ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 70811— 2023

Гидротехнические сооружения в сейсмических районах

ГЕОДИНАМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ

Сейсмологические и сейсмометрические наблюдения

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2023

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Всероссийским научно-исследовательским институтом гидротехники им. Б.Е. Веденеева (АО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева») при участии специалистов Общества с ограниченной ответственностью «Центр геодинамических исследований» (ООО «ЦГИ»), Публичного акционерного общества «Федеральная гидрогенерирующая компания — РусГидро» (ПАО «РусГидро») и Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН (ИФЗ РАН)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 016 «Электроэнергетика»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 10 июля 2023 г. № 495-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2023

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 2
3 Термины, определения и сокращения 2
4 Виды и методы геодинамического мониторинга на гидротехнических сооружениях, расположенных в сейсмических районах 3
4.1 Инженерно-сейсмологические наблюдения (сейсмологический мониторинг) 3
4.2 Инженерно-сейсмометрический мониторинг 4
4.3 Мониторинг опасных геологических процессов и явлений, связанных с землетрясениями 6
Библиография 7

Введение

Настоящий стандарт разработан в целях реализации [1] и формирования специальных организационных и технических требований по проведению мониторинга технического состояния гидротехнических сооружений, подверженных воздействию землетрясений.

Требования настоящего стандарта дополняют требования ГОСТ Р 55260.1.4 и согласованы с требованиями и рекомендациями СП 358.1325800.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Гидротехнические сооружения в сейсмических районах

ГЕОДИНАМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ

Сейсмологические и сейсмометрические наблюдения

Hydraulic structures in seismic regions. Geodynamic monitoring. Seismological and seismometrical measurements.

Дата введения — 2023—08—01

1 Область применения

1.1 Настоящий стандарт устанавливает требования по организации и проведению регулярных сейсмологических и сейсмометрических наблюдений (мониторинга) в районах размещения гидротехнических сооружений и на гидротехнических сооружениях и их обработке.

1.2 Настоящий стандарт устанавливает основные требования, относящиеся:

- к организации сейсмологического и сейсмометрического мониторинга гидротехнических сооружений в период строительства и эксплуатации;
- составу контролируемых параметров сейсмических воздействий, реакции на них сооружений и точности их определения;
- методам обработки и анализа данных сейсмометрического мониторинга гидротехнических сооружений и их учета при оценке технического состояния гидротехнических сооружений;
- методам обработки и анализа данных инженерно-сейсмологического мониторинга и их учета для установления наличия или отсутствия явления возбужденной сейсмичности и оценки степени ее опасности для гидротехнических сооружений.

1.3 Настоящий стандарт устанавливает специальные требования к результатам геодинамического мониторинга гидротехнических сооружений в части измерения параметров колебаний сооружений, их оснований, примыканий и бортов водохранилищ при землетрясениях, а также выявления изменений сейсмического режима районов расположения водохранилищ в связи с их заполнением и сработкой и движений по активным разломам.

1.4 Настоящий стандарт распространяется на водоподпорные гидротехнические сооружения классов I и II в соответствии с критериями [2], расположенные на площадках с расчетной сейсмичностью семь и более баллов по СП 14.13330 с однопроцентной вероятностью превышения указанной интенсивности сейсмических воздействий за 50 лет (максимальное расчетное землетрясение).

1.5 Настоящий стандарт распространяется:

а) на инженерно-сейсмологические наблюдения в зонах водохранилищ объемом не менее 1 км^3, образуемых гидротехническими сооружениями с высотой плотины свыше 50 м;

б) сейсмометрические наблюдения, проводимые на следующих гидротехнических сооружениях:

- плотины и дамбы;
- здания гидроэлектростанций;
- устои и подпорные стены, входящие и не входящие в состав напорного фронта;
- водоприемники и водозаборные сооружения;
- водосбросы, водоспуски и водовыпуски;
- трубопроводы и туннели (водоводы);
- напорные бассейны, уравнительные резервуары и аэрационные шахты.

