ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 22.1.11— 2024

Безопасность в чрезвычайных ситуациях

МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ВОДОПОДПОРНЫХ, ВОДОНАПОРНЫХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ И ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОСЛЕДСТВИЙ ВОЗМОЖНЫХ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ АВАРИЙ НА НИХ

Общие требования

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2025

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Федеральным государственным бюджетным учреждением «Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России» (Федеральный центр науки и высоких технологий) [ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ)], Обществом с ограниченной ответственностью «Центр исследований экстремальных ситуаций» [ООО «ЦИЭКС»]

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 071 «Гражданская оборона, предупреждение и ликвидация чрезвычайных ситуаций»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 20 декабря 2024 г. № 1961-ст

4 ВЗАМЕН ГОСТ Р 22.1.11—2002

*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», 2025

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

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Безопасность в чрезвычайных ситуациях

МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ВОДОПОДПОРНЫХ, ВОДОНАПОРНЫХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ И ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОСЛЕДСТВИЙ ВОЗМОЖНЫХ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ АВАРИЙ НА НИХ

Общие требования

Safety in emergencies. Monitoring of the condition of water-bearing, water-pressure hydraulic structures and special purpose hydraulic structures and forecasting of consequences possible hydrodynamic accidents on them. General requirements

Дата введения — 2025—05—01

1 Область применения

1.1 Настоящий стандарт устанавливает общие требования к составу и содержанию работ по мониторингу состояния водоподпорных, водонапорных гидротехнических сооружений (ГТС) и ГТС специального назначения классов I, II и III и их оснований как потенциальных источников техногенных чрезвычайных ситуаций (ЧС), а также общие требования к прогнозированию ЧС, которые могут возникнуть вследствие гидродинамических аварий на указанных сооружениях.

1.2 Настоящий стандарт устанавливает:

- перечень основных контролируемых в процессе мониторинга показателей состояния водоподпорных, водонапорных ГТС и ГТС специального назначения;
- перечень основных прогнозируемых показателей последствий возможных гидродинамических аварий на водоподпорных, водонапорных ГТС и ГТС специального назначения;
- общие требования к методам прогнозирования последствий гидродинамических аварий при разрушениях водоподпорных, водонапорных ГТС и ГТС специального назначения.

1.3 Стандарт предназначен для организаций и предприятий, осуществляющих строительство и эксплуатацию водоподпорных, водонапорных ГТС и ГТС специального назначения, проектно-изыскательских организаций, а также специализированных организаций, осуществляющих прогнозирование и предупреждение ЧС, которые могут возникнуть вследствие гидродинамических аварий на указанных сооружениях, органов государственной власти и органов местного самоуправления, осуществляющих разработку документов территориального планирования.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие документы:

ГОСТ 22.0.03 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Природные чрезвычайные ситуации. Термины и определения

ГОСТ 19179 Гидрология суши. Термины и определения

ГОСТ 27751 Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения

ГОСТ Р 22.0.02 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения

ГОСТ Р 22.0.05 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Техногенные чрезвычайные ситуации. Термины и определения

ГОСТ Р 70214 Гидротехника. Основные понятия. Термины и определения

Издание официальное

СП 23.13330 «СНиП 2.02.02-85 Основания гидротехнических сооружений»

СП 39.13330 «СНиП 2.06.05-84* Плотины из грунтовых материалов»

СП 40.13330 «СНиП 2.06.06-85 Плотины бетонные и железобетонные»

СП 58.13330.2019 «СНиП 33-01-2003 Гидротехнические сооружения. Основные положения»

СП 165.1325800 «СНиП 2.01.51-90 Инженерно-технические мероприятия по гражданской обороне»

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 и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ 22.0.03, ГОСТ 19179, ГОСТ 27751, ГОСТ Р 22.0.02, ГОСТ Р 22.0.05, ГОСТ Р 70214, а также следующий термин с соответствующим определением:

3.1 **Балтийская система высот;** БСВ: Система нормальных высот, принятая в Российской Федерации, отсчет которой ведется от нуля Кронштадтского футштока.

3.2

безопасность гидротехнических сооружений: Свойство гидротехнических сооружений, позволяющее обеспечивать защиту жизни, здоровья и законных интересов людей, окружающей среды, объектов культурного наследия (памятников истории и культуры) народов Российской Федерации и хозяйственных объектов.

[[1], статья 3]

3.3 **время начала затопления объекта:** Период времени между началом гидродинамической аварии и началом затопления объекта, расположенного в нижнем бьефе.

3.4 **время добегания волны до створа нижнего бьефа:** Период времени между началом гидродинамической аварии и началом подъема уровня в данном створе нижнего бьефа.

3.5 **диагностические показатели:** Наиболее значимые для диагностики и оценки состояния гидротехнического сооружения контролируемые показатели, позволяющие дать оценку состояния системы «сооружение — основание — водохранилище».

3.6

критерии безопасности гидротехнического сооружения: Предельные значения количественных и качественных показателей состояния гидротехнического сооружения и условий его эксплуатации, соответствующие допустимому уровню риска аварии гидротехнического сооружения и утвержденные в установленном порядке федеральными органами исполнительной власти, уполномоченными на осуществление федерального государственного надзора в области безопасности гидротехнических сооружений, в составе декларации безопасности гидротехнического сооружения.

