


**ЕВРОПЕЙСКАЯ ЭКОНОМИЧЕСКАЯ КОМИССИЯ
ОРГАНИЗАЦИИ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ
МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОНД СПАСЕНИЯ АРАЛА**

**РАЗРАБОТКА И СОЗДАНИЕ КОМПЛЕКСА МЕРОПРИЯТИЙ ПО
ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ
МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ**

2014 год



Публикация подготовлена и издана за счет средств Фонда технического содействия Евразийского банка развития (ЕАБР) - международной финансовой организации, призванной содействовать экономическому развитию и интеграционным процессам на евразийском пространстве. Основные направления инвестиционной деятельности банка связаны с электроэнергетикой, транспортной инфраструктурой, промышленностью и высокотехнологичными отраслями экономики.



Настоящая публикация подготовлена в рамках проекта «Безопасность плотин в Центральной Азии: создание потенциала и региональное сотрудничество», выполняющегося Европейской Экономической Комиссией Организации Объединенных Наций (ЕЭК ООН) и Исполнительным Комитетом Международного Фонда спасения Арала (ИК МФСА). Эта работа является вкладом указанных организаций в реализацию Программы действий по оказанию помощи странам бассейна Аральского моря на период 2011-2015 годы (ПБАМ 3).

В публикации рассмотрены основные факторы, влияющие на безопасность гидротехнических сооружений, а также приводятся подходы к решению оценки надежности и безопасности сооружений при проектировании, строительстве и эксплуатации.

В странах Центральной Азии эксплуатируется более чем 100 больших плотин, многие из которых расположены на трансграничных реках и обеспечение безопасного их состояния является одним из приоритетных направлений сотрудничества в регионе. Меры предупреждения аварийных ситуаций на ГТС должны рассматриваться как совокупность взаимосвязанных и взаимозависимых этапов проектирования, строительства, эксплуатации и эффективного управления. В этой связи безопасная эксплуатация ГТС должна иметь комплексное и системное решение с соответствующим законодательно-правовым и институциональным обеспечением, которое должно опираться на международно-правовые нормы, опыт двустороннего и многостороннего взаимодействия в этой области.

Публикация предназначена для решения практических задач по анализу, оценке, контролю и предупреждению аварий гидротехнических сооружений различного назначения. Материалы, содержащиеся в публикации, будут полезны специалистам в области проектирования, строительства, эксплуатации гидротехнических сооружений и контроля за их техническим состоянием, а также научным работникам, преподавателям и студентам гидротехнических и инженерно-мелиоративных специальностей высших учебных заведений.

Подробная техническая документация, дополняющая соответствующие разделы публикации, размещена на прилагаемом компакт-диске.

Публикация подготовлена группой экспертов, в которую вошли Ш. Талипов, А. Юрченко, М. Оспанов, И. Джолдошалиев, А. Набиев, К. Баллыев.

При обсуждении материалов публикации в ноябре 2013 года в г. Алматы конструктивные предложения внесли Е. Абдраимов, А. Ахундов, Д. Баялимов, Ж. Байызбеков, С. Бекмаганбетов, С. Боев, С. Гасанзаде, С. Ибатуллин, Т. Ибраев, З. Ирисбоев, М. Казаков, Е. Кульжанбеков, Т. Сарсембеков, Ю. Стеклов, Н. Помощников, А. Фозилов, Д. Холматов, В. Хошимов, В. Щербина, Н. Эрназаров и другие.

Со стороны Европейской Экономической Комиссии ООН общее руководство выполнением проекта осуществлял Бу Либерт. Работу национальных экспертов и консультантов проекта координировал Э. Оролбаев.

СОДЕРЖАНИЕ

СПИСОК ПРИЛОЖЕНИЙ	7
ВВЕДЕНИЕ	9
СПИСОК АББРЕВИАТУР	10
ГЛАВА I. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ПО БЕЗОПАСНОСТИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ	13
1. Общие вопросы безопасности гидротехнических сооружений	13
2. Основные понятия безопасности гидротехнических сооружений	13
3. Причины и роль социально-экологического фактора при авариях гидротехнических сооружений	21
4. Аварии и нарушения гидротехнических сооружений	22
5. Назначение гидротехнических сооружений, определение категории их опасности	24
6. Основные требования к обеспечению безопасности гидротехнических сооружений	26
ГЛАВА II. ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ БЕЗОПАСНОСТЬ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ, СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ	28
1. Общая классификация факторов, определяющих безопасность гидротехнических сооружений	28
ГЛАВА III. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТЕРИЕВ БЕЗОПАСНОСТИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ	31
1. Основные понятия о критериях безопасности гидротехнических сооружений	31
2. Методы определения показателей критериев безопасности гидротехнических сооружений	33
3. Оценка уровня риска аварии гидротехнических сооружений	37
4. Оценка вероятности возникновения аварий гидротехнических сооружений	38
ГЛАВА IV. СЦЕНАРИИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ	40
1. Сценарии возникновения аварийных ситуаций при потере несущей способности гидротехнических сооружений	40
2. Сценарии возникновения аварийных ситуаций при потере фильтрационной прочности грунтов тела и основания гидротехнических сооружений	44
3. Сценарии возникновения аварийных ситуаций при пропуске воды через гидротехнические сооружения	45

ГЛАВА V. ОТДЕЛЬНЫЕ СОБЫТИЯ (ОТКАЗЫ), РАЗРУШЕНИЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ	48
1. Методы определения вероятности наступления отдельных событий (отказов) на гидротехнических сооружениях	48
2. Особенности разрушения гидротехнических сооружений, определения границ зоны затопления	48
ГЛАВА VI. ДЕКЛАРАЦИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ	49
1. Общие задачи декларации безопасности гидротехнических сооружений	49
ГЛАВА VII. КАДАСТР/РЕГИСТР ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ	50
1. Общие положения	50
ГЛАВА VIII. ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ, ОПОВЕЩЕНИЕ И ЛИКВИДАЦИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИЙ НА ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЯХ	51
1. Общие положения предупреждения аварий на гидротехнических сооружениях	51
ГЛАВА IX. СОЗДАНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АВАРИЙНЫХ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РЕЗЕРВОВ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОЙ РАБОТЫ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ	53
1. Общие задачи	53
ГЛАВА X. ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ РАБОЧИХ ПРОЕКТОВ	55
1. Инженерные изыскания при проектировании	55
ГЛАВА XI. ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ В ПЕРИОД СТРОИТЕЛЬСТВА	57
1. Разработка проекта производства работ	57
ГЛАВА XII. ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ В ПЕРИОД ЭКСПЛУАТАЦИИ	59
1. Обследование состояния гидротехнического сооружения	59
2. Инженерные изыскания	61
3. Геодезическое обеспечение изыскательских работ	61
4. Реконструкция и ремонт гидротехнических сооружений	61

ГЛАВА XIII. ЗАДАЧИ НАТУРНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ И ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ В ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЙ ПЕРИОД	66
1. Натурные наблюдения за состоянием гидротехнических сооружений и их основаниями	66
ГЛАВА XIV. СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ЗА СОСТОЯНИЕМ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ	68
1. Общие сведения по необходимости обеспечения контроля за безопасностью гидротехнических сооружений	68
2. Результаты анализа надежности и безопасности гидротехнических сооружений	69
3. Организация контроля за безопасностью гидротехнических сооружений	70
4. Геотехнический контроль за возведением грунтовых гидротехнических сооружений	73
5. Централизованные обследования технического состояния гидротехнических сооружений	75
6. Орган надзора за надежностью технического состояния и безопасностью гидротехнических сооружений	79
ОСНОВНАЯ ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА	81

СПИСОК ПРИЛОЖЕНИЙ*

Приложение № 1 ОПИСАНИЕ АВАРИЙ НА ГТС

Приложение № 2 СТАТИСТИЧЕСКИЙ И РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ ОБЗОР

Приложение № 3 ТРЕБОВАНИЯ К ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ
ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

Приложение № 4 ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ БЕЗОПАСНОСТЬ
ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

Приложение № 5 ВЕДОМОСТЬ КРИТЕРИЕВ БЕЗОПАСНОСТИ ДЛЯ ГИДРОУЗЛА С
ГРУНТОВОЙ ПЛОТИНОЙ

Приложение № 5.1 ПЕРЕЧЕНЬ КОНТРОЛИРУЕМЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОСТОЯНИЯ
ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

Приложение № 6 К ГЛАВЕ V. ОТДЕЛЬНЫЕ СОБЫТИЯ (ОТКАЗЫ), РАЗРУШЕНИЯ
ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

Приложение № 7 ПОРЯДОК СОСТАВЛЕНИЯ ДЕКЛАРАЦИИ БЕЗОПАСНОСТИ
ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

Приложение № 8 КАДАСТР / РЕГИСТР ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

Приложение № 9 ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ, ОПОВЕЩЕНИЕ И ЛИКВИДАЦИЯ
ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИЙ НА ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЯХ

Приложение № 10 К ГЛАВЕ IX. СОЗДАНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АВАРИЙНЫХ
МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РЕЗЕРВОВ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОЙ
РАБОТЫ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

Приложение № 11 К ГЛАВЕ X. ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ
ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ РАБОЧИХ ПРОЕКТОВ

Приложение № 11.1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВОЙСТВ ГРУНТОВ ПО ДАННЫМ
ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ

Приложение № 11.2 ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ РАЗЖИЖЕНИЯ ГРУНТОВ ТЕЛА И
ОСНОВАНИЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКОГО СООРУЖЕНИЯ

* Приложения размещены на прилагаемом к публикации компакт-диске

Приложение № 11.3 ТРЕБОВАНИЯ К ИЗЫСКАНИЯМ МИНЕРАЛЬНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Приложение № 12 К ГЛАВЕ XI. ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ В ПЕРИОД СТРОИТЕЛЬСТВА

Приложение № 13 ЗАДАЧИ НАТУРНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ И ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ В ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЙ ПЕРИОД

Приложение № 14 ФОРМА АКТА ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

Приложение № 15 ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ИНСПЕКЦИОННОЙ ПРОВЕРКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И БЕЗОПАСНОЙ РАБОТЫ

Приложение № 16 ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОСТИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

Приложение № 17 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ТЕРРИТОРИЙ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ, РУСЕЛ РЕК И ПРИЛЕГАЮЩИХ К НИМ ТЕРРИТОРИЙ НИЖЕ И ВЫШЕ ПЛОТИНЫ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ИЛИ ИНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Приложение № 18 ПОЛОЖЕНИЕ О ТЕРРИТОРИАЛЬНОМ ИНСПЕКТОРЕ ОРГАНА НАДЗОРА ЗА БЕЗОПАСНОСТЬЮ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

ВВЕДЕНИЕ

Гидротехнические сооружения и созданные ими водохранилища имеют очень большое значение для экономики стран Центральной Азии. Они относятся к числу наиболее распространенных, среди сложных и ответственных с экономической, экологической и социальной точек зрения, инженерных объектов. Вместе с тем, практика показывает, что нарушения в работе гидротехнических сооружений могут приводить к авариям с непредсказуемыми материальными, экологическими и социальными ущербами.

Порядка 52 тыс. высоких плотин из числа построенных во всем мире были возведены в XX веке, в том числе 37,4 тыс. за период с 1950 г. Это на порядок больше, чем за все предшествующие 5000 лет. В настоящее время с помощью водохранилищ зарегулировано более 8-10 тыс. км³ речного стока из общего объема 38,3 тыс. км³. Накопленный в водохранилищах сток используется для орошения 270 млн. га сельскохозяйственных угодий, производства 2 460 млрд. кВт.ч. энергии (18,5 %) всей потребляемой энергии, в том числе в России 167 млрд. кВт.ч. защиты от паводков, обеспечения потребностей в технической и питьевой воде, создания зон отдыха и судоходства на раннее несудоходных частях рек. В пяти наиболее развитых странах мира находится $\frac{3}{4}$ общего числа плотин, из которых 79% имеют высоту менее 30 м и только 1% свыше 100 м (преимущественно энергетического назначения).

Анализ крупных аварий с катастрофическими последствиями, произошедших за последние годы на гидротехнических сооружениях в разных странах мира, показывает, что одной из главных причин их возникновения является человеческий фактор, когда не достаточно подготовленные службы эксплуатации не могут локализовать аварийные ситуации. Около 50% аварий и связанных с ними чрезвычайных ситуаций, являются результатом низкой квалификации эксплуатационного персонала, неправильной организацией работ, нарушения норм и правил безопасности гидротехнических сооружений при проектировании, строительстве и эксплуатации, а также неэффективного надзора за их безопасностью.

Эти причины определили необходимость привлечения особого внимания во всем мире к обеспечению исправной и безотказной работы этих сооружений.

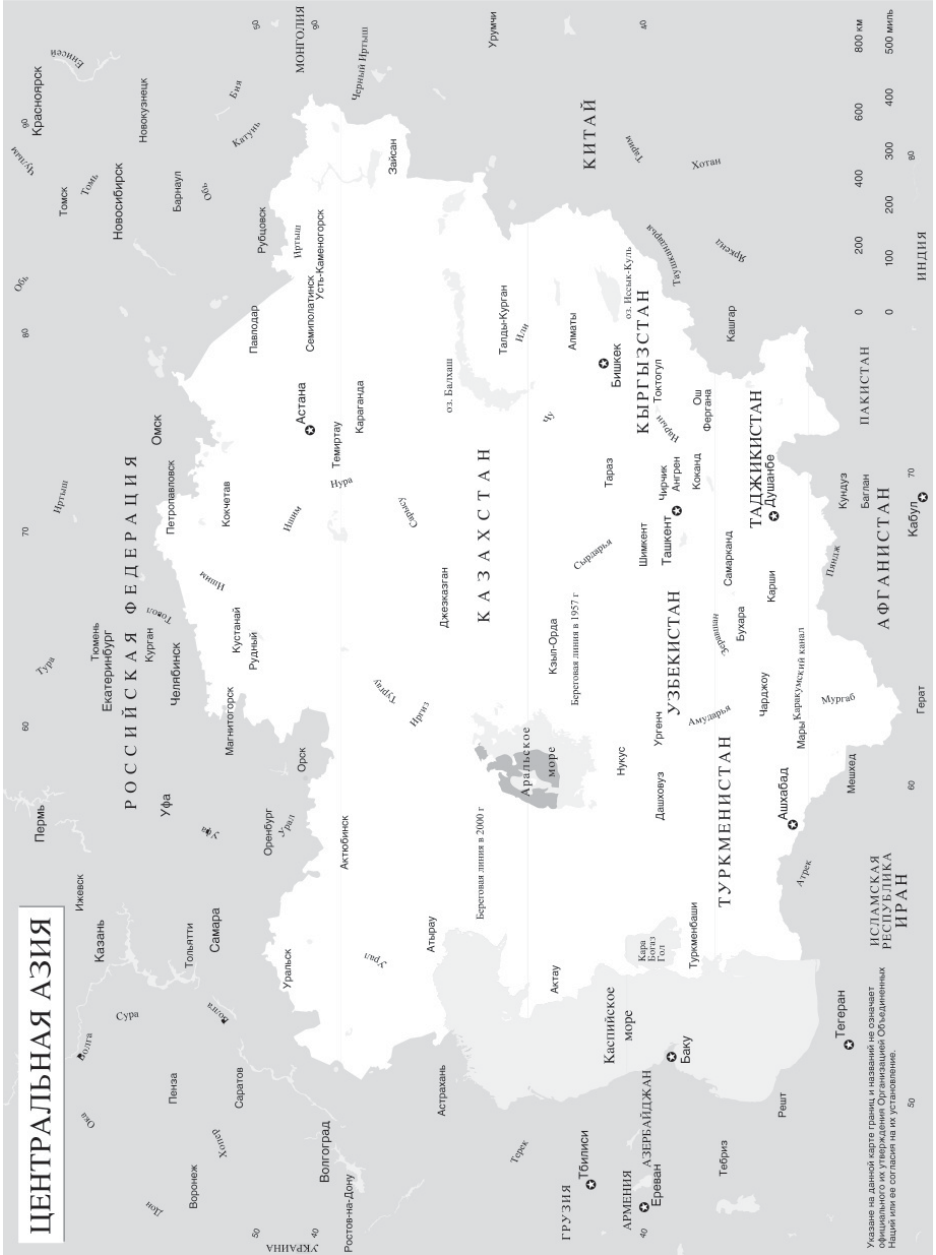
Еще в период проектирования гидротехнических сооружений необходимо предусмотреть выполнение мероприятий, которые обеспечили бы безопасность и надежность сооружений в период строительства и эксплуатации. Вместе с тем, самое совершенное гидротехническое сооружение, в котором учтены новейшие достижения науки и техники, и с самой рациональной схемой компоновки может оказаться на грани аварий, если это сооружение не будет эксплуатироваться на достаточно высоком техническом уровне. Только правильная и рациональная эксплуатация сооружения позволит максимально использовать все совершенные идеи, заложенные в проекте, обеспечит высокую безопасность и надежность всех его элементов и систем.