Издание официальное

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие документы:

ГОСТ Р 55260.1.4 Гидроэлектростанции. Часть 1-4. Сооружения ГЭС гидротехнические. Общие требования по организации и проведению мониторинга

СП 14.13330 «СНиП II-7-81* Строительство в сейсмических районах»

СП 358.1325800 Сооружения гидротехнические. Правила проектирования и строительства в сейсмических районах

СП 420.1325800.2018 Инженерные изыскания для строительства в районах развития оползневых процессов. Общие требования

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов (сводов правил) 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 документ, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого документа с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого документа с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку. Сведения о действии сводов правил целесообразно проверить в Федеральном информационном фонде стандартов.

3 Термины, определения и сокращения

3.1 В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ Р 55260.1.4, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1.1 **активный разлом:** Тектоническое нарушение с признаками постоянных или периодических перемещений бортов разлома в позднем плейстоцене — голоцене (за последние ~100 000 лет), величина (скорость) которых такова, что она представляет опасность для сооружений и требует специальных конструктивных и (или) компоновочных мероприятий для обеспечения их безопасности.

3.1.2 **интенсивность землетрясения:** Оценка воздействия землетрясения в баллах действующей макросейсмической шкалы, определяемая по макросейсмическим описаниям разрушений и повреждений природных объектов, грунта, зданий и сооружений, по наблюдениям и ощущениям людей, а также на основе данных сейсмологических и сейсмометрических наблюдений.

3.1.3 **магнитуда:** Энергетическая оценка землетрясения, характеризующая его очаг и не зависящая от пункта наблюдения, вычисляемая по показаниям сейсмографов и выражаемая безразмерной величиной в целых и десятичных числах в логарифмической шкале.

3.1.4 **максимальное расчетное землетрясение;** МРЗ: Землетрясение (сейсмическое воздействие) максимальной интенсивности на площадке расположения водоподпорных гидротехнических сооружений классов I, II и III со средней повторяемостью один раз в 5000 лет.

Примечание — Классы гидротехнических сооружений установлены в [2].

3.1.5

сейсмический район: Район с установленными и возможными очагами землетрясений, вызывающими на площадке гидротехнического сооружения сейсмические воздействия интенсивностью шесть баллов и более.

[СП 14.13330.2018, пункт 3.11]

3.2 В настоящем стандарте применены следующие сокращения:

АССК — автоматизированная система сейсмометрического контроля;

АСУТП — автоматизированная система управления технологическим процессом;

ГТС — гидротехническое сооружение;

ГЭС — гидроэлектростанция;

ЕГС РАН — Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Единая геофизическая служба Российской академии наук»;

ЛСС — локальная сейсмологическая сеть.

4 Виды и методы геодинамического мониторинга на гидротехнических сооружениях, расположенных в сейсмических районах

4.1 Инженерно-сейсмологические наблюдения (сейсмологический мониторинг)

4.1.1 Инженерно-сейсмологические наблюдения выполняются для контроля изменений сейсмического режима района расположения ГТС, вызванными природными и техногенными причинами, в том числе с целью изучения влияния заполнения и сработки водохранилища на сейсмический режим территории.

При выявлении изменений сейсмического режима вследствие заполнения и сработки водохранилища, которые могут повлиять на безопасность гидроузла (возрастание числа землетрясений, увеличение их магнитуды, локализации очагов вблизи гидроузла), должны быть выданы уведомления об изменении сейсмического режима, и могут быть даны рекомендации по изменению скорости заполнения и (или) сработки водохранилища.

4.1.2 Для проведения инженерно-сейсмологических наблюдений в окрестностях гидроузла создается ЛСС, обеспечивающая:

- регистрацию сейсмических событий с минимальной локальной магнитудой M (магнитудой Рихтера) от $M \leq 0,5$ (энергетический класс по Т.Г. Раутиан $K \leq 5,0$) (для центральной части сети и очагов землетрясений в верхних слоях земной коры, глубина гипоцентра H ≈ 5—15 км) до $M \leq 1,7$ (энергетический класс $K \leq 7$) (для периферийных частей сети и более глубоких очагов, H ≈ 15—30 км);
- точность локализации эпицентров землетрясений, которые расположены в пределах сети сейсмических станций, не хуже ±0,7 км для центральной части сети и верхних слоев земной коры и не хуже ±1,5 км для периферийных частей сети и более глубоких очагов. Вертикальная стандартная ошибка локализации глубины очагов землетрясений не должна превышать 0,7 км для центральной части сети и верхних слоев земной коры и 1,0 км для периферийных частей сети и более глубоких очагов;
- возможность, при необходимости, определять механизм очага землетрясений, зарегистрированных в пределах территории, контролируемой локальной сетью.