[[1], статья 3]

3.7 **контролируемые показатели:** Показатели, измеренные на данном сооружении с помощью технических средств или вычисленные на основании измерений количественные показатели, а также качественные показатели эксплуатационного состояния гидротехнического сооружения, определенные на основании визуального осмотра.

3.8 **коэффициент шероховатости:** Эмпирически определяемая величина, численно характеризующая сопротивление, оказываемое руслом протекающему потоку.

3.9 **максимальная отметка воды в точке нижнего бьефа:** Максимальное за период затопления значение высотной отметки воды в створе на местности, расположенной в нижнем бьефе, подвергшейся затоплению.

3.10 **максимальная глубина воды в точке нижнего бьефа:** Максимальное за период затопления значение глубины в точке на местности, расположенной в нижнем бьефе, подвергшейся затоплению.

3.11 **максимальная скорость течения в точке нижнего бьефа:** Максимальное за период затопления значение скорости течения воды в точке на местности, расположенной в нижнем бьефе, подвергшейся затоплению.

3.12 **проран:** Возникшая в результате аварии брешь (отверстие) в теле плотины, через которую проходит непрерывный излив воды из водохранилища.

3.13 **последствия аварии на ГТС:** Совокупность нарушений нормальных условий жизни и деятельности людей на объекте, территории (в зоне ЧС), выраженная в людских и материальных потерях (в ущербе).

3.14 **продолжительность затопления в точке нижнего бьефа:** Период времени между началом затопления в точке на местности, расположенной в нижнем бьефе, и ее осушением.

3.15 **состояние гидротехнического сооружения:** Характеристика гидротехнического сооружения по совокупности его количественных и качественных показателей.

3.16 **створ:** Вертикальная плоскость, перпендикулярная к оси потока.

3.17 **уровень критериальных диагностических показателей $К_1$:** Предупреждающий уровень значений диагностических показателей, при достижении которого устойчивость, механическая и фильтрационная прочность гидротехнического сооружения и его основания, а также пропускная способность водосбросных и водопропускных сооружений еще соответствуют условиям нормальной эксплуатации.

3.18 **уровень критериальных диагностических показателей $К_2$:** Второй (предельный) уровень значений диагностических показателей, при превышении которого эксплуатация гидротехнического сооружения в проектных режимах недопустима.

3.19 **уклон водной поверхности:** Отношение разности отметок уровня воды на рассматриваемом участке к длине этого участка.

3.20 **шероховатость русла:** Сопротивление, оказываемое руслом протекающему потоку.

4 Общие положения

4.1 Мониторинг состояния водоподпорных, водонапорных ГТС и ГТС специального назначения и прогнозирование ЧС, вызванных гидродинамическими авариями на ГТС, является составной частью системы мероприятий, проводимых в рамках деятельности функциональной подсистемы мониторинга, лабораторного контроля и прогнозирования ЧС согласно [2].

4.2 Мониторинг состояния и оценку безопасности водоподпорных, водонапорных ГТС и ГТС специального назначения осуществляет собственник ГТС или эксплуатирующая организация (статья 9 [1]).

4.3 Все требования к составу и содержанию мероприятий, отнесенных к процессу мониторинга состояния ГТС, следует учитывать при разработке проектной документации на ГТС, включая технические решения для их реализации и финансовое обеспечение по СП 58.13330.

4.4 Прогнозирование последствий возможных гидродинамических аварий осуществляют проектные организации при разработке проектной документации на ГТС, включая разработку декларации безопасности ГТС в составе проектной документации, органы государственной власти и органы местного самоуправления, осуществляющие разработку документов территориального планирования, а также организации, эксплуатирующие ГТС при переработке деклараций безопасности ГТС на действующие сооружения. Прогнозирование последствий гидродинамических аварий может выполняться для оценки возможной обстановки при возникновении ЧС на территориях муниципальных образований или субъектов Российской Федерации в рамках разработки планов действий по предупреждению и ликвидации ЧС.

4.5 Доступ к технической информации о водоподпорных, водонапорных гидротехнических сооружениях и гидротехнических сооружениях специального назначения осуществляют с соблюдением требований законодательства Российской Федерации о государственной тайне.

5 Общие требования к системе мониторинга состояния водоподпорных, водонапорных ГТС и ГТС специального назначения

5.1 Мониторинг состояния водоподпорных, водонапорных ГТС и ГТС специального назначения как потенциальных источников ЧС осуществляют в целях обеспечения их безопасной эксплуатации.

5.2 Мониторинг состояния водоподпорных, водонапорных ГТС и ГТС специального назначения осуществляют постоянно (непрерывно), по основным контролируемым показателям в соответствии с программой мониторинга.

5.3 С целью реализации мероприятий мониторинга и проведения натурных наблюдений на водоподпорных, водонапорных ГТС и ГТС специального назначения классов I, II и III необходимо предусматривать установку контрольно-измерительной аппаратуры. Для напорных ГТС классов I и II следует обеспечивать применение автоматизированной системы контроля (АСК). Необходимость установки контрольно-измерительной аппаратуры на ГТС класса IV должна быть обоснована, для данных сооружений следует предусматривать геодезические и визуальные наблюдения.

При невозможности создания АСК следует применять информационно-диагностические системы контроля с ручным вводом данных наблюдения.

5.4 Мониторинг состояния водоподпорных, водонапорных ГТС и ГТС специального назначения включает:

- регулярные взаимоувязанные контрольные наблюдения за состоянием водоподпорных, водонапорных ГТС и ГТС специального назначения, их оснований, береговых сопряжений в нижнем и верхнем бьефах;
- сбор, накопление, систематизацию и хранение данных наблюдений;
- сравнительный анализ измеренных значений диагностических показателей состояния ГТС с их критериальными значениями;
- информирование надзорных органов на региональном и федеральном уровнях.

