
**Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«РОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ПРОБЛЕМ МЕЛИОРАЦИИ»
(ФГБНУ «РосНИИПМ»)**



**СТАНДАРТ
ОРГАНИЗАЦИИ**

СТО 4.2-5-2014

МЕЛИОРАТИВНЫЕ СИСТЕМЫ И СООРУЖЕНИЯ

**Правила технического обследования и
оценка физического износа гидротехнических сооружений**

Издание официальное

Новочеркасск
РосНИИПМ
2014

Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», а правила применения стандартов организаций – ГОСТ Р 1.4-2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты организаций. Основные положения».

Сведения о стандарте:

1 РАЗРАБОТАН рабочей группой федерального государственного бюджетного научного учреждения «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации» (ФГБНУ «РосНИИПМ») в составе: В. Н. Щедрин, акад. РАСХН, д-р техн. наук, проф.; Ю. М. Косиченко, д-р техн. наук, проф.; Е. И. Шкуланов, вед. науч. сотр.; Г. Л. Лобанов, науч. сотр.; А. М. Кореновский, науч. сотр.; Д. В. Бакланова, науч. сотр.; К. В. Морогов, мл. науч. сотр.

2 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ приказом директора ФГБНУ «РосНИИПМ» от 18 апреля 2014 г. № 9

3 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

© ФГБНУ «РосНИИПМ», 2014

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения ФГБНУ «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»

Содержание

1 Область применения.....	1
2 Нормативные ссылки.....	2
3 Термины и определения.....	2
4 Основные положения по оценке износа гидротехнических сооружений...	4
5 Общие требования по проведению обследований для оценки износа гидротехнических сооружений.....	5
6 Оценка физического износа гидротехнических сооружений по диагностическим показателям надежности.....	21
7 Оценка физического износа гидротехнических сооружений по показателю риска аварии.....	25
8 Оценка физического износа гидротехнических сооружений по восстановительной стоимости.....	26
Приложение А (рекомендуемое) Пример разбивки участков визуальных наблюдений на плотине, маршрутных схем осмотров, масштабных карт разверток.....	29
Приложение Б (рекомендуемое) Состав, наименование и способы измерения показателей состояния гидротехнических сооружений.....	33
Приложение В (рекомендуемое) Пример расчета физического износа по диагностическим показателям надежности.....	36
Приложение Г (рекомендуемое) Методика определения показателя риска аварии.....	39
Приложение Д (рекомендуемое) Пример расчета физического износа по показателю риска аварии.....	64
Приложение Е (рекомендуемое) Пример расчета физического износа по восстановительной стоимости.....	68

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ

Мелиоративные системы и сооружения**Правила технического обследования и оценка физического износа
гидротехнических сооружений**

Reclamation systems and constructions

Operation

Cleaning of earth canals

Дата введения – 2014-04-18**1 Область применения**

1.1 Настоящий стандарт организации распространяется на гидротехнические сооружения (ГТС), которые находятся на балансе Минсельхоза России, и устанавливает правила оценки их физического износа.

1.2 Предложенные методы оценки физического износа распространяются на следующие сооружения:

- сооружения I, II, III, IV классов при оценке физического износа по диагностическим показателям надежности ГТС с повышенным и нормальным уровнями ответственности [1] и при вероятности возникновения чрезвычайных ситуаций регионального, межрегионального и федерального характера;

- сооружения III, IV классов при оценке физического износа по показателю риска аварий ГТС с нормальным уровнем ответственности и при вероятности возникновения чрезвычайных ситуаций межмуниципального и регионального характера;

- сооружения IV класса при оценке физического износа по восстановительной стоимости на гидротехнические сооружения с нормальным и пониженным уровнями ответственности и при вероятности возникновения чрезвычайных ситуаций локального и муниципального характера.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте организации использована нормативная ссылка на следующий стандарт:

СП 20.13330.2011 Нагрузки и воздействия.

Примечание – При пользовании настоящим стандарта организации целесообразно проверить действие ссылочных документов в информационной системе общего пользования – на официальных сайтах национального органа Российской Федерации по стандартизации и федерального органа исполнительной власти, утвердившего данный проект стандарта организации, в сети Интернет или по официальным периодическим печатным изданиям (каталогам и/или информационным указателям) этих органов. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящим проектом стандарта организации следует руководствоваться замененным (измененным) документом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применяются следующие термины с соответствующими определениями:

3.1

безопасность гидротехнического сооружения: Свойство гидротехнического сооружения, позволяющее обеспечить защиту жизни, здоровья и законных интересов людей, имущества, физических и юридических лиц, окружающей среды.

[СП 58.13330.2012 п. 3.1]

3.2

гидротехническое сооружение: Сооружение, подвергающееся воздействию водной среды, предназначенное для использования и охраны водных ресурсов, предотвращения вредного воздействия вод, в том числе загрязненных жидкими отходами, включая плотины, здания гидроэлектростанций, водосбросные и водовыпускные сооружения, туннели, каналы, насосные станции, судоходные шлюзы, судоподъемники; сооружения, предназначенные для защиты от наводнений и разрушений берегов морей, озер и водохранилищ, берегов и дна русел рек; струенаправляющие и оградительные сооружения; сооружения (дамбы), ограждающие золошлакоотвалы и хранилища жидких отходов промышленных и сельскохозяйственных организаций; набережные, пирсы, причальные сооружения портов; сооружения систем технического водоснабжения, системы гидротранспорта отходов и стоков, подачи осветленной воды, устройства защиты от размывов на каналах, сооружения морских нефтегазопромыслов.

[СП 58.13330.2012 п. 3.2]

3.3 физический износ: Утрата конструкциями, элементами конструкций системами инженерного оборудования и сооружения в целом первоначальных технико-эксплуатационных качеств (прочности, устойчивости, надежности, технологического соответствия и др.) в результате воздействия природно-климатических и технологических факторов.

3.4 канал: Искусственный открытый водоток в земляной выемке, полувыемке-полунасыпи или насыпи.

3.5

отказ: Событие, заключающееся в нарушении работоспособности объекта.

[ГОСТ Р 27.002-2009, п. 49]

3.6 оценка физического износа: Определяется в процентах на момент обследования и равна соотношению стоимости выполнения ремонтных работ, устраняющих повреждения конструкций, элемента, системы или соору-

жения в целом к их восстановительной стоимости в процентах.

3.7

повреждение: Событие, заключающееся в нарушении исправности объекта при сохранении его работоспособности.

[ГОСТ Р 27.002-2009, п. 68]

3.8 исполнительная документация: Текстовые и графические материалы, отражающие фактическое исполнение проектных решений и фактическое положение объектов капитального строительства и их элементов после их строительства, реконструкции, капитального ремонта.

4 Основные положения по оценке износа гидротехнических сооружений

4.1 Целью оценки износа гидротехнических сооружений является оценка технического состояния гидротехнических сооружений, необходимая для дальнейшего планирования его использования и принятия решений по проведению капитального ремонта или реконструкции.

4.2 Для оценки технического состояния гидротехнических сооружений необходимо:

- выявление дефектов, повреждений и условий, способствующих их появлению;
- проверка соответствия технических показателей и параметров их эксплуатационных качеств сооружений установленными проектными (нормативными) требованиями;
- документирование результатов оценки технического состояния гидротехнических сооружений является основанием для проведения ремонтно-восстановительных работ.

5 Общие требования по проведению обследований для оценки износа гидротехнических сооружений

5.1 Оценка физического износа проводится эксплуатирующей организацией с возможным привлечением проектных и научных организаций.

5.2 Обследование сооружений для оценки его физического износа должно проводиться в три связанных между собой этапа:

- подготовка к проведению обследований (подготовительный этап);
- предварительные (визуальные) обследования;
- детальные (инструментальные) обследования.

5.3 Выполняется подготовительный этап обследования, который включает следующие виды работ:

- ознакомление с объектом обследования, его конструктивным решением, материалами инженерных изысканий;
- изучение и анализ проектно-технической документации;
- составление программы работ на основе полученного от заказчика технического задания;
- разработку и составление масштабных карт развертки поверхности сооружений;
- разработку маршрутных схем осмотров.

5.4 По проектной документации устанавливаются технологические и конструктивные решения сооружений, расчетные схемы, нагрузки и воздействия, проектные марки бетона, кирпича и раствора, классы и марки стали арматурных стержней, стальных конструкций и деталей, материалы отделочных, противокоррозионных покрытий и др.

5.5 По исполнительной документации, имеющейся на ГТС (акты приемки, результаты инструментальных обследований), определяется соответствие использованных при строительстве объекта материалов, изделий и деталей проектным данным, о смещениях и отклонениях конструкций от проектных решений, о качестве строительных и монтажных работ.

5.6 Изучается и проводится анализ эксплуатационной документации: журналов по эксплуатации сооружений, предписаний, актов расследований аварий, технических отчетов и заключения о состоянии объекта диагностирования, результатов геодезических измерений, информации о выявленных в процессе эксплуатации дефектах, повреждениях, отказах в работе и разрушениях конструкций, о перемещениях и осадке несущих конструкций, о проведенных ремонтах, усилениях и заменах элементов конструкций.

5.7 Рекомендуемый перечень технической документации для использования при обследовании на подготовительном этапе:

- проектная документация:

а) рабочие чертежи и пояснительная записка к ним с данными по проектным нагрузкам и воздействиям;

б) документы согласования с проектирующей организацией в случае наличия отступления от проекта;

в) расчетные схемы и результаты статистических и динамических расчетов на проектные нагрузки;

г) рекомендации по технологии изготовления конструкций, выполнению строительно-монтажных работ и эксплуатации;

- материалы завода-изготовителя:

а) исполнительные рабочие чертежи, документы о заменах конструктивных элементов, материалов и технического оборудования;

б) сертификаты на материалы, паспорта качества;

в) данные о стыках, сварных соединениях арматуры и о контроле их качества;

г) технологические журналы с указанием всех сведений об особенностях технологии (форме, составе бетона, режимах пропарки);

д) карта пооперационного контроля;

е) сведения о способах, размере предварительного упрочнения арматурных стержней, а также о натяжении арматуры для перенапряженных конструкций;

- ж) акты на скрытые работы;
- и) паспорта изделий с указанием прочности бетона;
- строительная документация:
 - а) журналы работ и исполнительные схемы монтажа с указанием места установки;
 - б) сведения о дефектах, выявленных в монтируемых конструкциях;
 - в) данные об условиях транспортирования и складирования конструкций на приобъектном складе;
 - г) акты и протоколы сдачи-приемки объекта с указанием недоделок, выявленных дефектов и повреждений, а также акты их устранения;
 - д) акты приемки опалубочных и арматурных работ, сведения о твердении бетона, материалы по контролю качества бетона и протоколы испытаний контрольных кубов для монолитных конструкций;
- эксплуатационная документация:
 - а) паспорт гидротехнического сооружения;
 - б) сведения о воздействиях и нагрузках при эксплуатации конструкций;
 - в) изменения нагрузок в процессе эксплуатации с указанием даты изменения нагрузок, значения и места приложения постоянных и временных нагрузок;
 - г) сроки службы сооружения и данные о повреждениях конструкций, причинах, их вызвавших в процессе эксплуатации;
 - д) сведения о выполнявшихся ремонтах, реконструкциях и усилениях;
 - е) технические журналы по эксплуатации сооружения;
 - ж) акты результатов периодических технических и внеочередных осмотров сооружений и его конструкций;
 - и) акты технических освидетельствований сооружений;
 - к) результаты геодезических наблюдений за конструкциями в процессе эксплуатации;
 - л) переписка и протоколы различных комиссий по вопросу состояния

конструкций;

м) отчеты и заключения специализированных организаций о ранее выполненных обследованиях;

н) документы, характеризующие физические параметры материалов.

5.8 Предварительный (визуальный) этап обследования включает следующие виды работ: визуальное обследование сооружений, их конструкций и выявление дефектов и повреждений по внешним признакам с необходимыми замерами и предварительной оценкой их технического состояния; описание, фотографирование и нанесение на масштабные карты сооружения в условных обозначениях выявленных повреждений, дефектов и неблагоприятных явлений.

Пример разбивки участков для проведения визуальных обследований на плотине, маршрутные схемы осмотра, масштабные карты развертки выполняются в соответствии с приложением А. Маршруты движения при обследовании показаны стрелками. Методика и техника наблюдений выполняется согласно положениям СТО 17330282.27.140.003-2008 [1].

5.9 Детальное (инструментальное) обследование включает следующие работы:

- работы по обмеру геометрических параметров сооружений, конструкций, их элементов и узлов;
- измерение и расчеты параметров эксплуатационных качеств и диагностических показателей надежности;
- сбор материалов для расчета параметра риска аварии ГТС [2];
- инструментальное определение параметров дефектов и повреждений;
- определение фактических прочностных характеристик материалов основных несущих конструкций и их элементов;
- измерение параметров эксплуатационной среды, присущей технологическому процессу в сооружении;

- определение действительных эксплуатационных нагрузок и воздействий, воспринимаемых обследуемыми конструкциями, с учетом влияния деформаций грунтового основания;
- определение действительной схемы сооружений и их отдельных конструкций;
- определение усилий в конструкциях, воспринимающих эксплуатационные нагрузки по результатам обследования;
- обработка и анализ результатов обследования и выполнение поверочных расчетов;
- анализ и установление вероятных причин появления дефектов и повреждений в конструкциях;
- составление итогового документа (акта, заключения, технического отчета) с выводами по результатам обследования;
- разработка рекомендаций по обеспечению требуемых величин прочности и деформативности конструкций с рекомендуемой при необходимости последовательностью выполнения работ.

5.10 Дефекты и повреждения должны устраняться эксплуатирующей организацией в соответствии с технической документацией.

Некоторые из перечисленных работ могут не включаться в программу обследования в зависимости от специфики объекта исследования, его состояния и задач, определенных техническим заданием.

5.11 Нормативные значения постоянных и временных нагрузок, действующих на конструкции, определяются на основании имеющейся проектно-технической документации и требований СП 20.13330.2011.