4.1.3 В случае каскадного расположения гидроузлов, при расстоянии между ними до 60 км локальные сейсмологические сети могут объединяться. При большем расстоянии между гидроузлами сети могут объединяться по согласованию между владельцами ГТС.

4.1.4 ЛСС необходимо создавать в соответствии с проектной документацией, разработанной с учетом особенностей ГТС и условий района его размещения.

Предварительный выбор пунктов сейсмологических наблюдений осуществляют на основе анализа имеющихся данных о сейсмичности и геологическом строении района, а также о транспортной доступности, обеспечении электроэнергией и связью.

Окончательный выбор пунктов сейсмологических наблюдений осуществляют на основании рекогносцировки и инженерно-геологического, геофизического и сейсмометрического обследования предполагаемых площадок их размещения, а также результатов математического моделирования основных характеристик ЛСС для вариантов расположения пунктов с целью проверки согласованности характеристик проектируемой сети с требованиями 4.1.2.

4.1.5 При регистрации сейсмических сигналов при необходимости следует предусмотреть меры по минимизации сейсмических шумов, возникающих при эксплуатации ГТС, путем установки в пунктах наблюдений скважинных сейсмоприемников.

4.1.6 В случае, если вблизи гидроузла уже находятся сейсмологические станции государственной сейсмологической сети (ЕГС РАН), допускается, по согласованию между собственником ГТС и ЕГС РАН, либо непосредственно использовать возможности Федеральной сейсмологической сети, либо дополнить эту сеть минимально необходимым числом дополнительных станций, соответствующих техни-

ческим условиям ЕГС РАН*, с тем чтобы в оперативном режиме получать информацию, удовлетворяющую требованиям 4.1.2.

4.1.7 Если формирование сообщения о землетрясении с интенсивностью на площадке ГТС пять баллов и более (см. СП 358.1325800) не обеспечивается сетью ЕГС РАН в режиме реального времени, то формирование такого сигнала должна обеспечивать ЛСС.

4.1.8 Обработка инженерно-сейсмологических данных может проводиться как непосредственно персоналом ГТС при наличии подготовленных специалистов, так и в специальных центрах обработки с привлечением специализированных организаций. Следует предусматривать возможность обработки данных в автоматическом режиме, совместно с данными сейсмометрических наблюдений.

По результатам обработки должен составляться каталог зарегистрированных сейсмических событий тектонического происхождения (землетрясений), очищенный от сейсмических событий иной природы. Зарегистрированные сейсмические события иной природы следует приводить в виде отдельного каталога.

На основании анализа каталога землетрясений должны прослеживаться хронологический ход характеристик сейсмической активности и миграция очагов землетрясений с целью уточнения текущей сейсмической опасности и определения тенденций ее изменения.

По согласованию с местным подразделением ЕГС РАН информация о землетрясениях, зарегистрированных ЛСС ГТС, может передаваться в государственную сейсмологическую сеть.

По согласованию данные наблюдений ЛСС могут передаваться организации — проектировщику объекта.

4.2 Инженерно-сейсмометрический мониторинг

4.2.1 Инженерно-сейсмометрические наблюдения на участке размещения и на ГТС проводят для регистрации, измерения и анализа динамической реакции грунтов основания, сооружений и технологического оборудования на внешние сейсмические воздействия природного и техногенного характера.

4.2.2 Контролируемые параметры

Основными контролируемыми параметрами являются динамические характеристики колебаний сооружения (ускорение, скорость, смещение).

Дополнительными контролируемыми параметрами могут являться собственные частоты колебаний сооружения и декремент затухания.

4.2.3 Организация сейсмометрического мониторинга

4.2.3.1 Датчики АССК размещают непосредственно на сооружениях ГТС, в основании и на береговых примыканиях плотины. Датчики располагают таким образом, чтобы регистрировать динамические характеристики в ряде точек сооружений и береговых примыканий во время землетрясений, а также при работе технологического оборудования ГЭС и возможного воздействия других техногенных источников. Схему размещения пунктов сейсмометрических наблюдений разрабатывают с учетом результатов динамических расчетов сооружения на основе соответствующей математической модели и данных специальных инженерно-сейсмометрических исследований колебаний сооружения. В теле плотины, опорном контуре и береговых примыканиях должно быть развернуто не менее трех пунктов наблюдений.