Перечень основных показателей водоподпорных ГТС приводят в соответствии с [3], [4].

5.5 Основные показатели состояния водоподпорных, водонапорных ГТС и ГТС специального назначения, контролируемых в процессе мониторинга

5.5.1 К нагрузкам и воздействиям на водоподпорные ГТС (плотины) относят постоянные и временные (длительные и кратковременные) нагрузки и воздействия, а также особые нагрузки и воздействия. Перечень нагрузок и воздействий на водоподпорные ГТС (плотины) — по СП 58.13330.2019 (приложение Г).

5.5.2 Перечень основных показателей состояния водоподпорных гидротехнических сооружений, с учетом развития опасных процессов в грунтовых массивах, контролируемых в процессе мониторинга, включают в себя (согласно СП 23.13330, СП 58.13330, СП 39.13330, СП 40.13330):

- вертикальные (осадки) и горизонтальные перемещения сооружений и их оснований;
- напряжения в сооружениях и их основаниях (бетон, арматура, грунт и др.);
- контактные напряжения в подошвах, на вертикальных и наклонных поверхностях бетонных ГТС;
- раскрытие межсекционных швов бетонных и железобетонных ГТС;
- взаимные смещения по межсекционным швам бетонных и железобетонных ГТС;
- величину раскрытия трещин, межблочных швов в бетонных и железобетонных ГТС и в грунтовом массиве;
- величину раскрытия трещин по контакту бетонной плотины со скальным основанием;
- поровое давление и интенсивность его рассеивания в водоупорных элементах грунтовых плотин и оснований;
- фильтрационные расходы, поступающие в дренажные устройства или выходящие на дневную поверхность;
- отметки депрессионной поверхности фильтрационного потока в теле грунтовых сооружений и береговых примыканиях;
- пьезометрические напоры в теле сооружения, основании и береговых примыканиях;
- пьезометрические градиенты;
- показатели размыва русла в нижнем бьефе ГТС;
- показатели отложения наносов в водохранилище перед ГТС;
- вертикальные и горизонтальные смещения оползневых и потенциально неустойчивых массивов в примыканиях, верхнем и нижнем бьефах ГТС.

5.5.3 Состав, наименование и способы измерения показателей состояния водоподпорных, водонапорных ГТС и ГТС специального назначения, контролируемых в процессе мониторинга, указан в таблице 1.

5.5.4 Результаты измерений показателей состояния ГТС «К» сравнивают с их критериальными значениями $К_1$ и $К_2$, приведенными в проекте мониторинга безопасности ГТС. При $К \le К_1$ состояние ГТС считают нормальным, при $К_1 < К \le К_2$ — потенциально опасным, при $К > К_2$ — предаварийным.

5.6 Периодичность наблюдений (измерений) определяют проектом, который разрабатывает специализированная организация, имеющая соответствующий опыт и специалистов. Проект должен учитывать класс ГТС, его техническое состояние, период эксплуатации и природные факторы. В обязательном порядке наблюдения (измерения) проводят на сооружениях, подвергшихся чрезвычайным воздействиям (землетрясениям, катастрофическим паводкам, ураганам и т. п.).

5.7 Дистанционные измерения, выполняемые с помощью измерительных преобразователей, сейсмической аппаратуры, должны обеспечивать применение АСК, предусматривать получение и обработку данных в автоматизированном режиме в реальном режиме времени с заданной дискретностью.

Таблица 1 — Состав, наименование и способы измерения показателей состояния водонапорных ГТС, контролируемых в процессе мониторинга (инструментальные и визуальные наблюдения)

Тип ГТС	Основные контролируемые показатели состояния ГТС	Способ измерения контролируемого показателя	Технические средства измерения контролируемого показателя	Рекомендуемая периодичность измерения[1)]
Бетонные и железобетонные плотины (гравитационные, контрфорсные, арочные плотины)	Вертикальные перемещения (осадки) сооружения и его основания, мм	Нивелирование поверхностных марок	Поверхностные марки, рабочие и фундаментальные реперы	2 раза в год
	Горизонтальные перемещения сооружения и его основания, мм	Триангуляция, визирование по створам, светодальномерные наблюдения	Рабочие реперы, визирные марки, марки для светодальномерных наблюдений	То же
	Напряжения в сооружении и его основании, кг/см^2, МПа	Дистанционные измерения деформаций, напряжений в сооружении и его основании	Измерительные преобразователи линейных деформаций, силы струнного типа	1 раз в мес
	Контактные напряжения в подошвах бетонного сооружения, кг/см^2, МПа	Дистанционные измерения силы на контролируемую площадь	Измерительные преобразователи силы струнного типа	То же
	Раскрытие межсекционных швов сооружения, мм	Дистанционные измерения раскрытия шва	Измерительные преобразователи линейных перемещений струнного типа	3 раза в мес
	Взаимные смещения секций по межсекционным швам сооружения, мм	Прямые измерения взаимного смещения секций плотины	Модернизированный щелемер, штанген-щелемер	То же
	Величина простирания трещины по контакту сооружения со скалой, мм	Дистанционные измерения раскрытия шва по контакту сооружения со скалой	Измерительные преобразователи линейных перемещений струнного типа	—
	Раскрытие трещин и межблочных швов в сооружении, мм	Дистанционные измерения раскрытия трещин, межблочных швов	Измерительные преобразователи линейных деформаций, перемещений струнного типа	—

Продолжение таблицы 1

Тип ГТС	Основные контролируемые показатели состояния ГТС	Способ измерения контролируемого показателя	Технические средства измерения контролируемого показателя	Рекомендуемая периодичность измерения[1)]
Бетонные и железобетонные плотины (гравитационные, контрфорсные, арочные плотины)	Температура бетона сооружения и его основания, °С	Дистанционные измерения температуры бетона	Измерительные преобразователи температуры струнного типа	—
	Фильтрационные расходы, поступающие в дренажные устройства или выходящие на поверхность, л/с	Дистанционные измерения расхода или прямые измерения отметки уровня воды на мерном водосливе	Измерительные преобразователи уровня жидкости, мерная рейка	—
	Пьезометрические напоры в основании сооружения и береговых примыканиях, м	Прямые или дистанционные измерения пьезометрических уровней в основании сооружения	Измерительные преобразователи давления струнного типа, образцовые манометры	—
	Пьезометрические градиенты в основании сооружения, безразмерно	Вычисляют по измеренным напорам в основании сооружения	—	3 раза в мес
	Показатели сейсмических колебаний сооружения и его основания (частота, Гц; период собственных колебаний, с)	Измерения в ждущем автоматическом режиме ускорений, амплитуды колебаний	Сейсмометрическая аппаратура	Постоянно (непрерывно)
	Показатели размыва русла в нижнем бьефе (глубина, м; площадь воронки размыва, $м^2$)	Прямые измерения воронки размыва с помощью эхолота или водолазов	Эхолоты, мерные ленты	1 раз в год
	Раскрытие трещин и межблочных швов в сооружении, мм	Дистанционные измерения раскрытия трещин, межблочных швов	Измерительные преобразователи линейных деформаций, перемещений струнного типа	—
	Разрушение бетона в зоне переменного уровня, мм	Прямые измерения глубины разрушения бетона	Деформометр на базе индикатора часового типа	2 раза в год
	Разрушение бетона вследствие реакционных свойств крупного заполнителя бетона, мм	Прямые измерения глубины разрушения бетона	То же	То же
Сооружения из местных материалов (грунтовые плотины, дамбы и т. п.)	Вертикальные перемещения (осадки) гребня сооружения и его основания, мм	Нивелирование поверхностных марок, глубинных марок	Поверхностные, глубинные марки, рабочие и фундаментальные реперы	2 раза в год

Продолжение таблицы 1

Тип ГТС	Основные контролируемые показатели состояния ГТС	Способ измерения контролируемого показателя	Технические средства измерения контролируемого показателя	Рекомендуемая периодичность измерения[1)]
Сооружения из местных материалов (грунтовые плотины, дамбы и т. п.)	Горизонтальные смещения гребня сооружения, мм	Триангуляция, визирование по створам, светодальномерные наблюдения	Рабочие и фундаментальные реперы, визирные марки, марки для светодальномерных измерений	2 раза в год
	Поровое давление в водоупорных элементах сооружения и его основания, МПа	Дистанционные измерения порового давления в водоупорных элементах сооружения	Измерительные преобразователи давления струнного типа	3 раза в мес
	Фильтрационные расходы, поступающие в дренажные устройства или выходящие на поверхность, л/с	Дистанционные измерения расходов или прямые измерения отметок уровня воды на мерном водосливе	Измерительные преобразователи уровня жидкости, ультразвуковые расходомеры, мерные рейки	То же
	Отметки депрессионной поверхности фильтрационного потока в теле сооружения, береговых примыканиях, м	Дистанционные измерения пьезометрических уровней или прямые измерения отметок пьезометрических уровней	Измерительные преобразователи давления струнного типа, напорные и безнапорные пьезометры, образцовые манометры, хлопушки, уровнемеры	—
	Градиенты напора в водоупорных элементах сооружения основания, безразмерно	Вычисляют по измеренным пьезометрическим напорам в сооружении и его основании	—	3 раза в мес
	Температура сооружения и его основания, °С	Дистанционные измерения температуры сооружения и его основания	Измерительные преобразователи температуры струнного типа	То же
	Показатели сейсмических колебаний сооружения и его основания (частота, Гц; период собственных колебаний, с)	Измерения в ждущем автоматическом режиме ускорений, амплитуды колебаний	Сейсмометрическая аппаратура	Постоянно
	Наличие грифонов в нижнем бьефе за сооружением, л/с	Измерения фильтрационного расхода	Мерный водослив с рейкой для измерения уровня воды над водосливом	3 раза в мес
	Наличие зон на низовом откосе с яркозеленым травяным покровом, м^2	Измерения площади зон	Рулетка	То же

