
**Саморегулируемая организация
Ассоциация
«Объединение организаций, выполняющих инженерные изыскания при
архитектурно-строительном проектировании, строительстве,
реконструкции, капитальном ремонте объектов атомной отрасли
«СОЮЗАТОМГЕО»
(СРО «СОЮЗАТОМГЕО»)**

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ

Утверждено
решением Совета
СРО «СОЮЗАТОМГЕО»
Протокол № 17/12-2019 от 24.12.2019

**ИНЖЕНЕРНО-СЕЙСМОМЕТРИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ
СОСТОЯНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ОБЪЕКТОВ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ**

СТО СРО-Г 60542954 00021–2019

Издание официальное

**Москва
2019**

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН ООО «Центр технических компетенций атомной отрасли»

2 ВНЕСЕН Исполнительной дирекцией СРО «СОЮЗАТОМГЕО»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Протоколом Совета СРО № 17/12-2019 от 24.12.2019

4 ВЗАМЕН СТО 95 103–2013

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения СРО «СОЮЗАТОМГЕО».

Содержание

1 Область применения	1
2 Нормативные ссылки	1
3 Термины и определения	2
4 Обозначения и сокращения	4
5 Общие положения	4
6 Структура системы сейсмометрического мониторинга зданий и сооружений	7
7 Инструментальные средства сейсмометрического мониторинга	9
7.1 Общие требования	9
7.2 Датчик ускорения	10
7.3 Регистратор	10
7.4 Установление уровней срабатывания сейсмического триггера	11
7.5 Датчик ускорения и регистратор	11
7.6 Установка сейсмометрических контрольно-измерительных приборов	12
7.7 Правила работы	12
7.8 Индикатор удаленной записи	12
7.9 Программа обслуживания системы сейсмометрического мониторинга	13
8 Проектирование и эксплуатация систем сейсмометрического мониторинга	13
9 Автоматизированная система обработки информации	15
9.1 Назначение автоматизированной системы обработки информации	15
9.2 Основные требования к автоматизированной системе обработки информации	15
9.3 Общие требования к системам управления базами данных	15
9.4 Способы и средства связи для информационного обмена между компонентами системы	17
9.5 Средства удаленного доступа и администрирования	17
9.6 Выбор пунктов оптимального расположения сейсмометрических контрольно-измерительных приборов	17
9.7 Взаимосвязь системы сейсмометрического мониторинга со смежными системами	18
9.8 Режимы функционирования и диагностирования	18
10 Порядок отчетности по результатам сейсмометрического мониторинга	18
11 Охрана окружающей среды при проведении сейсмометрического мониторинга	21
12 Демонтаж системы сейсмометрического мониторинга	21
Библиография	22

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ

ИНЖЕНЕРНО-СЕЙСМОМЕТРИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Дата введения – 2020–01–01

1 Область применения

1.1 Настоящий стандарт устанавливает требования по сейсмометрическому мониторингу строительных конструкций, зданий и сооружений объектов использования атомной энергии.

1.2 Настоящий стандарт учитывает требования Федеральных законов [1]–[3] и содержит элементы гармонизации с международными стандартами [4], [5].

1.3 Настоящий стандарт распространяется на организации, входящие в состав СРО «СОЮЗАТОМГЕО», выполняющие работы по сейсмометрическому мониторингу объектов капитального строительства.

1.4 Разработка настоящего стандарта обусловлена требованиями обеспечения комплексной безопасной эксплуатации и эксплуатационной пригодности строительных конструкций, зданий и сооружений на проектный период и сверхпроектный срок эксплуатации ОИАЭ (СП 14.13330, [6]–[8]).

1.5 Сейсмометрический мониторинг является одной из регламентируемых процедур мониторинга инженерных (несущих) конструкций, опасных природных процессов и явлений, выполняемых с целью проверки состояния основания, строительных конструкций, зданий и сооружений объектов использования атомной энергии, а также оценки возможности использования конструкций по назначению в предусмотренных проектом условиях и на определенный сверхпроектный срок эксплуатации.

1.6 Положения настоящего стандарта соответствуют требованиям МАГАТЭ [4], [5], межгосударственных и национальных нормативных документов и стандартов [9]–[11].

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие документы:

ГОСТ Р 22.1.12 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Структурированная система мониторинга и управления инженерными системами зданий и сооружений. Общие требования
СП 14.13330 Строительство в сейсмических районах

Примечание – При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования – на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по [6], [9], [12], а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 аттестованное программное средство: Программное средство, аттестованное в установленном порядке в органе государственного регулирования безопасности при использовании атомной энергии.

3.2 землетрясение местное (локальное): Землетрясение, очаг которого расположен вблизи площадки объекта использования атомной энергии (в радиусе менее 30 км).

3.3 землетрясение близкое: Землетрясение, очаг которого расположен в радиусе от 30 до 300 км от площадки объекта использования атомной энергии.

3.4 землетрясение удаленное: Землетрясение, очаг которого расположен на расстоянии более 300 км от площадки объекта использования атомной энергии.

3.5 инженерно-сейсмометрический мониторинг: Наблюдения в объеме здания и его основания с целью выявления нарушения целостности и работоспособности объекта.

3.6 ключевые точки объекта использования атомной энергии: Фундаменты и элементы строительных конструкций, надежность которых обуславливает безопасность эксплуатации.

3.7 контролируемые показатели: Измеренные параметры с помощью технических средств или вычисленные на основе измерений количественные характеристики, а также качественные характеристики состояния строительных конструкций, зданий и сооружений.

3.8 микросейсмические колебания (микросейсмы): Хаотические колебания земной поверхности малой амплитуды, вызываемые природными и техногенными причинами.

3.9 мониторинг: Система инструментальных наблюдений и контроля, производимых непрерывно в период строительства, эксплуатации и снятия с эксплуатации, по определенной программе, для оценки технического состояния строительных конструкций и сооружений в целом, анализа происходящих в них процессов и своевременного выявления изменения функциональной способности от действия сейсмических и динамических нагрузок.

3.10 проверка средств измерений (поверка): Совокупность операций, выполняемых в целях подтверждения соответствия средств измерений метрологическим требованиям.

3.11 поперечная волна: Волна, направление распространения которой ортогонально траекториям колеблющихся точек среды

3.12 продолжительность колебаний: Интервал времени между первым и последним моментами превышения огибающей половины амплитуды. Интервал времени, в течение которого уровень огибающей превышает половину максимального значения.

3.13 продольная волна: Волна, направление распространения которой коллинеарно траекториям колеблющихся точек среды.

3.14 регистратор: Устройство, предназначенное для усиления, преобразования в цифровой код сигналов с сейсмических датчиков в цифровой код и накопление сигналов на цифровом носителе информации.

3.15 сверхпроектный срок эксплуатации: Календарная продолжительность эксплуатации объекта после окончания назначенного проектом срока эксплуатации, которая обоснована в техническом обосновании безопасности и углубленной оценке безопасности.

3.16 сейсмическая безопасность: Состояние, при котором путем выполнения правовых норм, инженерно-технических и сейсмозащитных требований, а также проведения соответствующих мероприятий, достигается уменьшение или практическое исключение негативного воздействия землетрясений на объекты использования атомной энергии.

3.17 сейсмические контрольно-измерительные приборы: Совокупность сейсмических датчиков и регистраторов.

3.18 сейсмометрический мониторинг: Инструментальные наблюдения с целью уточнения сейсмических воздействий на объект.

3.19 сейсмичность площадки объекта использования атомной энергии: Интенсивность возможных сейсмических воздействий проектных землетрясений и

максимальных расчетных землетрясений на площадке объекта использования атомной энергии, измеряемая в баллах по шкале сейсмической интенсивности.

3.20 сейсмический датчик: Устройства для преобразования механических колебаний в частотном диапазоне от долей Гц до сотен Гц в электрические сигналы.

3.21 сейсмический триггер: Механизм, включающий и выключающий процедуру регистрации сейсмических данных, когда интенсивность сейсмического воздействия превышает заданные значения контролируемых показателей.

3.22 система сейсмометрического мониторинга: Информационно-измерительная система, включающая сейсмические контрольно-измерительные приборы и автоматизированную систему обработки инженерно-сейсмометрической информации.

3.23 специализированная организация: Организация, обладающая научно-техническими кадрами с профильным образованием и квалификацией, необходимой приборно-инструментальной базой.

4 Обозначения и сокращения

АСОИ – автоматизированная система обработки информации;

ОИАЭ – объект использования атомной энергии;

СКИП – сейсмометрический контрольно-измерительный прибор;

СМИК – система мониторинга инженерных (несущих) конструкций, опасных природных процессов и явлений;

ССМ – система сейсмометрического мониторинга;

СУБД – системы управления базой данных.

5 Общие положения

5.1 Данные сейсмометрического мониторинга необходимы для:

- записи сейсмических сигналов для получения данных о сейсмических событиях;
- оценки сейсмических событий на площадках ОИАЭ;
- разработки последующих после землетрясений мероприятий.

5.2 Целями создания ССМ являются:

- повышение сейсмической безопасности зданий и сооружений ОИАЭ, прогнозирование и предотвращение аварий и других нештатных ситуаций, вызванных сейсмическими воздействиями;

- предотвращение аварий и недопустимых деформаций оснований и конструкций строительных конструкций, зданий и сооружений при действии сейсмических нагрузок.

5.3 Задачи ССМ:

- предоставление исходных данных для контроля технического состояния строительных

конструкций, зданий и сооружений и их оснований при сейсмических воздействиях;

- накопление данных о поведении зданий и сооружений при землетрясениях с целью оценки степени пригодности аналитических методов, используемых при проектировании сейсмостойких конструкций и аттестации зданий и оборудования;

- получение информации о частотах и формах собственных колебаний, а также о параметрах вынужденных колебаний строительных конструкций, зданий и сооружений;

- передача данных сейсмометрического мониторинга в СМИК объекта для комплексной обработки и решения задач;

- прогнозирование и предупреждение аварийных ситуаций;

- формирование и передача формализованной оперативной информации о состоянии инженерно-технических конструкций объектов в дежурные и диспетчерские службы ОИАЭ;

- формирование и передача формализованных сообщений о чрезвычайных ситуациях на ОИАЭ в органы повседневного управления единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций;

- автоматизированное оповещение об аварии, чрезвычайной ситуации и необходимых действиях по эвакуации;

- автоматизированное оповещение соответствующих специалистов, отвечающих за безопасность ОИАЭ.

5.4 ССМ является составной частью СМИК согласно ГОСТ Р 22.1.12 и включает сеть СКИП, предназначенных для оценки технического состояния строительных конструкций, зданий и сооружений при действии динамических и сейсмических нагрузок.

5.5 В сети ССМ применяют средства измерений, включенные в Государственный реестр средств измерения, имеющих сертификаты соответствия и отвечающих требованиям раздела 7 настоящего стандарта.

5.6 ССМ обеспечивает непрерывность сбора, передачи, обработки информации о значениях контролируемых показателей и обеспечивает достоверность измерений для надежного сравнения проектных и измеряемых (вычисляемых) контролируемых показателей.

5.7 Анализ результатов мониторинга проводится:

- непрерывно при контроле за допустимыми (аварийными) уровнями параметров регистрируемых сейсмических сигналов;

- сразу же после наступления сейсмического события, превышающего проектное значение по комплексной обработке результатов регистрации;

- не реже одного раза в год по комплексной обработке результатов регистрации.

5.8 К разработке документации ССМ, монтажу и анализу результатов ее работы могут быть допущены специализированные организации, которые имеют допуски к соответствующим

видам работ. Специалисты указанных организаций должны иметь дипломы (свидетельства, удостоверения) государственного образца о специальной подготовке (повышении квалификации) по образовательным программам в данной области, включая ССМ.

5.9 Эксплуатирующая организация предоставляет специализированной организации проектную и рабочую документацию в объеме, достаточном для разработки ССМ.

5.10 Контролируемые показатели в зависимости от задач ССМ, включают следующий набор параметров:

- при мониторинге землетрясений:

- а) координаты эпицентра;
- б) глубина гипоцентра;
- в) энергетический класс или магнитуда;
- г) расчетный спектр реакции объекта;
- д) максимальные ускорения на объекте;

- при мониторинге воздействий на конструкции:

- а) спектры воздействия и реакции;
- б) максимальная амплитуда ускорений в полосе частот землетрясения;
- в) акселерограмма по трем компонентам;

- при мониторинге собственных динамических характеристик строительных конструкций зданий и сооружений:

- а) формы собственных колебаний;
- б) соответствующие частоты собственных колебаний;
- в) соответствующие коэффициенты демпфирования (декременты затухания);

- при мониторинге микросейсм:

- а) спектры мощности;
- б) функции когерентности вертикальной и горизонтальной компонент или пространственной когерентности;
- в) узкополосные пики – значения частот и амплитуд.

5.11 Для обработки и выполнения прогнозных расчетов данных сейсмометрических наблюдений применяют аттестованные программные средства.

5.12 Для создания ССМ разрабатывают рабочую документацию, содержащую:

- методическое и техническое обоснование создания ССМ;
- сведения о выбранных местах размещения пунктов сейсмических наблюдений, включая их координаты и абсолютную отметку высоты над уровнем моря;
- сведения о техническом состоянии строительных конструкций, зданий и сооружений и мест размещения СКИП;

- гидрогеологические условия и геологическое строение площадки ОИАЭ до глубины не менее 100 метров;

- характеристики фоновых шумовых сейсмических колебаний и амплитудно-частотных характеристик грунтовой толщи в диапазоне частот от 0.05 до 50 Гц для каждого места установки пунктов наблюдений;

- рабочую документацию по строительству укрытий (бункеров) сейсмостанций с привязкой к каждому пункту наблюдений;

- рабочую документацию на строительно-монтажные работы по созданию сети мониторинга;

- регламент регистрации, передачи, обработки, хранения и распространения полученных данных измерений;

- сопряжение и обмен данных с системой СМИК ОИАЭ.

5.13 Поверку и техническое обслуживание установленных на ОИАЭ СКИП обеспечивают в соответствии с утвержденными регламентами технического обслуживания и действующим законодательством в области метрологии.

5.14 ССМ должна обладать способностью к модернизации в течение проектного периода и сверхпроектного срока эксплуатации ОИАЭ.

6 Структура системы сейсмометрического мониторинга зданий и сооружений

6.1 Структурная схема ССМ включает:

- СКИП, имеющие в своем составе блок сбора инженерно-сейсмометрических сигналов (регистратор), систему привязки точного времени, систему хранения данных измерений и обеспечения удаленного доступа к данным;

- автоматизированную систему обработки результатов инженерно-сейсмометрических измерений;

- устройство сопряжения с СМИК ОИАЭ.

6.2 На площадке ОИАЭ предусматривают указанное ниже минимальное количество контрольно-измерительных приборов:

- для зданий первой категории безопасности один СКИП размещают вне зданий и сооружений в пределах площадки ОИАЭ. Расстояние от здания реактора до СКИП выбирают не менее двойной длины фундамента реактора, а от других зданий – на расстоянии, которое превышает длину наибольшего размера горизонтального сечения зданий на уровне грунта;

- один СКИП для трехкомпонентной регистрации сильных колебаний, устанавливают на доступной поверхности фундаментной плиты с целью регистрации колебаний фундамента реактора;

- один СКИП для трехкомпонентной регистрации сильных колебаний, устанавливают с целью регистрации колебаний фундамента турбогенераторов машинного зала;

- один СКИП для трехкомпонентной регистрации сильных колебаний, устанавливают на одном из наиболее высоких междуэтажных перекрытий, характеризующих большую часть здания реактора, что позволяет измерить амплитуду горизонтальных ускорений;

- для случая площадки ОИАЭ с несколькими реакторами, каждое здание реактора оборудуют ССМ.

6.3 Рекомендуют установку дополнительных СКИП на площадках, на которых расчетное ускорение на свободной поверхности равно или превышает 0,25 g.

6.4 Пульт управления ССМ размещают в помещении щита управления ОИАЭ, обеспечивая легкий доступ к нему оператора.

6.5 Следует обеспечить условия, при которых действия оператора после землетрясения базируются на значениях контролируемых параметров, вычисляемых на основе зарегистрированных данных, и предусматривают соответствующую обработку данных с двумя основными целями:

- исключение ложных сигналов;
- получение фактических данных о сейсмических колебаниях конструкций для их последующего сравнения с расчетными модельными допущениями, сделанными на этапе проектирования сейсмостойких конструкций.

6.6 Целей, указанных в 6.5 настоящего стандарта, достигают путем применения соответствующего программного обеспечения, выполняющего анализ комбинации сигналов для различных мест и направлений (ложные сигналы должны быть отфильтрованы) и оценки контролируемых показателей с подтверждением посредством осмотра строительных конструкций, зданий и сооружений на площадке ОИАЭ.

6.7 СКИП конструируют и монтируют таким образом, чтобы в условиях, которые предполагают для нормальной работы, отвечал требованиям раздела 7.

6.8 Решения относительно количества устанавливаемых СКИП, их классификации безопасности, категории сейсмостойкости принимают на основании инженерных изысканий, включая сейсмическое микрорайонирование и детальное сейсмическое районирование в районе размещения ОИАЭ. Следует обеспечивать правильную классификацию по безопасности и надлежащее резервирование установленных СКИП на ОИАЭ.

6.9 При разработке ССМ предусматривают средства связи для информационного обмена между компонентами ССМ и СМИК с возможностью обеспечения удаленного доступа к компонентам систем, передачу данных на диспетчерский пункт ОИАЭ.

6.10 ССМ является «открытой» для возможности расширения своего состава.

6.11 Средства коммуникации предусматривают передачу информации по стандартным протоколам цифровой периферии с использованием проводных или беспроводных интерфейсов.

6.12 Для получения акселерограммы реального воздействия и возможности использования этих данных в расчете напряженно-деформированного состояния строительных конструкций и основания, акселерометры размещают в ключевых точках ОИАЭ.

6.13 Пункты сейсмометрических наблюдений привязаны на местности к локальной топографической сети или имеют абсолютные координаты в системах ГЛОНАСС или GPS. Каждый пункт наблюдений привязан к мировому точному времени и имеет идентификатор.

6.14 Данные, получаемые с пунктов ССМ площадки ОИАЭ, синхронизированы с данными сейсмологического мониторинга района размещения ОИАЭ [11], [12] и поступают в оперативную обработку в СМИК.

7 Инструментальные средства сейсмометрического мониторинга

7.1 Общие требования

7.1.1 Регистратор и датчики должны быть включены в государственный реестр как средство измерения и должны быть способными записывать ускорение колебаний до 4 g полного масштаба.

7.1.2 Погрешность измерений должна быть не более 5 %.

7.1.3 Датчики ускорения и регистратор имеют доступ для необходимого обслуживания и ремонта. СКИП устанавливают таким образом, чтобы это не оказывало влияния на результаты записи.

7.1.4 Датчики ускорения, монтируемые на сейсмических станциях согласно 6.2, ориентируют по ортогональным осям, чтобы положительные направления показаний датчиков совпадали с направлениями на верх, на север, на восток; при этом северная ось (первая горизонтальная) маркируют буквой «N» или стрелкой в положительном направлении. Ориентирование компонент акселерометра может производиться также по строительным осям или другим направлениям, связанным с особенностями зданий, сооружения и конструкций

7.1.5 В случае отключения внешнего источника питания, СКИП должны обладать возможностью работать в течение 4 дней с использованием автономного питания и непрерывно в течение 25 минут при регистрации сотрясений.

7.1.6 СКИП должны иметь способность записывать данные в течение, как минимум, 60 секунд низкоамплитудного сейсмического сигнала перед запуском записи сейсмического события; продолжать запись движения в течение периода, в котором интенсивность землетрясения превышает сейсмический порог запуска, и продолжать запись низкоамплитудного движения, как минимум, 5 секунд после последнего события.

7.1.7 Датчики и регистратор, а также элементы питания и телеметрии должны соответствовать требованиям электромагнитной совместимости в месте установки указанного оборудования.

7.1.8 СКИП должен соответствовать общим техническим требованиям приборов и средств автоматизации для атомных станций.

7.1.9 Монтаж СКИП и испытания должны быть выполнены в соответствии с рекомендациями производителя СКИП. При отсутствии утвержденного регламента технических испытаний и обслуживания, испытания СКИП проводят каждые три месяца.

7.2 Датчик ускорения

7.2.1 Рабочий диапазон частот датчика должен включать частоты в интервале от 0,05 до 100 Гц. В этом диапазоне частот отклонение измеренной амплитуды по отношению к средней амплитуде не должно превышать 10 %. Если это не может быть гарантировано, то предусматривают аналитическую коррекцию данных измерений с той же точностью.

7.2.2 Демпфирование должно быть от 60 % до 70 % проектного значения ускорения:

$$D = 0,65 \pm 0,05 \quad (7.1)$$

7.2.3 Полный диапазон должен лежать в интервале от нуля до 4 g.

7.2.4 Кросс-осевая чувствительность компонент ускорения, ортогонального осям датчика, не должна превышать 3 %.

7.2.5 Динамический диапазон должен быть не менее 90 дБ.

7.3 Регистратор

7.3.1 Регистратор должен иметь динамический диапазон не менее 90 дБ в диапазоне частот от 0,02 до 100 Гц.

7.3.2 Частота опроса датчиков должна быть не менее 500 Гц в каждом из трех направлений.

7.3.3 Рабочий диапазон частот регистратора должен включать частоты в интервале от 0,05 до 100 Гц.

7.3.4 Регистраторы, установленные в местах продолжительных колебаний грунта, должны обеспечивать запись не менее 60 секунд после снижения уровня ускорения до $5 \cdot 10^{-3} g$.

7.3.5 Память регистратора должна обеспечивать запись данных о движении грунта в течение 2 часов.

7.3.6 Формат данных регистратора выбирает производитель регистратора, однако должна быть обеспечена функция обмена данными разных форматов.

7.4 Установление уровней срабатывания сейсмического триггера

7.4.1 Уровни срабатывания сейсмического триггера адаптируют в соответствии с местами нахождения СКИП на ОИАЭ и результатами анализа сейсмического волнового поля. Рекомендуют устанавливать следующие уровни срабатывания:

- сейсмические триггеры в реакторном отделении должны быть установлены на предельное значение ускорения не более $0,1 \text{ м/с}^2$. При соответствующем обосновании, предельное значение ускорения, может быть установлено для ускорения, которое соответствует максимальному значению ускорения по проекту или вычисленное для наблюдаемого уровня в месте размещения;

- один из триггеров должен обеспечивать запись в течение 30 секунд после регистрации ускорения, большего $5 \cdot 10^{-3} g$;

- для исключения влияния событий, не связанных с землетрясением, сейсмический триггер должен иметь ослабление амплитуды частотой выше 10 Гц;

- вертикальное и горизонтальное сейсмическое возмущение должно вызывать действие триггера;

- уровень приведения в действие механизма записи сейсмического воздействия должен быть регулируемым и в диапазоне от $10^{-3} g$ до $2 \cdot 10^{-2} g$;

- сейсмический триггер в «открытом поле» должен быть установлен на предел ускорения не более $0,2 \text{ м/с}^2$. Если триггер часто посылает сигналы не связанные с землетрясением, то он должен быть перемещен в другое место;

- любое превышение предельного значения ускорения в вертикальном или горизонтальном направлениях, должно запускать сигнал индикации на пульте оператора показывающее, что предельное значение превышено.

7.5 Датчик ускорения и регистратор

Датчик ускорения и регистратор должны быть полностью работоспособными через 0,1 секунды, после того как сейсмический триггер регистрирует превышение предельного значения ускорения. Продолжительность записи данных измерений после запуска триггера должна быть не менее 10 минут.

7.6 Установка сейсмометрических контрольно-измерительных приборов

7.6.1 СКИП проектируют с возможностью жесткой установки, без возможности смещения, с отклонением не более трех градусов от ортогональных осей.

7.6.2 Точность размещения по широте и долготе составляет 0,0001 градуса.

7.6.3 СКИП ориентируют таким образом, чтобы его горизонтальные компоненты были параллельны строительным осям строительных конструкций, зданий и сооружения.

7.6.4 При монтаже для последующей эксплуатации предусматривают защиту от удара.

7.7 Правила работы

7.7.1 Любое из направлений движения грунта в вертикальном и горизонтальном направлениях, при достижении заданного уровня контролируемого показателя, запускает СКИП для записи данных во времени. Для достижения этого используют один или более триггеров.

7.7.2 Следует избегать случайного запуска СКИП.

7.7.3 Механизм сейсмического запуска записи акселерограмм устанавливают для порога ускорения колебаний грунта не более 0,01 g.

7.7.4 На бумажном носителе регистрируют и передают на пульт оператора следующие сигналы:

- сигнал включения СКИП;
- сигнал срабатывания каждого сейсмометрического триггера;
- сигнал отключения от внешнего источника питания.

7.7.5 Перечисленные в 7.7.4 сигналы объединяют в группы тревоги, с оптической и акустической сигнализацией на пульте оператора.

7.7.6 При возникновении любой из группы тревоги проверяют является ли она результатом землетрясения.

7.8 Индикатор удаленной записи

О запуске СКИП, размещенного за площадкой ОИАЭ или установленного на различных уровнях строительных конструкций, сообщают на пульт оператора. Если имеется более чем один пульт оператора, сообщение передают каждому оператору.

7.9 Программа обслуживания системы сейсмометрического мониторинга

7.9.1 Целью программы обслуживания является гарантия выполнения СКИП нормальной работы. Процедуру обслуживания направляют на то, чтобы обеспечить максимальное количество работоспособных СКИП.

7.9.2 Каждые две недели в первые три месяца после запуска в работу выполняют контроль измерительных каналов. После начального 3-месячного периода и трех последовательно выполненных контролей, выполняют ежемесячный контроль измерительных каналов. Ежемесячный контроль измерительных каналов включает также контроль батарей. Функциональные испытания измерительных каналов выполняются каждые 6 месяцев.

7.9.3 Плановый осмотр пунктов сейсмометрических наблюдений проводят не реже одного раза в год в профилактических целях. Все действия оператора по обслуживанию сети, функционирующей в телеметрическом режиме, в обязательном порядке отмечают в сменном рапорте оператора.

7.9.4 СКИП, расположенные в труднодоступном месте, должны иметь возможность для записи данных в доступном местоположении и иметь функцию контроля работоспособности с возможностью внешнего удаленного сообщения.

8 Проектирование и эксплуатация систем сейсмометрического мониторинга

8.1 Мониторинг за состоянием оснований и строительных конструкций, зданий и сооружений ОИАЭ проводят постоянно с использованием ССМ.

8.2 При проектировании ССМ определяют:

- перечень контролируемых (нормируемых) показателей работы оснований и строительных конструкций;
- расчетные (проектные) значения контролируемых показателей работы оснований и строительных конструкций;
- состав и технические характеристики аппаратного и программного обеспечения ССМ;
- местоположение программно-аппаратного обеспечения ССМ;
- алгоритм и критерии принятия управленческих решений по оценке надежности оснований и строительных конструкций, угрозы нарушения нормальной эксплуатации и передачи сообщений в единую систему оперативно-диспетчерского управления ОИАЭ;
- технические решения по взаимодействию ССМ с системой инженерно-технического обеспечения ОИАЭ и с СМИК по ГОСТ Р 22.1.12.

8.3 Для организации мониторинга создают базу данных, в которую первоначально заносят все основные проектные данные и результаты расчета напряженно-деформированного состояния системы «строительная конструкция – грунты основания» при проектном сейсмическом и динамическом воздействиях.

8.4 Организационная структура ССМ включает в себя перечисленные ниже компоненты:

- разработку рабочей документации ССМ специализированной организацией совместно с Генпроектировщиком и согласование с представителями эксплуатирующей организации;
- организацию наблюдений за состоянием строительных конструкций, зданий и сооружений ОИАЭ и сейсмических воздействий за пределами ОИАЭ;
- монтаж и наладку необходимых технических средств ССМ;
- ввод в опытную эксплуатацию;
- ввод в промышленную эксплуатацию.

8.5 Рабочая документация ССМ для проведения инженерно-сейсмометрического мониторинга в районе размещения ОИАЭ включает в себя:

- анализ инженерно-геологических и гидрогеологических условий на площадке ОИАЭ;
- краткое описание функционального назначения, технологических и технических характеристик строительных конструкций, зданий и сооружений ОИАЭ;
- анализ информации о состоянии строительных конструкций, зданий и сооружений ОИАЭ на момент разработки программы мониторинга, анализ существующих технических паспортов;
- перечень конструкций или систем, требующих непрерывной сейсмической диагностики, с указанием номенклатуры измеряемых параметров и контролируемых показателей, указанных в рабочих программах;
- схемы размещения СКИП, оборудования, каналов связи системы;
- алгоритм и критерии принятия управленческих решений по оценке работоспособности ССМ;
- методы наблюдения и контроля, требования к точности измерений контролируемых параметров, режим наблюдений;
- требования к комплексу технических средств для диагностики и метрологическому обеспечению ССМ;
- модель оценки технического состояния строительных конструкций, зданий и сооружений ОИАЭ и критерии принятия решения о возможности их безопасной эксплуатации или разработки технических мероприятий по приведению и поддержанию строительных конструкций зданий и сооружений ОИАЭ в эксплуатационно-пригодном состоянии;

- результаты и анализ расчета напряженно-деформированного состояния строительных конструкций зданий и сооружений совместно с основанием с учетом нелинейно-деформируемого поведения грунтов и материала конструкций;

- требования к отчетам (раздел 11 настоящего стандарта) по результатам проведенного сейсмометрического мониторинга.

8.6 Основой организационной структуры ССМ является непрерывный контроль, диагностика, наблюдения за контролируемыми показателями.

8.7 Результатами мониторинга являются промежуточные и заключительные отчеты, которые разрабатываются на основании анализа данных измерений ССМ. Требования к отчетам приведены в разделе 12 настоящего стандарта.

8.8 По результатам работы ССМ один раз в год составляют заключение и принимают решение о возможности и условиях дальнейшей эксплуатации строительных конструкций, зданий и сооружений с учетом ремонтно-восстановительных работ.

9 Автоматизированная система обработки информации

9.1 Назначение автоматизированной системы обработки информации

АСОИ предназначена для обработки информации, поступающей от СКИП, с целью выделения событий и их документирования, управления входными и обработанными данными, обеспечения взаимодействия с другими программами и источниками информации.

9.2 Основные требования к автоматизированной системе обработки информации

9.2.1 АСОИ обеспечивает сбор данных измерений с датчиков, хранение, доступ и отображение данных в различные периоды строительства, эксплуатации и продления срока службы ОИАЭ.

9.2.2 АСОИ обеспечивает безопасность и конфиденциальность информации, а также свободный доступ уполномоченным абонентам.

9.2.3 АСОИ имеет организационное, программное, техническое, математическое, методическое и метрологическое обеспечение.

9.3 Общие требования к системам управления базами данных

9.3.1 Предназначение СУБД заключается в предоставлении средств обработки и хранения всех видов информации, имеющей значение при мониторинге и формализуемой на уровне, приемлемом для автоматизации работы с СУБД. При этом, доступ к информации в базе данных обеспечивают как со стороны пользователя, так и со стороны не входящих в СУБД

разнообразных программных средств. Минимальным требованием в этом плане является возможность обработки информации из базы данных программным путем, без непосредственного участия оператора. Методы такой обработки, не предусматривающие использование пользовательского интерфейса СУБД, ясно и конкретно излагают в рамках документации на СУБД.

9.3.2 Конкретная реализация СУБД зависит от возможностей и задач конечного пользователя и осуществляется на основе систем, используемых в современной практике проектирования СУБД. При реализации учитывают возможность развития СУБД с тем, чтобы она удовлетворяла изменяющимся со временем требованиям к ее функциональности.

9.3.3 Описание формата данных четко оговаривают в программе мониторинга и в документации к программному обеспечению СУБД.

9.3.4 Как первичную выделяют базу архивных данных и результаты ранее выполненных сейсмологических и инженерно-сейсмических наблюдений. Первичная база данных содержит:

- сведения о проектных статических, динамических и сейсмических воздействиях в рабочей документации;
- сведения об эксплуатационной документации;
- результаты сейсмологических и инженерно-сейсмометрических измерений по всем видам наблюдений в пределах и за пределами площадки размещения ОИАЭ;
- список СКИП, используемых на ОИАЭ;
- установочные и технические характеристики СКИП;
- сведения о поверке СКИП;
- сведения о визуальных осмотрах СКИП;
- сведения о неординарных событиях, имевших место при эксплуатации ССМ;
- критерии безопасности и правила формирования диагностических сообщений;
- перечень, значения и динамику изменения контролируемых показателей;
- результаты расчета напряженно-деформированного состояния строительных конструкций, зданий и сооружений совместно с основанием.

9.3.5 СУБД должна иметь автоматизированные прикладные средства для формирования отчетов и другой документации по любым заданным признакам. Указанная в составе базы данных информация также должна быть доступна через программный интерфейс.

9.3.6 Ввод и вывод исходных данных и результатов измерений осуществляют в максимально удобной для восприятия форме.

9.4 Способы и средства связи для информационного обмена между компонентами системы

9.4.1 Информационный обмен с СКИП осуществляют следующими способами:

- формированием СКИП файлов согласованного формата и их передача на сервер ССМ для последующего хранения и обработки;
- информационным обменом, осуществляющимся по отдельной линии, поддерживаемой стандартными средствами управления используемых операционных систем;
- накоплением и переносом информации на внешних носителях в виде файлов согласованного формата с автоматическим включением ее в обработку в момент поступления.

9.4.2 Создают комплексный пункт сбора и обработки информации, в который будет поступать информация с СКИП путем организации средств удаленного доступа.

9.5 Средства удаленного доступа и администрирования

9.5.1 Для обеспечения безопасного администрирования СКИП устанавливают маршрутизатор, разделяющий локальную сеть сейсмических станций и сеть доступа в Интернет. Для обеспечения необходимого и достаточного уровня информационной безопасности маршрутизатор должен поддерживать технологию SSH и иметь средства защиты от несанкционированных вторжений и сетевых атак.

9.5.2 Для обеспечения изоляции вычислительной сети ССМ от корпоративной вычислительной сети ОИАЭ рекомендуют применять нижеследующие технологии:

- физическая изоляция – использование изолированного сегмента сети;
- логическая изоляция – использование маскировки сегмента сети;
- использование туннелирования.

9.5.3 Для обеспечения доступа к данным и управления удаленных СКИП устанавливают маршрутизатор GPRS/EDGE/3G со статическим сетевым адресом.

9.6 Выбор пунктов оптимального размещения сейсмических контрольно-измерительных приборов

Для выбора пунктов оптимального размещения СКИП на начальном этапе реализации проекта проводят предварительное обследование территории и сооружений для определения уровня и частотного спектра помех. После этих обследований принимают окончательное решение о пунктах размещения СКИП.

9.7 Взаимосвязь систем сейсмометрического мониторинга со смежными системами

9.7.1 ССМ должна обеспечивать прием и обработку данных от существующих систем сбора информации, а также от перспективных разрабатывающихся систем отечественных и зарубежных производителей.

Примечание – Предполагают, что данные поступают на сервер ССМ в виде файлов единого формата. Организуют интеграцию ССМ с автоматизированными системами управления технологическими процессами и система мониторинга инженерных (несущих) конструкций, опасных природных процессов и явлений ОИАЭ, а также с Федеральной системой сейсмологических наблюдений Геофизической службы РАН. С этой целью ССМ обеспечивается унифицированным оборудованием и совместимым программным обеспечением.

9.7.2 Разработку ССМ осуществляют с учетом последующего ее развития и модернизации в целом и развития и модернизации ее отдельных компонентов. Обеспечивают возможность развития по следующим направлениям:

- расширение состава программных компонент, входящих в ССМ;
- расширение функциональных возможностей путем развития отдельных видов программного обеспечения;
- применение датчиков и регистраторов нового поколения.

9.8 Режимы функционирования и диагностирования ССМ

9.8.1 При создании ССМ предусматривают режим технического обслуживания, предназначенный для проведения операций подготовки и проведения испытаний или настройки компонентов системы, обеспечивающий режим ее бесперебойного функционирования.

9.8.2 При создании ССМ предусматривают организационно-технические меры по автоматизированному контролю и диагностированию сбоев в работе СКИП.

10 Порядок отчетности по результатам сейсмометрического мониторинга

10.1 Отчеты, суммирующие работу ССМ, выпускают с регулярными интервалами. Отчеты могут быть краткими аннотационными, подготавливаемыми с короткой периодичностью (раз в квартал), и сводными техническими, выпускаемыми с интервалом раз в год.

10.2 Сводные технические отчеты рекомендуют формировать из следующих разделов: введение, задачи работ, аппаратура, конфигурация сети ССМ, методика обработки данных, результаты обработки данных и заключение.

10.2.1 В разделе «Введение» дают сведения об основании постановки работ, виду работ и их целевом назначении, а также об основных исполнителях работ.

10.2.2 В разделе «Задачи работ» перечисляют задачи работ, указывается степень до которой они решены в процессе производства работ, отмечается дата начала функционирования сети ССМ и период работы сети, описанный в отчете.

10.2.3 В разделе «Аппаратура» приводят описание использованной аппаратуры, дают блок-схема аппаратуры, а также описание отдельных ее элементов.

10.2.4 В разделе «Система наблюдений» освещают практические операции по монтажу сети, дают краткие характеристики пунктов размещения СКИП на строительных конструкциях, зданиях, сооружениях, а в случае использования телеметрической аппаратуры – ретрансляционных станциях (при их наличии) и центральном пункте сбора данных. В специальной таблице приводят координаты СКИП, их превышения над уровнем моря и период работы каждого прибора. Дают схему расположения СКИП. При телеметрической радиопередаче сигналов представляют также схему организации радиосвязи с расположением сейсмических и ретрансляционных станций. Указывают величину апертуры реализованной сети и среднее расстояние между СКИП.

Любые модификации сети ССМ, внесенные в сеть изменения, отражают в данном разделе. Кроме того, приводят таблицу перерывов в работе СКИП с указанием причин перерывов.

В этом же разделе приводят результаты изучения фона микросейсм на пунктах наблюдения. Представляют таблицу осредненного уровня фона помех, которая в случае применения спектрального анализа иллюстрируют соответствующими осредненными энергетическими спектрами, полученными для каждого пункта наблюдения. Приводят схемы результатов моделирования точности локализации гипоцентров местных землетрясений и их минимальной магнитуды.

Приводят динамические характеристики строительных конструкций, зданий и сооружений с оценкой их изменения во времени.

10.2.5 В разделе «Методика обработки данных» описывают систему регистрации (выделения) землетрясений, принципы обработки сейсмологических и инженерно-сейсмометрических измерений на строительных конструкциях, зданиях и сооружениях. В случае автоматического считывания времен первых вступлений сейсмических волн приводят

соответствующий алгоритм. Описывают методику локализации гипоцентров местных землетрясений, дают сведения об использованном программном обеспечении.

Указывают способы определения магнитуды местных землетрясений (магнитуда по амплитуде, магнитуда по продолжительности сейсмического сигнала). При использовании эмпирической формулы, связывающей магнитуду с продолжительностью записи землетрясения, приводят на рисунке корреляционную зависимость продолжительности сейсмического сигнала от магнитуды, которая определена по максимальной амплитуде, а также обосновывают выбор использованной формулы.

В разделе описывают методику определения механизма очагов землетрясений и использованных для этого программ. При определении динамических параметров очагов землетрясений освещают теоретические предпосылки этой процедуры, методику и соответствующие программы.

10.2.6 В разделе «Результаты обработки данных» дают сведения о зарегистрированных ССМ событиях: количестве местных, близких, далеких землетрясений, взрывах. В табличной форме приводят каталог местных землетрясений, а также подробные данные по временам вступлений сейсмических волн от местных землетрясений на станции сети.

Каталог местных землетрясений сопровождают схемами эпицентров местных землетрясений, составленных при необходимости в различных масштабах, а также разрезами по различным характерным направлениям, показывающими глубину очагов землетрясений.

Сейсмические события, вызывающие наибольший интерес для исследований, иллюстрируют сейсмограммами. Приводят результаты обработки данных микросейсм. В разделе приводят также рисунки и таблицы с результатами определения механизма очагов местных землетрясений, а также таблицу результатов определения динамических параметров очагов землетрясений и рисунки результатов соответствующего спектрального анализа. Предоставляют также серию статистических графиков, отражающих особенности временных изменений местной сейсмичности.

10.2.7 В разделе «Заключение» суммируют основные результаты работ и дают рекомендации.

10.2.8 В кратких аннотационных отчетах указывают общую продолжительность работы сети ССМ (когда начались наблюдения и когда они закончились), тип использованной за отчетный период наблюдений аппаратуры.

Приводят схему размещения СКИП и информацию о возможных модификациях сети за отчетный период. Кратко излагают причины перерывов в работе СКИП и способы локализации гипоцентров местных землетрясений. Здесь же представляют спектральный анализ полученных сейсмограмм в зависимости от грунтовых и (или) других локальных условий мест

расположения СКИП. Указывают количество зарегистрированных сетью СКИП сейсмических событий и дают их классификацию. Приводят каталог локальных, местных и далеких землетрясений, динамические характеристики строительных конструкций, зданий и сооружений.

11 Охрана окружающей среды при проведении сейсмометрического мониторинга

11.1 Мероприятия по охране окружающей среды и предотвращению ущерба при выполнении сейсмических наблюдений организуют в соответствии с требованиями законодательства Российской Федерации, нормативных технических документов федеральных органов исполнительной власти, национальных стандартов, правил стандартизации, норм и рекомендаций в области стандартизации, сводов правил и стандартов организации.

11.2 Не допускают использовать в ходе осуществления работ материалы и оборудование, применение которых может привести к нарушению требований по охране окружающей среды.

11.3 При обустройстве сейсмических станций, связанном с нарушением почвенного покрова, складировать и рекультивируют после окончания работ почвенный плодородный слой на нарушенные земли. При обустройстве сейсмических станций не допускают загрязнения воздуха, воды и почвы.

12 Демонтаж системы сейсмометрического мониторинга

При демонтаже ССМ или ее отдельных компонентов собственник ССМ принимает меры, исключаящие:

- негативное влияние на ОИАЭ;
- причинение вреда населению и окружающей среде.

Библиография

- [1] Федеральный закон «О техническом регулировании» от 27.12.2002 № 184-ФЗ
- [2] Федеральный закон «Об использовании атомной энергии» от 21.11.1995 № 170-ФЗ
- [3] Федеральный закон «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» от 30.12.2009 N 384-ФЗ
- [4] Проектирование и аттестация сейсмостойких конструкций для атомных электростанций. IAEA, No. NS-G-1.6, Вена, 2003
- [5] Геотехнические аспекты оценки площадок и оснований АЭС. Руководство по безопасности. МАГАТЭ, No. NS-G-3.6, Вена, 2005
- [6] НП-031–01 Нормы проектирования сейсмостойких атомных станций
- [7] НП-026–16 Требования к управляющим системам, важным для безопасности атомных станций
- [8] Оценка сейсмической опасности при выборе площадок размещения АЭС. МАГАТЭ, No. SSG-9, Вена, 2010
- [9] РБ-045–08 Динамический мониторинг строительных конструкций объектов использования атомной энергии
- [10] РБ-036–06 Мониторинг инженерно-геологических условий размещения объектов ядерного топливного цикла
- [11] Руководство по методике комплексного инженерно-сейсмометрического и сейсмологического мониторинга конструкций зданий и сооружений, включая площадки их размещения. М.: Изд-во ИФЗ РАН, 2011
- [12] РБ-006–98 Определение исходных сейсмических колебаний грунта для проектных основ