4.2.3.2 Рекомендуется размещать датчики вблизи пучностей основных мод собственных колебаний сооружения.

4.2.3.3 При необходимости получения информации о влиянии податливости основания, а также для оценки степени синхронности колебаний бортов каньона следует оборудовать дополнительные точки наблюдений в штольнях, в местах примыкания тела плотины к бортам каньона.

4.2.3.4 Одну из сейсмометрических станций размещают в грунте основания вне зоны непосредственного влияния (пригруза) плотины, как правило, в штольне в береговом примыкании, на удалении в массив более чем на 50 м, на том берегу, где грунты более близки или соответствуют грунтам категории I по сейсмическим свойствам (см. СП 358.1325800) и где уровень техногенных помех ниже. Такая станция служит опорной станцией АССК и используется как эталонная при мониторинге изменений колебательных характеристик плотины, других сооружений гидроузла и грунтового основания. На ней должен быть установлен, кроме сейсмометрической, еще и комплект сейсмологической аппаратуры. Если в

* См. требования к сейсмическим сетям и станциям, интегрируемым в Федеральную сеть сейсмологических наблюдений, утверждаемые ЕГС РАН.

системе вибрационного контроля гидроагрегатов используется сигнал о прохождении землетрясения в районе ГЭС, регистрирующая аппаратура, расположенная на опорной станции, дополняется блоком формирования и передачи соответствующего сигнала с задержкой не более 5 с.

4.2.3.5 При выборе точек размещения датчиков следует учитывать расположение локальных источников сейсмического техногенного воздействия, таких как: железная и автомобильные дороги, проходящие по плотине, генерирующее оборудование ГЭС, водосброс и другие источники. Для контроля уровня воздействий от подобных источников дополнительные датчики могут быть размещены в непосредственной близости от них.

4.2.4 Приборные средства измерений, автоматизированные системы мониторинга

4.2.4.1 Датчики и система регистрации должны соответствовать требованиям [3]. Для ГТС классов опасности I и II допускается применение только средств измерений утвержденного типа, прошедших поверку в установленном порядке.

4.2.4.2 В качестве основных сейсмических датчиков необходимо использовать трехкомпонентные акселерометры (датчики ускорения движений). На всех пунктах наблюдений рекомендуется использовать сейсмометрические датчики одного типа. Помимо акселерометров могут также устанавливаться велосиметры (датчики скорости движений), а на больших плотинах — и сейсмометры (датчики перемещений). Датчики должны быть рассчитаны на регистрацию ускорений до 2,6 м/с^2 (скорости 0,4 м/с, смещения 0,07 м) с динамическим диапазоном не менее 100 дБ и с рабочим частотным диапазоном от 0,4 до 40 Гц.

4.2.4.3 Измерительные датчики и регистрирующая аппаратура должны обеспечивать требуемую проектом АССК точность измерений, сохранять постоянство характеристик в течение срока эксплуатации, устойчивость к атмосферным воздействиям в требуемом диапазоне изменения температур. Конструкция измерительных датчиков и регистрирующей аппаратуры должна обеспечивать их безопасность (защищенность от внешних воздействий) и возможность контроля их работоспособности, ремонта и (или) замены без нарушения принятого режима эксплуатации измерительной сети.

4.2.4.4 Для станций АССК, располагающихся на внешних поверхностях ГТС, проектируют и сооружают специальные сейсмические укрытия. При размещении станций АССК во внутренних помещениях ГТС, как правило, изготавливают специальные сейсмометрические ниши или контейнеры-укрытия для сейсмометрического оборудования, причем датчики жестко фиксируют на основании, которое должно быть устроено так, чтобы обеспечивался надежный механический контакт с массивом сооружения, исключающий паразитные резонансы.

4.2.4.5 Информация от датчиков должна регистрироваться непрерывно и архивироваться для обеспечения возможности ретроспективного анализа. Спецификации конфигурационных файлов и файлов данных должны быть открыты или должны иметься инструментальные средства импорта/экспорта в открытые форматы.