Окончание таблицы 1

Тип ГТС	Основные контролируемые показатели состояния ГТС	Способ измерения контролируемого показателя	Технические средства измерения контролируемого показателя	Рекомендуемая периодичность измерения[1)]
Сооружения из местных материалов (грунтовые плотины, дамбы и т. п.)	Появление просадочных воронок на гребне и откосах плотины, см, м^3	Измерение диаметра, площади и глубины воронки	—	3 раза в мес
	Появление продольных и поперечных трещин на гребне плотины, м, мм	Измерение протяженности и раскрытия трещин	—	То же
Грунтовые массивы в примыканиях, в верхнем и нижнем бьефах ГТС	Вертикальные смещения в оползневых и потенциально неустойчивых массивах, мм	Нивелирование поверхностных и глубинных марок	Поверхностные и глубинные марки	4 раза в год
	Горизонтальные смещения оползневых и потенциально неустойчивых массивов, мм	Триангуляция, светодальномерные наблюдения	Реперы, марки	То же
	Уровень грунтовых вод в оползневых и потенциально неустойчивых массивах, м	Измерения пьезометрических уровней	Пьезометры, уровнемеры, хлопушки	1 раз в мес
	Появление оползневых и просадочных трещин, м, см	Зарисовка, измерение протяженности, ширины, глубины	Рулетка	3 раза в мес
	Наличие зон избыточного увлажнения, м^2	Измерение площади водопроявлений	Рулетка	То же
	Наличие сосредоточенных выходов подземных вод в нижнем бьефе, л/с	Измерение фильтрационного расхода	Мерный водослив	Раз в сут
	Наличие суффозионного выноса грунта, г/л	Измерение количества взвеси	Мерный сосуд	3 раза в мес
	Наличие просадочных и суффозионных воронок, м	Схема расположения воронок, определение количества и измерение размеров воронок	Рулетка	То же
	Наличие криогенных деформаций, м	Характер деформации, размеры, площадь распространения	—	1 раз в год

[1)] Периодичность наблюдений (измерений) назначается для каждого сооружения в зависимости от условий, указанных в 5.6.

6 Общие требования к прогнозированию последствий возможных гидродинамических аварий на водоподпорных, водонапорных ГТС и ГТС специального назначения

6.1 Прогнозирование последствий возможных гидродинамических аварий на водоподпорных, водонапорных ГТС и ГТС специального назначения и ЧС осуществляют организации и органы государственной власти в случаях, перечисленных в 4.4, в целях обеспечения безопасности ГТС, населения и территорий, прилегающих к нижним бьефам плотин.

6.1.1 Прогнозирование возможных последствий гидродинамических аварий на водоподпорных ГТС включает:

- сбор, хранение и обработку исходных данных для прогнозирования, включая данные мониторинга состояния ГТС;
- прогнозирование степени разрушения ГТС;
- прогнозирование параметров волны прорыва, образующейся при разрушении ГТС;
- прогнозирование показателей зоны возможного затопления;
- прогнозирование поставарийного состояния русла и поймы в зоне возможного затопления;
- прогнозирование последствий аварий для населения и территории в зоне возможного затопления.

6.1.2 При заблаговременном прогнозировании последствий возможных гидродинамических аварий отметки максимальных уровней и параметры волны прорыва следует определять для сооружений напорного фронта при нормальном подпорном уровне воды в водохранилище и среднемноголетнем меженном уровне реки в нижнем бьефе, а также для условий сниженного подпорного уровня с учетом возможной форсированной сработки водохранилища при введении военного положения в соответствии с СП 165.1325800.

6.1.3 Прогнозирование последствий возможных гидродинамических аварий при непосредственной угрозе разрушения и разрушении водоподпорных, водонапорных ГТС и ГТС специального назначения следует определять исходя из данных мониторинга состояния ГТС и сложившейся гидрологической, метеорологической обстановки, основных показателей состояния территорий в зоне возможного затопления.

6.1.4 Основными показателями аварий на водоподпорных, водонапорных ГТС и ГТС специального назначения, определяющими величину ущерба в зоне возможного затопления, являются:

- ширина (размеры) прорана в ГТС, м;
- гидрограф в створе ГТС при аварии, м³/с;
- максимальная глубина затопления территории, м;
- максимальная скорость течения воды, м/с;
- время добегания фронта волны прорыва до створа объекта воздействия (время затопления объекта), ч;
- время достижения максимальной высоты волны прорыва (время достижения максимальной высоты затопления), ч;
- температура воды в зоне затопления, °С;
- время существования волны прорыва, ч;
- продолжительность затопления, ч, сут;
- величина падения уровня воды в верхнем бьефе, м;
- скорость падения уровня воды в верхнем бьефе, м/ч.

6.2 Общие требования к методам прогнозирования последствий возможных гидродинамических аварий на водоподпорных, водонапорных ГТС и ГТС специального назначения

6.2.1 Прогнозирование последствий возможных гидродинамических аварий осуществляется методами численного (математического) моделирования физических процессов.

6.2.2 Выбор применяемого для прогнозирования последствий гидродинамических аварий метода численного моделирования (далее — метод) определяется следующими условиями:

- выбранный метод должен обеспечить необходимую точность и (или) надежность прогноза последствий затопления;

- для выбранного метода, при помощи которого достигается необходимая точность и (или) надежность прогноза последствий затопления, должен обеспечиваться полный набор исходных данных, включая данные мониторинга ГТС.

Метод, для использования которого невозможно по какой-либо причине получить исходные данные, применять не допускается.

6.2.3 Результаты моделирования гидродинамических аварий должны включать следующие расчетные данные:

- уровни воды в точках зоны затопления, полученные для установленных моментов времени, в том числе максимальное значение уровня воды и время его достижения;
- средние скорости течения для точек оси русла, удаленных от ГТС на различные расстояния;
- глубины в указанных точках зоны затопления, график изменения глубин во времени, продолжительность времени затопления в точках с глубинами, превышающими 1,5 м.

6.2.4 В качестве исходных данных для моделирования и прогнозирования последствий гидродинамических аварий необходимо использовать контролируемые показатели. Кроме контролируемых показателей при моделировании должны быть использованы любые другие данные о ГТС и затапливаемой территории, необходимые для обеспечения результатов моделирования приемлемого качества.

6.2.5 Исходные данные для моделирования и прогнозирования последствий гидродинамических аварий условно подразделяются на три группы:

- первая группа данных — величины, полученные в результате мониторинга параметров ГТС;
- вторая группа данных — величины, полученные в результате анализа и преобразования в цифровую форму картографических и гидрографических материалов, применяемых для моделирования русла и зоны затопления. Картографические материалы используют для моделирования рельефа местности в пределах прогнозируемой зоны затопления и схематизации русел рек; гидрографические материалы используют для сбора данных о глубинах (рельефе дна) и о расположении оси основного русла;
- третья группа данных — величины, используемые для калибровки модели (см. 6.2.12). Для формирования данных третьей группы необходимо использовать все возможные источники данных — справочники, проектную и эксплуатационную документацию, описания водотока и прилегающей к нему местности, содержащиеся в технической литературе, и др.

6.2.6 Исходные данные для моделирования и прогнозирования последствий гидродинамических аварий необходимо периодически актуализировать. Обновление данных следует выполнять ежегодно, как правило, после прохождения паводков.

6.2.7 Исходные данные для моделирования и прогнозирования последствий гидродинамических аварий должны быть получены заблаговременно. В случае прогнозирования последствий возможных гидродинамических аварий при непосредственной угрозе разрушения и разрушении водоподпорных, водонапорных ГТС и ГТС специального назначения данные, относящиеся к первой группе, должны быть получены на основе обработки результатов, полученных в процессе мониторинга состояния ГТС, с учетом сложившейся гидрологической, метеорологической обстановки, основных показателей состояния территорий в зоне возможного затопления.

6.2.8 Первая группа данных характеризует расход воды в створе ГТС при гидродинамической аварии и баланс воды в нижнем бьефе ГТС. Баланс воды в нижнем бьефе ГТС определяют по верхнему (изменение расхода и уровня воды во времени в створе ГТС) и нижнему (изменение расхода и уровня воды во времени в створе, расположенном на нижней границе моделируемого участка) граничным условиям.

6.2.9 Динамика изменения отметок уровня воды в различных точках затапливаемой территории определяется как показателями изменяющего свою форму русла, так и сопротивлением, оказываемым руслом протекающему потоку (шероховатостью русла). Изменение формы русла, происходящее с образованием зоны затопления, зависит от разности высот точек рельефа местности и отметок уровней воды в этих точках. Глубину затопления в точке определяют как разность уровня воды и высоты точки рельефа местности. Показатели, характеризующие шероховатость участков русла, определяют в процессе калибровки применяемой модели.

6.2.10 Методы моделирования руслового стока при гидродинамической аварии включают два класса моделей:

- первый класс моделей опирается на анализ и изучение статистических данных, методы обработки которых включают применение всевозможных аппроксимирующих зависимостей, в том числе

аналогии и нейронные сети. Данный класс моделей используют при симуляции аварийного стока, если он остается регулируемым;

- второй класс моделей строится на математическом описании процессов с помощью дифференциальных уравнений. Данные модели следует использовать для прогноза последствий любых гидродинамических аварий, в том числе, если ранее таких событий не наблюдалось (т. е. события не покрыты случаями, представленными в статистике).

6.2.11 Модели прогнозирования на водподпорных гидротехнических сооружениях (плотинах), реализуемые в процессе решения систем дифференциальных уравнений, с помощью которых обеспечивается оценка показателей (см. 6.1.4), отличаются видом (сложностью) используемых уравнений. К таким моделям относятся:

- одномерная модель, описываемая общими уравнениями Сен-Венана. Данная модель требует минимального набора исходных данных и является наиболее распространенной для моделирования гидродинамических аварий;

- двумерная (плановая) модель Сен-Венана, используемая для изучения поверхностных течений. Прогнозирование зон затопления при гидродинамических авариях с использованием данной модели дает более точную оценку вектора скорости течения в каждой точке на каждый момент времени;

- трехмерная гиперболическая модель Сен-Венана (система гиперболических уравнений в частных производных), которая описывает распределение скоростей и направлений течения не только на водной поверхности, но и в точках, расположенных на различной глубине. Моделирование гидродинамических аварий с применением трехмерной модели требует значительных ресурсов и используется крайне редко.

6.2.12 Калибровка моделей направлена на минимизацию расхождений результатов прогнозирования и измеренных значений в реальных подобных условиях. Минимизация критерия близости (адекватности) модели и моделируемого процесса обеспечивается подбором в процессе калибровки значений свободных коэффициентов (коэффициентов шероховатости), уточнением формы русла, выбором места измерения калибровочных параметров.

6.2.13 В качестве критерия близости используется среднее квадратическое отклонение значения прогнозируемого уровня затопления, полученного с использованием модели, от значений, измеренных в процессе мониторинга.

6.2.14 Среднее квадратическое отклонение прогнозируемого уровня затопления при завершении процесса калибровки не должно превышать 0,3 м от его измеренных значений. Предельное значение отклонения, взятое по абсолютной величине, не должно превышать 0,5 м.

6.2.15 Заключение об адекватности гидродинамической модели выносится после ее верификации. При верификации модели среднее квадратическое отклонение полученного моделированием уровня от измеренной в процессе мониторинга высоты подъема воды не должно превышать 0,5 м.

6.2.16 Для калибровки и верификации модели должны быть использованы два набора данных, однородных по своей структуре, включающие:

- гидрограф (зависимость расхода воды в створе ГТС от времени);

- зависимость расхода воды от высоты ее подъема в замыкающем створе (в створе, который замыкает моделируемый участок реки);

- результаты измерения уровней воды в различные моменты времени в специальных точках русла, называемых водомерными постами (гидропостами). Все измерения, включая расход воды в створе ГТС и уровни воды на водомерных постах, в том числе по замыкающему створу, должны быть синхронизированы.

6.2.17 Погрешность измерения калибровочных данных об уровнях воды не должна превышать 0,1 м.

6.2.18 При калибровке измерения должны быть привязаны к событиям, характерным как для межени, так и для паводков различных интенсивности и повторяемости. Характерных событий должно быть не менее трех. Они должны существенно отличаться графиками расхода воды в створе ГТС. Такие (существенно отличающиеся по величине расхода воды) события используют для калибровки модели.

6.2.19 Для верификации модели требуются данные о событиях, не использованных при калибровке модели.

6.2.20 Модель считают пригодной к использованию для прогноза возможных уровней воды в различных точках (створах) русла после завершения ее калибровки и верификации.

6.2.21 Калибровку функции модели, обеспечивающей оценку глубины затопления и скорости течения вне русла, осуществляют для точек в затапливаемой области, где отметки высот рельефа местности известны с погрешностью, не превышающей 0,1 м. Для таких случаев коэффициент шероховатости подбирают отдельно для русла и поймы.

6.2.22 Измерение уровня воды вне русла следует выполнять с использованием средств и методов, указанных в [5].

6.3 Основные показатели последствий возможных гидродинамических аварий на водоподпорных, водонапорных ГТС и ГТС специального назначения

6.3.1 Перечень основных прогнозируемых показателей последствий возможных гидродинамических аварий на водоподпорных, водонапорных ГТС и ГТС специального назначения, включающий основные показатели зоны возможного катастрофического затопления (ЗВКЗ) и наименования попадающих в ЗВКЗ основных типовых элементов для оценки размера вреда (ущерба), приведен в таблице 2.

6.3.2 По каждому из типовых элементов, указанных в разделах 2—4 таблицы 2, определяют степени их возможных разрушений (повреждений) — полная, сильная, средняя, слабая — или численность пострадавшего населения, по которым рассчитывают прогнозируемый размер вреда (ущерба) в ценах текущего года, а также стоимость восстановления элемента.

Таблица 2 — Перечень основных прогнозируемых показателей последствий возможных гидродинамических аварий на водоподпорных ГТС

Основные прогнозируемые показатели зоны возможного катастрофического затопления (ЗВКЗ) и наименования основных типовых элементов, попадающих в ЗВКЗ, для оценки размера вреда		Единица измерения
1 Общие данные		
1.1 Основные показатели ЗВКЗ	Протяженность (по оси основного русла)	км
	Ширина (средняя)	км
	Площадь	км^2
	Максимальные уровни воды (в назначенных створах)	м, БСВ
	Максимальные скорости течения воды (в назначенных створах)	м/с
	Продолжительность затопления	ч, сут
2 Основные показатели затопленной территории		
2.1 Количество населенных пунктов в ЗВКЗ	Города	ед.
	Поселения городского типа	ед.
	Сельские, дачные поселения	ед.
2.2 Численность пострадавшего населения	Всего пострадавших, из них: - погибли (безвозвратные потери); - госпитализированы (санитарные потери); - остались без крова	чел.
2.3 Количество жилых домов в ЗВКЗ		ед.
2.4 Количество административных и социально значимых объектов в ЗВКЗ		ед.
2.5 Земельные угодья, сельскохозяйственные культуры в ЗВКЗ	Зерновые культуры	км^2, га
	Технические культуры	км^2, га
	Овощные культуры	км^2, га
	Несеяные угодья	км^2, га
	Луга	км^2, га

Продолжение таблицы 2

Основные прогнозируемые показатели зоны возможного катастрофического затопления (ЗВКЗ) и наименования основных типовых элементов, попадающих в ЗВКЗ, для оценки размера вреда		Единица измерения
2.6 Затопление лесного фонда	Хвойные леса	км^2
	Лиственные леса	км^2
	Смешанные леса	км^2
	Прочие	км^2
2.7 Потери сельскохозяйственных животных	Крупный рогатый скот	голов
	Лошади	голов
	Мелкий рогатый скот	голов
	Свиньи	голов
	Птицы	голов
2.8 Железные дороги в ЗВКЗ	Однопутные	км
	Двух, трехпутные	км
	Электрифицированные	км
	Узкоколейные	км
	Железнодорожные станции	ед.
	Железнодорожные мосты	шт./пог. м
	Другие сооружения	ед.
2.9 Автомобильные дороги и мосты в ЗВКЗ	Магистральные асфальтобетонные	км
	Асфальтированные шоссе	км
	Гравийные шоссе	км
	Улучшенные грунтовые	км
	Грунтовые, проселочные	км
	Железобетонные мосты	шт./пог. м
	Каменные мосты	шт./пог. м
	Деревянные мосты	шт./пог. м
	Другие сооружения	шт./пог. м
2.10 Трубопроводы магистральные в ЗВКЗ	Нефтепроводы	км
	Газопроводы	км
	Продуктопроводы	км
	Водопроводы	км
2.11 Станции, пункты в ЗВКЗ	Водозаборные	ед.
	Перекачки топлива	ед.
2.12 Линии электропередачи и электроподстанции в ЗВКЗ	ВЛ св. 750 кВ	км/опор
	ВЛ 330—750 кВ	км/опор
	ВЛ 110—220 кВ	км/опор
	ВЛ 1—35 кВ	км/опор

Продолжение таблицы 2

Основные прогнозируемые показатели зоны возможного катастрофического затопления (ЗВКЗ) и наименования основных типовых элементов, попадающих в ЗВКЗ, для оценки размера вреда		Единица измерения
2.12 Линии электропередачи и электроподстанции в ЗВКЗ	ВЛ до 1000 В	км/опор
	Кабельные ЛЭП	км
	Электроподстанции	ед.
	Трансформаторные подстанции	ед.
2.13 Линии и узлы связи в ЗВКЗ	Проводные	км
	Кабельные	км
	Узлы связи	ед.
2.14 Гидротехнические сооружения (плотины, дамбы, каналы и т. п.) в ЗВКЗ	Железобетонные	ед./пог. км
	Каменные	ед./пог. км
	Деревянные	ед./пог. км
	Грунтовые (земляные)	ед./пог. км
	Пристани	ед.
	Причалы, молы	ед./пог. км
	Паромные переправы	ед.
2.15 Медицинские оздоровительные учреждения в ЗВКЗ	Лечебные учреждения	ед.
	Аптеки	ед.
	Санатории	ед.
	Дома отдыха	ед.
	Пансионаты	ед.
	Кемпинги, туристические базы	ед.
	Детские оздоровительные лагеря	ед.
2.16 Другие хозяйственные объекты в ЗВКЗ	Фермы	ед.
	Скотные дворы (загоны)	ед.
	Лесничества	ед./км^2
	Лесхозы	ед./км^2
	Заповедники	ед./км^2
	Другие охраняемые природные территории	ед./км^2
2.17 Поставарийное состояние территории, верхних и нижних бьефов гидроузлов	Затопление наносами, заиление	км^2, га
	Обрушение деформация берегов	км
	Деформация русел и пойм рек	км
	Затопление загрязняющими веществами	км^2, га
	Загрязнение источников водоснабжения	ед.
	Другие повреждения/нарушения	—

Окончание таблицы 2

Основные прогнозируемые показатели зоны возможного катастрофического затопления (ЗВКЗ) и наименования основных типовых элементов, попадающих в ЗВКЗ, для оценки размера вреда		Единица измерения
3 Показатели разрушений в городах (по каждому городу отдельно)		
Наименование города		—
3.1 Жилая зона, кварталы	Деревянные здания	ед.
	Кирпичные здания	ед.
	Крупноблочные здания	ед.
	Крупнопанельные здания	ед.
	Каркасные здания	ед.
	Панельные здания	ед.
	Административные здания	ед.
	Здания социального назначения	ед.
	Незастроенные территории	км^2
3.2 Промышленная зона, кварталы	Каркасные здания	ед.
	Незастроенные территории	км^2
3.3 Коммунальные сети	Тепловые	м, км
	Канализационные	м, км
	Водопроводные	м, км
	Газоснабжения	м, км
4 Показатели разрушений на застроенных территориях поселений городского типа, сельских, дачных поселений (по каждому населенному пункту отдельно)		
4.1 Поселение городского типа (наименование)	Кирпичные здания	ед.
	Панельные здания	ед.
	Каркасно-панельные здания	ед.
	Деревянные здания	ед.
	Административные здания	ед.
	Здания социального назначения	ед.
	Незастроенные территории (усадьбы, огороды, выгоны, пустыри, луга и т. п.)	км^2
4.2 Сельское, дачное поселение (наименование)	Кирпичные здания	ед.
	Панельные здания	ед.
	Деревянные здания	ед.
	Административные здания	ед.
	Здания социального назначения	ед.
	Незастроенные территории (усадьбы, огороды, выгоны, пустыри, луга и т. п.)	км^2

Библиография

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

[2] Приказ МЧС России от 31 октября 2023 г. № 1115 «Об утверждении Положения о функциональной подсистеме мониторинга, лабораторного контроля и прогнозирования чрезвычайных ситуаций единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций»

[3] Приказ Ростехнадзора от 7 декабря 2020 г. № 499 «Об утверждении формы представления сведений о гидротехническом сооружении, необходимых для формирования и ведения Российского регистра гидротехнических сооружений»

[4] Приказ Ростехнадзора от 9 декабря 2020 г. № 509 «Об утверждении формы декларации безопасности гидротехнического сооружения (за исключением судоходных и портовых гидротехнических сооружений)»

[5] РД 52.08.869—2022 Руководство по организации и проведению измерений уровня воды в водоемах и на водотоках автоматизированными гидрологическими комплексами

УДК 658.382.3:006.354 ОКС 13.110

Ключевые слова: чрезвычайные ситуации, мониторинг, прогнозирование, состояние ГТС, контролируемые и диагностические показатели состояния ГТС, гидродинамическая авария, методы, модели, способы и технические средства контроля и наблюдения

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

Сдано в набор 23.12.2024. Подписано в печать 15.01.2025. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 2,32. Уч.-изд. л. 1,90.

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