5.12 При обследовании гидротехнического сооружения должны определяться фактические нагрузки от собственного веса конструкций и технологических нагрузок.

5.13 Нагрузки от собственного веса сборных несущих конструкций определяют по чертежам и действующим нормативным документам, а при отсутствии чертежей – по результатам обмеров, полученным при обследова-

нии.

5.14 Нагрузки от оборудования определяются на основании анализа технической документации и по результатам натурного обследования. При необходимости составляется схема расположения стационарного оборудования с указанием способа опирания на конструкции. Фактический вес оборудования принимается на основании паспортных данных заводоизготовителей или рабочих чертежей.

5.15 При обследовании сооружений, расположенных в сейсмически опасных регионах, оценка технического состояния конструкций производится с учетом факторов сейсмических воздействий с расчетной сейсмичностью в соответствии с картами ОСР-97 [2].

5.16 По данным инструментальных обследований (определение геометрических размеров сооружения, его конструктивной схемы, физико-механических свойств материалов и их прочностных характеристик) определяются действующие эксплуатационные нагрузки на конструктивные элементы и сооружения в целом.

5.17 На основании проведенного обследования сооружений, выполнения проверочных расчетов и анализа их результатов делается вывод о категории технического состояния этих конструкций, их физическом износе, и может быть принято решение об их дальнейшей эксплуатации. В случае, если усилия в конструкции превышают допустимые значения, то состояние такой конструкции должно быть признано недопустимым или аварийным.

Периодичность оценки износа ГТС рекомендуется 1 раз в 3 года в период проведения плановой инвентаризации.

Особенности обследования ГТС после 25 лет эксплуатации и по истечению срока эксплуатации состоят в том, что в нормативных документах указана необходимость проведения комиссионного более детального обследования основных и вспомогательных конструктивных элементов сооружений.

5.18 Геодезические приборы и инструменты, используемые при обследовании в соответствии с законом Российской Федерации «Об обеспечении

единства измерений», должны быть аттестованы и проверены в соответствии с требованиями нормативных документов Госстандарта России (ПР50.2.002-04). Состав измерений представлен в таблице 1. Точность прибора указывается в паспорте. Качественная оценка технического состояния по результатам обследований определяется в соответствии с таблицей 2.

Таблица 1 – Состав измерений и примерный перечень инструментов и приборов, используемых при обследовании сооружений

Состав измерений	Наименование прибора
Геодезические измерения сдвигов и отклонений от вертикали	Геодолит, тахеометр
Для выбуривания образцов из бетона конструкций	Сверлильный станок Обрезные алмазные диски
Для наблюдения динамики развития трещин	Щелемер стрелочный рычажной Щелемер конструкции ЛенГИДЕПА Щелемер с мессурой
Для определения прочности бетона, камней	УК-10ПМ, УФ-10П
Для определения толщины защитного слоя бетона и расположения арматуры	ИЗС-10Н
Для осмотра конструкций	Бинокль, монокль
Для отбора проб материалов	Шлямбуры
Для сушки образцов материалов	Сушильный шкаф
Документальная фотосъемка	Фотоаппарат, видеокамера
Изменение деформаций	Тензометры
Измерение вертикальных отметок, перемещений	Нивелир, тахеометр
Измерение глубины трещин	Щупы
Измерение давления	Цифровые манометры
Измерение деформации, прогиба	Мессура (мех.)
Измерение длины	Рулетки металлические, лазерный дальномер
Измерение катетов сварных швов	Дефектоскоп
Измерение линейных размеров	Штангенциркуль
Измерение линейных размеров	Микрометры
Измерение местных линейных деформаций	Тензометр
Измерение отклонения или смещения от вертикали	Отвесы, инклинометр
Измерение прогиба конструкций	Прогибомер
Измерение прогибов и перекосов	Уровни
Измерение раскрытия трещин	Микроскоп

Состав измерений	Наименование прибора
Измерение температуры	Термограф метеорологический М-16П
	Термопары
Измерение температуры воздуха	Термометры ртутные
Измерение температуры поверхности конструкций	Бесконтактный инфракрасный термометр Тепловизор
Измерение толщины металлических элементов	Ультразвуковой толщиномер
Определение влажности материалов и конструкций	Электронный влагомер
Определение массы	Весы технические, весы аналитические
Определение прочности бетона	Дефектоскоп
Определение прочности бетона методом отрыва	Дефектоскоп
Определение прочности бетона методом скалывания	Дефектоскоп
Определение прочности бетона по методу пластической деформации	Склерометр КМ
Определение сечения элементов металлических конструкций	Штангенциркуль, микрометры
Определение наличия трещин, микрочастиц	Лупы (пятидесятикратное увеличение)
Определение физико-механических свойств грунтов	Грунтовая лаборатория

При обследовании необходимо использовать приборы и инструменты, действующие в период обследования и прошедшие поверки, аттестации в соответствие с законами РФ и проверенные в соответствии с нормативными документами.

Таблица 2 – Качественная оценка технического состояния сооружений

Категория состояния зданий и сооружений, уровень безопасности ГТС	Признак качественной оценки состояния		
	Бетонные и железобетонные конструкции ГТС	Металлические конструкции ГТС	Резльтирующий вывод
I – нормальное: нормальный уровень безопасности	На поверхности бетона незащищенных конструкций видимых дефектов и повреждения	Отсутствуют признаки, характеризующие износ	ГТС соответствуют проекту, действующим нормам и правилам;

Продолжение таблицы 2

Категория состояния зданий и сооружений, уровень безопасности ГТС	Признак качественной оценки состояния		
	Бетонные и железобетонные конструкции ГТС	Металлические конструкции ГТС	Результирующий вывод
	нет или имеются небольшие отдельные выбоины, сколы, волосяные трещины (не более 0,1мм). Антикоррозионная защита конструкций и закладных деталей не имеет нарушений. Поверхность арматуры при вскрытии чистая, коррозии арматуры нет, глубина нейтрализации бетона не превышает половины толщины защитного слоя. Фактическая прочность бетона не ниже проектной. Величина прогибов и ширина раскрытия трещин не превышают допустимые нормы	конструкций и повреждения защитных покрытий	показатели состояния ГТС не превышают предельно допустимых (критериальных) для работоспособного состояния (К1); эксплуатация осуществляется без нарушений действующих законодательных актов, норм и правил; первоочередные мероприятия по обеспечению надежности и безопасности ГТС, предписания органов надзора выполняются в установленные сроки
II – удовлетворительное: пониженный уровень безопасности	Антикоррозионная защита железобетонных элементов имеет частичные повреждения. На отдельных участках в местах с малой толщиной защитного слоя проступают следы коррозии распределительной арматуры или хомутов, коррозия рабочей арматуры отдельными точками и пятнами; потери	Местами разрушено антикоррозионное покрытие. На отдельных участках коррозия отдельными пятнами с поражением до 5 % сечения, повреждения, приводящие к	Невыполнение (неполное выполнение) первоочередных мероприятий по обеспечению надежности и безопасности ГТС, предписаний органов государственного надзора; наличие других нарушений правил

Категория состояния зданий и сооружений, уровень безопасности ГТС	Признак качественной оценки состояния		
	Бетонные и железобетонные конструкции ГТС	Металлические конструкции ГТС	Бетонные и железобетонные конструкции ГТС
	сечения рабочей арматуры не более 5 %; глубоких язв и пластинок ржавчины нет. Антикоррозионная защита закладных деталей не обнаружена. Глубина нейтрализации бетона не превышает толщины защитного слоя	ослаблению сечения до 5 %	эксплуатации ГТС при прочих показателях, соответствующих нормальному уровню безопасности ГТС
III – не вполне удовлетворительное: неудовлетворительный уровень безопасности	Трещины в растянутой зоне бетона, превышающие их допустимое раскрытие. Трещины в сжатой зоне и в зоне главных растягивающих напряжений, прогибы элементов, вызванные эксплуатационными воздействиями, превышают допустимые более чем на 30 %. Бетон в растянутой зоне на глубине защитного слоя между стержнями арматуры разрушается от постоянно действующих нагрузок. Пластинчатая ржавчина или язвы на стержнях оголенной рабочей арматуры в зоне продольных трещин или на закладных деталях, вызывающие уменьшение площади сечения стержней от 5 до 15 %	Прогибы изгибаемых элементов превышают 1/150 пролета. Пластинчатая ржавчина с уменьшением площади сечения несущих элементов до 15 %. Механические повреждения, приводящие к ослаблению сечения до 15 %	Снижение механической или фильтрационной прочности элементов сооружений, превышение предельно допустимых (критериальных) значений показателей состояния ГТС для работоспособного состояния (К1), другие отклонения от проектного состояния, способные привести к развитию аварии

Категория состояния зданий и сооружений, уровень безопасности ГТС	Признак качественной оценки состояния		
	Бетонные и железобетонные конструкции ГТС	Металлические конструкции ГТС	Бетонные и железобетонные конструкции ГТС
IV – неудовлетворительное: опасный (критический) уровень безопасности	Снижение ориентировочной прочности бетона в сжатой зоне изгибаемых элементов до 30% и в остальных участках до 20 %. Провисание отдельных стержней распределительной арматуры, выпучивание хомутов, разрыв отдельных из них, за исключением хомутов сжатых элементов ферм вследствие коррозии стали (при отсутствии в этой зоне трещин). Высокая водопроницаемость стыков стеновых плит покрытия. Трещины в конструкциях, испытывающих знакопеременные воздействия, трещины, в том числе пересекающие опорную зону анкеровки растянутой арматуры; разрыв хомутов в зоне трещины в средних пролетах многопролетных балок и плит, а также слоистая ржавчина или язвы, вызывающие уменьшение площади сечения арматуры более 15 %	Прогибы изгибаемых элементов более 1/75 пролета. Потеря местной устойчивости конструкций (выпучивание стенок и поясов балок и колонн). Срез отдельных болтов или заклепок в многоболтовых соединениях. Коррозия с уменьшением расчетного сечения несущих элементов до 25 % и более. Трещины в сварных швах или в околосшовной зоне. Механические повреждения, приводящие к ослаблению сечения до 25 %	Развиваются опасные процессы снижения прочности и устойчивости ГТС и их оснований; показатели состояния ГТС превышают предельно допустимые (критериальные) значения, характеризующие переход от частично неработоспособного к неработоспособному состоянию сооружений и оснований (K2)

5.19 Состав визуальных, инструментальных и специальных исследований должен назначаться с учетом класса ответственности сооружения, его конструктивных особенностей, природно-климатических и технологических условий, требований эксплуатации, наличия и характера дефектов в сооружении.

5.20 Инструментальные обследования выполняются с целью определения и контроля параметров эксплуатационных качеств, диагностических показателей надежности гидротехнических сооружений.

5.21 Состав контролируемых диагностических показателей надежности гидротехнических сооружений, фиксируемых инструментальными обследованиями, согласно ГОСТ Р 22.1.11-202, следующий:

- для грунтовых плотин (дамб):
 - а) осадки гребня и основания;
 - б) горизонтальные смещения гребня (берм);
 - в) пьезометрические напоры в области фильтрации;
 - г) положение кривой депрессии фильтрационного потока;
 - д) фильтрационный расход через плотину и основание;
 - е) градиенты фильтрационных напоров в теле плотины, на противофильтрационных элементах, в основании;
 - ж) превышение гребня плотины над уровнем воды в водоеме;
 - и) фиксация очагов сосредоточенной фильтрации, суффозии грунта, трещин и просадок грунта, повреждений креплений откосов, заилений дренажных устройств;
- для бетонных и железобетонных водосбросных сооружений:
 - а) напряжения и деформации в конструктивных элементах водосбросных сооружений и в основании;
 - б) усилия в арматуре в ответственных, несущих нагрузку, железобетонных элементах;
 - в) противодействие воды в основании на подошву водосливной части;

- г) фильтрационные расходы, напоры и градиенты напоров в областях фильтрации;
- д) осадки устоев водосброса;
- е) горизонтальные перемещения устоев водосбросных сооружений;
- ж) раскрытия швов и трещин;
- и) размывы и пульсации давлений воды в нижнем бьефе;
- к) проявления трещинообразования, деструктивных разрушений бетона;
- л) коррозия;
- для гидромеханического оборудования:
 - а) протечки в местах уплотнения;
 - б) горизонтальные и вертикальные смещения устоев водосбросов;
 - в) нагрузки статические и динамические;
 - г) пропускная способность;
 - д) соответствие исполнительных механизмов гидромеханического оборудования заводским сертификатам;
 - е) коррозионный износ металлоконструкций;
 - ж) подвижность шарнирных соединений;
 - и) деформации и повреждение элементов металлоконструкций;
 - к) коэффициент готовности $K_{г}$;
 - л) коэффициент технического использования $K_{ти}$;
- для туннелей:
 - а) усилия в арматуре облицовок и в анкерах крепления стенок и сводов;
 - б) фильтрационное давление на облицовку;
 - в) деформации стенок и сводов (конвергенция);
- для подпорных стенок:
 - а) осадки;
 - б) горизонтальные перемещения и наклоны;
 - в) усиления в арматуре;

СТО 4.2-5-2014

- г) боковое давление грунта обратных засыпок;
- д) фильтрационные напоры, дренажные расходы в массивах обратных засыпок (для стенок, работающих под напором воды);
- для каналов в земляном русле:
 - а) поперечное сечение канала;
 - б) осадка дамб, ограждающих русло канала;
 - в) поверхность депрессии фильтрационного потока через дамбы;
 - г) фильтрационные потери, коэффициент полезного действия;
 - д) проявления повреждений крепления внутренних откосов дамб, локальных оползней, размывов и просадок грунта откосов;
 - е) повреждение облицовок;
 - ж) уровни воды в канале;
 - з) пропускная способность канала;
 - и) зарастание, заиление;
- для напорных трубопроводов (водоводов):
 - а) напряжения в оболочках (сталь, железобетон);
 - б) раскрытие швов и трещин в оболочках;
 - в) осадки и смещения анкерных опор;
 - г) количество протечек;
 - д) коррозионный и абразивный износ стенок;
- для зданий насосных станций:
 - а) осадки и перекосы агрегатных блоков;
 - б) раскрытия швов и трещин;
 - в) противодействие воды в основании на фундаментную плиту;
 - г) приточная фильтрация (расход);
 - д) прочность бетона;
 - е) вибрации конструкций;
- для оснований гидротехнических сооружений:
 - а) осадка основания под сооружением;
 - б) напряжения в грунте основания на контакте с сооружением;

- в) фильтрационные напоры и градиенты напора в основании;
- г) фильтрационные расходы через основание и береговые примыкания;
- д) мутность профильтровавшей через основание воды;
- е) поровое давление воды в глинистых грунтах;
- ж) проявления очагов сосредоточенной фильтрации, суффозии грунта, локальных выпоров грунта и оползней на береговых склонах;
- для механических рыбозаградителей следующие повреждения:
 - а) перегораживающего устройства;
 - б) фильтрующих элементов;
 - в) очистного устройства;
 - г) подъемно-транспортного оборудования;
 - д) преграждающей сетки, устройство для ее очистки;
- для гидравлических рыбозащитных сооружений следующие повреждения:
 - а) отбойных козырьков;
 - б) жалюзийных секций;
 - в) запаней;
- для физиологических рыбозаградителей:
 - а) повреждение в системе подачи электричества;
 - б) разрыв кабеля, порыв подвешивающего устройства;
 - в) повреждения в системе расположения электродов;
- для рыбопропускных сооружений:
 - а) дефекты рыбопропускного тракта на рыбоходе;
 - б) дефекты камеры тракта, разрушение разделительной стенки;
 - в) нарушение рабочих органов (искусственных ориентиров, устройств для гашения скорости воды в тракте и т. п.);
 - г) заградительного рабочего органа.