4.2.4.6 В состав АССК должны входить технические и программные средства синхронизации системного времени с использованием системы обеспечения единого времени на основе сигналов GPS/ГЛОНАСС.

4.2.5 Методы обработки и анализа данных мониторинга

4.2.5.1 АССК выполняет непрерывный контроль в реальном времени соответствия измеренных значений динамических характеристик заданным критериальным значениям. При обнаружении превышения критериальных значений формируются информационные сигналы, поступающие в АСУТП и оперативному персоналу.

4.2.5.2 Измерения собственных частот и декремента затухания, анализ реакции сооружения на слабые сейсмические воздействия проводят с использованием специального программного обеспечения. По результатам обработки контролируют соответствие динамических характеристик сооружения расчетным значениям.

4.2.5.3 Результаты измерений АССК могут быть использованы для оценки напряженно-деформированного состояния объекта с использованием математической модели сооружения. В этом случае в состав программного обеспечения АССК должно быть включено программное обеспечение для экспорта данных в другие системы обработки данных.

4.3 Мониторинг опасных геологических процессов и явлений, связанных с землетрясениями

4.3.1 Если по результатам инженерных изысканий, либо в процессе эксплуатации гидроузла на бортах его водохранилища выявлены оползне- или обвалоопасные участки склонов, при обрушении которых могут возникнуть деформации примыканий плотины, водосбросных или иных ГТС, либо волны, представляющие опасность для ГТС, а также для населенных пунктов, расположенных по берегам водохранилища, и судоходства, на этих участках необходим мониторинг состояния склонов и изучение связи деформаций склонов с сейсмическими воздействиями природного и техногенного характера.

4.3.1.1 Проведение мониторинга состояния склонов выполняют в соответствии с рекомендациями СП 420.1325800.2018 (пункты 7.1, 7.2).

4.3.1.2 На оползнеопасных участках, помимо наблюдений за деформациями склона, выполняемых в соответствии с 4.3.1.1, рекомендуется размещать как минимум одну сейсмостанцию, оснащенную приборами (широкополосным велосиметром и акселерометром) для изучения реакции склона на сейсмические воздействия.

4.3.1.3 При обработке данных мониторинга состояния склонов необходимо сопоставлять результаты наблюдений за деформациями с данными о землетрясениях и интенсивных техногенных вибрациях и, при наличии, о сейсмических воздействиях на оползнеопасных участках бортов водохранилища.

4.3.2 При наличии в основании гидротехнических сооружений или в береговых примыканиях плотин активных разломов, установленных в ходе изысканий или выявленных после завершения строительства, следует:

- организовать контроль за перемещениями бортов разлома в трех взаимно перпендикулярных направлениях (точность измерений определяется в каждом конкретном случае по согласованию со службой эксплуатации ГТС и с проектной организацией);
- исследовать наличие или отсутствие связи между перемещениями по активному(ым) разлому(ам) и местными и региональными землетрясениями, а также интенсивными техногенными вибрациями;
- при отсутствии данных о величине и кинематике подвижек по активному разлому, происходивших ранее, следует организовать проведение исследований по определению этих параметров. При этом такие исследования могут проводиться как в непосредственной близости от ГТС, так и в зоне исследуемого разлома на обоснованном удалении от ГТС с тем, чтобы установить возможную максимальную амплитуду единовременной подвижки по разлому, ее направление, возраст и повторяемость таких подвижек.

Библиография

[1] Федеральный закон от 21 июля 1997 г. № 117-ФЗ «О безопасности гидротехнических сооружений»

[2] Критерии классификации гидротехнических сооружений (утверждены Постановлением Правительства Российской Федерации от 5 октября 2020 г. № 1607)

[3] Федеральный закон от 26 июня 2008 г. № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений»

УДК 627.8:006.354 ОКС 27.140

Ключевые слова: гидротехнические сооружения, сейсмические районы, геодинамический мониторинг, контролируемые параметры, анализ данных мониторинга

Редактор *Н.В. Таланова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *О.В. Лазарева*
Компьютерная верстка *А.Н. Золотаревой*

Сдано в набор 11.07.2023. Подписано в печать 12.07.2023. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 1,40. Уч.-изд. л. 1,26.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «Институт стандартизации» для комплектования Федерального информационного фонда стандартов, 117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.

gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru