его засыпки и возведения сооружений. Во время этих этапов следует контролировать поведение грунта. На этапе выемки грунта (экскавационных работ) и засыпки следует проводить контрольные замеры деформации подстилающих материалов (вспучивания и оседания, боковых смещений) и оценку соответствующих нагрузок. Контроль следует продолжать в течение всего жизненного цикла станции.

7.4. Режим подземных вод под строениями и в соседних зонах следует контролировать с целью проверки условий, указанных в расчетных допущениях, особенно если предусматриваются дренажные системы глубокого заложения или постоянные системы осушения.

7.5. Следует контролировать прогиб и смещения, а также соответствующие параметры связанных с безопасностью сооружений, включая подпорные и земляные сооружения и структуры.

7.6. Следует контролировать сейсмическое поведение площадки и подстилающих материалов. Следует также рассматривать необходимость применения контрольно-измерительных приборов с целью контроля давления поровой воды в естественных условиях для исследования возможности ожигения.

7.7. Контрольные приборы следует тщательно подбирать так, чтобы система мониторинга обеспечивала получение ожидаемой информации в течение жизненного цикла установки. Выбор приборов следует производить с учетом информации о накопленном опыте. При определении числа используемых приборов следует принимать во внимание ожидаемую интенсивность их отказов.

КОНТРОЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

7.8. Для наблюдения за поведением основания и относящихся к нему материалов следует использовать указанные ниже контрольные приборы (таблица 4). Для контроля параметров грунта и строений могут использоваться другие устройства (например, экстензометры, динамометрические датчики и датчики давления) в зависимости от конкретных особенностей площадки, требований и типа станции.

ТАБЛИЦА 4. КОНТРОЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

Тип устройства	Принцип	Место применения	Измеряемый параметр	Цель
Пьезодатчики	Гидравлическое давление	Буровые скважины	Поровое давление, водное зеркало	Контроль водного зеркала
Глобальная система местоопределения	Наведение спутником	Площадка	Топография площадки	Оценка площадки
Реперы оседания	Топографическое определение	Земная поверхность	Смещения, оседание	Оседание сооружений
Гаммаграфия, фотограмметрия	Наложение изображений	Земная поверхность	Деформация топографии	Деформация сооружений
Пластины контроля оседания в естественных условиях	Топография	Земная поверхность	Смещение	Оседание сооружений
Уклономеры, наклономеры	Механический	Буровые скважины	Вертикальное положение	Устойчивость склонов
Сейсмометры	Акселерометры, триггеры	Свободная поверхность, здания	Изменения ускорения во времени	Эксплуатационная готовность станций; сейсмическое поведение сооружений; спектры реакции пола
Гидравлические устройства	Гидравлическая U-образная труба, датчики Плотцля	На опорной плите и под ней	Деформации и напряжения опорной плиты	Поведение системы грунт-конструкция

СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

- [1] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Seismic Design and Qualification for Nuclear Power Plants, Safety Standards Series No. NS-G-1.6, IAEA, Vienna (2003).
- [2] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Evaluation of Seismic Hazards for Nuclear Power Plants, Safety Standards Series No. NS-G-3.3, IAEA, Vienna (2002).
- [3] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Site Evaluation for Nuclear Installations, Safety Standards Series No. NS-R-3, IAEA, Vienna (2003).
- [4] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Рассеяние радиоактивных материалов в воздухе и воде и учет распределения населения при оценке площадки для атомных электростанций, Серия норм безопасности, № NS-G-3.2, МАГАТЭ, Вена (2004 год).
- [5] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Flood Hazards for Nuclear Power Plants on Coastal and River Sites, Safety Standards Series No. NS-G-3.5, IAEA, Vienna (2003).
- [6] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Design of Reactor Containment Systems for Nuclear Power Plants, Safety Standards Series No. NS-G-1.10, IAEA, Vienna (2004).

СОСТАВИТЕЛИ И РЕЦЕНЗЕНТЫ

Elgohary, M.	"AECL", Канада
Kokusho, T.	Университет Чуи, Япония
Labbé, P.	Международное агентство по атомной энергии
Touret, J.-P.	EDF/SEPTEN, Франция

ОРГАНЫ, УЧАСТВУЮЩИЕ В ОДОБРЕНИИ НОРМ БЕЗОПАСНОСТИ

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

Комиссия по нормам безопасности

Аргентина: Oliveira, A.; *Австралия:* Loy, J.; *Бразилия:* Souza de Assis, A.; *Канада:* Pereira, J.K.; *Китай:* Li, G.; *Чешская Республика:* Drabova, D.; *Дания:* Ulbak, K.; *Египет:* Abdel-Hamid, S.B.; *Франция:* Lacoste, A.-C.; *Германия:* Majer, D.; *Индия:* Sukhatme, S.P.; *Япония:* Abe, K.; *Корея, Республика:* Eun, Y.-S.; *Пакистан:* Hashimi, J.; *Российская Федерация:* Мальшев, А.Б.; *Испания:* Azuara, J.A.; *Швеция:* Holm, L.-E.; *Швейцария:* Schmocker, U.; *Соединенное Королевство:* Williams, L.G. (Председатель); *Соединенные Штаты Америки:* Virgilio, M.; *МАГАТЭ:* Karbassioun, A.; *Европейская комиссия:* Waeterloos, C.; *Международная комиссия по радиологической защите:* Holm, L.-E.; *Агентство по ядерной энергии ОЭСР:* Shimomura, K.

Комитет по нормам ядерной безопасности

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

Комитет по нормам радиационной безопасности

Аргентина: Rojkind, R.H.A.; *Австралия:* Melbourne, A.; **Беларусь:* Рыдлевский, Л.; *Бельгия:* Smeesters, P.; *Бразилия:* Amaral, E.; *Канада:* Bundy, K.; *Китай:* Yang, H.; *Куба:* Betancourt Hernandez, A.; *Чешская Республика:* Drabova, D.; *Дания:* Ulbak, K.; **Египет:* Hanna, M.; *Финляндия:* Markkanen, M.; *Франция:* Piechowski, J.; *Германия:* Landfermann, H.; *Венгрия:* Koblinger, L.; *Индия:* Sharma, D.N.; *Ирландия:* Colgan, T.; *Израиль:* Laichter, Y.; *Италия:* Sgrilli, E.; *Япония:* Yamaguchi, J.; *Корея, Республика:* Kim, C.W.; **Мадагаскар:* Andriambololona, R.; **Мексика:* Delgado Guardado, J.L.; **Нидерланды:* Zuur, C.; *Норвегия:* Saxebol, G.; **Перу:* Medina Gironzini, E.; *Польша:* Merta, A.;

Российская Федерация: Кутков, В.; *Словакия:* Jurina, V.; *Южная Африка:* Olivier, J.H.I.; *Испания:* Amor, I.; *Швеция:* Hofvander, P.; Moberg, L.; *Швейцария:* Pfeiffer, H.J.; **Таиланд:* Pongpat, P.; *Турция:* Uslu, I.; *Украина:* Лихтарев, И.А.; *Соединенное Королевство:* Robinson, I. (Председатель); *Соединенные Штаты Америки:* Paperiello, C.; *Европейская комиссия:* Janssens, A.; *МАГАТЭ:* Boal, T. (координатор); *Международная комиссия по радиологической защите:* Valentin, J.; *Международное бюро труда:* Niu, S.; *Международная организация по стандартизации:* Perrin, M.; *Международная ассоциация радиационной защиты:* Webb, G.; *Агентство по ядерной энергии ОЭСР:* Lazo, T.; *Панамериканская организация здравоохранения:* Jimenez, P.; *Научный комитет ООН по действию атомной радиации:* Gentner, N.; *Всемирная организация здравоохранения:* Carr, Z.

Комитет по нормам безопасности перевозки

Аргентина: Lypetz Vietri, J.; *Австралия:* Colgan, P.; **Беларусь:* Зайцев, С.; *Бельгия:* Cottens, E.; *Бразилия:* Mezrahi, A.; *Болгария:* Бакалова, А.; *Канада:* Viglasky, T.; *Китай:* Pu, Y.; **Дания:* Hannibal, L.; *Египет:* El-Shinawy, R.M.K.; *Франция:* Aguilar, J.; *Германия:* Rein, H.; *Венгрия:* Söföb, J.; *Индия:* Nandakumar, A.N.; *Ирландия:* Duffy, J.; *Израиль:* Koch, J.; *Италия:* Trivelloni, S.; *Япония:* Saito, T.; *Корея, Республика:* Kwon, S.-G.; *Нидерланды:* Van Halem, H.; *Норвегия:* Hornkjul, S.; **Перу:* Regalado Campasa, S.; *Румыния:* Vieru, G.; *Российская Федерация:* Ершов, В.Н.; *Южная Африка:* Jutle, K.; *Испания:* Zamora Martin, F.; *Швеция:* Pettersson, V.G.; *Швейцария:* Knecht, B.; **Таиланд:* Jerachanchai, S.; *Турция:* Kükсал, М.Е.; *Соединенное Королевство:* Young, C.N. (Председатель); *Соединенные Штаты Америки:* Brach, W.E.; McGuire, R.; *Европейская комиссия:* Rossi, L.; *Международная ассоциация воздушного транспорта:* Abouchaar, J.; *МАГАТЭ:* Wangler, M.E. (координатор); *Международная организация гражданской авиации:* Rooney, K.; *Международная федерация ассоциаций линейных пилотов:* Tisdall, A.; *Международная морская организация:* Rahim, I.; *Международная организация по стандартизации:* Malesys, P.; *Европейская экономическая комиссия Организации Объединенных Наций:* Kervella, O.; *Всемирный институт по ядерным перевозкам:* Lesage, M.

Комитет по нормам безопасности отходов

Аргентина: Siraky, G.; *Австралия:* Williams, G.; **Беларусь:* Роздяловская, Л.; *Бельгия:* Baekelandt, L. (Председатель); *Бразилия:* Xavier, A.; **Болгария:* Симеонов, Г.; *Канада:* Ferch, R.; *Китай:* Fan, Z.; *Куба:* Benitez, J.; **Дания:* Ihlenschlaeger, M.; **Египет:* Al Adham, K.; Al Sorogi, M.; *Финляндия:* Ruokola, E.; *Франция:* Averous, J.; *Германия:* von Dobschütz, P.; *Венгрия:* Czoch, I.; *Индия:* Raj, K.; *Ирландия:* Pollard, D.; *Израиль:* Avraham, D.; *Италия:* Dionisi, M.; *Япония:* Irie, K.; *Корея, Республика:* Song, W.; **Мадагаскар:* Andriambololona, R.; *Мексика:* Aguirre Gymez, J.; Delgado Guardado, J.; *Нидерланды:* Selling, H.; **Норвегия:* Sorlie, A.; *Пакистан:* Hussain, M.; **Перу:* Gutierrez, M.; *Российская Федерация:* Полуэктов, П.П.; *Словакия:* Конеску, Л.; *Южная Африка:* Pather, T.; *Испания:* Lypetz de la Higuera, J.; Ruiz Lypetz, C.; *Швеция:* Wingefors, S.; *Швейцария:* Zurkinden, A.; **Таиланд:* Wangcharoenroong, B.; *Турция:* Osmanlioglu, A.; *Соединенное Королевство:* Wilson, C.; *Соединенные Штаты Америки:* Greeves, J.; Wallo, A.; *Европейская комиссия:* Taylor, D.; *МАГАТЭ:* Hioki, K. (координатор);

Международная комиссия по радиологической защите: Valentin, J.; Международная организация по стандартизации: Hutson, G.; Агентство по ядерной энергии ОЭСР: Riotte, H.

Обеспечение безопасности посредством международных норм

“Нормы МАГАТЭ стали ключевым элементом глобального режима обеспечения безопасности полезного применения ядерных и радиационных технологий.

Нормы безопасности МАГАТЭ применяются при производстве ядерной энергии, а также в медицине, промышленности, сельском хозяйстве, исследованиях и образовании с целью обеспечения надлежащей защиты людей и охраны окружающей среды”

Мохамед ЭльБарадей
Генеральный директор МАГАТЭ

МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ
БЕНА

ISBN 92-0-400106-2

ISSN 1020-5845