На водоспусках имеют место дефекты водопроводящей части, затворов, лебедок.

Способы измерения показателей состояния ГТС приведены в приложении Б.

Гидротехнические сооружения должны быть оборудованы устройствами для контроля осадки, смещений сооружений геодезическими знаками, (реперы, марки), для определения уровневого режима водомерными рейками и уровнемерами и т. п. В случае отсутствия таких устройств, эксплуатирующая организация обязана оборудовать сооружения такими устройствами.

Для каждого конкретного сооружения, в зависимости от класса, должен быть определен состав контролируемых показателей, периодичность их контроля, установлено соответствующее оборудование, приборы и приспособления для проведения замеров. Измерения показателей состояния ГТС организует служба эксплуатации.

Результаты обследований заносят в соответствующие журналы наблюдений. Результаты наблюдений анализируют, составляется дефектная ведомость, указываются сроки устранения дефектов, повреждений.

Оценка физического износа конструктивных элементов и сооружений в целом указываются в техническом паспорте.

В зависимости от ответственности, для сооружений должен быть составлен проект мониторинга, в соответствии с которым службы эксплуатации выполняет за ним наблюдения. Материалы наблюдений используются при обследованиях.

5.22 Для проведения технических осмотров назначается (приказом по организации) состав комиссии, в которую входят непосредственно специалисты, занятые эксплуатацией (председателем комиссии назначается главный инженер). В комиссию могут быть привлечены специалисты проектных и научно-исследовательских организаций

Измерение диагностических показателей состояния ГТС организует служба эксплуатации. По значениям диагностических показателей определяется техническое состояние сооружения, определяется вероятность риска и уровень его безопасности.

В случае, если категория технического состояния по данным обследований будет оценена как не вполне удовлетворительная или неудовлетворительная, соответственный уровень безопасности неудовлетворительным или опасным (критическим), дальнейшая эксплуатация сооружения в проектном режиме по условиям технического состояния риска аварии недопустима и должна осуществляться в соответствии с требованиями «Положения об эксплуатации гидротехнического сооружения и обеспечения безопасности ГТС, разрешение на строительство и эксплуатацию которого аннулировано, а также гидротехнического сооружения, подлежащего консервации, ликвидации либо не имеющего собственного», утвержденного постановлением от 27.02.1999 № 237.

5.23 Эксплуатирующие организации для сооружений с неудовлетворительным и опасным уровнем безопасности должны ввести ограничения на режим эксплуатации (снижение уровня воды в верхнем бьефе, установка резервных водосбросов и др.), разработать и утвердить временные правила эксплуатации и провести мероприятия по восстановлению нормального уровня безопасности с привлечением специализированных организаций.

6 Оценка физического износа гидротехнических сооружений по диагностическим показателям надежности

6.1 В таблице 3 представлены диагностические показатели надежности и их соотношения для выполнения расчетов по оценке физического износа гидротехнических сооружений.

6.2.1 Проводятся инструментальные обследования по определению фактических значений диагностических показателей для конструктивных элементов сооружения и по соотношению P_i / P_{iTP} (таблица 3), определяются дефекты конструктивного элемента, объем и стоимость ремонтных работ.

Таблица 3 – Диагностические показатели надежности для оценки физического износа гидротехнических сооружений

Диагностический показатель	Нормативное значение показателя	Примечание
Превышение отметки гребня сооружений, создающих напорный фронт, над уровнем воды в водотоке, водоеме (пруду или водохранилище) расчетной обеспеченности (осадка гребня плотины)	$H_{гр} - (H_{p\%} + \Delta h_{set} + h_{run1\%}) > 0,5$	$H_{гр}$ – отметка гребня, м; $H_{p\%}$ – отметка уровня воды расчетной обеспеченности, м; Δh_{set} – ветровой нагон воды в верхнем бьефе, м; $h_{run1\%}$ – высота наката ветровых волн обеспеченностью 1 %, м
Фильтрационная устойчивость грунта тела сооружения	$\frac{J_{дк}}{J} \geq 1,0$	$J_{дк}$ – допустимый контролирующий градиент; J – действительный градиент
Пропускная способность водосбросных (водопроводящих) сооружений	$\frac{Q_{вод.соор}^{max}}{Q_{норм}} \geq 1$	$Q_{вод.соор}^{max}$ – максимальная пропускная способность сооружения, м ³ /с; $Q_{норм}$ – расчетная пропускная способность сооружения заданной обеспеченности, м ³ /с
Пропускная способность водозаборных сооружений	$\frac{Q_{тр.вод}}{Q_{соор}} \leq 1$	$Q_{тр.вод}$ – требуемый расход по графику водоподачи, м ³ /с; $Q_{соор}$ – пропускная способность сооружения, м ³ /с
Устойчивость грунта основания сооружения на механическую суффозию	$\frac{V_{суф}}{V_{вых}} > 1$	$V_{суф}$ – допустимая выходная скорость механической суффозии грунта сооружения основания, м/с; $V_{вых}$ – действительная выходная скорость фильтрационного потока, м/с

Продолжение таблицы 3

Диагностический показатель	Нормативное значение показателя	Примечание
Статическая устойчивость откосов	$\frac{K_3}{K_d} \geq 1,0$	K_3 – коэффициент запаса устойчивости откосов; K_d – допустимый коэффициент устойчивости
Прочность грунта основания	$\frac{R_n}{R} > 1$	R_n – нормативное допустимое сопротивление, Па; R – действительное сопротивление на грунт основания, Па
Обеспечение надежности системы «сооружение-основание»	$\frac{R_{н.с.}}{\gamma_n \gamma_{lc} F} \geq 1$	$R_{н.с.}$ – допустимое нормативное значение обобщенной несущей способности, Па; γ_n – коэффициент надежности по ответственности сооружения; γ_{lc} – коэффициент сочетания нагрузок; F – значение обобщенного силового воздействия, Па
Условие неразмываемости	$\frac{V_{\Delta n, доп}}{V_{\Delta n, доп}} \geq 1;$ $\frac{V_{н. доп}}{V_{н. ср}} \leq 1$	$V_{\Delta n, доп}$ – допускаемая (неразмывающая) донная скорость потока в точке, м/с; $V_{\Delta n, доп}$ – действительная донная скорость потока в точке, м/с; $V_{н. доп}$ – допускаемая (неразмывающая) средняя скорость потока, м/с; $V_{н. ср}$ – средняя скорость потока, м/с
Условие незаиляемости	$\frac{V_{нез}}{V_{н. ср}} \geq 1$	$V_{нез}$ – допускаемая (незаиляющая) средняя скорость потока, м/с; $V_{н. ср}$ – средняя скорость потока (должна быть $> 0,3$ м/с)

Окончание таблицы 3

Диагностический показатель	Нормативное значение показателя	Примечание
Условие незарастаемости	$V_{н.ср} > 0,5-0,6$	$V_{н.ср}$ – средняя скорость потока, м/с
Пропускная способность канала	$\frac{Q_{тр}}{Q_k} \geq 1$	$Q_{тр}$ – требуемый расход канала, м ³ /с; Q_k – пропускная способность канала, м ³ /с
Коэффициент полезного действия канала	$\eta_{\phi} \geq 0,9-0,97$	η_{ϕ} – фактический КПД канала
Уровни воды в водотоке при пропуске расчетных расходов	$\frac{H_{в}}{H_{н}} = 0,97-1,03$	$H_{в}$ – отметка уровня воды в водотоке (измеренная), м; $H_{н}$ – нормативное (проектное) значение уровня воды в водотоке, м
Прочность материалов конструктивных элементов сооружений	$\frac{\sigma}{[\sigma]} \geq 1$	σ – измеренное напряжение в материале конструкции Па; $[\sigma]$ – допускаемое (нормативное) напряжение, Па
Примечание – В числителе представлены нормативные значения диагностических показателей для оценки износа; в знаменателе – значения измеренных диагностических показателей для оценки износа.		

При этом P_i – диагностический показатель надежности элемента сооружения, зафиксированный при обследовании; P_{iTP} – требуемый или нормативный i -й диагностический показатель надежности.

6.2.2 Оценка физического износа конструктивного элемента определяется по формуле:

$$I_{iЭ} = \frac{C_{iPЭ}}{C_{iЭ}} \cdot 100, \% \quad (1)$$

где $I_{iЭ}$ – физический износ конструктивного элемента, %;

$C_{iPЭ}$ – сметная стоимость ремонта конструктивного элемента для доведения диагностического параметра до нормативного значения, руб.;

$C_{iЭ}$ – восстановительная стоимость конструктивного элемента в ценах на момент обследования, руб.

Пример расчета физического износа по диагностическим показателям надежности представлен в приложении В.

6.2.3 Общий физический износ гидротехнического сооружения определяется по формуле:

$$I_{\text{общ}} = \frac{\sum (I_i - C_{i,уд})}{100}, \%$$

(2)

где $I_{\text{общ}}$ – общий физический износ сооружения;

I_i – физический износ i -го конструктивного элемента сооружения, %;

$C_{i,уд}$ – удельный вес стоимости i -го конструктивного элемента сооружения от общей его стоимости, %.

7 Оценка физического износа гидротехнических сооружений по показателю риска аварии

7.1 Оценку физического износа ГТС по показателю риска аварии рекомендуется выполнять для сооружений III и IV классов при вероятности воз-

никновения чрезвычайных ситуаций межмуниципального и регионального характера.

7.2 Показатель риска аварии определяется по методическим рекомендациям ФГУП ВНИИ ВОДГЕО в соответствии с приложением Г [3].

7.3 В зависимости от показателя риска аварии по таблице 4 определяется физический износ (в %) и стоимость ремонтных работ (в %) от восстановительной стоимости.

Таблица 4 – Показатель риска аварии гидротехнических сооружений, техническое состояние, уровень безопасности в зависимости от физического износа

Техническое состояние	Нормальное	Удовлетворительное	Не вполне удовлетворительное	Неудовлетворительное
Показатель риска аварии R_a	Не более 0,15	Свыше 0,15, но не более 0,3	Свыше 0,3, но не более 0,5	Свыше 0,5
Физический износ	До 10 %	11-20 %	21-30 %	> 30 %
Стоимость ремонтных работ от первоначальной (восстановительной) стоимости	до 10 %	11-20 %	21-50 %	> 50 %

Пример расчета физического износа по показателю риска аварии приведен в приложении Д.

8 Оценка физического износа гидротехнических сооружений по восстановительной стоимости

8.1 Данный метод оценки физического износа относится к сооружениям IV класса с вероятностью возникновения чрезвычайной ситуации локального или муниципального характера.

8.2 Проводятся технические обследования сооружения, определяются повреждения и дефекты, и составляется дефектная ведомость по его конструктивным элементам.

8.3 На основании дефектной ведомости составляется смета на устранение повреждений и дефектов для каждого конструктивного элемента в рублях.

8.4 По данным бухгалтерии определяется первоначальная (восстановительная) стоимость сооружения в денежном выражении и принимается за 100 %.

Первоначальная (восстановительная) стоимость пересчитывается в ценах на момент обследования.

8.5 Определяются (вычисляются) стоимости конструктивных элементов в денежном выражении и в % от восстановительной стоимости (удельная стоимость).

8.6 Физический износ конструктивного элемента определяется по формуле:

$$I_{i\varepsilon} = \frac{C_{ip\varepsilon}}{C_{i\varepsilon}} \cdot 100, \% \quad (3)$$

где $I_{i\varepsilon}$ – физический износ конструктивного элемента, %;

$C_{ip\varepsilon}$ – сметная стоимость ремонта конструктивного элемента в рублях или процентах от восстановительной стоимости в ценах на момент обследования;

$C_{i\varepsilon}$ – стоимость конструктивного элемента в рублях или в процентах от восстановительной стоимости на момент обследования.

8.7 Физический износ сооружения в целом определяется по формуле:

$$I_c = \frac{\sum I_{i\varepsilon} \cdot C_{i\varepsilon y}}{100}, \% \quad (4)$$

где I_c – физический износ сооружения, %;

$I_{i\varepsilon}$ – физический износ конструктивного элемента, %;

$C_{i\varepsilon y}$ – удельный вес стоимости конструктивного элемента от восстановительной стоимости, %.

8.8 Физический износ сооружения в денежном выражении определяется по формуле:

$$C_{\phi} = \frac{I_c \cdot C_{\delta}}{100}, \text{ руб.} \quad (5)$$

где C_{ϕ} – физический износ в денежном выражении, руб.;

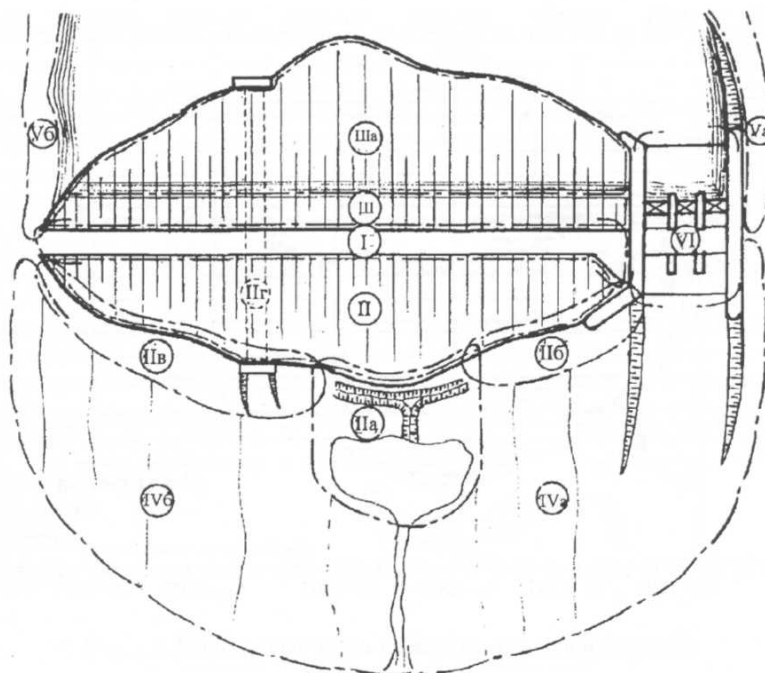
I_c – физический износ сооружения в целом, %;

C_{δ} – восстановительная стоимость сооружения в денежном выражении на момент обследования.

Пример расчета физического износа по восстановительной стоимости приведен в приложении Е.

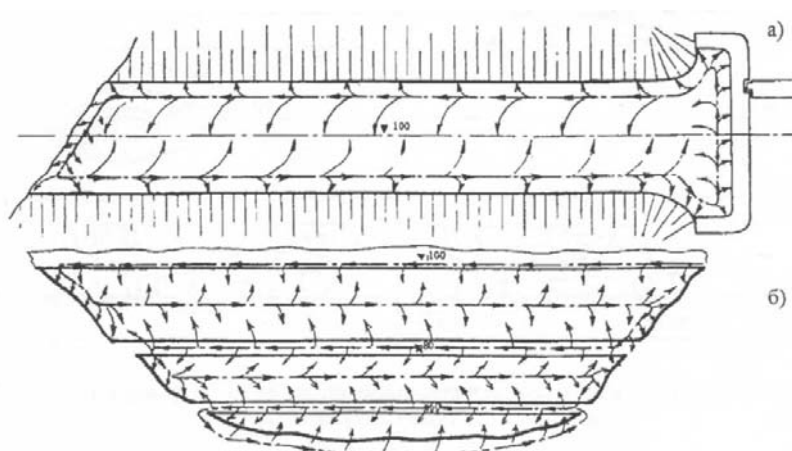
Приложение А (рекомендуемое)

**Пример разбивки участков визуальных наблюдений на плотине,
маршрутных схем осмотров, масштабных карт разверток**



I, II, III, IV и т. д. – участки визуальных наблюдений

Рисунок А.1 – Пример разбивки участков визуальных наблюдений
на плотине



а) гребень плотины; б) низовой откос и берма плотины

Рисунок А.2 – Пример маршрутных схем осмотров плотины

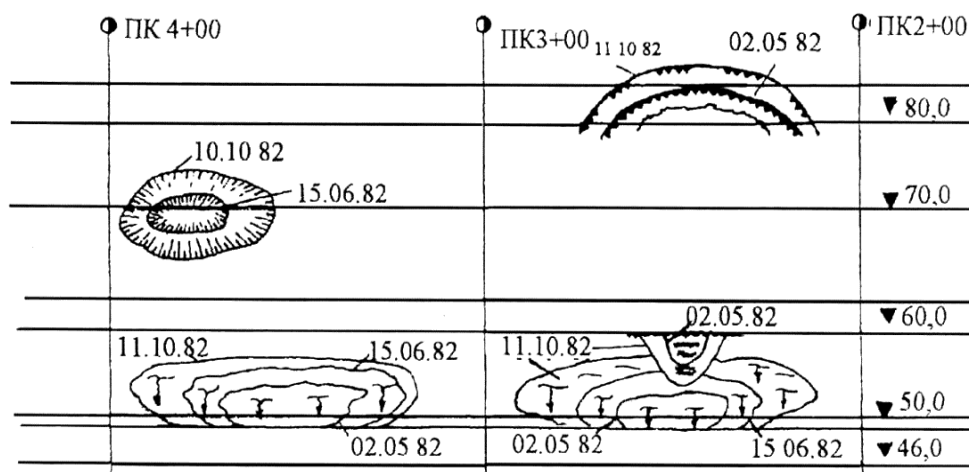






Рисунок А.3 – Пример карты-развертки фрагмента плотины (низовой откос с бермами)

Таблица А.1 – Условные обозначения дефектов

Условное изображение	Буквенное обозначение	Наименование
	Пвф.	Высачивание на поверхность фильтрующей воды (мокрые пятна)
	Стф.	Струйная фильтрация
	Впт.	Сплошной поток воды
	Дкр.	Повреждения крепления напорного откоса
	Пкр.	Повреждения (отсутствие) крепления сухого откоса
	Бл.	Заболоченная территория
	Лд.	Наледи: лед прозрачный; лед имеет включения грунта
	Пар.	«Продухи» в снежном покрове, парение
	Рс, т, к, д	Заращение поверхности травой, кустарником, деревьями
	Сн.	Снежный покров
	Втр.	Признаки морозного выветривания камня

Продолжение таблицы А.1

Условное изображение	Буквенное обозначение	Наименование
	Прв.	Просадочная воронка на поверхности
	Впг.	Выпор грунта
	Мпг.	Морозное пучение грунта
	Тр.	Трещины: поперечная и продольная
	Про.	Промоина поверхностными водами
	Ноп.	Наметившийся оползень на откосе (берегу)
	Лоп.	Локальный оползень на откосе (склоне)
	Сф.	Суффозионный вынос грунта
	Гр.	Грифон, ключ
	Оз.	Скопление воды в понижениях
	Врс.	Водоросли в скоплениях воды, прудках
	Мн.	Майны в ледовом покрове
	Кр.б	Коррозия бетона (водноморозная и т. п.)
	Оар.	Обнажения арматуры
	Вщб.	Выщелачивание бетона; место отбора продуктов выщелачивания
	Пор. б.	Пористый бетон

Условное изображение	Буквенное обозначение	Наименование
	Здр.	Заращение дренажей
	Лдр.	Замерзание дренажей
	Гдр.	Засорение дренажей
	Впз.	Выделение воздушных пузырей
	Кпп.	«Кипение» песка
	Пот.	Осыпание и оплывание (переувлажнение) откосов
	Жв.	Звуки журчащей воды
	Жив.	Землерои

Приложение Б
(рекомендуемое)

Способы измерения показателей состояния гидротехнических сооружений

Таблица Б 1 - Способы измерения показателей состояния гидротехнических сооружений

Тип ГТС	Основные контролируемые показатели состояния ГТС	Способ измерения контролируемого показателя	Технические средства измерения контролируемого показателя	Ориентировочная периодичность измерения *
1 Сооружения из грунтовых материалов	Горизонтальные смещения гребня сооружения, мм	Нивелирование поверхностных марок, глубинных марок	Поверхностные, глубинные марки, рабочие и фундаментальные реперы	2 раза в год
То же	Горизонтальные смещения гребня сооружения, мм	Триангуляция, визирование по створам, светодальномерные наблюдения	Рабочие и фундаментальные реперы, визирные марки для светодальномерных измерений	То же
«	Поровое давление в водоупорных элементах	Дистанционные измерения порогового давления	Измерительные преобразователи давления струнного типа	3 раза в месяц
«	Фильтрационные расходы, отступающие в дренажных устройствах 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 оснований, безразмерно	Вычисляются по измеренным пьезометрическим напорам в сооружении и его основании	То же	«
«	Температура сооружения и его основания, °С	Дистанционные измерения температуры сооружения и его основания	Измерительные преобразователи температуры струнного типа	«

Продолжение таблицы Б1

Тип ГТС	Основные контролируемые показатели состояния ГТС	Способ измерения контролируемого показателя	Технические средства измерения контролируемого показателя	Ориентировочная периодичность измерения *
«	Параметры 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 месяц
«	Наличие зон на низовом откосе с ярко-зеленым травяным покровом, м ²	Измерения площади зон	Рулетка	То же
«	Появление просядочных воронок на гребне и откосах плотины, см, м ³	Измерение диаметра, площади и глубины воронок	Рулетка	«
«	Появление продольных и поперечных трещин на гребне плотины, м, мм	Измерение протяженности и раскрытия трещин	Рулетка	«
2 Грунтовые приемыкания в верхнем и нижнем бьефах	Вертикальные смещения в оползневых и потенциально неустойчивых массивах, мм	Нивелирование поверхностных и глубинных марок	Поверхностные и глубинные марки	4 раза в год
То же	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, хлопшилки	1 раз в месяц

Окончание таблицы Б1

Тип ГТС	Основные контролируемые показатели состояния ГТС	Способы измерения контролируемого показателя	Технические средства измерения контролируемого показателя	Ориентировочная периодичность измерения *
«	Появление оползневых и просадочных трещин, м, см	Зарисовка, измерение протяженности, ширины, глубины	Рулетка	3 раза в месяц
«	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 сутки
«	Наличие суффозионного выноса грунта, г/л	Измерение количества взвеси	Мерный сосуд	3 раза в месяц
«	Наличие просадочных и суффозионных воронок, м	Зарисовка, измерение количества и размеров воронок	Рулетка	То же
«	Наличие криогенных деформаций, м	Характер деформации, размеры, площадь распространения	Рулетка	Раз в год

Примечания:

* Исходя из опыта, для каждого сооружения периодичность измерений назначается в зависимости от класса ГТС, их состояния, периода эксплуатации и других факторов.

** Оперативную оценку состояния ГТС проводят на основе сопоставления измеренных значений диагностических показателей K с их критериальными значениями K_1 и K_2 . При $K \leq K_1$ состояние ГТС считают нормальным; при $K_1 < K \leq K_2$ – потенциально опасным; при $K > K_2$ – предаварийным.

Приложение В (рекомендуемое)

Пример расчета физического износа по диагностическим показателям надежности

Основные конструктивные элементы водохранилищного гидроузла: чаша водохранилища, водоподпорное сооружение – грунтовая плотина, водосбросное сооружение, отводной канал.

Диагностический показатель превышения отметки гребня плотины над уровнем в верхнем бьефе по данным обследования равен $П_i = 2,2$ м.

Нормативное превышение равно $П_i = 3,2$ м.

Определить физический износ тела плотины по ее осадке.

Решение:

1 По диагностическому показателю определяется дефект тела плотины, намечается вид ремонтных работ (подсыпка грунтом гребня плотины, его уплотнение до нормативной отметки), определяется объем работ и составляется смета на выполнение ремонтных работ.

Сметная стоимость (для примера) ремонтных работ составляет

$C_{1рэ} = 50$ у. е. (условных единиц). Восстановительная стоимость отсыпки всей плотины в ценах на момент обследования составляет $C_i = 2000$ у. е. Определяется физический износ плотины по ее осадке по формуле:

$$I_{и1} = \frac{C_{1рэ}}{C_i} 100 = \frac{50}{2000} 100 = 2,5 \%. \quad (B.1)$$

Определяется дефект: нарушена фильтрационная прочность; назначается вид работ: устройство дренажа.

Составляется смета на выполнение ремонтных работ. Сметная стоимость ремонтных работ $C_{2рэ} = 200$ у. е.

Определяется физический износ плотины по диагностическому показателю фильтрационной устойчивости:

$$I_{и2} = \frac{C_{2РЭ}}{C_i} 100 = \frac{200}{2000} 100 = 10 \%. \quad (B.2)$$

Расчет износа грунтовой плотины по устойчивости откоса.

Диагностический нормативный показатель – статическая устойчивость низового откоса сооружения II класса (K = 1,2.)

Диагностический показатель статической устойчивости по данным обследований K = 1,05.

Определяется дефект: нарушение статической устойчивости откоса. Назначается вид ремонтных работ: отсыпка (пригрузка) откоса нижнего бьефа плотины.

Составляется смета на выполнение ремонтных работ: $C_{зРЭ} = 240$ у. е.

Определяется физический износ плотины по диагностическому показателю статической устойчивости:

$$I_{и3} = \frac{C_{зРЭ}}{C_i} 100 = \frac{240}{2000} 100 = 12 \%. \quad (B.3)$$

Общий физический износ по результатам обследования плотины составляет:

$$I_{и} = 10\% + 12\% + 2,5\% = 24,5 \%. \quad (B.4)$$

2 Расчет износа выходной части водосброса и отводящего канала по диагностическому показателю неразмываемости.

При обследовании нарушен диагностический показатель неразмываемости русла:

$$\frac{V_{\Delta H_{доп}}}{V_{\Delta H_{дон}}} \leq 1, \text{ должно быть } \frac{V_{\Delta H_{доп}}}{V_{\Delta H_{дон}}} > 1. \quad (B.5)$$

Определяются дефекты: нарушены условия сопряжения бьефов (разрушены гасители энергии в нижнем бьефе, возникновение явления сбйности потока, повышенная пульсация скорости потока).

Назначается вид работ: ремонт гасителя энергии водосброса в нижнем бьефе.

Составляется смета на выполнение ремонтных работ. Сметная стоимость ремонтных работ: $C_{\text{рр}} = 100$ у. е. Восстановительная стоимость водосбросного сооружения составляет $C_i = 500$ у. е. (в ценах на момент обследования).

Определяется физический износ выходной части водосброса:

$$I_{\text{И1}} = \frac{C_{\text{рр}}}{C_i} 100 = \frac{100}{500} 100 = 20 \%. \quad (\text{В.6})$$

Результаты обследований показали, что другие диагностические показатели соответствуют нормативным значениям.

Общий износ гидроузла в целом определяется по формуле:

$$I_{\text{общ}} = \frac{\sum I_i \cdot C_{\text{иуд}}}{100}, \quad (\text{В.7})$$

где I_i – физический износ i -го конструктивного элемента сооружения

$C_{\text{иуд}}$ – удельный вес стоимости i -го элемента сооружения от общей стоимости гидроузла;

$C_{\text{иуд1}} = 60 \%$ – удельный вес стоимости плотины от общей стоимости гидроузла;

$C_{\text{иуд2}} = 30 \%$ – удельный вес стоимости водосброса от общей стоимости гидроузла.

$$I_{\text{общ}} = \frac{(24,5 \cdot 60 + 20 \cdot 30)}{100} = 20,7 \%.$$

По рассчитанному физическому износу по таблице 4 СТО определяются техническое состояние сооружения и уровень безопасности, стоимость ремонтных работ:

- техническое состояние – не вполне удовлетворительное;
- уровень безопасности – неудовлетворительный;
- стоимость ремонтных работ – до 50 % от восстановительной стоимости.

Приложение Г (рекомендуемое)

Методика определения показателя риска аварии

Опасность аварии ГТС определяется по четырем показателям:

- показатель опасности 1 – опасность превышения принятых при обосновании конструкции сооружения природных нагрузок и воздействий;
- показатель опасности 2 – обоснованность и соответствие проектных решений современным нормативным требованиям;
- показатель опасности 3 – соответствие проекту конструкции сооружения, условиям его эксплуатации и свойств материалов сооружения в основании;
- показатель опасности 4 – возможные последствия и ущерб при аварии ГТС.

Степень опасности по каждому из показателей устанавливается отдельно на том или ином уровне на основании экспертных оценок с учетом приведенных в методических рекомендациях [3] и определяется количественное значение коэффициента опасности.

Степень опасности превышения принятых при расчетном обосновании конструкции сооружения природных нагрузок и воздействий (сейсмические, волновые, температурные воздействия, нагрузки от наносов, гидростатические, ветровые и ледовые, опасность превышения расчетных расходов через сооружения, опасность обрушения креплений, берегов) принимается по экспертной оценке на одном из трех уровней, каждый из которых имеет соответствующее значение показателя опасности (код) с учетом указаний действующих нормативных документов по определению нагрузок и воздействий на сооружения, данных натурных наблюдений за период эксплуатации ГТС и отличительных признаков, приведенных в таблице Г.1.

Таблица Г.1 – Качественная и кодовая оценка показателя опасности 1

Степень опасности по показателю	Код	Отличительный признак
Опасность отсутствует	1	Показатели возможных нагрузок и воздействий на ГТС не отличаются от расчетных значений, принятых при проектировании. Отсутствует возможность возникновения (развития) потенциально опасных воздействий природного и техногенного характера
Малая опасность	2	Показатели возможных нагрузок и воздействий на ГТС незначительно отличаются от расчетных значений, принятых при проектировании. Существует возможность возникновения (развития) потенциально опасных воздействий природного и техногенного характера незначительной мощности. Проведение дополнительных расчетных обоснований, конструктивных изменений и специальных организационных мероприятий для безопасной эксплуатации ГТС не требуется
Средняя опасность	3	Показатели возможных нагрузок и воздействий на ГТС превышают расчетные значения, принятых при проектировании, но при этом не возникает прямой угрозы разрушения ГТС и (или) потери им основных качеств своего назначения. Существует возможность возникновения (развития) потенциально опасных воздействий природного и техногенного характера, которые могут привести к нарушениям эксплуатационного режима, повреждениям отдельных конструктивных элементов и оборудования, но при этом не возникает угрозы широкомасштабной аварии (в результате которой могут пострадать люди, будет причинен ущерб третьим лицам или окружающей среде). Необходимо проведение дополнительных расчетных обоснований, конструктивных изменений и (или) специальных организационных мероприятий для безопасной эксплуатации ГТС
Большая опасность	4	Отмечается существенное повышение показателей возможных нагрузок и воздействий на ГТС над расчетными значениями, принятыми при проектировании, в связи с чем возникает упрямая угроза разрушения ГТС и (или) потери им основных качеств своего назначения. Существует возможность возникновения (развития) потенциально опасных воздействий природного и техногенного характера, приводящих к широкомасштабной аварии, в результате которой могут пострадать люди, будет причинен ущерб третьим лицам или окружающей среде. Необходимо проведение срочных организационных мероприятий и (или) проектно-строительных работ по изменению режима эксплуатации и (или) реконструкции (капитального ремонта) ГТС, вывода его из эксплуатации

Примеры случаев средней опасности:

- в районе расположения ГТС увеличены ветровые нагрузки;
- район расположения ГТС оказался в зоне подрабатываемых территорий;
- в береговой зоне ГТС отмечены оползневые явления;
- в районе расположения ГТС отмечены карстово-суффозионные явления (образование суффозионных воронок, провалы, просадки).

Примеры случаев большой опасности:

- на территории расположения ГТС увеличена дальность возможной сейсмической нагрузки;
- в районе расположения ГТС возможен сход селевого потока.

Степень опасности по показателю 2 устанавливается по одному из четырех уровней, в соответствии с таблицей Г.2.

Таблица Г.2 – Качественная и кодовая оценка показателя опасности 2

Степень опасности по показателю	Код	Отличительный признак
Отсутствует	0	Полное соответствие современным нормативным требованиям по всем оцениваемым факторам
Малая	1	В проекте имеются незначительные отклонения от современных нормативных требований
Средняя	2	В проекте имеются значительные ошибки по одному из оцениваемых факторов или существенные отклонения от нормативных требований по двум факторам
Большая	3	В проекте имеются грубые ошибки или существенные отклонения от современных нормативных требований по всем основным оцениваемым факторам

При экспертной оценке обоснованности и соответствия проектных решений современным нормативным требованиям принимаются во внимание следующие основные факторы:

- достаточность инженерно-геологических изысканий, выполненных при проектировании ГТС;
- надежность и обоснованность методов определения и назначения расчетных характеристик (физико-механические, фильтрационные и пр.) материалов сооружений и их оснований;

- достаточность расчетного обоснования конструкций сооружений, оснащения контрольно-измерительной аппаратурой, обоснованность и соответствие современным нормативным требованиям применявшихся расчетных методов;

- повышение класса ответственности.

Примеры случаев средней опасности:

- недостаточно обосновано назначение ветровых и волновых нагрузок;
- недостаточно обосновано назначение гидравлических нагрузок на элементы конструкций водосбросных и водосливных сооружений (водобойные колодцы, оголовки, гасители и т. п.);

- принятые проектные решения по сопряжению сооружения и основания недостаточно надежны, не исключена возможность развития суффозионных процессов и др.;

- недостаточен объем инженерно-геологических изысканий;
- недостаточен объем назначенной по проекту КИА;
- применялись устаревшие методы расчета (либо по тем или иным причинам вызывают сомнения результаты определения расчетных характеристик грунтов в теле и основании ГТС).

Примеры случаев большой опасности:

- ошибки в гидрологических и (или) водобалансовых расчетах, в результате которых возможно переполнение емкости водохранилищ (накопителя);

- по каким-либо причинам повышен класс капитальности сооружения, но не проведены работы по оценке соответствия его конструкций новыми требованиями;

- ошибки в гидравлических расчетах водосбросных сооружений, в результате которых возможно переполнение емкости водохранилища (накопителя);

- ошибки в расчетах устойчивости откосов ГТС, в результате которых возможно разрушение ГТС.

Степень опасности по показателю 3 устанавливается на одном из четырех уровней, характеризующихся отличительными признаками, приведенными в таблице Г.3.

Таблица Г.3 – Качественная и кодовая оценка показателя опасности 3

Степень опасности по показателю	Код	Отличительный признак
Отсутствует	0	Полное соответствие современным нормативным требованиям по всем оцениваемым факторам
Малая	1	Незначительные отклонения от проекта, которые не могут привести к нарушению нормальной работы сооружений, конструкций и элементов
Средняя	2	Существенные отклонения от проекта, которые могут привести к возникновению аварийной ситуации; требуется оценка возможности дальнейшей эксплуатации ГТС в проектном режиме и необходимости проведения тех или иных мероприятий по обоснованию нормативной прочности и устойчивости конструкций и сооружений, пропускной способности водосбросов и водоспусков и др.
Большая	3	Значительные отклонения от проекта по оцениваемым факторам, которые могут привести к аварии ГТС и прорыву напорного фронта

При экспертной оценке соответствия проекту конструкции ГТС, условий его эксплуатации, а также свойств материалов сооружения и основания подлежат учету следующие основные факторы:

- наличие изменений проектных конструкций ГТС и компоновочных решений;
- наличие изменений в режиме эксплуатации ГТС;
- данные геотехнического контроля качества материалов при строительстве ГТС, а также данные инженерно-геологических работ по определению фактических характеристик материалов ГТС и основания в период эксплуатации (при их наличии).

Средняя степень опасности имеет следующие отличительные признаки:

- несоответствие проекту механических, прочностных, деформативных, фильтрационных характеристик грунтов или материалов техногенного происхождения в теле или основании дамб, трубчатых переездов, водозаборов, шлюзов-регуляторов, берегоукрепительных сооружений, обуславливающее

СТО 4.2-5-2014

необходимость проведения поверочных расчетов устойчивости, фильтрационной прочности и др.;

- несоответствие проекту очертаний откосов плотины или дамбы, что требует проведения поверочных расчетов устойчивости;

- несоответствие проекту условий эксплуатации плотины ГТС;

- несоответствие проекту водного баланса водохранилища.

Большая степень опасности имеет следующие отличительные признаки:

- не полностью соответствуют техническим критериям параметры ГТС; возможен перелив воды через гребень дамбы, ее размыв и образование волны прорыва и др.;

- значительное несоответствие проекту материалов сооружений и основания;

- повышен по каким-либо причинам класс капитальности сооружения, но не проведены работы по оценке соответствия его конструкций новым требованиям.

Качественная и кодовая оценка показателя опасности 4 учитывает возможные последствия и величину ущерба при ЧС (аварии) ГТС, представлена в таблице Г.4.

Во исполнении Федерального закона от 21 декабря 1994 г. № 68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» [4] Правительство РФ приняло Постановление (от 21 мая 2007 г. № 307) «О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера», согласно которого чрезвычайные ситуации природного и техногенного характера подразделяются на чрезвычайные ситуации (ЧС) локального, муниципального, межмуниципального, регионального, межрегионального и федерального характера.

Таблица Г.4 – Качественная и кодовая оценка показателя опасности 4

Уровень опасности по показателю 4	Код	Масштаб возможной ЧС	Отличительный признак		
			Число пострадавших, чел.	Материальный ущерб, руб.	Зона распространения ЧС
Малая опасность	1	Локальная	Не более 10	не более 100 тыс.	Не выходит за пределы территории объекта
Средняя опасность	2	Муниципальная	выше 10, но не более 50	свыше 100 тыс., но не более 5 млн	Не выходит за пределы территории одного поселения или внутригородской территории города федерального значения
		Межмуниципальная	выше 10, но не более 50	свыше 100 тыс., но не более 5 млн	Не выходит за пределы территории двух и более поселений, внутригородских территорий города федерального значения или межселенную территорию
Большая опасность	3	Региональная	свыше 50, но не более 500	свыше 5 млн, но не более 500 млн	Не выходит за пределы территории одного субъекта РФ
		Межрегиональная	свыше 50, но не более 500	свыше 5 млн, но не более 500 млн	Не выходит за пределы территории двух и более субъектов РФ
Очень большая опасность	4	Федеральная	свыше 500	свыше 500 млн	

При наиболее неблагоприятном сочетании уровней четырех рассмотренных показателей опасности (интегральный код 3334) коэффициент опасности равен $K_o = 1$, в остальных случаях $0 < K_o < 1$. Численные значения коэффициента опасности K_o в зависимости от установленного интегрального кода показателей опасности получены на основе экспертной оценки коэффициентов значимости или «удельного веса» каждого из показателей опасности, а также оценки относительной роли (весовых коэффициентов) каждой из степеней опасности по тому или иному показателю. При этом коэффициент опасности определяется из соотношения:

$$K_o = \sum_{i=1}^4 \delta_i \cdot a_i \cdot K_o^n, \quad (\text{Г.1})$$

где δ_i – коэффициент значимости i -го показателя опасности;

a_i , – значение i -го показателя опасности;

K_o^n – нормирующий множитель.

Значения коэффициента опасности K_0 для всех событий, определяемых соответствующим кодом, приведены в таблице Г.5. Для каждого показателя опасности вводится коэффициент значимости, количественная оценка которого приведена в таблице Г.6.

Интегральная оценка уязвимости ГТС.

Степень уязвимости ГТС определяется их восприимчивостью к воздействию факторов опасности.

Приняты следующие основные показатели уязвимости ГТС:

- показатель уязвимости 1 – состояние сооружения (по данным инструментальных наблюдений и визуального контроля);
- показатель уязвимости 2 – организация эксплуатации ГТС (соблюдение требований безопасной эксплуатации);
- показатель уязвимости 3 – готовность объекта к локализации и ликвидации ЧС.

Код показателя опасности 4 принимается по таблице Г.4 в зависимости от масштаба возможной ЧС при аварии рассматриваемого ГТС.

Значения коэффициента опасности для всех событий, определяемых соответствующим кодом, приведены в таблице Г.4. и Г.5. Для каждого показателя опасности вводится коэффициент значимости, количественная оценка которого приведена в таблице Г.6. Степень уязвимости ГТС по показателю 1 устанавливается на одном из четырех уровней, в соответствии с таблицей Г.7.

Таблица Г.5 – Значения коэффициентов опасности K_o в зависимости от кода

Код	K_o	Код	K_o	Код	K_o	Код	K_o	Код	K_o	Код	K_o
1001	0,176	1101	0,235	1201	0,294	1301	0,353	2001	0,235	2101	0,235
1002	0,294	1102	0,353	1202	0,412	1302	0,471	2002	0,353	2102	0,412
1003	0,412	1103	0,471	1203	0,529	1303	0,588	2003	0,471	2103	0,529
1004	0,529	1104	0,588	1204	0,647	1304	0,706	2004	0,588	2104	0,647
1011	0,235	1111	0,294	1211	0,353	1311	0,412	2011	0,294	2111	0,353
1012	0,352	1112	0,412	1212	0,471	1312	0,529	2012	0,412	2112	0,471
1013	0,470	1113	0,528	1213	0,588	1313	0,647	2013	0,529	2113	0,588
1014	0,588	1114	0,647	1214	0,706	1314	0,756	2014	0,647	2114	0,706
1021	0,294	1121	0,353	1221	0,412	1321	0,474	2021	0,353	2121	0,412
1022	0,412	1122	0,471	1222	0,529	1322	0,588	2022	0,471	2122	0,529
1023	0,529	1123	0,588	1223	0,647	1323	0,706	2023	0,588	2123	0,647
1024	0,647	1124	0,706	1224	0,756	1324	0,823	2024	0,706	2124	0,756
1031	0,353	1131	0,412	1231	0,471	1331	0,529	2031	0,412	2131	0,471
1032	0,471	1132	0,529	1232	0,588	1332	0,647	2032	0,529	2132	0,588
1033	0,588	1133	0,647	1233	0,706	1333	0,756	2033	0,647	2133	0,706
1034	0,706	1134	0,756	1234	0,823	1334	0,852	2034	0,756	2134	0,823
2201	0,353	2301	0,412	3001	0,294	3101	0,353	3201	0,412	3301	0,471
2202	0,471	2302	0,529	3002	0,412	3102	0,471	3202	0,529	3302	0,588
2203	0,588	2303	0,647	3003	0,529	3103	0,588	3203	0,647	3303	0,706
2204	0,706	2304	0,756	3004	0,647	3104	0,706	3204	0,765	3304	0,823
2211	0,412	2311	0,471	3011	0,353	3111	0,412	3211	0,471	3311	0,529
2212	0,529	2312	0,588	3012	0,471	3112	0,529	3212	0,588	3312	0,647
2213	0,647	2313	0,706	3013	0,588	3113	0,647	3213	0,706	3313	0,765
2214	0,765	2314	0,823	3014	0,706	3114	0,765	3214	0,823	3314	0,882
2221	0,471	2321	0,529	3021	0,412	3121	0,471	3221	0,529	3321	0,588
2222	0,588	2322	0,647	3022	0,529	3122	0,588	3222	0,647	3322	0,706
2223	0,706	2323	0,756	3023	0,647	3123	0,706	3223	0,765	3323	0,823

Окончание таблицы Г.5

Код	K_o	Код	K_o	Код	K_o	Код	K_o	Код	K_o	Код	K_o
2224	0,823	2324	0,882	3024	0,765	3124	0,823	3224	0,882	3324	0,941
2231	0,529	2331	0,588	3031	0,471	3131	0,529	3231	0,588	3331	0,647
2232	0,706	2332	0,706	3032	0,588	3132	0,647	3232	0,706	3332	0,765
2233	0,823	2333	0,823	3033	0,706	3133	0,765	3233	0,823	3333	0,882
2234	0,941	2334	0,941	3034	0,823	3134	0,882	3234	0,941	3334	1,00
Примечание – K_o – коэффициент опасности											

Таблица Г.6 – Коэффициент значимости показателя опасности

Показатель опасности	Степень опасности	Код	Коэффициент значимости показателя опасности
Опасность превышения природных нагрузок и воздействий	Малая	1	0,2
	Средняя	2	
	Большая	3	
Обоснованность и соответствие проектных решений современным нормативным требованиям	Отсутствует	0	0,2
	Малая	1	
	Средняя	2	
Соответствие проекту конструкции сооружения, условий его эксплуатации и свойств материалов сооружения и основания	Отсутствует	0	0,2
	Малая	1	
	Средняя	2	
Возможные последствия и ущерб при аварии ГТС	Малая	1	0,4
	Средняя	2	
	Большая	3	
	Очень большая	4	

Таблица Г.7 – Качественная и кодовая оценка показателя уязвимости 1

Степень опасности по показателю	Код	Отличительный признак
Отсутствует	0	Отсутствие каких-либо нарушений конструктивных элементов сооружений и превышения предельно допустимых значений контролируемых параметров состояния сооружений и их основания
Малая	1	Наличие локальных повреждений элементов конструкций и сооружений, которые могут быть устранены в ходе текущих (плановых) ремонтных работ; отсутствие превышения предельно допустимых значений (ПДЗ) контролируемых параметров состояния
Средняя	2	Существенные разрушения элементов конструкций или отдельных сооружений и (или) превышение ПДЗ контролируемых параметров состояния, которые могут привести к возникновению аварийной ситуации. Невозможна работа сооружения в экстремальных условиях, предусмотренных проектом; требуется проведение неотложных ремонтных работ, временное изменение режима эксплуатации объекта
Большая	3	Наличие разрушений конструкций и сооружений и (или) превышение ПДЗ контролируемых параметров состояния, обуславливающих возникновение на объекте аварийной ситуации и угрозу прорыва напорного фронта. Дальнейшая эксплуатация сооружения в проектном режиме невозможна и должна быть приостановлена для проведения ремонтно-восстановительных работ, либо гидроузел подлежит ликвидации

Окончание таблицы Г.7

Степень опасности по показателю	Код	Отличительный признак
Примечание – При прочих равных условиях степень уязвимости по показателю 1 дамб обвалования из грунтовых материалов, находящихся в эксплуатации более 40 - 50 лет, повышается на один уровень (если отсутствуют данные полевых исследований по определению фактических физико-механических характеристик грунтов основания и тела плотины или дамбы).		

Экспертная оценка уязвимости ГТС по показателю 1 производится на основе анализа результатов контрольных инструментальных наблюдений и комиссионных обследований состояния сооружения и его основания с учетом установленных нарушений их конструктивных элементов, влияющих на их прочность и устойчивость, и соответствия контролируемых параметров их ПДЗ).

ПДЗ параметров состояния принимаются равными расчетным значениям для основного и особого сочетания нагрузок или значениям, уточненным в процессе строительства и эксплуатации, и устанавливается документом «Критерии безопасности для ГТС», предусмотренным федеральным законом «О безопасности гидротехнических сооружений» от 21.07.97 г. № 117-ФЗ.

Малая степень уязвимости характеризуется следующими типичными признаками:

- повреждение отдельных участков крепления верхового откоса плотин и дамб, образование локальных пустот под бетонными плитами крепления;
- локальные просадки гребня дамбы, смещений относительно друг друга секций парапета, появление на гребне и низовом откосе продольных трещин;
- отдельные нарушения работы дренажных устройств: зарастание дренажной канавы; кольматация обратных фильтров, сопровождающаяся плавным изменением расхода дренажных вод; появлением на откосе и в нижнем бьефе отдельных очагов болотной растительности и др.;

- образование на поверхности бетонных конструкций волосяных трещин, нарушения защитного слоя бетона;
- появление в зонах пазов затворов, на бычках и устоях трещин раскрытия, локальные нарушения уплотнений затворов;
- локальные повреждения на участках подводящих каналов, рисбермы и др.

Средняя степень уязвимости характеризуется следующими типичными признаками:

- наличие трещин значительной протяженности;
- наличие на откосах плотин и дамб локальных выпоров грунта, значительных размывов поверхностными водами;
- размывы креплений откосов дамб обвалования берегоукрепительных сооружений из каменной наброски, нарушения бетонных креплений, сопровождающиеся разрушением уплотнений швов, смещением плит, образованием под плитами значительных пустот;
- нарушения работы дренажных устройств, сопровождающиеся скачкообразным изменением расходов и уровней воды, заиливание дренажей;
- периодическое появление на низовых откосах, в нижнем бьефе и на контакте с бетонными сооружениями выходов фильтрационных вод;
- наличие на низовом откосе и в пойме нижнего бьефа значительных площадей с ходами землеройных животных и просадками грунта;
- неравномерные осадки и смещения бетонных сооружений, мостовых опор;
- образование пустот под облицовками каналов, рисбермы и пр.;
- превышение установленных сроков эксплуатации гидромеханического оборудования, основных и аварийно-ремонтных затворов и не создающие аварийной ситуации их неисправности (нарушения уплотнений и пр.) и систем защиты затворов от обледенения в зимний период.

Большая степень уязвимости характеризуется следующими типичными признаками:

- превышение ПДЗ контролируемых параметров состояния сооружения и основания (осадки и смещения, уровни воды в водохранилище или накопителе, положение депрессионной кривой в дамбах и пр.), вызывающие аварийную ситуацию;

- наличие трещин закола, оползневых деформаций на гребне и откосах ограждающих дамб;

- превышение расчетных контролируемых расходов в дренажных системах, сопровождающиеся суффозионными явлениями;

- наличие на низовых откосах и у подошвы плотин и дамб сосредоточенных выходов фильтрационных вод (грифонов) или появление сосредоточенных токов мутной воды с выходом в нижний бьеф по контакту с бетонными сооружениями (устоями водосбросов, водоприемников, водопропускными трубами);

- разрушения элементов конструкций и сооружений (бетонных плотин, каменного крепления, входной и выходной частей и др.).

Степень уязвимости по показателю 2 устанавливается в соответствии с таблицей Г.8 на одном из четырех уровней.

Таблица Г.8 – Качественная и кодовая оценка показателя уязвимости 2

Степень опасности по показателю	Код	Отличительный признак
Отсутствует	0	Полное соответствие требованиям безопасной эксплуатации по всем оцениваемым факторам
Малая	1	Незначительные отступления от требований безопасной эксплуатации
Средняя	2	Значительные нарушения требований безопасной эксплуатации
Большая	3	Грубые нарушения требований безопасной эксплуатации

Экспертная оценка уязвимости ГТС по показателю 2 производится на основе анализа результатов мониторинга состояния окружающей среды в зоне влияния ГТС и сравнения контролируемых параметров с предельно до-

пустимыми значениями, которые устанавливаются в соответствии с существующими нормативными требованиями (СНиП, СанПин, ГОСТ и др.).

Экспертная оценка уязвимости ГТС, в зависимости от состояния окружающей среды в зоне его влияния, производится на основе анализа следующих основных факторов:

- соблюдение правил организации и эксплуатации санитарных зон;
- организация мониторинга состояния окружающей среды в зоне влияния ГТС, в том числе наличие и состояние КИА, периодичность осмотров и наблюдений, состав проводимых наблюдений и т.п.;
- соответствие качества воды в водохранилище установленным нормам и (или) проектным требованиям;
- соблюдение нормативных и проектных показателей по доле мелководных зон в площади водохранилища;
- процессы эрозии береговой зоны водохранилищ.
- качество воды в поверхностных водоемах, попадающих в зону влияния ГТС;
- состояние флоры и фауны в зоне влияния ГТС, в том числе с оценкой изменения этого состояния во времени (здоровье и условия жизнедеятельности растений и животных, численность, видовой состав, преобладающие виды, смена биоценозов и т. п.);
- воздействие на окружающую среду, возникающее вследствие проведения работ при строительстве или реконструкции ГТС.

Степень уязвимости ГТС по показателю 3 устанавливается на одном из четырех уровней, в соответствии с отличительными признаками, приведенными в таблице Г.9.

Таблица Г.9 – Качественная и кодовая оценка показателя уязвимости 3

Степень уязвимости по показателю 3	Код	Отличительный признак
Отсутствует уязвимость	0	Полное соответствие требованиям безопасной эксплуатации по всем оцениваемым факторам

Окончание таблицы 9

Степень уязвимости по показателю 3	Код	Отличительный признак
Малая уязвимость	1	Незначительные отступления от требований безопасной эксплуатации, не накладывающие ограничений на эксплуатацию ГТС как при нормальном, так и при экстренном режимах
Средняя уязвимость	2	Значительные нарушения требований безопасной эксплуатации, при которых необходимы изменения режима эксплуатации объекта
Большая уязвимость	3	Грубые нарушения требований безопасной эксплуатации, в результате которых возникает вероятность возникновения масштабной аварии

Экспертная оценка уязвимости ГТС в зависимости от организации его эксплуатации (уровня культуры эксплуатации) производится на основе анализа следующих основных факторов:

- укомплектованность штатов и квалификация персонала службы безопасности;
- укомплектованность необходимой техникой, механизмами, инструментами, расходными материалами и т. п.;
- наличие необходимой проектной, эксплуатационной и нормативно-методической документацией, к которой относятся:
 - а) проект гидротехнического сооружения;
 - б) декларация безопасности;
 - в) критерии безопасности;
 - г) правила использования водных ресурсов водохранилища;
 - д) инструкция по эксплуатации ГТС с регламентацией должностных обязанностей обслуживающего персонала, схемы заполнения накопителя промышленных отходов, вопросов техники безопасности и охраны окружающей среды;
 - е) ежегодные графики планово-предупредительных ремонтов сооружений, сетей и оборудования, а также данные о фактически проведенных работах;
 - ж) материалы геотехнического контроля в процессе строительства;

и) документация по проводимым эксплуатирующей организацией наблюдениям за состоянием ГТС и окружающей среды: графики проводимых наблюдений, журналы наблюдений, приказы и распоряжения в связи с выявленными недостатками и т. п.;

к) обобщенные материалы наблюдений в период эксплуатации (годовые отчеты, аналитические записки, заключения и рекомендации специализированных организаций), а также материалы инспекторских проверок и обследований состояния ГТС;

л) документация по расследованию аварий и повреждений;

м) предписания органов государственного и авторского надзора;

н) нормативно-методические пособия и рекомендации, необходимые для эксплуатации рассматриваемого гидротехнического сооружения, в том числе правил безопасности, методические пособия по проведению мониторинга и ремонтных работ, заводские паспорта и инструкции по эксплуатации установленного гидромеханического, насосного и вспомогательного оборудования и т. п.;

- наличие, соответствие проекту и состояние контрольно-измерительной арматуры;

- регулярность (в соответствии с принятыми на объекте правилами, инструкциями, графиками) контрольных наблюдений и комиссионных обследований состояния ГТС;

- уровень и регулярность технического обслуживания и ремонта оборудования (механизмов) и сооружений;

- соблюдение правил безопасности (режима наполнения и сработки водохранилища, маневрирования затворами, схемы и интенсивность заполнения накопителя и др.);

- соблюдение правил организации и эксплуатации защитных и охраняемых зон гидротехнического объекта, в том числе наличие (при необходимости) предупредительных и запретительных знаков, ограждения, освещения,

охраны, а также иных разработанных мероприятий по предотвращению несанкционированного проникновения в охранную зону, противодействию террористической и диверсионной угрозе.

Экспертная оценка готовности объекта к локализации и ликвидации ЧС производится по показателю уязвимости 4 с учетом следующих основных факторов:

- наличие типовых решений по локализации и ликвидации чрезвычайных (аварийных) ситуаций по возможным сценариям их развития на ГТС, плана оперативных действий персонала при возникновении ЧС, плана эвакуации персонала и населения из зоны возможного затопления волной прорыва;

- обученность персонала действиям в условиях ЧС;

- наличие и укомплектованность аварийно-ремонтных и аварийно-спасательных бригад, регулярность их тренировок;

- оснащенность аварийно-ремонтных бригад и привлекаемых в случае необходимости для ликвидации ЧС формирований ГОиЧС инструментом, оборудованием и механизмами для выполнения аварийно-спасательных работ;

- наличие и достаточность аварийного запаса строительных материалов;

- состояние дорог, мостов и подъездов к ГТС в районе гидроузла и на его территории;

- наличие и состояние средств связи (в том числе аварийных) и систем оповещения.

Уровень уязвимости ГТС по показателю 4 устанавливается на одном из 4-х уровней в соответствии с отличительными признаками.

Каждый из рассмотренных показателей уязвимости может проявляться в независимости от других, а степень уязвимости ГТС зависит от их комплексного воздействия.

Интегральная количественная оценка уязвимости ГТС характеризуется коэффициентом уязвимости K_y , который также как коэффициент опасности

K_o представляет собой долю (вероятность) от наиболее неблагоприятной обстановки на объекте по сочетанию показателей уязвимости.

Принятый за единицу коэффициент уязвимости K_y соответствует наиболее неблагоприятному сочетанию показателей уязвимости на объекте и характеризуется интегральным кодом. Численные значения коэффициента уязвимости в зависимости от интегрального кода могут изменяться в диапазоне $0 < K_y < 1$.

В результате экспертной оценки значимости показателей уязвимости ГТС получены значения коэффициентов, которые приведены в таблице Г.10.

Оценка коэффициентов уязвимости выполнена по формуле:

$$K_y = \sum_{i=1}^4 \varphi_i \cdot a_i \cdot K_y^H, \quad (\text{Г.2})$$

где φ_i – коэффициент значимости i -го показателя уязвимости (определяется по таблице Г.10);

a_i – значение кода i -го показателя уязвимости;

K_y^H – нормирующий множитель.

Таблица Г.10 – Коэффициент значимости показателей уязвимости

Показатель уязвимости	Степень (уровень) уязвимости по показателю	Код	Коэффициент значимости показателя уязвимости φ_i
Состояние ГТС по данным инструментальных и визуальных наблюдений	Отсутствует	0	0,35
	Малая	1	
	Средняя	2	
	Большая	3	
Состояние окружающей среды в зоне влияния гидротехнического сооружения	Отсутствует	0	0,15
	Малая	1	
	Средняя	2	
	Большая	3	
Организация эксплуатации ГТС (соблюдение требований безопасной эксплуатации)	Отсутствует	0	0,3
	Малая	1	
	Средняя	2	
	Большая	3	
Готовность объекта к локализации и ликвидации ЧС	Отсутствует	0	0,2
	Малая	1	
	Средняя	2	
	большая	3	

Интегральная оценка риска аварии ГТС производится на основании экспертного анализа степени опасности аварии и степени уязвимости ГТС. Степень риска аварии оценивается по принципу пересечения этих событий и количественно выражается показателем риска аварии:

$$R_a = K_o \cdot K_y, \quad (\text{Г.3})$$

где R_a – показатель риска аварии;

K_o – коэффициент опасности аварии;

K_y – коэффициент уязвимости аварии ГТС.

Физический смысл показателя R_a состоит в том, что он представляет собой долю от риска, который имеет место на ГТС при наиболее неблагоприятных сочетаниях показателей опасности (код 3334, $K_o = 1$) и уязвимости ($K_y = 1$).

В области значений $R_a < 0,15$ (малая степень риска аварии) уровень безопасности ГТС оценивается как нормальный. В этом случае сооружение удовлетворяет всем проектным требованиям по назначению и конструктивной надежности, а также современным нормативным требованиям. Эксплуатация осуществляется в соответствии с действующими законодательными актами, нормами и правилами. Дальнейшая эксплуатация сооружений и оборудования возможна без проведения каких-либо технических или организационных мероприятий по повышению безопасности при обеспечении мониторинга безопасности и своевременном выполнении плановых ремонтно-профилактических работ.

В области значений $0,15 < R_a < 0,30$ (умеренная степень риска аварии) уровень безопасности ГТС оценивается как пониженный. Имеются те или иные отклонения от правил безопасной эксплуатации, не устраненные своевременно в ходе плановых мероприятий по обеспечению нормального уровня безопасности, которые, однако, не препятствуют возможности выполнения сооружением заданных эксплуатационных функций. Дальнейшая безопасная эксплуатация сооружения в проектном режиме возможна при обязательном выполнении в согласованные (установленные) органами государственного

надзора сроки мероприятий по повышению уровня безопасности, конкретный перечень которых вытекает из анализа факторов, обуславливающих максимальные значения показателей опасности и уязвимости. Результаты расчетов для всех событий по уязвимости приведены в таблице Г.11.

Степень риска аварии оценивается по величине показателя риска аварии R_a , в соответствии с данными таблицы Г.12.

Диапазоны изменения коэффициента R_a в таблице Г.12 назначены таким образом, чтобы была возможность практически увязать степень риска аварии с качественными характеристиками уровня безопасности, регламентированными утвержденной Инструкцией о ведении Российского регистра ГТС [5].

При большой степени риска аварии ($0,30 < R_a < 0,50$) уровень безопасности ГТС оценивается как неудовлетворительный. Имеются отклонения от проектного состояния и нарушения правил безопасной эксплуатации, которые могут привести к возникновению аварийной ситуации. В этом случае дальнейшая эксплуатация сооружения в проектом режиме недопустима без проведения в установленные органами государственного надзора сроки тех или иных технических (вплоть до капитального ремонта, замены оборудования и др.) и организационных мероприятий по снижению риска аварии и восстановлению нормального уровня безопасности на основе анализа факторов, обуславливающих максимальные значения показателей опасности и уязвимости. К проведению такого анализа и разработке мероприятий по повышению уровня безопасности, как правило, должны привлекаться специализированные научно-исследовательские и проектные организации.

В случае необходимости по специальным программам предусматриваются полевые исследования физико-механических характеристик грунтовых материалов, бетонных конструкций и др., проводится дополнительное расчетное обоснование прочности и устойчивости сооружений и конструкций, корректируются предельно допустимыми значениями контролируемых параметров состояния и пр.

Таблица Г.11 – Значения коэффициентов уязвимости K_y в зависимости от кода

Код	K_y	Код	K_y	Код	K_y	Код	K_y
000	0,0	010	0,099	020	0,21	030	0,300
001	0,066	011	0,168	021	0,267	031	0,366
002	0,132	012	0,234	022	0,333	032	0,432
003	0,201	013	0,300	023	0,339	033	0,501
200	0,333	210	0,432	220	0,534	230	0,633
201	0,399	211	0,501	221	0,600	231	0,699
202	0,468	212	0,567	222	0,666	232	0,768
203	0,534	213	0,633	223	0,732	233	0,834
100	0,168	110	0,267	120	0,366	130	
101	0,234	111	0,333	121	0,432	131	0,534
102	0,300	112	0,399	122	0,501	132	0,600
103	0,366	113	0,468	123	0,567	133	0,666
300	0,501	310	0,600	320	0,699	330	0,801
301	0,567	311	0,666	321	0,768	331	0,867
302	0,633	312	0,732	322	0,834	332	0,933
303	0,699	313	0,801	323	0,900	333	1,00
Примечание – K_y – коэффициент уязвимости.							

Таблица Г.12 – Значение коэффициента риска аварий в зависимости от степени риска аварии

Степень риска аварии	R_a
Малая (нормальный уровень безопасности)	Не более 0,15
Умеренная (пониженный уровень безопасности)	Свыше 0,15, но не более 0,3
Большая (неудовлетворительный уровень безопасности)	Свыше 0,3, но не более 0,5
Аварийная ситуация (опасный уровень)	Свыше 0,5

Значения коэффициента риска аварии $R_a > 0,50$ свидетельствуют о возникновении аварийной ситуации, уровень безопасности ГТС оценивается как опасный.

Дальнейшая эксплуатация сооружения в проектом режиме по условиям риска аварии недопустима и должна осуществляться в соответствии с требованиями Положения об эксплуатации гидротехнического сооружения и обеспечения безопасности гидротехнического сооружения, разрешение на строительство и эксплуатацию которого аннулировано, а также гидротехнического сооружения, подлежащего консервации, ликвидации либо не имеющего собственника, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 27 февраля 1999 г. № 237 [6]. Необходимо незамедлительно информировать органы государственного надзора и, в соответствии с полученным предписанием, ввести ограничения на режим эксплуатации (снижение уровня воды верхнего бьефа и др.), разработать и утвердить временные правила эксплуатации.

Работы по восстановлению нормального уровня безопасности должны выполняться на основании анализа факторов, обуславливающих возникновение аварийной ситуации, с обязательным привлечением специализированных организаций. После проведения необходимых мероприятий перевод сооружений вновь в проектный режим эксплуатации должен быть согласован с органами государственного надзора за безопасностью ГТС.

Если при оценке риска аварии ГТС вне зависимости от конечной величины R_a установлены максимальные значения тех или иных показателей опасности и уязвимости с кодом 3 (кроме показателя опасности, характеризующего возможные последствия и ущерб при аварии ГТС), собственник (эксплуатирующая организация) обязан информировать об этом органы гос-

ударственного надзора за безопасностью ГТС и принять меры по устранению причин, вызывающих повышенную опасность или уязвимость сооружения по конкретному показателю в сроки, установленные соответствующим предписанием органов государственного надзора.

Расчеты коэффициента r_a позволяют не только определить уровень безопасности ГТС, но и оценивать вероятность возникновения аварии P_a (ГТС):

$$P_a = (ГТС) = 0,5 \operatorname{erfc} \left[\beta \frac{\ln(r_a/r_k)}{\ln(r_{\text{доп}}/r_k)} \right], \quad (\text{Г.4})$$

где erfc – вероятностная функция, значения которой приведены в таблице Г.13;

β – коэффициент вероятности, зависящий от класса ГТС (см. таблицу Г. 14);

r_a – уровень безопасности гидротехнических сооружений;

r_k – катастрофическое значение коэффициента риска ($r_k = 1$);

$r_{\text{доп}}$ – допустимое значение коэффициента риска, выше которого не обеспечивается нормальный уровень безопасности ГТС ($r_{\text{доп}} = 0,15$).

Таблица Г.13 – Значения функции erfc

X	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
$\operatorname{erfc} x$	1,0000	0,9887	0,9774	0,9662	0,9549	0,9436	0,9324	0,9211	0,9099	0,8987
X	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19
$\operatorname{erfc} x$	0,8875	0,8764	0,8652	0,8541	0,8431	0,8320	0,8210	0,8100	0,7991	0,7882
X	0,20	0,21	0,22	0,23	0,24	0,25	0,26	0,27	0,28	0,29
$\operatorname{erfc} x$	0,7773	0,7665	0,7557	0,7450	0,7343	0,7237	0,7131	0,7026	0,6921	0,6817
X	0,30	0,31	0,32	0,33	0,34	0,35	0,36	0,37	0,38	0,39
$\operatorname{erfc} x$	0,6714	0,6611	0,6509	0,6407	0,6306	0,6206	0,6107	0,6008	0,5910	0,5813
X	0,40	0,41	0,42	0,43	0,44	0,45	0,46	0,47	0,48	0,49
$\operatorname{erfc} x$	0,5716	0,5620	0,5525	0,5431	0,5338	0,5245	0,5153	0,5062	0,4973	0,4883
X	0,50	0,52	0,54	0,56	0,58	0,60	0,62	0,64	0,66	0,68
$\operatorname{erfc} x$	0,4795	0,4621	0,4451	0,4284	0,4121	0,3961	0,3806	0,3654	0,3560	0,3362
X	0,70	0,72	0,74	0,76	0,78	0,80	0,82	0,84	0,86	0,88
$\operatorname{erfc} x$	0,3218	0,3086	0,2953	0,2825	0,2700	0,2579	0,2462	0,2349	0,2239	0,2133
X	0,90	0,92	0,94	0,96	0,98	1,00	1,1	1,2	1,3	1,4
$\operatorname{erfc} x$	0,2031	0,1932	0,1837	0,1746	0,1658	0,1573	0,1198	0,0897	0,0660	0,0477
X	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4
$\operatorname{erfc} x$	0,0339	0,0237	0,0162	0,0109	0,0072	0,0047	0,0029	0,0016	0,0007	0,0002

Таблица Г.14 – Допустимые значения вероятностей возникновения аварий на напорных ГТС I-IV классов $P_{\text{доп}}$ (ГТС) и значения коэффициента β

Класс сооружения	Допустимое значение вероятности аварии ГТС $P_{\text{доп}}$ (ГТС), 1/год	Значение коэффициента вероятности β
I	$5 \cdot 10^{-5}$	2,75
II	$5 \cdot 10^{-4}$	2,25
III	$3 \cdot 10^{-3}$	1,95
IV	$4 \cdot 10^{-3}$	1,75

В таблице Г.15 дана классификация уровня риска аварии ГТС.

Таблица Г.15 – Классификация уровня риска по значению вероятности аварии ГТС

Класс сооружения	Приемлемый (допустимый) уровень риска	Условно приемлемый уровень риска	Повышенный уровень риска	Недопустимый уровень риска
	$P_{\text{доп}}$ (ГТС), 1/год	$P_{\text{доп}}$ (ГТС), 1/год	$P_{\text{доп}}$ (ГТС), 1/год	$P_{\text{доп}}$ (ГТС), 1/год
I	менее $5 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-5}$ - $7 \cdot 10^{-3}$	$7 \cdot 10^{-3}$ - $7 \cdot 10^{-2}$	более $7 \cdot 10^{-2}$
II	менее $5 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4}$ - $2 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$ - 0,12	более 0,12
III	менее $3 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$ - $4 \cdot 10^{-2}$	$4 \cdot 10^{-2}$ - 0,16	более 0,16
IV	менее $4 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-3}$ - $5 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-2}$ - 0,18	более 0,18

Приложение Д (рекомендуемое)

Пример расчета физического износа по показателю риска аварии

Исходные данные взяты по результатам натурных обследований дамбы обвалования, входящей в состав инженерной защиты населенного пункта станица Бекешевская Ставропольского края.

Дамба обвалования имеет следующие технические характеристики:

- функциональное назначение – защита станицы Бекешевской от затопления;

- водоток – река Кума;

- класс капитальности – IV;

- технические характеристики: длина – 1200 м, высота – 2,0 м; ширина по гребню – 6 м; заложение откосов $m_1 = 2,0$ (мокрый), $m_2 = 1,5$ (сухой); отметка поверхности земли у подножия дамбы 613,0 м; отметка гребня дамбы 613,50-614,90 м;

- материал дамбы – супесь;

- крепление мокрого откоса – железобетонные плиты.

Гидрологические и гидрометрические данные по реке Кума:

- глубина воды в реке $h = 1,1$ м;

- ширина реки по урезу $B = 12$ м;

- уклон водной поверхности $I = 0,0008$;

- шероховатость русла $n_1 = 0,025$;

- максимальный расход $P = 1$ % обеспеченности $Q_{\max P=1\%} = 130$ м³/с;

- отметка уровня воды (меженный уровень) – 612,00 м;

- отметка левого берега – 620,00-630,00 м;

- отметка правого берега – 613,00-614,00 м;

- отметка уровня воды $P = 1$ % обеспеченности – 615,00 м.

Общая характеристика технического состояния дамбы обвалования включает:

- проектные материалы по дамбе обвалования отсутствуют;
- на гребне наблюдается наличие локальных просадок (образование местных впадин до 0,5 м и просадочных трещин);
- для верхового откоса наблюдается повреждение крепления, просадка, сползание, разрушение плит крепления, вынос частиц подстилающего слоя;
- низовой откос и нарушение травяного покрытия, просадки, борозды, местные впадины, осыпи.

Расчет количественной оценки уровня безопасности выполняется методом экспертной оценки риска аварии. На первом этапе определяется интегральная оценка опасности аварии по четырем показателям.

По показателю опасности 1 степень опасности большая – код опасности 3 (возможен прорыв напорного фронта).

По показателю опасности 2 степень опасности большая – код опасности 3 (существенные отклонения от нормативных требований).

По показателю опасности 3 степень опасности большая – код опасности 3.

По показателю опасности 4 степень опасности средняя – код опасности 2 (масштаб возможной чрезвычайной ситуации муниципальный).

Общий код по показателю опасности – 3332.

При этом коэффициент опасности определяется из соотношения:

$$K_0 = \sum_{i=1}^4 \delta_i \cdot a_i \cdot K_o^H, \quad (\text{Д.1})$$

где δ_i – коэффициент значимости i -го показателя опасности;

a_i – значение i -го показателя;

K_o^H – нормирующий множитель, значение коэффициента опасности по коду значений показателей опасности.

Коэффициент опасности определяется по расчетным значениям, которые даны в таблице Г.5, $K_0 = 0,765$.

На втором этапе определяется интегральная оценка уязвимости дамбы обвалования по трем показателям.

По первому показателю уязвимости степень уязвимости большая – код уязвимости 3 (угроза прорыва напорного фронта).

По второму показателю уязвимости степень уязвимости большая – код уязвимости 3 (грубое нарушение требований безопасности).

По третьему показателю уязвимости степень уязвимости большая – код уязвимости 3 (грубое нарушение по выполнению аварийно-восстановительных и спасательных работ).

Оценка коэффициента уязвимости определяется по формуле:

$$K_y = \sum_{i=1}^3 \psi_i \cdot a_i \cdot K_y^H, \quad (\text{Д.2})$$

где K_y – коэффициент уязвимости;

ψ_i – коэффициент значимости i -го показателя уязвимости;

a_i – значение кода i -го показателя уязвимости;

K_y^H – нормирующий множитель (нормированное значение коэффициента уязвимости).

По таблице Е.11 определяется коэффициент оценки уязвимости ГТС $K_y = 1$.

Оценка риска аварии определяется на основании экспертного анализа степени опасности аварии и степени уязвимости ГТС, которая оценивается по принципу пересечения этих событий.

Параметр риска аварии определяется по формуле:

$$R_a = K_o \cdot K_y, \quad (\text{Д.3})$$

где R_a – показатель риска аварии;

K_o – коэффициент опасности аварии;

K_y – коэффициент уязвимости аварии ГТС.

$$R_a = 0,765 \cdot 1 = 0,765.$$

Значению параметра риска аварии $R_a = 0,765 > R_H = 0,50$ соответствует опасный (критический) уровень безопасности. По таблице 4 настоящего СТО определяется техническое состояние сооружения и физический износ:

- техническое состояние – неудовлетворительное;
- физический износ – более 30 %.

Техническое состояние и физический износ показывает на необходимость срочного выполнения комплексного капитального ремонта дамбы.

Приложение Е (рекомендуемое)

Пример расчета физического износа по восстановительной стоимости

Трубчатый быстроток (рисунок Е.1) устраивается на водопроводящих каналах. Он предназначен для сопряжения бьефов при геодезических перепадах 1,0 м, состоит из входной части, выполненной по типу ныряющих стенок, водопроводящей части, состоящей из железобетонных труб и выходной части с гасителями энергии в виде прорезных стенок. Сооружение выполняется из сборных унифицированных железобетонных элементов для гидравлических перепадов до 3,5 м и расходом до 10,0 м³/сек.

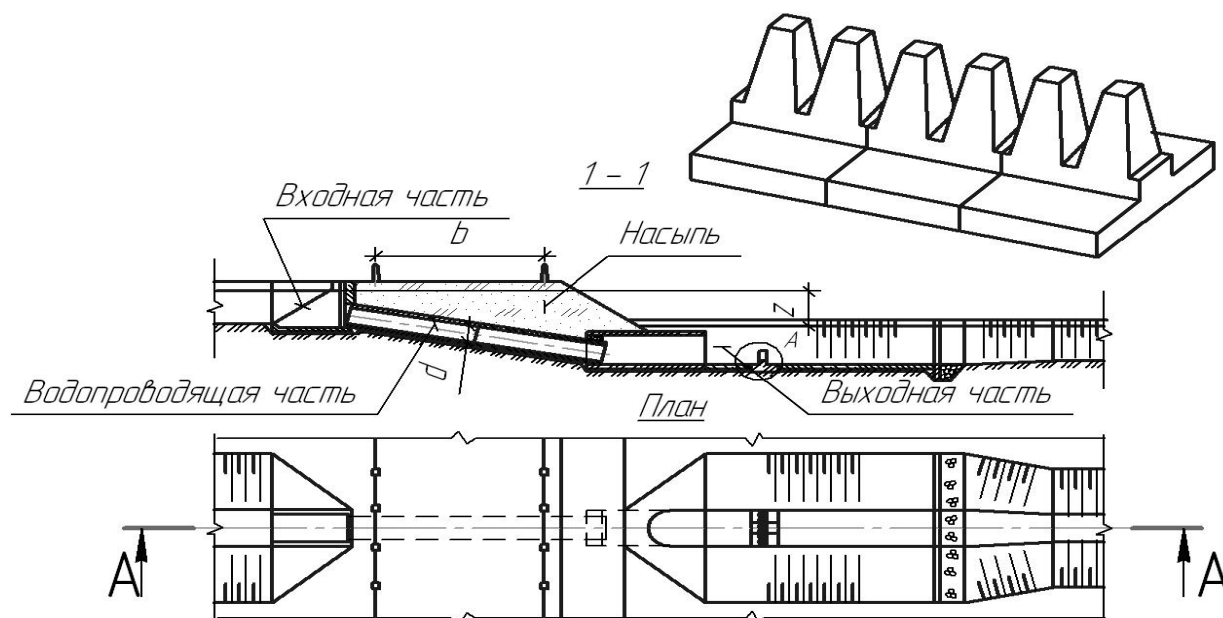


Рисунок Е.1 – Трубчатый быстроток

Исходные данные для расчета: приведена конструктивная схема сооружения; восстановительная стоимость на момент обследования $C_6 = 100$ %. Удельный вес стоимости конструктивных элементов от восстановительной стоимости на момент обследования представлен в таблице Е.1.

Составим сметную стоимость ремонтных работ:

- стоимость ремонтных работ для входной части – 15 % от восстановительной стоимости на момент обследования;
- стоимость ремонтных работ для водопроводящей части – 20 % от восстановительной стоимости на момент обследования;
- стоимость ремонтных работ выходной части – 5 % от восстановительной стоимости на момент обследования;
- стоимость ремонтных работ по насыпи – 25 % от восстановительной стоимости на момент обследования.

Таблица Е.1 – Удельный вес стоимости конструктивных элементов от восстановительной стоимости

Наименование элемента	Удельная стоимость конструктивных элементов от первоначальной стоимости сооружения, $C_{iэ}$, %	Стоимость ремонтных работ от первоначальной стоимости сооружения, %
Входная часть	20	15
Водопроводящая часть	30	20
Насыпь	10	5
Выходная часть	40	25

Удельная стоимость конструктивных элементов от первоначальной (восстановительной) стоимости ($C_{iэ}$) составляет: входная часть – 20 %, водопроводящая – 30 %, насыпь – 10 %, выходная часть – 40 %.

Определяется физический износ для элементов сооружений ($I_{iэ}$):

$$\text{- входная часть } \frac{15\%}{20\%} \cdot 100\% = 75\%;$$

$$\text{- водопроводящая часть } \frac{20\%}{30\%} \cdot 100\% = 66\%;$$

$$\text{- выходная часть } \frac{5\%}{10\%} \cdot 100\% = 50\%;$$

$$\text{- насыпь } \frac{25\%}{40\%} \cdot 100\% = 62,5\%.$$

Физический износ сооружения в целом равен:

$$I_c = \frac{\sum I_{iэ} \cdot C_{iэ}}{100} = \frac{75 \cdot 20 + 66 \cdot 30 + 50 \cdot 40 + 62,5 \cdot 10}{100} = 61,05\%.$$

Библиография

- [1] Стандарт организации
СТО 17330282.27.140.003-2008
Гидротехнические сооружения ГЭС и ГАЭС. Организация эксплуатации и технического обслуживания (принят и введен в действие приказом ОАО РАО «ЕЭС России» от 13.03.2008 № 106)
- [2] Свод правил
СП 14.133330.2011
Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II-7-81 (утвержден приказом Минрегиона от 27.12.2010 № 779)
- [3] Методические рекомендации по оценке риска аварий гидротехнических сооружений водохранилищ и накопителей промышленных отходов. – М.: ВНИИ ВОДГЕО, 2000. – 27 с.
- [4] О защите населений и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера: Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. № 68-ФЗ: по состоянию на 28 декабря 2013 г. // Гарант Эксперт 2014 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2014.
- [5] Об утверждении Инструкции о введении Российского регистра гидротехнических сооружений: Приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 29 января 2013 г. № 34: по состоянию на 21 мая 2013 г. // Гарант Эксперт 2014 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2014.
- [6] Об утверждении Положения об эксплуатации гидротехнического сооружения и обеспечении безопасности гидротехнического сооружения, разрешение на строительство и эксплуатацию которого аннулировано, а также гидротехнического сооружения, подлежащего консервации, ликвидации либо не имеющего собственника: Постановление Правительства РФ от 27 февраля 1999 г. № 237: по состоянию на 8 мая 2002 г. // Гарант Эксперт 2014 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2014.
- [7] О безопасности гидротехнических сооружений: Федеральный закон от 21 июля 1997 г. № 117-ФЗ: по состоянию на 28 декабря 2013 г. // Гарант Эксперт 2014 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2014.
- [8] Технический регламент о безопасности зданий и сооружений: Федеральный закон от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ: по состоянию на 2 июля

2013 г. // Гарант Эксперт 2014 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2014.

УДК 626/627.004.62./63

ОКС 65.060.35

Ключевые слова: гидротехническое сооружение, физический износ, износ, техническое состояние, фильтрационные потери, канал