Достижение этой цели опирается на высокопрофессиональные знания, практические навыки и ответственность обслуживающего персонала, четкую организацию мониторинга состояния сооружений, оперативный контроль и решение вопросов по предупреждению и локализации аварийных ситуаций эксплуатирующими, строительными, проектными организациями и органами государственного надзора, а также качества выполнения ими действующих законодательных, нормативно-правовых и нормативно-технических документов.

СПИСОК АББРЕВИАТУР

АИДС	– автоматизированная информационно-диагностическая система
АС	– аварийная ситуация
АСУ	– автоматизированная система управления
БС	– быстрая сработка
БУИС	– бассейновое управление ирригационных систем
ВЭЗ	– вертикальное электрозондирование
ГО	– гражданская оборона
ГСЧС	– государственная служба по чрезвычайным ситуациям
ГТС	– гидротехническое сооружение
ГЭС	– гидроэлектростанция
ЕП	– естественное поле
ИДС	– информационно-диагностическая система
КИА	– контрольно-измерительная аппаратура
КИП	– контрольно-измерительные приборы
КМ	– конструкция металла
МВД	– Министерство внутренних дел
МКПБ	– Международная комиссия по большим плотинам, ICOLD-CIGB английское и французское написание названия
МО	– механическое оборудование
Мрз	– морозостойкость
МПУ	– максимальный подпертый уровень
МРЗ	– максимальное разрушительное землетрясение
МРЗ	– максимально расчетные землетрясения
МСН	– межгосударственные строительные нормы
МЧС	– Министерство по чрезвычайным ситуациям
НДС	– напряженно-деформированное состояние
НИО	– научно-исследовательская организация
НПУ	– нормальный подпорный уровень
НПР	– население подверженное риску
НРБ	– норма радиационной безопасности
НР	– период нормальной работы
НС	– насосная станция
Н/С	– нет сведений
НСУ	– напорно-станционный узел
ОБЗ	– оперативно базовые землетрясения
ПДАС	– план действий службы эксплуатации при авариях гидротехнического сооружения
ГТС	гидротехнического сооружения
ПДЗ	– предельно допустимые значения
ПЛПС	– преобразователи линейных перемещений струнные
ППР	– проект производства работ
ППР	– планово-предупредительные ремонты

ПЧК	– постоянная чрезвычайная комиссия
РПУ	– расчетно-паводковый уровень
РЧ	– рабочие чертежи
СМР	– строительно-монтажные работы
ТУ	– технические условия
ТЭО	– технико-экономическое обоснование
УВБ	– уровень верхнего бьефа
УВП	– уровень воды в пьезометрах
УГВ	– уровень грунтовых вод
УИС	– управление ирригационных систем
УПВ	– уровень подземных вод
УЭ	– управление эксплуатации
ФПУ	– форсированный подпорный уровень
ЧС	– чрезвычайная ситуация
ЭП	– электропрофилирование
ЭС	– сбой в подаче энергоснабжения



ГЛАВА I. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О БЕЗОПАСНОСТИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

1. Общие вопросы безопасности гидротехнических сооружений.

Вслед за развитием строительства ГТС стали наблюдаться опасные явления, связанные с дефектами создания и эксплуатации этих сооружений. Ранее считалось достаточным обеспечить безопасность ГТС во время разработки проектов и последующего строительства сооружений. Строительные нормы и правила, система ГОСТов рассматривают только вопросы обеспечения качества разработки проектов и возведения ГТС. Вопросы обеспечения безопасности ГТС в период эксплуатации в них отсутствуют. Тем не менее, аварии на ГТС происходят систематически. Причины возникновения аварийных ситуаций на ГТС кроются в ошибках при разработке проектов, в выполнении строительных работ, а также в нарушении режимов эксплуатации сооружений.

Безопасность ГТС невозможно измерить, но можно оценить уровень вероятности возникновения аварии, методами математической статистики и теории вероятности, используя материалы проекта, качество выполненных строительно-монтажных работ и опыт эксплуатации, данные натурных наблюдений в период строительства и эксплуатации.

Среди характеристик безопасности ГТС различаются показатели состояния и критерии безопасности, определяющие в конечном итоге три подхода к решению задачи безопасности ГТС. Первый базируется на анализе состояний ГТС. При втором подходе используется метод предельных состояний, положенный в основу действующих норм проектирования. При третьем подходе осуществляется вероятностная оценка показателей безопасности объекта как вероятностей реализации соответствующих событий и состояний в зависимости от установленных критериев безопасности объекта.

Уже в период проектирования ГТС необходимо предусмотреть выполнение мероприятий, которые бы обеспечили безопасность и надежность сооружений в период строительства и эксплуатации.

2. Основные понятия и определения по безопасности гидротехнических сооружений [1,2,3].

Разная трактовка и понимание терминологии, входящей в нормативно-правовые и нормативно-технические акты в области безопасности гидротехнических сооружений, нередко являются препятствием адекватному осмыслению и практическому решению задач безопасности гидротехнических сооружений различного типа и назначения. В этой связи единое толкование терминов имеет важное значения для качественного исполнения нормативно-правовых и нормативно-технических актов в области безопасности гидротехнических сооружений.

Ниже приведенные термины расположены в систематизированном порядке, отражающем систему понятий данной области знаний.

2.1. Общие понятия по безопасности гидротехнических сооружений.

Гидротехнические сооружения – плотины, здания гидроэлектростанций, водосбросные, водоспускные, водопропускные и водовыпускные сооружения, туннели, каналы, насосные станции, сооружения, предназначенные для защиты от паводка и разрушений берегов водохранилищ, берегов и дна русел рек и каналов, сооружения

(дамбы), ограждающие хранилища жидких отходов промышленных и сельскохозяйственных организаций.

Гидротехнический объект – гидроузлы, гидросооружения, их конструкции, основания, конструктивные элементы и оборудование, водохранилища.

Водохранилище – искусственный водоем, образованный водоподпорным сооружением, заполнением водой впадины или обвалованной территории с целью хранения воды и/или регулирования стока специальными сооружениями, создания напора.

Безопасность гидротехнических сооружений - свойство гидротехнических сооружений сохранять свою работоспособность и обеспечивать защиту жизни, здоровья и законных интересов людей, юридических лиц, а также сохранность окружающей среды.

Социальная безопасность гидротехнического объекта – свойство объекта, определяющее его способности не допускать наступления событий и состояний, которые могут создать угрозы для эксплуатационного персонала и населения.

Техническая безопасность гидротехнического объекта – свойство объекта, определяющее его надежность (по критериям отказоустойчивости и живучести) при аварийных воздействиях.

Экологическая безопасность гидротехнического объекта – свойство объекта, определяющее его способности не допускать наступления событий и состояний, которые могут создать угрозы для экосистем, отдельных представителей флоры и фауны, ареалов их обитания, среды жизнедеятельности человека.

Характеристики безопасности гидротехнического сооружения - критерии безопасности гидротехнического сооружения, показатели состояния гидротехнического сооружения и окружающей среды, характеризующие пределы и уровень его безопасности.

Долговечность – способность сооружения не достигать предельного состояния при заданных условиях в течение срока службы.

Надежность – это свойства сооружения, которое характеризует его способность выполнять требуемые функции при установленных режимах и условиях их эксплуатации в течение заданного периода времени.

Техногенная безопасность гидротехнического сооружения – свойство гидротехнического сооружения, определяющее его отказоустойчивость и живучесть при отказах и авариях, а также способность не допускать в установленных режимах эксплуатации возникновения опасных событий и состояний, которые могут нанести вред людям, их собственности, хозяйственным объектам и окружающей среде.

Критерии безопасности гидротехнического сооружения - предельные значения количественных показателей и качественных характеристик состояния гидротехнического сооружения и условий его эксплуатации, соответствующие допустимому уровню риска аварии гидротехнического сооружения и утвержденные в установленном порядке органами исполнительной власти, осуществляющими государственный надзор за безопасностью гидротехнических сооружений.

Критерии состояния гидротехнических сооружений:

К₁ – первый (предупредительный) уровень значений диагностических показателей, при достижении которого устойчивость, механическая и фильтрационная прочность грунтов тела гидротехнического сооружения и его основания, а также пропускная способность водосбросных и водопропускных сооружений еще соответствует условиям нормальной эксплуатации.

К₂ – второй (предельный) уровень значений диагностических показателей, при превышении которых эксплуатация гидротехнического сооружения в проектном режиме не допустима.

Класс гидротехнического сооружения – показатель, устанавливаемый нормами и правилами проектирования гидротехнических сооружений, в зависимости от которого при проектировании устанавливаются требования к показателям надежности и безопасности гидротехнических сооружений.

Показатели безопасности гидротехнического сооружения – количественные показатели, характеризующие вероятности реализации либо нарушения установленных критериев безопасности гидротехнического сооружения.

Уровень безопасности гидротехнического сооружения – степень соответствия состояний гидротехнического сооружения и окружающей среды установленным критериям безопасности, принятым с соблюдением действующих норм проектирования, квалификации эксплуатационного персонала и действий собственника (эксплуатирующей организации) – требованиям правил технической эксплуатации и действующего законодательства по техногенной и экологической безопасности.

Контролируемые показатели гидротехнических сооружений – визуально или инструментально измеренные (качественные или количественные) характеристики состояния сооружения.

Категория ответственности гидротехнического сооружения – обобщенный показатель, учитывающий класс гидротехнического сооружения, качественные и количественные характеристики вероятного вреда, который может быть причинен в случае аварии гидротехнического сооружения.

Частично неработоспособное (потенциально опасное) состояние – состояние ГТС, при котором значение хотя бы одного диагностического показателя стало большим (меньшим) предельно допустимого значения или вышло за пределы прогнозируемого для данных конкретных условий интервала значений.

Дефект – изъян (недостаток, несоответствие проекту), повреждение конструкции или материала, оказывающие влияние на техническое состояние объекта контроля.

Неработоспособное (предаварийное) состояние – состояние ГТС, при котором нарушены условия устойчивости, прочности или водонепроницаемости, появились признаки его повреждения.

2.2. Аварии и чрезвычайные ситуации на гидротехнических сооружениях.

Неисправность – это состояние, при котором сооружение не соответствует хотя бы одному из требований нормативно-технической, проектной и эксплуатационной документации.

Отказ-событие – это состояние, заключающееся в утрате ГТС работоспособности, то есть способности выполнять требуемые функции.

Чрезвычайная ситуация – обстановка в зоне возможного затопления, сложившаяся в результате аварии на гидротехническом сооружении, которая может повлечь или повлекла за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей, ущерб окружающей среде, материальные потери, нарушение жизнедеятельности людей.

Авария – опасное техногенное происшествие, создающее на объекте, определенной территории угрозу жизни и здоровью людей и приводящее к разрушению зданий, сооружений, оборудования и транспортных средств, нарушению производственного и транспортного процесса, а также нанесение ущерба окружающей природной среде.

Аварийная ситуация – опасность возникновения аварии гидротехнического сооружения в результате внешних воздействий, не предусмотренных проектом, снижения работоспособности сооружения или его основания в результате изменения

свойств материалов сооружения или грунтов основания либо снижения надежности гидромеханического оборудования, а также в результате снижения водопропускной способности сооружений, как по техническим причинам, так и в связи с ограничениями по условиям допустимого водного режима водотока ниже створа сооружений.

Авария гидротехнического сооружения – частичное или полное разрушение гидротехнического сооружения, отказ гидромеханического оборудования, в результате которых сооружение становится неработоспособным и может возникнуть чрезвычайная ситуация.

Анализ аварий – выявление причин и последствий аварий на объекте.

Гидродинамически опасный объект – сооружение или естественное образование, создающее разницу уровней воды до и после него. К ним относят гидротехнические сооружения напорного типа и естественные объекты, препятствующие свободному течению воды. Особенностью разрушения таких препятствий является образование течи прорыва.

Гидродинамическая авария – авария на гидротехническом сооружении, связанная с распространением с большой скоростью воды и создающая угрозу возникновения техногенной чрезвычайной ситуации.

Волна вытеснения (импульсная волна, «обвальная» волна) – волна перемещения, образующаяся в водоеме в результате сползания либо обрушения в водоем масс грунта, снега, льда, селя.

Проран – повреждение в теле плотины, образовавшееся в результате ее размыва.

Прорыв напорного фронта – разрушение либо повреждение одного из гидротехнических сооружений, формирующих напорный фронт, в результате которых происходит неконтролируемый сброс воды или жидких стоков из верхнего бьефа в нижний.

Волна прорыва – волна перемещения, образующаяся в нижнем бьефе плотины в результате прорыва напорного фронта.

Перелив воды через гребень подпорного сооружения – образование слоя переливающейся через гребень подпорного сооружения воды в результате переполнения верхнего бьефа, воздействия ветровых волн, сейша, волн вытеснения.

Разрушение гидротехнического сооружения – авария на гидротехническом сооружении в виде сдвига сооружения по основанию либо с захватом части основания, опрокидывания, внутренней либо внешней эрозии (размыва), обрушения либо сползания грунтовых откосов, хрупкого разрушения бетонных конструкций или разрыва стен водоводов, сопровождающихся преобразованием потенциальной энергии гидротехнического сооружения и воды в кинетическую, когда вода, элементы конструкций, основание, оборудование и т. п., вовлекаясь в аварийный процесс, создают поражающие факторы для других объектов, эксплуатационного персонала, населения и окружающей среды.

Повреждение гидротехнического сооружения – авария на гидротехническом сооружении, характеризуемая опасным отклонением показателей состояния объекта от проектно-эксплуатационных требований в виде осадок, трещин, увеличения фильтрационных расходов, повышения противодавления, нарушения сплошности креплений, работы дренажей и т.п. - всего того, что требует осуществления неотложных ремонтных мероприятий, принятие которых может привести к выходу гидротехнического сооружения из строя (отказу) либо к его разрушению.

Последствия аварии на гидротехническом сооружении – результаты аварии на гидротехническом сооружении, формирующие условия возникновения чрезвычайной ситуации (техногенной чрезвычайной ситуации).

Сценарий аварии на гидротехническом сооружении – последовательность событий, состояний, явлений, процессов, действий собственника и эксплуатационного персонала на гидротехническом сооружении и в окружающей среде, которые определяют причины возникновения и возможную аварию на гидротехническом сооружении (сценарий возникновения аварии), характер развития и последствия аварии (сценарий развития аварии) в пространстве и во времени.

2.3. Обеспечение безопасности гидротехнических сооружений.

Система обеспечения безопасности гидротехнических сооружений – совокупность мероприятий, проводимых органами исполнительной власти и его субъектами, органами местного самоуправления, проектными и научно-исследовательскими организациями, собственниками (эксплуатирующими организациями) гидротехнических сооружений различного типа и назначения, включающих регулирование и обоснование безопасности, организацию надзора за безопасностью гидротехнических сооружений, обучение эксплуатационного персонала основам безопасности, подготовку к чрезвычайным ситуациям, в том числе создание и тренировку аварийно-спасательных служб, обучение населения действиям в чрезвычайных ситуациях, оснащение техническими устройствами (системами связи и оповещения и пр.) и ресурсами, обеспечивающими требуемый уровень безопасности гидротехнических сооружений в процессе их строительства, ввода в эксплуатацию, эксплуатации, вывода из эксплуатации, реконструкции, восстановления, консервации, ликвидации.

Нормативно-правовое и методическое обеспечение безопасности гидротехнических сооружений – система нормативно-правовых и методических документов (актов, законов, норм проектирования, правил технической эксплуатации, стандартов, типовых инструкций, методических рекомендаций, правил техники безопасности), регламентирующих состав мероприятий, направленных на обеспечение безопасности гидротехнических сооружений, в том числе ее нормирование, различного рода запреты и ограничения.

Обеспечение безопасности гидротехнического сооружения – разработка и осуществление комплекса инженерных, организационных и иных мер по предупреждению аварий гидротехнического сооружения;

Программа обеспечения безопасности гидротехнического сооружения – документ, устанавливающий комплекс требований по безопасности гидротехнического сооружения с учетом его класса и условий эксплуатации (в том числе, интересов местного населения), состав организационно-технических мероприятий (включая план действий на случай опасных эксплуатационных воздействий либо аварии на гидротехническом сооружении) и порядок их выполнения на определенных этапах жизненного цикла гидротехнического сооружения и при определенных режимах его эксплуатации (ввод в эксплуатацию, вывод из эксплуатации, первое наполнение водохранилища, сброс паводка, опорожнение водохранилища и т.п.).

Обучение эксплуатационного персонала основам безопасности – регулярное проведение занятий по освоению эксплуатационным персоналом гидротехнического сооружения требований по его безопасности (обучение безопасности), изучению правил технической эксплуатации, действующих норм проектирования, правил техники безопасности, по приобретению и закреплению навыков, необходимых при осуществлении неотложных мер по предотвращению аварии, при ликвидации ее последствий, а также при возникновении чрезвычайной ситуации.

Требования по безопасности гидротехнического сооружения – совокупность характеристик безопасности гидротехнического сооружения и условий, соблюдение

которых необходимо для ее обеспечения, устанавливаемых в нормативно-технических документах, правилах технической эксплуатации, технических заданиях и технических условиях, предписаниях органов надзора за безопасностью гидротехнических сооружений, заключениях государственной экспертизы проекта, декларации безопасности с учетом класса гидротехнического сооружения и условий его эксплуатации.

Декларант – собственник или эксплуатирующая гидротехническое сооружение организация, разработавшая декларацию безопасности гидротехнического сооружения и обратившаяся с заявкой на проведение экспертизы декларации безопасности данного ГТС.

Декларирование безопасности гидротехнического сооружения – процесс составления декларации безопасности гидротехнического сооружения, ее экспертизы и утверждения.

Декларация безопасности гидротехнического сооружения – основной документ, в котором обосновывается безопасность гидротехнического сооружения, устанавливается соответствие гидротехнического сооружения критериям безопасности и определяется перечень необходимых работ по обеспечению безопасности гидротехнического сооружения.

Повышение безопасности гидротехнического сооружения – приведение характеристик безопасности гидротехнического сооружения к требованиям по безопасности, отвечающим более высокому классу, либо к требованиям по безопасности установленного класса, которые соответствуют действующим нормам проектирования, в том числе путем использования резервирования, улучшения технического обслуживания, проведения своевременных ремонтов и реконструкции, включая выполнение требований действующего законодательства по техногенной и экологической безопасности, повышение уровня контролируемости состояния гидротехнического сооружения и окружающей среды на основе внедрения современных средств контроля и мониторинга, создания систем аварийного оповещения, повышения квалификации эксплуатационного персонала.

Программа повышения безопасности гидротехнического сооружения – утвержденный органом надзора документ, определяющий перечень работ по повышению безопасности гидротехнического сооружения и их очередность, в случае если гидротехническое сооружение уже не в полной мере отвечает предъявляемым к нему требованиям по безопасности, либо если к гидротехническому сооружению начинают предъявляться более высокие требования по безопасности (например, в связи с повышением его класса).

Поддержание безопасности гидротехнического сооружения – проведение собственником либо эксплуатирующей организацией совокупности организационно-технических мероприятий на гидротехническом сооружении, включая техническую диагностику, контроль и мониторинг, профилактические работы, техническое обслуживание и ремонт с целью сохранения достигнутых характеристик безопасности (уровня безопасности) гидротехнического сооружения с учетом его класса и условий эксплуатации.

Реконструкция гидротехнического сооружения – комплекс проектных и строительных работ, выполняемых с целью изменения основных технико-экономических показателей гидротехнического сооружения (расчетных внешних воздействий, строительного объема, водопропускной способности, инженерной оснащенности) и условий эксплуатации, а также восполнения утраты от имевшего

место физического и морального износа, достижения новых целей эксплуатации гидротехнического сооружения.

Восстановление гидротехнического сооружения – комплекс проектных и строительных работ, выполняемых с целью ликвидации имевших место разрушений, поврежденных или повышения риска аварии, при сохранении основных технико-экономических показателей гидротехнического сооружения.

Консервация гидротехнического сооружения – комплекс проектных и строительных работ, выполняемых с целью временного сохранения гидротехнического сооружения и обеспечения его безопасности в условиях пропуска транзитных расходов без регулирования водного режима с соответствующим снижением уровня воды в водохранилище.

Ликвидация – комплекс проектных и строительных работ, выполняемых с целью полной разборки гидротехнического сооружения и восстановления естественного водного режима с возможным сохранением элементов гидротехнического сооружения, не создающих препятствий при пропуске паводка, для использования в иных целях.

Подтверждение безопасности гидротехнического сооружения – установление соответствия достигнутого уровня безопасности (достигнутых характеристик безопасности) гидротехнического сооружения заданным требованиям (техническим, в зависимости от класса, экологическим, социальным).

2.4. Обоснование безопасности гидротехнических сооружений.

Нормирование безопасности гидротехнических сооружений – разработка и установление номенклатуры и количественных значений характеристик безопасности гидротехнических сооружений с учетом их класса.

Предельное состояние – состояние, определяющее исчерпание ресурса гидротехнического сооружения, при котором дальнейшее применение объекта по назначению не допускается или нецелесообразно.

Обоснование безопасности гидротехнического сооружения – комплекс исследований, включающих выбор номенклатуры и количественных значений характеристик безопасности, анализ и оценку безопасности гидротехнического сооружения в процессе его проектирования, экспертизы проекта, декларирования и подтверждения безопасности проектируемого, строящегося и эксплуатируемого сооружения, целью которых является принятие решений, обосновывающих соответствие уровня безопасности классу сооружения на всех стадиях его жизненного цикла.

Диагностические показатели гидротехнических сооружений – наиболее значимые для диагностики и оценки состояния гидротехнических сооружений, контролируемые показатели, позволяющие дать оценку безопасности систем «сооружение-основание» в целом или отдельных элементов гидротехнических сооружений.

Анализ безопасности гидротехнического сооружения – анализ способностей гидротехнического сооружения не допускать событий и состояний, которые могут нанести вред людям, собственности и окружающей среде, включающий: идентификацию опасностей, обуславливающих возможность возникновения неисправностей, отказов и аварий на гидротехническом сооружении в процессе его эксплуатации; определение возможных аварий, механизмов их возникновения и опасностей, порождаемых авариями и их последствиями; анализ квалификации эксплуатационного персонала и действий собственника (эксплуатационной организации) по обеспечению необходимого уровня безопасности гидротехнического сооружения с учетом его класса.

Оценка безопасности гидротехнического сооружения – определение соответствия состояния гидротехнического сооружения и квалификации работников эксплуатирующей организации нормам и правилам.

Обследование гидротехнических сооружений – комплекс мероприятий по оценке технического состояния и работоспособности гидротехнических сооружений и определению перечня необходимых работ по обеспечению надежности и безопасной эксплуатации этих сооружений.

Нормальный уровень безопасности гидротехнического сооружения – уровень безопасности гидротехнического сооружения, при котором значения критериев безопасности не превышают предельно допустимых для работоспособного состояния сооружения и основания, а эксплуатация осуществляется в соответствии с проектом и правилами эксплуатации без нарушений действующих законодательных актов, норм и правил, а также предписаний органов надзора.

Пониженный уровень безопасности гидротехнического сооружения – уровень безопасности гидротехнического сооружения, собственник (эксплуатирующая организация) которого допускает нарушения правил эксплуатации, невыполнение первоочередных мероприятий или неполное выполнение предписаний органов государственного надзора по обеспечению безопасности гидротехнического сооружения.

Неудовлетворительный уровень безопасности гидротехнического сооружения – уровень безопасности гидротехнического сооружения, эксплуатируемого в условиях снижения механической или фильтрационной прочности, превышения предельно допустимых значений критериев безопасности для работоспособного состояния, других отклонений от проектного состояния, способных привести к возникновению аварии.

Критический уровень безопасности гидротехнического сооружения – уровень безопасности гидротехнического сооружения, эксплуатация которого происходит в условиях развивающихся процессов снижения прочности и устойчивости элементов конструкции и основания, превышения предельно допустимых значений критериев безопасности, характеризующих переход от частично неработоспособного к неработоспособному состоянию гидротехнического сооружения либо его основания.

Уровень риска аварий гидротехнического сооружения – показатель общей опасности, характеризующий уровень вероятности возникновения аварии на гидротехническом сооружении под действием внешних факторов.

Риск аварии гидротехнического сооружения – мера опасности, характеризующая вероятность возникновения аварии на гидротехническом сооружении и тяжесть ее последствий для здоровья и жизни людей, имущества и окружающей природной среды.

Оценка риска аварии - определение частоты (вероятности) аварии и степени тяжести возникающей в результате аварии чрезвычайной ситуации для жизни и угрозы здоровью людей, имущества и окружающей природной среды.

Допустимый уровень риска аварии гидротехнического сооружения – значение риска аварии гидротехнического сооружения, установленное законодательством или нормативными правовыми документами или рекомендациями авторитетных экспертных сообществ, включая Международную комиссию по большим плотинам (МКПБ-ICOLD-CIGB).

Определение значимости риска аварий на гидротехническом сооружении – процесс выработки суждения о приемлемости вычисленного риска аварий гидротехнического сооружения по соответствующим социальным, экономическим и экологическим их последствиям с целью определения состава мероприятий по управлению риском и безопасностью гидротехнического сооружения.

Ремонтопригодность – приспособленность сооружения к поддержанию и восстановлению состояния, в котором объект способен выполнять требуемые функции, путем проведения техобслуживания и ремонта.

Сохраняемость – свойство сохранять безотказность, ремонтпригодность и долговечность в течение и после хранения, либо перерывов в работе на стадии эксплуатации.

Живучесть – способность объекта не разрушаться при наличии воздействий, не предусмотренных условиями эксплуатации, выдерживать расчетные нагрузки и частично сохранять работоспособность при наличии повреждений и разрушений части элементов конструкций.

Живучесть плотин – способность не разрушаться и удерживать напорный фронт при авариях, нарушениях и повреждениях.

2.5. Надзор за безопасностью гидротехнических сооружений.

Государственный надзор за безопасностью гидротехнических сооружений – организация и проведение уполномоченными государственными органами исполнительной власти периодических инспекций (проверок) гидротехнических сооружений с целью установления соответствия их состояния и уровня эксплуатации требованиям безопасности, включая правила техники безопасности, требованиям норм и правил технической эксплуатации, экологическим нормативам, а также с целью проверки деятельности собственников и эксплуатационных организаций гидротехнических сооружений по обеспечению и поддержанию их безопасности, в том числе исполнения предписаний предыдущих инспекций.

Органы государственного надзора за безопасностью гидротехнических сооружений – органы государственной исполнительной власти, осуществляющие государственный надзор за безопасностью гидротехнических сооружений.

Государственная экспертиза декларации безопасности гидротехнического сооружения – установление соответствия информации, представленной собственником (эксплуатирующей организацией) в декларации безопасности гидротехнического сооружения, ее научной обоснованности и объективности фактическому состоянию объекта и установленным требованиям по безопасности экспертом (специализированной научно-исследовательской либо проектной организацией, учреждением, специалистом, либо группой специалистов), действующим по заданию органа государственного надзора за безопасностью гидротехнических сооружений.

Технический надзор, надзор – надзор за безопасностью гидротехнического сооружения, осуществляемый силами собственника (эксплуатационной организации).

3. Причины и роль социально-экологического фактора при авариях гидротехнических сооружений [4].

Среди непосредственных причин аварий ГТС выделяются следующие:

- потеря устойчивости гидротехнических сооружений из-за деформации сооружения, конструктивных элементов и основания;
- потеря прочности сооружений из-за накопления повреждений и износа конструкций, а также конструктивных элементов и оснований;
- недостаточная пропускная способность водопропускных сооружений и переливы воды через гребень плотин;
- особые причины, такие как диверсия, военные действия, ошибки управления и т.п.

Под социально-экологическими нарушениями на гидротехнических объектах понимаются любые неблагоприятные изменения природных, экологических или социальных условий проживания людей, оказывающих влияние на биологические или социально-экономические особенности человека, его способности к адаптации в ситуации, связанной как с реальной, так и мнимой угрозой его жизни и здоровью.

Среди социально-экологических нарушений, связанных со строительством и эксплуатацией гидротехнических объектов, которые могут привести к катастрофическим последствиям, выделяются:

- наводнения и затопления территорий;
- подтопление территорий;
- размыв берегов;
- появление опасных для здоровья людей организмов;
- эрозия и деградация земель;
- неисправность ГТС.

Непосредственными причинами возникновения социально-экологических нарушений на гидротехнических объектах могут быть:

- аварии на ГТС;
- отказы и неисправности ГТС;
- непроектные режимы эксплуатации ГТС;
- неблагоприятные сочетания режимов эксплуатации ГТС и факторов окружающей среды.

Исходные причины аварий и социально-экологические нарушения на гидротехнических объектах чрезвычайно разнообразны, выбрать из них преобладающие для конкретного случая аварии или нарушения очень сложно. **Чаще всего аварии и нарушения на гидротехнических объектах вызываются неблагоприятными условиями**, которые условно можно разделить на четыре основные группы:

- экстраординарные (стихийные, особые) – к ним относятся катастрофические наводнения, землетрясения, ураганы, ливни, горные обвалы или оползни, заторы и зажоры, прорыв вышерасположенных подпорных сооружений;
- потенциально опасные сочетания расчетных природных или эксплуатационных нагрузок и воздействий (часто длительные) – к ним относятся неисправности ГТС, изменение условия эксплуатации, повреждения ГТС и отдельных их конструктивных элементов;
- недостаточная прочность, устойчивость и долговечность сооружений, конструкций, оснований и их элементов, в том числе, из-за ухудшения физико-механических свойств материалов и грунтов со временем (старение материалов);
- различного рода причины, имеющие субъективный характер происхождения: недостаточное научное обоснование проекта, некачественное выполнение работ, отсутствие своевременного ремонта, несоблюдение правил эксплуатации и безопасности, недоучет негативных явлений, опасность воздействия которых недостаточно изучены наукой на момент проектирования.

Одной из объективных причин, которая может способствовать возникновению аварий и различных нарушений на современных гидротехнических объектах, является то, что объекты приходится возводить в менее благоприятных условиях, чем раньше: в сейсмически активных зонах сложного инженерно-геологического строения оснований, на слабо изученных в геологических отношениях реках, на территориях, подверженных сильному антропогенному процессу.

4. Аварии и нарушения гидротехнических сооружений.

Масштабное гидротехническое строительство связано с возведением и эксплуатацией крупных ГТС, которые могут не только существенно изменять условия существования экосистем и физико-географические характеристики целых регионов, но и

представлять потенциальную опасность возникновения крупных аварий и техногенных ЧС в результате разрушений, отказов и неисправностей.

В истории гидротехнического строительства зафиксированы многочисленные случаи аварий, некоторые из которых привели к многочисленным жертвам, серьезным экономическим, экологическим и социальным потерям, убыткам и ущербам (табл. 1).

Таблица 1.

Примеры катастрофических аварий на плотинах

Плотина и дамба/ страна	Высота, (м)	Год аварии	Основная причина аварии	Количество жертв
Дейл Дайк (Англия)	29,0	1864	Перелив воды через гребень, наводнение	238
Саус Форк (США)	21,5	1889	Перелив воды через гребень, наводнение	2500
Аустин (США)	15,2	1911	Сдвиг по основанию	100
Глено (Италия)	52,0	1923	Сдвиг по основанию	500
Сент Френсис (США)	62,6	1928	Химическая суффозия	400
Мальпасае (Франция)	66,0	1959	Сдвиг берегового примыкания	421
Оруш (Бразилия)	54,0	1960	Перелив воды через гребень, отказ водосброса	1000
Вайонт (Италия)	262	1963	Перелив воды через гребень, оползень в водохранилище	2600
Семпор (Индонезия)	54,0	1967	Перелив воды через гребень, отказ водосброса	200
Буфало Крик (США)	32,0	1972	Перелив воды через гребень, наводнение	125
Баньцяо (Китай)	118	1975	Перелив воды через гребень, наводнение	26000
Титон (США)	93,0	1976	Контактная суффозия, грубые ошибки проекта	11
Мачху-П (Индия)	26,0	1979	Перелив воды через гребень, отказ затворов водосброса.	2000
Гирлянская (Россия)	н/с	1994	Прорыв плотины	29

Пасни (Пакистан)	150	2005	Прорыв плотины, наводнение	135
Кыадат (Вьетнам)	н/с	2007	Прорыв плотины	35
Саяно- Шушенская ГЭС (Россия)	245	2009	Авария в машинном зале ГЭС	75
Кызылагаш (Казахстан)	40	2010	Перелив воды через гребень, наводнение	43

Анализ катастрофических разрушений ряда ГТС, их последствий, изучение причин и закономерностей возникновения различных рисков, их учет и регулирование имеют большое практическое значение. Обеспечение безопасности и надежности – главное условие возведения плотин, являющихся гидродинамически опасными объектами.

В этой связи в приложении приводятся сведения о разрушениях некоторых плотин и общие анализы катастрофических аварий на ГТС (Приложение 1 «Описание аварий на ГТС»). Статистический и ретроспективный обзор представлен в Приложении 2.

5. Назначение гидротехнических сооружений, определение категории их опасности [16].

5.1. ГТС предназначены для использования водных ресурсов или борьбы с разрушительным действием водных потоков. Эти сооружения постоянно находятся под воздействием водной среды и других природных явлений.

В зависимости от места расположения они могут быть: морскими, речными, озерными.

По своему назначению делятся на: водно-энергетические, мелиоративные, воднотранспортные и др.

По функциональным особенностям: водоподпорные, водозаборные, водосбросные, водопроводящие, выправительные и специальные (ГЭС, НС). Когда эти сооружения объединяются в один комплекс, выполняющий несколько функций одновременно, их называют гидроузлами или водохозяйственными, энергетическими, мелиоративными, транспортными и т. п. системами [17].

5.2. Не все ГТС обладают потенциальной опасностью. Зависит это от объема воды, который при прорыве напорного фронта, превращается в водный поток, несущий разрушения. Опасность ГТС зависит также от напора воды на сооружении в месте его возможного разрушения. Чем больше напор, тем большей кинетической энергией будет обладать поток после разрушения сооружения. Чем выше плотность населения и количество объектов народного хозяйства, попадающих в зону затопления, тем выше размеры ущерба, который будет иметь место после разрушения ГТС.

Объем воды, создающий угрозу затопления, определяется для водохранилищ емкостью его чаши, для каналов – габаритами его русла, для речных гидроузлов – объемом стока расчетного паводка. Напор воды для плотин, каналов и русел рек определяется высотой насыпи плотины или дамб, ограждающих русла каналов и рек. Для гидроэлектростанций (ГЭС) и насосных станций (НС) – разностью отметок уровня воды в напорном бассейне и местом возможного разрушения напорного трубопровода или здания (ГЭС, НС). Границы зоны затопления зависят от величины максимального расхода

волны прорыва и гидравлических характеристик поверхности территории, по которой будет двигаться поток воды.

Согласно рекомендации 1 «Конгресса по Большим плотинам» [18] опасность, исходящую от ГТС, можно разделить на 4-е категории, данные о которых приведены в табл. 2.

Таблица 2.

№ п/п	Показатели	Единицы измерения	Количество показателей			
			≥ 120	$120-1$	$1-0,1$	$\leq 0,1$
1.	Объем воды	$\frac{\text{млн. м}^3}{\text{балл}}$	$\frac{\geq 120}{6}$	$\frac{120-1}{4}$	$\frac{1-0,1}{2}$	$\frac{\leq 0,1}{0}$
2.	Напор воды	$\frac{\text{м}}{\text{балл}}$	$\frac{\geq 45}{6}$	$\frac{45-30}{4}$	$\frac{30-15}{2}$	$\frac{\leq 15}{0}$
3.	Величина ущерба	$\frac{\text{млн. долл. США}}{\text{балл}}$	$\frac{\geq 100}{12}$	$\frac{100-10}{8}$	$\frac{10-1}{4}$	$\frac{\leq 1}{0}$
4.	Число людей в зоне	$\frac{\text{чел.}}{\text{балл}}$	$\frac{\geq 1000}{12}$	$\frac{1000-10}{8}$	$\frac{100-1}{4}$	$\frac{=}{0}$

Суммарное количество баллов	Категория опасности ГТС	Класс ГТС, не ниже
36-31	I	I
30-19	II	II
18-7	III	III
6-0	IV	IV

К ГТС, относящимся к I-ой категории опасности, должны предъявляться требования как к сооружениям I-го класса. Кроме того, к I-ой категории опасности относятся ГТС, последствия от аварий которых распространяются на территории сопредельных государств, а также ГТС, расположенные на одном водотоке каскадом, когда авария на одном ГТС может создать аварийную ситуацию на другом нижерасположенном ГТС. В состав каскадов следует включать и горные озера, имеющие недостаточно надежный напорный фронт.

Для ГТС, имеющих более высокий класс, чем категория опасности, класс сооружения сохраняется. Для сооружений, у которых класс ниже, чем категория опасности, класс следует уравнивать с категорией опасности.

С вводом в действие МСН 3.04-01-2005 [19] класс основных сооружений назначается по 4-6 показателям в зависимости от высоты ГТС, типа грунтов основания, площади орошения, от их социально-экономической ответственности и условий эксплуатации, а также от последствий возможных гидродинамических аварий. Категория опасности приравнена к классу сооружения. Требования к разработке проекта, строительства и эксплуатации сооружений, класс которых назначен по одному из признаков (например, по высоте плотины) и других, класс которых назначен одновременно по 4-6 признакам, будет одинаковым, что нелогично. Рекомендуется дополнительно ввести различия по категории опасности (табл. 3) по аналогии с табл. 2.

Таблица 3.

Показатели	Единицы измерения	Численные значения			
		$\geq 1,0$	$1-0,2$	$0,2-0,05$	$<0,05$
Объем воды	$\frac{\text{км}^3}{\text{балл}}$	(6)	(4)	(2)	(0)
Напор воды	$\frac{\text{м}}{\text{балл}}$	(6)	(4)	(2)	(0)
Геологические условия	$\frac{\text{прим.}}{\text{балл}}$	(12)	(8)	(4)	(0)
Число людей в зоне	$\frac{\text{чел.}}{\text{балл}}$	(12)	(8)	(4)	(0)
Ущерб	$\frac{\text{млн. МРОТ}}{\text{балл}}$	(12)	(8)	(4)	(0)

Примечание: Грунты: А – скальные монолитные, Б – песчаные, крупнообломочные и глинистые в твердом и полутвердом состоянии, В – глинистые водонасыщенные в пластическом состоянии, Н – осадочные, набухающие, мелкозернистые, илстые, скальные сильнотрещиноватые с неустойчивым к механической или химической суффозии заполнителем трещин, скальные – пораженные карстом

Суммарное количество баллов	Категория опасности ГТС	Класс ГТС, не ниже
48-36	I	I
35-24	II	II
23-12	III	III
<12	IV	IV

6. Основные требования к обеспечению безопасности гидротехнических сооружений [4,20].

Основные положения.

В соответствии с общими требованиями законодательств многих стран обеспечение безопасности ГТС осуществляется на основании следующих основных требований:

- обеспечение допустимого уровня риска ГТС;
- представление деклараций безопасности ГТС;
- непрерывность эксплуатации ГТС;
- осуществление мер по обеспечению безопасности ГТС, в том числе установление критериев их безопасности, оснащение ГТС техническими средствами в целях постоянного контроля за их состоянием;
- обеспечение обслуживания ГТС работниками необходимой квалификации;
- заблаговременное проведение комплекса мероприятий по максимальному уменьшению риска возникновения ЧС на ГТС;
- соблюдение правил безопасности ГТС;
- совершенствование технических систем контроля за состоянием ГТС;
- систематический анализ данных натурных наблюдений и выявление причин возможного снижения безопасности ГТС;

- контроль (мониторинг) контролируемых показателей состояния, природных и техногенных воздействий на сооружение;
- обеспечение проведения регулярных обследований ГТС;
- регулярный пересмотр деклараций безопасности и корректировка критериев безопасности;
- создание финансовых и материальных резервов, предназначенных для ликвидации возможных повреждений и отказов;
- метрологическое обеспечение;
- соблюдение природоохранных требований;
- поддержание в постоянной готовности локальных систем оповещения о возможных ЧС.

Сведения о роли эксплуатирующих организаций, роли местных органов государственной власти, основных функциях органа государственного надзора за безопасностью гидротехнических сооружений даны в Приложении 3.

ГЛАВА II. ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ БЕЗОПАСНОСТЬ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ, СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ

1. Общая классификация факторов, определяющих безопасность гидротехнических сооружений [4,5].

К факторам в природопользовании относятся любые (абиотические, биотические, антропогенные) воздействия, условия или обстоятельства оказывающие влияние на процессы использования природных ресурсов. Решения в рамках гидротехнического природопользования применяются на основе анализа всего комплекса факторов в природопользовании: оказывающие влияние на природные и экологические ресурсы; воздействующие на ГТС как на объект природопользования; воздействующие на человека как на объект природопользования.

В процессе выбора решений, факторы в природопользовании трансформируются в социально-экологические и социально-экономические последствия реализации проекта.

Качественные и количественные изменения в окружающей природной и социально-экономической среде можно разделить на две большие группы:

- положительные эффекты реализации проекта, экономические выгоды и преимущества, благоприятные изменения, способствующие улучшению эколого-социальной обстановки и условий жизни человека;
- опасности строительства и эксплуатации объекта и связанные с ними различного рода ущербы и неблагоприятные изменения для экосистем и социумов, ведущие в этом к ухудшению условий жизни человека.

Необходимость обеспечения требуемой надежности и безопасности ГТС в значительной мере определяет ситуацию выбора решений.

Среди определенных факторов на первый план выдвигаются факторы, формирующие условия функционирования и способы применения объекта, то есть факторы, от которых прямо или косвенно зависит его качество и которые направлены на реализацию заданных требований по безопасности.

Факторы, определяющие безопасность ГТС, можно разделить на три группы:

- природные факторы;
- техногенные факторы;
- факторы, характеризующие различного рода ограничения по природопользованию (технично-экономические, социальные, экологические и эстетические).

Среди **природных факторов**, воздействующих на ГТС, можно выделить следующие:

- гидрологический режим реки;
- сейсмичность района;
- инженерно-геологические, гидрогеологические особенности створа сооружения, зоны водохранилища, оснований;
- природная изменчивость и изменчивость во времени и пространстве показателей физико-механических свойств грунтов и пород оснований;
- климатические воздействия (температуры и влажность воздуха, температура воды, ветер, осадки);
- обвально-оползневая опасность;
- опасность заторов и зажоров;
- химическая опасность;
- биологическая опасность;

- изменчивость во времени и в пространстве параметров нагрузок от природных воздействий: ускорений колебаний, скоростей, напоров, градиента напора, давлений, пульсаций, пульсаций давлений, напряжений.

Техногенные факторы в свою очередь разделяются на:

- проектно-технологические;
- строительно-технологические;
- эксплуатационно-технологические факторы.

Среди **проектно-технологических** факторов для ГТС ведущими являются конструктивные особенности сооружений, их параметры и структура, а также ошибки, допущенные при изысканиях, проектировании и реконструкции. Важное значение здесь могут иметь свойства материалов и грунтов, а также проектные и конструктивные решения, направленные на конструктивное повышение надежности и безопасности ГТС путем устройства различного рода сопряжений, переходных зон и фильтров, зубьев, бетонных подушек, цементации, облицовок, покрытий, креплений, противофильтрационных и дренажных завес, путем применения технологического армирования и др. Особым проектно-технологическим фактором качества современных ГТС является установка контрольно-измерительной аппаратуры (КИА) и внедрение систем оперативной обработки контрольной и диагностической информации.

К строительно-технологическим факторам относятся:

- нагрузки и воздействия строительного периода: поровое давление, температурно-усадочные нагрузки, нагрузки от строительных механизмов, давление цементации и др.;
- дефекты производства работ, определяемые технологией строительства: наличие недоуплотненных зон, зон сегрегации грунтов, технологической шероховатости поверхностей водопроводящих трактов (выступов, каверн, наплывов бетона) и др.;
- вариабельность и изменчивость в пространстве и во времени показателей физико-механических свойств материалов и грунтов, а также конструкций, определяемых технологией строительства;
- информационная ценность данных авторского надзора за качеством выполнения строительно-монтажных работ;
- особые техногенные воздействия: взрывы при производстве работ, подрезка склонов и т.п.;
- работоспособность временных сооружений (строительного периода) – строительных водосбросов, механического оборудования (МО) и др.

К эксплуатационно-технологическим факторам относятся:

- аккумуляция наносов и загрязнений в водохранилище;
- эвтрофикация водохранилища;
- фильтрация через тело сооружений, ложе и борта водохранилища;
- регулирование стока;
- кавитационная опасность;
- абразивная опасность;
- размывы берегов и оснований сооружений в верхнем и нижнем бьефах;
- изменение уровня режима в нижнем бьефе вследствие трансформации русла;
- повреждение элементов конструкций (облицовок, креплений и т.п.) в результате эксплуатационных, природных, антропогенных и др. воздействий;
- особые эксплуатационные воздействия, среди которых сбросы экстремальных расходов воды и наносов из водохранилища и др.;
- работоспособность постоянных сооружений и объектов, выполняющих особые функции (водосбросных сооружений, МО, противофильтрационных и дренажных устройств и пр.);

- обеспеченность объекта внешними материально - техническими ресурсами, которые необходимы для обеспечения его нормального функционирования (техническими – подводом электропитания к подземным механизмам затворов и др., экономическими – средствами на профилактику и ремонтно-восстановительные работы, специальным персоналом), и объектами, обеспечивающими работы ГТС (линиями электропередач, средствами связи, транспортными коммуникациями и др.);

- характер возможных эксплуатационных отказов и аварий на ГТС;
- резервы времени на предотвращение аварий;
- динамика протекания аварийных процессов;
- вероятные объемы ремонтных и восстановительных работ;
- резервы времени на ремонт и восстановление;
- надежность КИА и систем автоматического управления;
- квалификация инженерно-технического персонала;
- способы использования ГТС, среди которых выделяется возможность многофункционального применения и перераспределения функциональных заданий между различными структурными единицами объекта.

Более подробные сведения о природных, проектно-технологических, строительно-технологических, эксплуатационно-технологических факторах, об изменении природных факторов под влиянием гидротехнического строительства приведены в Приложении 4.

ГЛАВА III. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТЕРИЕВ БЕЗОПАСНОСТИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

1. Основные понятия о критериях безопасности гидротехнических сооружений [4,16,21].

Критерии безопасности ГТС – предельные значения количественных и качественных показателей состояния гидротехнических сооружений и условий их эксплуатации, соответствующие допустимому уровню риска аварии, утвержденные в установленном порядке органами исполнительной власти, осуществляющими государственный контроль за безопасностью ГТС.

Понятия критериев состояния ГТС «К1» и «К2» заключаются в следующем:

- К1 – первый (предупреждающий) уровень значений диагностических показателей, при достижении которого устойчивость, механическая и фильтрационная прочность ГТС и его основания, а также пропускная способность водосбросных и водопропускных сооружений еще соответствуют нормальным условиям эксплуатации;

- К2 – второй (предельный) уровень значений диагностических показателей, при превышении которых эксплуатация ГТС в проектных режимах недопустима.

В большинстве стран, где обеспечивается законодательное регулирование безопасности ГТС, собственник ГТС или эксплуатирующая организация обязаны:

- обеспечивать разработку и своевременное уточнение критериев безопасности ГТС;

- развивать системы контроля за состоянием ГТС;

- разрабатывать (уточнять) критерии безопасности ГТС и представлять их на утверждение в Орган надзора на следующих этапах:

▪ на стадии проектирования ГТС;

▪ на стадии ввода ГТС в эксплуатацию;

▪ на стадии эксплуатации ГТС;

▪ при консервации и ликвидации ГТС;

▪ при изменении нормативных правовых актов, действовавших при определении и утверждении критериев безопасности;

▪ при изменении состояния ГТС и условий его эксплуатации, приведших к изменению его эксплуатационного состояния.

Если состояние сооружений отвечает проектно-нормативным требованиям безопасности, значит, оно соответствует нормальной эксплуатации; здесь следует подчеркнуть, что если сооружение отвечает проектным данным, то это еще не говорит о полной надежности его, так как меняются во времени нормы проектирования. И то сооружение, которое отвечало нормам 20 лет назад в настоящее время может быть уже недостаточно надежным, к примеру, часто повышается в сейсмически активных районах балльность, а, следовательно, и расчетная балльность. Сооружение, которое проектировалось и строилось по старым нормам, может оказаться не устойчивым по новым нормам.

Увеличение балльности может потребовать реконструкции ГТС с целью повышения его устойчивости.

Ситуация по нормативности может измениться и по другим косвенным причинам: построили в нижнем бьефе сооружения очень важный завод, комбинат или город – изменился класс капитальности сооружения, а в месте с ним и требования к надежности.

Критерии безопасности ГТС. В соответствии с нормативными актами в области безопасности ГТС собственник сооружения и эксплуатирующая организация обязаны «систематически анализировать причины снижения безопасности ГТС, своевременно

осуществлять разработку и реализацию мер по обеспечению технически исправленного состояния ГТС и его безопасности, а также по предотвращению аварий ГТС».

Для эксплуатационных ГТС необходимо различать следующие эксплуатационные состояния:

- нормальное;
- потенциально опасное;
- предаварийное.

Если ГТС не отвечает проектно-нормативным требованиям, то имеет место потенциально опасное состояние сооружения – критерий 1 (K1) или предаварийное – критерий 2 (K2).

Потенциально опасное состояние требует немедленного вмешательства владельца сооружения и органов надзора, которым эксплуатационный персонал немедленно сообщает о состоянии ГТС. В то же время это состояние сооружений не вызывает немедленного или сравнительно быстрого разрушения сооружения.

Оперативную оценку эксплуатируемого сооружения и его безопасности следует осуществлять путем сравнения измеренных или вычисленных количественных и качественных диагностических показателей с их критериальными значениями K1 и K2, а также с прогнозируемым интервалом изменения диагностических показателей.

Для сооружений IV класса, а также при специальном обосновании для сооружений III класса допускается устанавливать один уровень критериальных значений K2.

Количественные значения критериев K1 и K2 определяются на основании диагностических и расчетных показателей, которые следует установить на основе оценок реакций сооружения при основном и особом сочетании нагрузок, соответственно. Состав нагрузок, их сочетание и способ их определения должны быть установлены для конкретного ГТС нормативными документами и проектом, а затем уточнены на стадии эксплуатации с учетом изменений в требованиях нормативных документов.

Причины перехода сооружений в состояние критерия безопасности K1. Причины перехода сооружения в состояние безопасности K1 очень разнообразны.

Кальмотация дренажа и как следствие этого, подъем кривой депрессии сверх проектного максимального положения на 10 – 20 см. Что может привести к снижению устойчивости низового откоса, повысит фильтрационный расход и т. д. Это состояние потенциально опасное и требует определенных мер.

Переход ГТС из нормального состояния в предаварийное «критерий безопасности K2», минуя потенциально опасное состояние «критерий K1», невозможен. Если это происходит, то по причине недостатков наблюдений эксплуатационного персонала.

Кроме инструментальных наблюдений немаловажное значение имеют визуальные наблюдения, по которым даются качественные диагностические показатели (K1 и K2). Качественную оценку состояния ГТС дает эксперт или группа экспертов. Для этого оцениваются внешние проявления осадок и смещений, коррозии бетонных или металлических элементов, износа и старения материалов, протечки в потернах, выхода мелкозернистого грунта в месте протечек в потерну или галерею и другие нарушения. Оценивается возможность перехода потенциально опасного (K1) состояния сооружения в предаварийное (K2) и даже аварийное состояние.

2. Методы определения показателей критериев безопасности гидротехнических сооружений.

Методика определения критериев безопасности ГТС обязательна для применения при проектировании, строительстве, вводе в эксплуатацию и эксплуатации объектов водного хозяйства всех классов и заключается в следующем (табл.4).

Методы определения критериальных значений К1 и К2 как показателей состояния гидросооружений

Таблица 4.

№№ п/п	Наименование показателя	Рекомендуемые методы расчетов и исследований для определения критериальных значений К1 и К2 показателей ГТС
1.	Отметки депрессионной поверхности фильтрационного потока в теле грунтовых сооружений и береговых примыканиях.	Аналитические методы (метод исследования напорной и безнапорной фильтрации, метод фрагментов) и графический – для определения критериальных значений пьезометрических напоров, фильтрационных расходов. Численные методы, метод ЭГДА – для определения критериальных значений основных показателей фильтрационного режима (уровни, пьезометрические напоры, фильтрационные расходы). На стадии эксплуатации критериальные значения К1 и К2 уточняются поверочными расчетами, в том числе на основе использования прогнозных статистических моделей.
2.	Пьезометрические напоры в теле сооружений, основании и береговых примыканиях.	
3.	Градиенты напора в теле сооружений, основании и береговых примыканиях.	
4.	Фильтрационные расходы в теле сооружений, основании и береговых примыканиях.	
5.	Избыточное поровое давление и интенсивность его рассеивания в водоупорных элементах плотин из грунтовых материалов.	Расчеты напряженно-деформированного состояния плотин из грунтовых материалов и их конструктивных элементов с учетом консолидации водоупорных элементов из грунтовых материалов.
6.	Вертикальные перемещения (осадки) гидросооружений и их оснований.	Детерминистические расчеты прочности и устойчивости бетонных гидросооружений и сооружений из грунтовых материалов (численные методы механики и механики сплошных сред, теории упругости, пластичности, ползучести). На стадии эксплуатации критериальные значения показателей состояния ГТС уточняются поверочными расчетами по откалиброванным на основе данных натурных наблюдений детерминистическим математическим моделям, а также на основе прогнозных статистических (регрессионных) моделей.
7.	Горизонтальные перемещения гидросооружений и их оснований.	
8.	Напряжения в теле сооружений и их основаниях, контактные напряжения.	
9.	Углы поворота характерных сечений бетонных и	

	ж/бетонных сооружений.	
10.	Раскрытие трещин и межблочных швов.	Инженерные методы, регламентированные СНиП (вторая группа предельных состояний). Численные методы расчета напряженно-деформированного состояния (НДС) с учетом образования и раскрытия трещин. На стадии эксплуатации для контроля состояния ГТС используются критериальные значения показателей, определенные на стадии проекта.
11.	Глубина распространения трещины по контакту бетонной плотины со скальным основанием.	Расчет НДС системы плотина-основание методами теории упругости с учетом раскрытия шва по контакту, определение предельной глубины распространения трещины по контакту бетонной плотины со скальным основанием из условия обеспечения прочности сооружения и основания. На стадии эксплуатации - использование прогнозных математических моделей (аппроксимация, Регрессионная модель).
12.	Взаимное смещение секций по швам бетонных и ж/бетонных сооружений.	Определение допустимого взаимного смещения секций по швам относительно друг друга из условия сохранения герметичности шпонок. На стадии эксплуатации – использование статистических моделей.
13.	Температура и температурный градиент в теле сооружения и в приконтактной зоне основания (для сооружений, возводимых в северной климатической зоне).	Расчеты термонапряженного состояния плотин и их оснований численными методами. На стадии эксплуатации критериальные значения показателя уточняются расчетом с учетом реального температурного режима окружающей среды.
14.	Температура фильтрующей воды в теле грунтовых сооружений.	Численные методы теории теплопроводности. На стадии эксплуатации - использование статистических моделей.
15.	Глубина размыва dna отводящего канала ниже рисбермы.	Определение глубины размыва – расчетом по эмпирическим зависимостям (из условия допустимой не размывающей скорости потока) и удельного расхода или на основе исследований на гидравлической модели. Критериальные значения глубины размыва dna отводящего канала ниже рисбермы на стадии эксплуатации принимаются равными значениям, определенным на стадии проекта.

16.	Линейный размер и площадь зоны нарушения контакта плит крепления откосов плотин из грунтовых материалов.	Расчет прочности плит крепления откосов плотин из грунтовых материалов для различных условий их опирания.
17.	Параметры сейсмических колебаний основания и динамической реакции сооружений.	Расчет численными методами динамической теории сейсмостойкости.

Согласно литературе [19, 22] ГТС должны рассчитываться на воздействие основных и особых сочетаний нагрузок. Сочетания включают постоянные и временные (длительные и кратковременные) нагрузки и воздействия. Общий их перечень состоит из 25 различных видов нагрузок и воздействий, из них 16 основных 9 особых.

Нагрузки и воздействия влияют на прочность и устойчивость (несущую способность) ГТС, фильтрационную прочность грунтов тела и основания, на деформации ГТС и их основания. Кроме того, ГТС может быть повреждено или разрушено при переливе воды через гребень плотин и дамб по причине недостаточной пропускной способности водопропускных сооружений и каналов, или недостаточного запаса гребня ГТС над горизонтом воды.

Проектное обоснование несущей способности ГТС и их основания должно выполняться обеспечением условий недопущения предельных состояний. Условия, деформации и другие показатели от обобщенного внешнего силового воздействия (F) должны превышать значений обобщенной несущей способности ГТС (R), то есть всегда должно соблюдаться неравенство, выраженное уравнением (1):

$$\gamma_k * \gamma_n * F \leq R, \quad (1)$$

где:

γ_k γ_n - коэффициенты соответственно сочетания нагрузок и надежности.

Неравенство (1) можно преобразовать в уравнения (2) и (3):

$$k_{зап} = \gamma_k * \gamma_n \leq \frac{R}{F} \quad (2)$$

$$S = R - \gamma_k * \gamma_n * F, \quad (3)$$

где:

$k_{зап}$ – коэффициент запаса,

S – резерв «прочности».

В СНиП предусмотрены два предельных состояния:

- полная непригодность ГТС к эксплуатации (1-я группа состояний);
- непригодность ГТС к нормальной эксплуатации (2-я группа состояний).

Основные расчетные положения ГТС на нагрузки и воздействия, заложенные в СНиП, не согласуются с требованиями обеспечения их безопасности, затрудняют определение вида эксплуатационного состояния ГТС и его критериев (K1 и K2).

При расчете ГТС по предельным состояниям 1-ой группы коэффициент надежности изменяется от 1,1-1,25 в зависимости от класса ГТС, коэффициент сочетания нагрузок γ_k

при расчете на основные нагрузки (в период нормальной эксплуатации) принят равным - 1.0, для периода строительства – 0.95, для особого сочетания нагрузок – 0.90.

При расчете ГТС по предельным состояниям 2-й группы коэффициенты γ_k и γ_n не зависят от класса сооружения и сочетания нагрузок принимаются равными единице. К этой группе относятся: расчеты оснований на местную прочность, расчеты по ограничению перемещений и деформаций, образованию и раскрытию строительных швов и трещин, расчеты нарушения местной фильтрационной прочности или прочности отдельных элементов конструкций, не рассчитываемых по предельным состояниям 1-ой группы. При выполнении расчетов по предельным состояниям 2-ой группы используются нормативные значения показателей прочности грунтов оснований и строительных материалов (в отличие от расчетов для 1-ой группы, где используются расчетные значения показателей). В связи с чем значения K_1 всегда будут больше значений K_2 , что не логично и для оценки безопасности ГТС неприемлемо.

2-е предельное состояние – непригодности к нормальной эксплуатации не распространяется на расчеты общей прочности и устойчивости системы «сооружение-основание».

Для 1-го предельного состояния – полной непригодности сооружений, их конструкций и оснований к эксплуатации коэффициент сочетания нагрузок γ_k для основного сочетания нагрузок и воздействий распространен на период нормальной эксплуатации. Такое двойственное назначение коэффициента сочетания нагрузок γ_k затрудняет определение критериев безопасности и оценку состояния сооружения. Возникает вопрос: может ли вообще ГТС при действии основного сочетания нагрузок (1) из состояния нормальной, минуя потенциально опасное, автоматически переходить в предаварийное состояние? Как в период эксплуатации определить, в каком состоянии находится сооружение? Такое требование СНиП приводит к необходимости в обязательном порядке предусматривать установку КИА с дистанционным автоматизированным управлением, что не всегда оправдано. Величина критериев безопасности ГТС назначается только после получения в необходимом объеме результатов натуральных наблюдений.

В составе нагрузок 1-го предельного состояния ссылку на распространение коэффициента сочетания нагрузок для основного сочетания нагрузок и воздействий на период нормальной эксплуатации необходимо исключить. Предусмотренные СНиП коэффициенты сочетания распространить только на 1-е предельное состояние, а для 2-го предельного состояния следует принять другие значения коэффициентов.

Рекомендуется при оценке несущей способности системы «сооружение-основание» на пригодность к нормальным условиям эксплуатации расчеты выполнять также как для предельных состояний 1-ой группы, но величины коэффициента сочетания нагрузок принимать равными для основного сочетания нагрузок – 1.05, тоже для периода строительства и ремонтов – 1.0, тоже для особого сочетания нагрузок – 0.95 (землетрясения с годовой вероятностью 0.01 следует отнести к периоду нормальной эксплуатации). Такой подход позволит уже при разработке проектов обосновано подходить к назначению критериев безопасности, как для предаварийного состояния ГТС (K_2), так и для потенциально опасного (K_1).

Критерии безопасности любого ГТС до своего первого утверждения должны пройти три этапа формирования.

Первый этап – детальный проект (рабочие чертежи). На этом этапе перечень контролируемых показателей определяется на основании расчетов. Кроме того, выбираются средства контроля (КИА), определяются места установки приборов, предельно-допустимые значения (ПДЗ) показателей.

Второй этап – строительство ГТС. В этот период составляется исполнительная геологическая документация основания, уточняются количество и местоположение контрольных сечений, состав и размещения КИА, уточняются фактические физико-механические и фильтрационные свойства грунтов оснований и строительных материалов, из которых возведено ГТС. После получения новых данных о грунтах основания и строительных материалов тела ГТС, повторяются расчеты прочности и устойчивости ГТС, деформаций (осадок) ГТС и их основания.

Третий этап – период временной и первый пятилетний период постоянной эксплуатации ГТС. На этом этапе, используя результаты натуральных наблюдений и оценки фактической пропускной способности водопропускных сооружений, устанавливаются статистические зависимости между контролируемыми показателями и факторами, которые оказывают на них влияние, формируется перечень диагностических показателей, определяются критериальные значения показателей, которые затем включаются в декларацию безопасности ГТС и утверждаются в установленном порядке. В качестве примера в Приложении № 5 приведена ведомость критериев безопасности и классификация аварийных ситуаций для гидроузла, состоящего из грунтовой плотины, водопропускного сооружения с водоводом, проложенным под плотиной.

Разработанные и утвержденные таким образом критерии безопасности K1 и K2 в период дальнейшей эксплуатации уточняются через каждые 5 лет по мере накопления данных натуральных наблюдений и корректировке статистических зависимостей.

На ГТС, которые находятся в эксплуатации длительное время, и на которых утерян техническая документация по проекту и исполнительная документация за период строительства, для определения **критериев безопасности необходимо выполнять комплекс исследований**. Выполнить обмерные и топографические работы для составления общих чертежей сооружений, ультразвуковые испытания бетонных конструкций для определения прочности бетона и схемы расположения арматуры. Используя результаты изысканий и исследований, необходимо повторить полный комплекс расчетов, выбрать контролируемые показатели и определить их ПДЗ. После чего, используя материалы натуральных наблюдений, установить статистические зависимости, определить состав диагностических показателей и их критериальные значения.

3. Оценка уровня риска аварии гидротехнических сооружений.

Теоремы теории вероятностей и законы распределения случайных величин [23,24,25,26].

Для оценки уровня риска аварии ГТС используются основные теоремы теории вероятностей и законы распределения случайных величин.

Теорема умножения вероятностей: вероятность произведения совместимых независимых событий равна произведению вероятностей.

$$P(A,B)=P(A)*P(B), \text{ в общем виде } P(\prod_{i=1}^n A_i) = \prod_{i=1}^n P(A_i) \quad (4)$$

Теорема сложения вероятностей: вероятность суммы не совместимых событий равна сумме вероятностей этих событий.

$$P(A+B)=P(A)+P(B), \text{ в общем виде } P(\sum_{i=1}^n A_i) = \sum_{i=1}^n P(A_i) \quad (5)$$

События называются не совместимыми, если при испытании появление одного из них исключает возможность появления другого, и наоборот, события считаются

совместимым если появление одного из них не исключает возможность появления другого.

Закон распределения случайной величины: интеграл в бесконечных пределах от плотности распределения равен единице.

$$\int_{-\infty}^{+\infty} f(x) dx = 1 \quad (6)$$

Вероятность события (отказа) равна

$$Q = 1 - \int_{-\infty}^x f(x) dx$$

Использование одной из теорем покажем на следующем примере.

Имеем заданные расчетные уровни воды в водохранилище максимальный подпертый уровень (МПУ) вероятностью 0,001 и высота наката волны (h_B) при скорости ветра вероятностью – 0,2. Вероятность действия этого сочетания (совместных событий) согласно теореме (4) равна произведению их вероятности, т.е. 0,001 x 0,2= 0,0002 или повторяемостью 1 раз в 5000 лет.

При таком сочетании событий угроза перелива воды через гребень плотины возможна только в случае более редкой повторяемости одного или обоих событий.

4. Оценка вероятности возникновения аварий гидротехнических сооружений.

Оценка вероятности возникновения аварии осуществляется в следующем порядке:

4.1. Определяются возможные причины разрушения ГТС.

ГТС может быть разрушено в результате потери несущей способности, снижения фильтрационной прочности грунтов тела и основания, недостаточной пропускной способности водопропускных сооружений. Кроме того, сооружение может перейти в предаварийное состояние при снижении местной прочности грунтов оснований, получения недопустимых перемещений и деформаций, раскрытия швов и трещин, потери прочности отдельных узлов и элементов, потери местной фильтрационной прочности грунтов.

По данным перечней контролируемых показателей для отдельных видов ГТС (см. Приложение № 5.1) можно констатировать, что контролируемые показатели сооружения можно распределить между тремя основными группами причин (расчетов), которые определяют: несущую способность ГТС, фильтрационную прочность грунтов тела и основания и условия пропуска расходов воды через сооружения гидроузла. Контролируемые показатели, полученные в результате расчетов ГТС по деформациям и другим дополнительным видам расчетов, следует включить в одну из перечисленных выше групп расчетов по их принадлежности. Деформации бетонных конструкций тесно связаны с оценкой несущей способности этих ГТС. Деформации (осадка) земляных водоподпорных ГТС определяют возможность перелива воды через гребень этих сооружений. Локальные деформации земляных сооружений указывают на возможность проявления суффозионных процессов и снижения фильтрационной (как общей, так и местной) прочности грунтов сооружения и основания.

4.2. Рассматриваются возможные сценарии возникновения аварийных ситуаций по каждой группе причин (расчетов) и создается «дерево событий».

Сценарии возможных аварий – это перечень действующих факторов (событий), совместное воздействие которых на ГТС способно привести его в предаварийное и

аварийное состояние. События, входящие в состав сценария, должны быть реальными, совместимыми и характеризовать с одной стороны состав и сочетание нагрузок, с другой - реакцию ГТС на их воздействие. Для оценки реакции сооружения на воздействие факторов необходимо учитывать изменчивость прочностных и деформационных свойств грунтов тела и основания ГТС, а также бетона бетонных сооружений. Если одно из событий входит в состав нескольких сценариев, образуется узел событий. Сумма вероятностей событий, образующих узел, в соответствии с законом распределения случайных величин (6) должна быть равна «1».

ГТС работают при постоянных колебаниях уровня воды в верхнем бьефе, и большая часть нагрузок тесно связана и с положением уровня верхнего бьефа (УВБ). Это гидростатическое и фильтрационное давления, положение депрессионной поверхности, расходы и градиенты напора фильтрации. Положение уровня воды в верхнем бьефе оказывает влияние на величину избыточного порового давления на температурный режим бетонных сооружений (при снижении УВБ усиливается влияние температуры наружного воздуха) и на сейсмостойкость ГТС (при снижении УВБ повышается сейсмостойкость ГТС). Вероятность возникновения событий, зависящих от положения УВБ, всегда будет меньше «1». Она должна быть либо заданной, либо должна определяться специальными расчетами.

Часть нагрузок не зависит от положения УВБ, это собственный вес бетонных ГТС, взвешивающее давление, давление отложившихся наносов. Их вероятность воздействий всегда постоянна и равна «1».

ГЛАВА IV. СЦЕНАРИИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ

1. Сценарии возникновения аварийных ситуаций при потере несущей способности гидротехнических сооружений.

1.1. Водоподпорные ГТС из грунтовых материалов.

В соответствии с литературой [27], в первую очередь анализируется возможность снижения несущей способности ГТС при НПУ, МПУ и сейсмическом воздействии, а также возможность потери устойчивости верхового откоса при быстром снижении УВБ. Оценка устойчивости откосов грунтовых сооружений выполняется путем вычисления коэффициентов запаса с использованием данных лабораторных исследований прочностных показателей грунтов и их изменчивости.

При выполнении расчетов устойчивости откосов необходимо учитывать, что из-за постоянного изменения горизонтов воды в верхнем бьефе, в грунтовых ГТС наблюдается неустановившаяся фильтрация. При колебаниях УВБ, изменение отметок кривой депрессии происходит с меньшей скоростью, чем УВБ, и ее поверхность находится либо выше, либо ниже того положения, которое соответствует установившейся фильтрации. Поэтому в пределах низового откоса каждому УВБ, начиная с НПУ и ниже, может соответствовать два положения кривой депрессии: более высокое при снижении и более низкое при подъеме УВБ. Более высокое положение кривой депрессии увеличивает расход фильтрации и снижает устойчивость откоса, более низкое увеличивает градиенты напора фильтрационного потока. По результатам натурных наблюдений необходимо установить зависимости отметок уровня воды в пьезометрах (УВП) от отметок УВБ, одну – для случая подъема, другую – для случая снижения УВБ.

Если консолидация связных грунтов ГТС и его основания не завершена, в расчетах устойчивости откосов следует учитывать поровое давление.

Рассматриваются следующие сценарии (табл. 5):

Таблица 5.

№ сценария (К)	Уровень воды		Откос	Положение кривой депрессии	Поровое давление	Сейсм.	K _{зап}
	в/б	н/б					
1(К1)	НПУ	УГВ долины	Низовой	Неустановившееся высокое	По данным КИА	-	с учетом изменчивости $\gamma, tg\phi, C$
2(К1)	РПУ	h _{РПУ}	Низовой	Установившееся	По данным КИА	-	с учетом изменчивости $\gamma, tg\phi, C$
3(К2)	МПУ	H _{МПУ}	Низовой	Установившееся.	По данным КИА	-	с учетом изменчивости $\gamma, tg\phi, C$
4(К2)	НПУ	УГВ долины	Низовой	Неустановившееся высокое	По данным КИА	+	с учетом изменчивости $\gamma, tg\phi, C$
5(К1)	РПУ-БС	-	Верховой	По верховому откосу ядра	По данным КИА	-	с учетом изменчивости $\gamma, tg\phi, C$
6(К2)	РПУ-БС	-	Верховой	По верховому откосу ядра	По данным КИА	+	с учетом изменчивости $\gamma, tg\phi, C$

1.2. Водоподпорные бетонные глухие и водосбросные ГТС.

Водоподпорные глухие и водосбросные ГТС, бетонные (железобетонные), массивные рассчитываются на общую прочность и устойчивость, а так же по деформациям, по раскрытию трещин и строительных швов. На сооружение оказывают воздействие следующие основные нагрузки: собственный вес, гидростатическое давление воды, силы фильтрующейся воды, динамические нагрузки, давление волн, усилия, вызываемые сезонными колебаниями температур наружного воздуха и воды в водохранилище. Сооружения работают в условиях постоянных колебаний уровней воды в верхнем бьефе, фильтрационного давления воды в основании, температуры наружного воздуха и воды, воздействующих на поверхности бетона. С увеличением возраста меняются свойства бетона, под действием сил фильтрации меняются свойства грунтов основания.

По результатам лабораторных и геофизических исследований устанавливаются прочностные и деформационные показатели бетона в сооружении и их изменчивость, а также грунтов основания. Разрабатывается модель НДС ГТС, которая используется для определения напряжений в сооружении при различных сочетаниях нагрузок, включая и «остаточные» напряжения строительного периода, вызванные поэтапным возведением ГТС, снижение температур бетонной кладки от начальных в период твердения до средних температур эксплуатационного периода и результатами омоноличивания строительных швов.

Раскрытые трещины и не омоноличенные строительные швы учитываются при разработке модели НДС ГТС.

Оценку общей прочности сооружения выполняют путем определения запаса прочности S (3) для разных точек в расчетном сечении конструкции. При расчете устойчивости ГТС определяются коэффициенты запаса на сдвиг для различных сочетаний нагрузок.

Расчеты водоупорных бетонных ГТС по деформациям выполняются только в том случае, если имеются ограничения по вертикальным осадкам и горизонтальным смещениям для оборудования и коммуникаций, устанавливаемых на ГТС, и для деформационных швов между отдельными элементами и секциями. Эти разделы проекта не затрагивают вопросов оценки прочности и устойчивости ГТС. Кроме того, расчеты по деформациям выполняются при расположении ГТС на песчаных пылеватых и глинистых грунтах с углом внутреннего трения менее 10^0 и если среднее давление от сооружения на основание выше расчетного сопротивления грунта. Из-за повышенных деформаций грунтов основания, низкого угла внутреннего трения и величины допустимого градиента напора фильтрации строительство ГТС на таких грунтах требует специального обоснования.

Из-за постоянного изменения УВБ для определения эпюры фильтрационного давления используются данные натурных наблюдений, по которым устанавливается связь между УВБ и пьезометрическим напором в скважинах отдельно для случая снижения и отдельно для случая подъема УВБ. Кроме того, необходимо установить наиболее вероятные значения температур наружного воздуха и воды в водохранилище для разных отметок УВБ.

При проверке общей прочности и устойчивости рассматриваются следующие сценарии возможного возникновения аварийных ситуаций (табл. 6):

Таблица 6.

Расчет	Номер сценария	Уровень воды		Фильтрационное давление	Температурный режим	Давление волн	Сейсм.	Запас прочности S, коэфф. запаса K
		в/б	н/б					
Прочность	1 (K1)	НПУ	УГВ	установив.	средний	расчетное	-	с учетом изменчивости γ, R .
	2 (K2)	МПУ	$H_{МПУ}$	установив.	средний	расчетное	-	с учетом изменчивости γ, R .
	3 (K2)	НПУ	УГВ	установив.	средний	расчетное	+	с учетом изменчивости γ, R .
	4 (K2)	<НПУ	УГВ	установив.	максим.	расчетное	-	с учетом изменчивости γ, R .
Устойчивость	5 (K1)	НПУ	УГВ	не установив. высокое	-	расчетное	-	с учетом изменчивости $tg \varphi, C$
	6 (K2)	МПУ	$h_{МПУ}$	установив.	-	расчетное	-	с учетом изменчивости $tg \varphi, C$
	7 (K2)	НПУ	УГВ	не установив. высокое	-	расчетное	+	с учетом изменчивости $tg \varphi, C$
	8 (K2)	НПУ	УГВ	не установив. высокое	нарушена работа дренажа/ цемзавесы.		-	с учетом изменчивости $tg \varphi, C$

1.3. Водопроводящие и специальные ГТС.

(Оценка устойчивости откосов дамб каналов и бетонных конструкций НС и ГЭС).

Эти два вида ГТС тесно связаны между собой и работу НС или ГЭС целесообразно рассматривать совместно с работой каналов. Отдельно стоящие здания НС и ГЭС не воспринимают напор воды и остановка их агрегатов или МО на ремонт снижает только объемы подачи воды или электроэнергии потребителям, но не создает угрозу разрушения ГТС и затопления территории. Дефицит воды и электроэнергии может быть восполнен из резервов других источников.

Водопроводящие каналы обычно проектируются в выемках и только на пересечениях с водотоками, при специальном обосновании вместо акведуков или дюкеров, устраиваются насыпи. При сооружении напорных - станционных узлов ГЭС и напорных бассейнов НС, а также аванкамер нижних бьефов используются подпорные стенки,

работающие на сдвиг. Расчеты по оценке устойчивости откосов каналов и бетонных конструкций НС или ГЭС выполняются аналогично случаям, рассмотренным выше. Для оценки возможности возникновения аварийных ситуаций рассматриваются следующие сценарии (табл. 7):

Таблица 7.

Материал	Номер Сценария	Уровень воды		Фильтрация	Воздействие		Коэффициент, запаса (К)
		в/б	н/б		волн	сейсма	
Грунт	1 (К1)	НПУ	УГВ	установившейся	-	-	с учетом изменчивости γ , $\text{tg}\varphi$ и С
	2 (К2)	ФПУ	УГВ	установившейся	-	-	тоже
	3 (К2)	НПУ	УГВ	установившейся	-	+	тоже
Бетон	1 (К1)	НПУ	УГВ	установившейся	расчет	-	тоже
	2 (К2)	ФПУ	УГВ	установившейся	расчет	-	тоже
	3 (К2)	НПУ	УГВ	установившейся	расчет	+	тоже

2. Сценарии возникновения аварийных ситуаций при потере фильтрационной прочности грунтов тела и основания гидротехнических сооружений.

ГТС водоподпорные и водопроводящие из грунтовых материалов, глухие и водосбросные ГТС из бетона.

Оценка фильтрационной прочности грунтов тела и основания ГТС заключается в определении расходов фильтрации и градиентов напора фильтрационного потока. Для каждого принятого по длине сооружения контролируемого сечения разрабатывается модель фильтрации и для каждого участка ограниченного линиями равных напоров и линиями тока вычисляются градиенты напора. Используя материалы исследований и рекомендации [28, 29, 30, 31, 32, 33], назначаются допустимые значения градиентов и определяются коэффициенты запаса, равные отношению допустимого значения к вычисленному по модели. При оценке фильтрационной прочности грунтов тела и основания ГТС рассматриваются следующие сценарии возникновения аварийных ситуаций (табл. 8):

Таблица 8.

№ сценария	Уровень воды		Расход фильтрации	Поверхность кривой депрессии (фильтрационное давление)	Коэффициент запаса прочности $K_{зап} = (J_{дон}/J_{фак})$
	в/б	н/б			
1 (К1)	НПУ	УГВ	по расчету	не установившееся верхнее	по расчету модели
2 (К1)	НПУ	УГВ	по расчету	не установившееся нижнее	по расчету модели
3 (К2)	МПУ (ФПУ)	$h_{мпу}$	по расчету	установившееся	по расчету модели
4 (К1)	УВБ-БС	-	-	по верховому откосу ядра (экрана)	по расчету модели

Примечание: УВБ-БС – быстрая сработка УВБ от РПУ до максимально возможной (только для водоподпорных грунтовых ГТС).

3. Сценарии возникновения аварийных ситуаций при пропуске воды через гидротехнические сооружения.

Вероятность возникновения аварийных ситуаций при пропуске расходов воды через ГТС зависит от величины превышения гребня ГТС над уровнем воды в верхнем бьефе. В период сейсмического воздействия происходит «разжижение» грунтов и снижение отметок гребня ГТС. Образовавшаяся гравитационная волна может перелиться через верх сооружения и разрушить его. Перелив воды через верх ГТС также возможен при воздействии ветровых волн в период высоких уровней воды в верхнем бьефе (НПУ и МПУ), при снижении пропускной способности водопропускных сооружений ГТС во время пропуска основного расчетного паводка (РПУ) из-за разрушения бетона на каком либо участке водовода, завале наносами отверстий водоприемника, а также из-за отказов в работе МО, систем управления оборудованием, временного прекращения энергоснабжения. Перелив воды через верх ограждающих конструкций водопроводящих сооружений (каналов) может происходить при прохождении волн неустановившегося движения воды, которые образуются при смене режима работы каналов. В связи с этим в проекте должен выполняться гидравлический расчет работы каналов на неустановившиеся режимы течения, возникающие при изменении расходов и уровней воды (образование волн перемещений при маневрировании затворами перегораживающих сооружений), а также при включении или прекращении работы агрегатов НС и ГЭС. Необходимо установить зависимость высоты волны неустановившегося движения от величины изменения расходов воды. В период эксплуатации эту зависимость следует корректировать по данным натурных наблюдений.

Каналы с пропускной способностью более 100 м³/с имеют большие площади поперечного сечения и на участках, совпадающих с направлением ветра, может образовываться ветровая волна.

Напорные трубопроводы НС длиной более 600 м должны проектироваться с учетом возможного возникновения гидравлического удара. При внезапном отключении энергии и неконтролируемом оттоке воды из трубопроводов, в них создаются условия для

образования вакуума. Нарушение герметизации трубопровода создает угрозу затопления сооружений, расположенных в нижнем бьефе.

Методы оценки возможности перелива воды через верх ограждающих сооружений для случаев сейсмического воздействия или воздействия ветровых волн при высоких уровнях воды в верхнем бьефе сооружений (НПУ, РПУ, МПУ) предусмотрены в СНиП. Превышение горизонтов воды над РПУ при пропуске основного расчетного паводка из-за снижения пропускной способности сооружений по причине временного выхода из строя МО или разрушения бетона на каком-либо участке водовода можно оценить на основе гидравлических расчетов этих сооружений. Превышение верха водоподпорных сооружений над УВБ постоянно меняется из-за вертикальных деформаций (осадок) этих сооружений. На основе данных натурных наблюдений устанавливается закон плотности распределения осадок гребня, на основе которого определяется величина вероятности осадки гребня до отметок высоты наката ветровых и гравитационных волн в верхнем бьефе ГТС и волн перемещений неустановившегося движения в каналах.

Для оценки возможности возникновения аварийных ситуаций при пропуске расходов воды через ГТС рассматриваются следующие сценарии (табл. 9):

Таблица 9.

тип ГТС	№ сценария	Уровень воды	Сейсм.	Вид отказа	Скорость ветра (волны)	Высота наката	Деформация гребня
Водоподпорные	1 (К2)	НПУ	МРЗ	-	5 м/с	расчет	по данным КИА
	2 (К1)	НПУ	-	-	2%	расчет	по данным КИА
	3 (К2)	МПУ	-	-	20%	расчет	по данным КИА
	4 (К1)	РПУ		ремонт МО	2%	расчет	по данным КИА
	5 (К1)	РПУ	-	отключение электроэнер.	2%	расчет	по данным КИА
Водоподводящие	1 (К1)	НПУ	-	одно отверстие (агрегат НС, ГЭС)	-	расчет	по данным КИА
	2 (К1)	НПУ	-	один трубопровод группа отверстий	-	расчет	по данным КИА
	3 (К2)	НПУ	-	отключение электроэнер.	-	расчет	по данным КИА
	4 (К2)	ФПУ	-	разрыв трубы	-	расчет	-

В данной работе не представляется возможным рассмотреть все многообразие ГТС. Рассмотренные сценарии оценки возникновения аварийных ситуаций учитывают лишь требования действующих норм и не учитывают индивидуальные особенности конкретных

ГТС. При объединении отдельных ГТС в гидроузлы состав сценариев также подлежит уточнению.

Рассмотренные сценарии могут быть дополнены другими, имеющими реально возможные совместимые события, и когда величина произведения их вероятностей будет не менее 1×10^{-7} (условно принято за «0»).

Если на ГТС имеются несколько контролируемых сечений (поперечников), то в «древо событий» включается тот поперечник, по которому рассматриваемый сценарий имеет наибольшее значение вероятности.

Вероятность наступления аварии по каждому отдельному сценарию определяется с использованием теоремы умножения вероятностей. Общий уровень риска аварии ГТС по каждой группе причин (расчетов) определяется как сумма вероятностей по всем сценариям группы. Сумма уровней риска трех основных причин (древо событий) определит общий уровень риска аварии по ГТС в целом.

ГЛАВА V. ОТДЕЛЬНЫЕ СОБЫТИЯ (ОТКАЗЫ), РАЗРУШЕНИЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

1. Методы определения вероятности наступления отдельных событий (отказов) на гидротехнических сооружениях.

Для определения уровня риска аварии необходимо знать вероятность наступления каждого отдельного события (отказа), входящего в сценарии развития аварийных ситуаций на ГТС для всего «древа событий» в целом. Ежегодная вероятность превышения максимальных расчетных расходов воды и скорости ветра задаются нормами (СНиП) в зависимости от класса ГТС. Уровни воды в верхнем и нижнем бьефах определяются условиями пропуска максимальных расходов воды через ГТС. Ежегодная вероятность их появления определяется вероятностью появления соответствующего максимального расхода. Методики построения кривых обеспеченности этих показателей изложены в литературе [34,35]. По этим кривым можно определять вероятность превышения любых промежуточных расходов и уровней воды в верхнем и нижнем бьефах. Более подробная информация по методам определения вероятности наступления отдельных событий (отказов) на гидротехнических сооружениях представлена в Приложении 6.

2. Особенности разрушения гидротехнических сооружений, определение границ зоны затопления.

Нарушение или полное разрушение ГТС происходит по разным причинам, из них наиболее распространенными являются:

- обрушение откосов грунтовых ГТС;
- перелив воды через гребень водоподпорного сооружения;
- недостаточная фильтрационная прочность и несущая способность грунтов основания;
- недостаточная фильтрационная прочность материалов, из которых возведено водоподпорное сооружение.

Более подробно особенности и сценарии разрушения гидротехнических сооружений, определение границ зоны затопления приведены в Приложении 6.

ГЛАВА VI. ДЕКЛАРАЦИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

1. Общие задачи декларации безопасности гидротехнических сооружений.

Согласно общепринятым положениям декларация безопасности ГТС рассматривается в качестве основного документа, обосновывающего безопасность ГТС, их соответствие критериям безопасности, проекту, действующим техническим нормам и правилам, а также определяющего характер и масштаб возможных аварийных ситуаций и меры по обеспечению безопасной эксплуатации. В этой связи, осуществление государственного надзора за безопасностью ГТС начинается с разработки декларации безопасности.

Декларирование безопасности ГТС, аварии которых могут привести к возникновению ЧС, является обязательным при их проектировании, строительстве, вводе в эксплуатацию, эксплуатации, выводе из эксплуатации, а также после реконструкции, капитального ремонта, восстановления или консервации.

Как правило, перечень ГТС, подлежащих декларированию безопасности, устанавливается органом надзора, исходя из критериев возможного возникновения ЧС и классом ГТС.

Государственная экспертиза декларации безопасности ГТС осуществляется органом надзора за безопасностью ГТС. Утверждение декларации органом надзора является основанием для получения разрешения на строительство, ввод в эксплуатацию, эксплуатацию или вывод из эксплуатации ГТС, либо на его реконструкцию, капитальный ремонт, восстановление или консервацию.

Проведение государственной экспертизы декларации безопасности ГТС должно осуществляться с целью установления полноты и достоверности сведений, указанных декларантом, в части выявления степени опасности функционирования ГТС, достаточности предусмотренных мер по обеспечению безопасности ГТС и соответствия этих мер нормам и правилам.

Вопросы, связанные с порядком составления декларации безопасности гидротехнических сооружений, а также примерная структура декларации безопасности ГТС, представлены в Приложении 7.

ГЛАВА VII. КАДАСТР / РЕГИСТР ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

1. Общие положения.

Кадастр и Регистр ГТС могут иметь как общие, так и различные цели, задачи и содержание. Эти вопросы устанавливаются законодательством и подзаконными актами каждой страны, которые могут вести либо Кадастр, либо Регистр. Как правило, в странах, где законодательно регулирует безопасность ГТС, установлены требования по ведению или только Кадастра, или только Регистра.

В основном, они имеют общие цели, как например учёт и оценка технического состояния сооружений, обеспечение их безопасной работы, информационное обеспечение государственного управления и надзора в области безопасности ГТС и т.д. Как принято, объектами Кадастра или Регистра являются все ГТС независимо от их ведомственной принадлежности и форм собственности, повреждения которых могут привести к возникновению ЧС. В соответствии с нормативными актами Кадастр или Регистр могут вестись органами государственного надзора либо собственниками объекта (например, ниже III класса).

Кадастр и Регистр ГТС представляют собой систему сведений и документов о природных условиях, местоположении, технических, качественных и количественных характеристиках сооружения, сроке службы, владельце и другие данные, ведение которых обеспечивается проведением обследований, топогеодезических изысканий, гидрологических, геологических, гидрогеологических, геофизических, натуральных и других специальных исследований, а также регистрацией ГТС в специальном реестре.

Определенные различия в содержаниях Кадастра и Регистра ГТС можно увидеть на примере представленных в Приложении 8 Кадастра и Регистра ГТС. Порядок ведения Кадастра ГТС в Республике Узбекистан [1,37] и Инструкция о ведении Регистра ГТС Российской Федерации [39] представлены в Приложении 8.

ГЛАВА VIII. ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ, ОПОВЕЩЕНИЕ И ЛИКВИДАЦИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИЙ НА ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЯХ

1. Общие положения предупреждения аварий на гидротехнических сооружениях.

Основной задачей предупреждения аварий на ГТС является оперативное устранение нарушения процесса работы ГТС, не допуская условий возникновения ЧС.

1.1. Причинами возникновения аварийных ситуаций могут быть:

- прохождение высокого паводка с расходами, превышающими расчетную пропускную способность водопропускных сооружений гидроузла водохранилища;
- размывы и заносы водозаборных сооружений;
- катастрофические атмосферные осадки (ливень, снегопад), ледовые и шуговые явления;
- ухудшение неблагоприятного фильтрационного режима в местах расположения гидроузла, ограждающих напорных дамб водохранилищ, а также основаниях и примыканиях ГТС;
- снижение прочности и устойчивости ГТС и отдельных их элементов;
- отказы в работе гидромеханического оборудования.

1.2. Немедленному устранению подлежат нарушения и процессы в работе ГТС и МО, представляющие опасность для людей и создающие угрозу устойчивости и работоспособности основных ГТС и технического оборудования (водозаборы, гидроузлы, напорные дамбы).

К таким нарушениям и процессам относятся:

- резкое усиление фильтрационных процессов и суффозионных явлений с образованием просадочных зон и оползневых участков;
- неравномерная осадка ГТС и их оснований, превышающая предельно допустимые значения и создающая угрозу их устойчивости;
- забивка (заносы, завалы и т.п.) водозаборных, водопропускных и водосбросных сооружений, что может привести к переливу воды через гребень земляных сооружений с последующим разрушением их;
- выход из строя основных затворов или их подъемных механизмов, водосбросных и водопропускных устройств.

1.3. К местной производственной инструкции должна прилагаться заранее разработанная проектная документация по возможному предотвращению и ликвидации наиболее вероятных аварийных разрушений ГТС. Реализация мероприятий, предусмотренных проектной документацией, должна быть согласована с местными органами власти, подразделениями МЧС и органом надзора.

1.4. При угрозе возникновения катастрофических ситуаций необходимо организовать усиленный контроль за состоянием возможных зон повышенной опасности, а также иметь информацию от соответствующих государственных органов об угрозе возникновения стихийных явлений.

1.5. При наличии информации об угрозе возникновения катастрофических явлений, предупредительными мерами по предотвращению и ликвидации возможных аварий, а также уменьшению ущерба могут быть:

- снижение уровня воды в водохранилище;
- наращивание гребней и укрепление откосов земляных плотин, напорных ограждающих дамб;
- устройство запаней, струенаправляющих дамб в районе водозабора.

1.6. Противоаварийные устройства, водоотливные и спасательные средства должны содержаться в исправном состоянии и периодически проверяться.

1.7. Во всех случаях, когда возникает угроза разрушения напорных ГТС, необходимо срочное оповещение в установленном порядке всех населенных пунктов, расположенных ниже ГТС, и эвакуация населения из опасной зоны в соответствии с планом мероприятий.

В Приложении 9 представлены материалы по:

- составлению плана действий службы эксплуатации при аварии гидротехнического сооружения;
- плану действия аварийно-диспетчерской службы при ликвидации аварий на водохранилище;
- действиям диспетчера в различных ситуациях;
- основным положениям создания системы раннего предупреждения и оповещения;
- ликвидации последствий гидродинамической аварии и катастрофических последствий.

ГЛАВА IX. СОЗДАНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АВАРИЙНЫХ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РЕЗЕРВОВ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОЙ РАБОТЫ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

1. Общие задачи [43,44].

Аварийный запас материалов, инструментов и оборудования (далее аварийный запас) на ГТС предназначается для оперативного выполнения работ по предупреждению, локализации и ликвидации аварий на ГТС. Для этих целей каждая эксплуатирующая организация должна располагать необходимым аварийным запасом. Потребность в аварийных запасах на проектируемых объектах определяется проектными организациями в составе разделов по эксплуатации. При определении нормативов и норм потребности аварийного запаса могут рекомендоваться отдельные методы расчетов. В случаях, если эксплуатируемый объект находится в особых условиях или имеет определенные дефекты в элементах конструкций, для устранения которых требуется длительное время, эксплуатирующая организация на договорных началах может заказать проектному институту (автору проекта объекта) разработку индивидуальных норм аварийного запаса для своего объекта.

Основной задачей нормативов аварийного запаса является регулирование организации работ по созданию, хранению, использованию и восстановлению аварийных запасов материалов. Нормативы и нормы аварийного запаса материалов на ГТС как обычно разрабатываются на основе отечественного и зарубежного опыта. Вместе с тем, практика изучения опыта ряда стран с развитой технологией по надежной и бесперебойной эксплуатации ГТС с формированием аварийного запаса на них показывает отсутствие единого или общего подхода к решению этих задач. В этом плане важно то, что новые технологии более успешно могли бы использоваться в случае возникновения ЧС на гидротехнических объектах.

При определении или уточнении нормативов и норм аварийного запаса необходимо учесть развитие технологии производства этих материалов, оборудования, инструментов, инвентаря, средств энергоснабжения, автоматики и связи. Кроме того, как обычно в практике формирования аварийных запасов на эксплуатируемых объектах во многих случаях обнаруживается тенденция нехватки финансовых ресурсов для их приобретения, сложности комплектации, содержания, хранения и своевременного ухода за ними, требующих решения комплекса сложных организационных задач, обеспечение которых в полном объеме посильны не всем эксплуатирующим организациям. Это указывает на то, что нормативы и нормы аварийного запаса должны быть оптимально-достаточными, как для предупреждения, так и для ликвидации аварий на ГТС и продуманными в плане удобной и эффективной организации задач. Также важно учесть длительность сроков эксплуатации ГТС и устаревание конструкции и оборудования, расположенных на них, что требует пересмотра некоторых подходов к порядку создания, хранения, использования и восстановления аварийных запасов.

Положение об аварийном запасе материалов может иметь внутриведомственный или межведомственный характер, что зависит от назначения ГТС и их ведомственного подчинения одному или нескольким ведомствам.

За каждым объектом, соответствующим приказом по министерству, должно быть закреплено ПМК (СМУ) или другое подразделение строительных и ремонтно-строительных управлений (трестов, объединений). В отдельных случаях (прохождение исключительно больших паводков, селей и др.) на крупных и сложных объектах должно быть организовано дежурство строительных машин и механизмов.

В Приложении 10 приведены сведения по:

- порядку создания, размещения, складирования аварийного запаса и обеспечение его сохранности;
- правилам и мерам пожарной безопасности при хранении аварийных запасов;
- порядку использования, списания и восстановления аварийных запасов.

ГЛАВА X. ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ РАБОЧИХ ПРОЕКТОВ.

1. Инженерные изыскания при проектировании

Детальные проекты потенциально опасных ГТС должны иметь высокую надежность своих контролируемых показателей, поэтому к работам по изысканиям, исследованиям и принимаемым техническим решениям при проектировании ГТС должны предъявляться дополнительные требования.

От полноты и качества проведения инженерных изысканий на всех этапах от технико-экономического обоснования до строительства и эксплуатации объекта зависят, как его безопасность и надежность, так и долговечность.

Инженерные изыскания должны выполняться в соответствии с требованиями общегосударственных норм, государственных стандартов и других нормативных документов по изысканиям и исследованиям в строительстве.

Инженерные изыскания должны обеспечивать получение исходных материалов, используемых при разработке проекта плотин, включая все основные расчеты, выработку решений по инженерной защите, охране окружающей среды. Инженерными изысканиями устанавливаются основные параметры физических, механических, а при необходимости – и теплофизических свойств грунтов, с помощью которых определяются деформации плотин, устойчивость их откосов, фильтрационная прочность.

Для повышения надежности расчетов максимальных расходов на водотоке, где проектируется ГТС, следует уже на ранней стадии проектирования вести наблюдения за расходами воды (желательно не менее чем на трех гидропостах).

Для разработки детального проекта ГТС по окончании **гидрологических и климатических изысканий** как минимум должны быть представлены:

- схема гидрометеорологической изученности бассейна, гидрографические характеристики водосточника;
- температуры воздуха в районе строительства: средние, максимальные и минимальные значения по месяцам года;
- величина осадков (мм) по месяцам и суммарная за год различной обеспеченности (25, 50, 75 и 95%). Суточные максимумы вероятностью 0.5, 1, 3, и 10%;
- максимальные скорости ветра по месяцам и разным направлениям. Максимальная скорость ветра обеспеченностью 1, 3, 5, 10, 20 и 30%;
- испарение с водной поверхности по месяцам года (мм/мес.);
- годовой сток воды и внутригодовое его распределение различной обеспеченности;
- максимальные расходы воды и гидрографы паводков различной обеспеченности;
- среднегодовой и максимальный сток взвешенных и влекомых наносов;
- кривые емкости и площади зеркала водохранилища. Объем русла реки при прохождении паводка обеспеченностью 10 % в пределах чаши водохранилища;
- карта зоны затопления с выделением зон различной гидравлической шероховатости;
- кривые зависимости расходов воды от глубины потока для расчетных створов, включая и зону затопления.

При **инженерно-геологических изысканиях**, в зависимости от особенностей геологического строения и характера рельефа долины реки, разведку выполняют буровыми скважинами, шурфами, расчистками и штольнями. Разведкой должны быть освещены все геоморфологические элементы долины. При этом для бетонных сооружений расстояния между выработками меньше, чем для земляных. Глубина скважин определяется мощностью активной зоны влияния сооружений на основание.

Геофизические исследования проводятся в комплексе с инженерно-геологической съемкой и гидрогеологическими работами. Изучение ведется для оценки внутренних частей среды (между выработками, между выработками и дневной поверхностью, каротаж). Исследования позволяют повысить достоверность интерпретации результатов, оценить физико-механические свойства пород, устойчивость склонов, скорость движения подземных вод, положение УГВ, минерализацию и водонасыщенность пород, местоположение зон повышенной фильтрации.

Гидрогеологические исследования проводятся в объемах, необходимых для построения геофильтрационных моделей участка створа и проектирования на ее основе противофильтрационных и дренажных мероприятий, оценки агрессивности свойств воды, определения мест и объемов утечки воды из водохранилища (канала).

В районах с сейсмичностью более 6 баллов должна проводиться детальная **оценка сейсмологических и сейсмотектонических условий**: микросейсморайонирование площадки расположения ГТС, прогноз возможных величин тектонических сейсмодформаций, вероятностная оценка сейсмической опасности.

Изыскания естественных минеральных материалов для строительства ГТС имеют целью обеспечение песком и гравием для приготовления бетона, устройства дренажей и фильтров, грунтами для возведения плотин и дамб, камнем для упорных призм насыпных плотин, отмостки откосов и креплений нижних бьефов водопропускных сооружений.

Для обоснования технических решений, принимаемых при проектировании гидротехнических сооружений I и II классов, как правило, следует проводить **научно-исследовательские работы**, в том числе экспериментальные и опытно-конструкторские.

В Приложении 11 более подробно и детально представлены такие разделы как:

- Требования к инженерным изысканиям;
- Климат и гидрологические условия;
- Инженерно-геологические и гидрогеологические условия;
- Оценка сейсмических условий места расположения гидротехнических сооружений;
- Изыскания естественных минеральных строительных материалов;
- Разработка рабочих проектов;
- Исследования при проектировании и строительстве.

ГЛАВА XI. ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ В ПЕРИОД СТРОИТЕЛЬСТВА

1. Разработка проекта производства работ.

Подрядчик (независимо от формы собственности), который выиграл тендерные торги, до заключения контракта обязан разработать проект производства работ (ППР) и представить его на утверждение Заказчику. Основой ППР является календарный график выполнения работ, в котором для каждой позиции ведомости объемов работ и спецификаций оборудования показывается время начала и окончания СМР с разбивкой по месяцам, определяется состав и количество необходимой строительной техники, рабочих, объемы и сроки поставки основных строительных материалов и оборудования, потребность стройки в воде, сжатом воздухе и электроэнергии. Вопросы состава объектов базы строительной индустрии, их дислокации, схемы движения автотранспорта и размещения подсобных предприятий подрядчик решает самостоятельно. К календарному графику прикладывается подробная пояснительная записка с обоснованием принимаемых решений. ППР должен полностью соответствовать требованиям общих и специальных технических условий тендерной документации.

В процессе строительства очень важно организовать обеспечение качественными строительными материалами, от чего в конечном итоге будет зависеть состояние сооружений, их долговечность, условия эксплуатации.

Существующие методы контроля качества укладки грунтов и бетона при возведении ГТС не всегда обеспечивают полный и своевременный контроль технологии производства работ. Из-за неоднородности материалов месторождений максимальная плотность грунтов, укладываемых в ГТС, может иметь разброс численных значений, достигающих 10 % и более. Поэтому особое внимание необходимо уделять методам контроля качества при проведении грунтовых и бетонных работ по сооружениям.

В период производства СМР подрядчик обязан вести исполнительную документацию по всем видам работ. В ее основу должны быть положены рабочие чертежи, приведенные на них планы, профили и сечения отдельных элементов ГТС. На исполнительных чертежах необходимо показать проектное и фактическое плано-высотное положение выполненных элементов конструкций, определить фактически выполненные объемы работ. Скрываемые части конструкций освидетельствуются комиссией заказчика и подрядчика с оформлением актов выполненных работ.

В период строительства необходимо осуществление исследований таких, как наблюдения за гидрологическим режимом реки и климатом, натурные наблюдения за состоянием ГТС, опытные и экспериментальные работы в период строительства, дополнительный контроль качества работ и т.д.

Работы по монтажу основного технологического оборудования и проведению его контрольных испытаний (пуско-наладочные работы) проводятся, как правило, специалистами завода «поставщика» по контракту с заказчиком. Для контроля качества СМР заказчик может привлекать для осуществления авторского надзора специалистов проектной организации, участвующих в разработке проекта, а также отдельных специалистов для осуществления технического надзора.

По завершению строительства, подрядчик обязан передать заказчику **отчет о строительстве ГТС**. В этот отчет включается вся исполнительная документация, составленная в период строительства, отчеты по опытным и экспериментальным работам, результаты лабораторных испытаний грунтов и строительных материалов и др.

В Приложении 12 более детально представлены такие подразделы как:

- Вопросы обеспечения качественными строительными материалами;

- Оперативный контроль укладки грунтов и бетона;
- Исполнительная документация по строительно-монтажным работам;
- Проведение исследований в период строительства;
- Пуско-наладочные работы;
- Авторский (технический) надзор в период строительства;
- Отчет о строительстве ГТС.

ГЛАВА XII. ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ В ПЕРИОД ЭКСПЛУАТАЦИИ

1. Обследование состояния гидротехнического сооружения [18,55].

Безопасность ГТС в период эксплуатации зависит от постоянного и полного учета изменений значений контролируемых показателей, своевременного анализа данных, корректировки статистических зависимостей и значений диагностических показателей. Под действием внешних нагрузок в грунтах оснований, теле ГТС и бортовых примыканиях происходят изменения: скальные породы размягчаются и увеличивается их водопроницаемость, в крупнообломочных и песчаных грунтах изменяются показатели сопротивления сдвига и деформаций, появляются участки повышенной фильтрации и суффозионных размывов, в сжимаемой толще связанных грунтов происходит уплотнение и изменение влажности.

Необходимо определить размеры области воздействия и характер изменений, которые произошли в грунтах тела и основания ГТС и его бортовых примыканиях, а также наличие и активность развития опасных геологических процессов природного и техногенного генезиса, степень их воздействия на безопасность ГТС.

Обследование должно выполняться путем непрерывного осмотра местности между точками наблюдений, количество которых зависит от степени сложности условий и наличия или отсутствия каких-либо отрицательных явлений. На участках проявления сложных геологических процессов производится сгущение точек наблюдения.

Обследование тела плотин и дамб каналов начинают с осмотра гребня. Фиксируются наличие трещин, размывов, просадок и оползневых явлений. По верховому откосу следует обращать внимание на наличие оползневых явлений, выпора бетонного крепления, состояние крепления в зоне действия волн и льда. Геометрия верхового откоса и отметки поверхности отложения наносов ниже уровня воды устанавливается путем промеров по поперечникам на расстоянии 10-20 м друг от друга.

По низовому откосу необходимо отслеживать участки выпора грунта, суффозионного выноса, выходов профильтровавшейся воды, мокрых пятен, оплывин, а также ходов землеройных животных. При обследовании территории, примыкающей к низовому откосу (полоса шириной 2-3 максимальных напора) выявляются наличие суффозионных проявлений, родников, участков заболачивания и яркой зелени. Оценивается состояние конструкций дренажа и отводящей сети.

Обследование береговых примыканий производится как со стороны верхнего, так и нижнего бьефов в полосе шириной не менее 2-3 высот плотины. Обследование проводится с отметок на 2-5 м выше МПУ, при этом фиксируются любые проявления водопоглощения на участке верхового откоса, а также выходы родников и суффозионного размыва на участке низового откоса. Кроме того, фиксируются повреждения склонов ветровыми волнами, наличие оползней, осыпей и карста.

При обнаружении выходов воды выполняются замеры ее расходов, отбираются пробы воды для определения мутности и химического состава. Для сравнения одновременно берутся пробы воды из водохранилища и из реки в нижнем бьефе.

При обследовании бетонных сооружений (водовыпусков, водосбросов и др.) оценивается состояние сопряжений с грунтом тела плотины на предмет наличия контактного размыва. Определяется наличие неравномерных осадок и наклонов отдельных элементов, трещин в бетоне, чрезмерное раскрытие деформационных швов, разрушения бетона. Оценивается состояние водобоя, рисбермы и примыкающих участков канала. На каналах обследование выполняется по обоим берегам. Оценивается состояние

крепления, устойчивость откосов, наличие оползней и деформации русел каналов, фиксируются места высачивания воды.

Выполняется оценка состояния механического и электрического оборудования: затворов, задвижек, кранов, подъемных механизмов, металлоконструкций, силовых кабелей, систем освещения и другого вспомогательного оборудования. Оценивается надежность электроснабжения, состояние резервного электрогенератора.

Обследуется состояние приборов и коммуникаций КИА. Определяется количество действующих и вышедших из строя приборов, чувствительность приборов, состояние систем сбора данных, водомерных устройств для замера расходов дренажных вод и расходов поверхностных вод реки.

В регионах развития карстовых процессов возможно образование новых карстовых форм за счет изменения условий дренирования вод из-за создания сооружением дополнительного напора.

В районах развития оползней описываются формы смещений, видимая мощность оползневых накоплений, формы оползневого рельефа, общие контуры оползневых тел, выявляются факторы, способствующие возникновению оползней. Если на оползневом склоне имеются противооползневые сооружения, описываются их состояние и эффективность работы.

В районах распространения лессовидных пород необходимо описать формы микрорельефа, связанные с проявлением просадочных свойств пород, причину возникновения просадок и условия поверхностного стока воды со склонов.

На заболоченных участках устанавливаются контуры болот в плане, условия питания и дренирования болот, характер растительности, наличие бугров сезонного пучения.

По результатам обследования можно выполнить оценку состояния сооружений и приоритетности ремонтных работ, используя систему относительной опасности в баллах [18] (табл. 10 и 11).

Приоритетность восстановительных работ может быть определена по величине произведения (HxR), используя данные табл. 12.

Таблица 10.

Опасность	Балл (H)
Авария, которая может повлечь за собой возникновения риска для ГТС и ниже расположенной территории	5
Авария, которая может повлечь за собой возникновения риска для обслуживающего персонала ГТС	4
Авария, которая может привести к перебоям подачи воды на орошение либо в энергоснабжении	3
Авария, которая может привести к необходимости выполнения ремонта	2
Авария, которая не вызывает серьезных последствий	1

Таблица 11.

Риск	Степень риска (R)
Неотвратимый	3
в течении 5 лет	2
в перспективе	1

Таблица 12.

НхR	Рекомендуемые действия
1-2	Продолжать наблюдения, нет необходимости в оперативных действиях
3-5	Планировать ремонт в течение 5 лет
6-8	Планировать ремонт в текущем году
9-12	Необходим безотлагательный ремонт
15	Аварийная ситуация, понизить уровень воды верхнего бьефа, немедленно приступить к ремонту

2. Инженерные изыскания.

Если в результате обследования и изучения материалов проекта будет установлено, что на исследуемой территории произошли существенные изменения, а данные по предыдущим изысканиям либо устарели, либо отсутствуют и должны быть проведены новые инженерные изыскания в соответствии с требованиями разделов 2, 3 и 4 Главы XI данной книги.

3. Геодезическое обеспечение изыскательских работ.

Работам по проведению изысканий должны предшествовать работы по инженерно-геодезическому обеспечению, в состав которых входят:

- составление исполнительных карт обследуемой территории масштаба 1:500 и крупнее;
- обновление топогеодезических планов. При изменении ситуации и рельефа более чем на 35% площади, съемка выполняется заново;
- привязка инженерно-геологических выработок и геофизических точек;
- геодезические работы по изучению опасных геологических процессов (оползни, переработка берегов);
- обмерные работы по восстановлению общих чертежей ГТС.

4. Реконструкция и ремонт гидротехнических сооружений.

При выполнении работ по реконструкции и ремонту ГТС необходимо обеспечить нижеследующие задачи [56].

А. Сбор и анализ максимально объективной информации об объекте: условиях его эксплуатации, воздействующих факторах, текущем эксплуатационно-техническом состоянии и т.п.

Указанную информацию в основном можно получить из проектной, строительной и эксплуатационной документации по объекту, материалов изыскательских работ, инженерного обследования, проведенных незадолго до планируемой реконструкции. Особенно важно уделить внимание инженерно-техническому обследованию объекта. Такое обследование должно быть более скрупулезным и глубоким. Результатом такого обследования должно являться не только эксплуатационно-техническое состояние объекта в целом и отдельных его элементов в частности, но и анализ причин, вызывающих те или иные деструктивные процессы, четкие рекомендации по предотвращению влияния таких причин и конкретные рекомендации для проектной

организации по, возможно применимым при планируемой реконструкции, технологиям и материалам.

Далее, в рамках объема данной статьи, рассмотрим некоторые технические решения, методы и технологии, применяемые в настоящее время при реконструкции ГТС.

Б. Бетонные работы.

Часто при реконструкции сооружений существует необходимость проведения бетонных работ. При этом, есть два пути получения бетона: первый – это заказ с ближайшего бетонного узла, в соответствии с определенным проектом, техническими требованиями к бетону; второй – изготовление или модификация бетона в построечных условиях. В первом случае, несмотря на кажущееся соблюдение технических требований производителем бетона, существует вероятность получения бетона с некачественным заполнителем, нарушенным В/Ц отношением (особенно в жаркую погоду), несбалансированностью модифицирующих добавок и их невысоким качеством. Все эти факторы могут быть причиной появления дефектов бетонных конструкций в период эксплуатации. При производстве бетона в построечных условиях можно значительно эффективнее наладить контроль качества и намного улучшить те или иные технические показатели.

Например, для конструкций I категории ответственности при числе циклов попеременного замораживания и оттаивания – 100-150 в год, следует использовать бетон по морозостойкости не ниже F300, для суровых условий эксплуатации [57]. Марку по водонепроницаемости следует брать в зависимости от градиента напора. Для температуры водной среды свыше плюс 10 С° до плюс 30 С° и при градиенте напора свыше 10 до 20, марка бетона по водонепроницаемости должна быть не ниже W8 [57]. Указанные требования далеко не самые критические, но даже для их соблюдения требуется изготовить специальный бетон. Такие требования достаточно легко выполнить, изготавливая бетон по собственной рецептуре непосредственно на объекте. Однако, для этого следует точно знать особенности применения тех или иных добавок и технологию производства бетона в целом.

Например, известно, что для увеличения морозостойкости и водонепроницаемости рекомендуется использовать воздухововлекающие добавки, однако не всегда учитывается, что такие добавки влияют на уменьшение прочностных характеристик, а в случае превышения дозировки, происходит формирование нерегулярной структуры частично открытых пор, в результате чего резко увеличивается водонепроницаемость бетона. Поэтому для рассматриваемого случая необходимо применить комплексную добавку, в состав которой, помимо воздухововлекающего компонента, будет входить уплотняющий, пластифицирующий и суперпластифицирующий. Также, можно внести неактивные добавки типа микрокремнезема, армирующих полимерных волокон. Применяя армирующие волокна, опять же, следует учитывать, что для ГТС не следует применять волокна на основе целлюлозы по причине их биоразлагаемости. При использовании некоторых гидроизолирующих и гидрофобизирующих добавок (при их передозировке) могут проявиться процессы миграции растворимых солей к испаряющим поверхностям, в результате образуются высолы. Иногда процессы образования высолов настолько интенсивны, что приводят к отрыву, практически, любых защитных покрытий с поверхности бетона. Приведенные примеры показывают, насколько важно знать об особенностях свойств тех или иных материалов, особенно новых зарубежных, которые относительно недавно появились на рынке.

В. Технические решения по устройству технологических швов и стыков.

В большинстве случаев дефекты ГТС локализуются в зоне швов и стыков. Поэтому как при новом строительстве, так и при ремонтных работах технологическим швам

необходимо уделять особое внимание. В настоящее время существует много технических решений ремонта и устройства различных швов. При организации собственных работ чаще всего применяется гидрофильный резиновый профиль (не надо путать с бентонитовыми шнурами и матами). При его закладке в проекцию будущего холодного шва, после бетонирования он частично увеличивается в объеме и стабилизируется, тем самым уплотняя зону шва. В случае нарушения гидроизоляции в зоне шва и проникновения водной среды профиль продолжает «впитывать» воду, при этом еще больше уплотняя межшовное пространство. В результате разбухший профиль полностью повторяет рельеф соседних поверхностей шва и изолирует данную зону.

Другой интересной технологией устройства швов являются «инъекто-системы». Суть таких систем сводится к предварительной закладке инъекто-шнура в зону бетонирования, после бетонирования, через специально выведенные штуцера производится прокачка шва под давлением заранее определенной инъекционной композицией (см. ниже).

Для поверхностной обработки швов существует целый ряд специальных эластичных материалов, в том числе и на цементной основе. В любом случае, при планировании ремонта или устройства шва необходимо завершённое комплексное решение.

Г. Защита сооружений от воздействия грунтовых вод.

Часто, при разработке проекта реконструкции заглубленных емкостных сооружений детально рассматривается внутренняя гидроизоляция, а внешняя гидроизоляция считается не столь важной и планируется, например, из недорогого битума, который давно не отвечает требованиям по качеству к современным изолирующим материалам. На заглубленное сооружение помимо технологической среды внутри, снаружи действуют грунтовые воды, явления пучения грунта, внешних статических нагрузок и т.п. И порой, снаружи сооружение подвергается не меньшему воздействию различных факторов, чем изнутри. Указанные факторы можно свести к минимуму, просто организовав по периметру сооружения пристенный дренаж из полимерной профильной мембраны с геотекстильным слоем, с выводом его в кольцевой трубчатый дренаж и отводом в приемный колодец, далее ливневую или дренажную канализацию. Но, к сожалению, такое решение применяется редко и после слива технологической среды из заглубленного емкостного сооружения, по стенам, особенно в нижней части, происходит прямая фильтрация влаги из прилегающего грунта. Часто это сопровождается локальными разрушениями внутреннего гидроизоляционного покрытия и (или) стенок сооружения.

Д. Технологии восстановления, защиты и гидроизоляции железобетонных сооружений.

В настоящее время, на отечественном и международном рынке представлено достаточно много компаний-производителей специальных материалов для ремонта и гидроизоляции железобетонных сооружений. Нет необходимости их подробно рассматривать. Стоит лишь обратить внимание, что, выбирая те или иные материалы, необходим комплексный подход, знание особенностей применения и принципов действия выбранных материалов. Например, применяя материалы проникающего действия надо знать, что движущей силой процесса проникновения является градиент концентраций порового раствора и его низкие показатели поверхностного натяжения, при этом уплотнение и гидроизоляция пор бетона происходит в результате сложных реакций образования сульфоалюминатов кристаллогидратов солей кальция. Понятно, что для эффективного протекания такой реакции необходимо наличие свободных ионов Ca^{2+} в поровом растворе. Это свойственно для относительно нового бетона. В «старом» бетоне ГТС свободных ионов Ca^{2+} на порядки меньше, чем в новом, а значит и процесс проникновения и уплотнения поровой структуры, в таком случае, будет иметь поверхностный характер. Т.е. для гидроизоляции «старых» бетонных поверхностей применение проникающей изоляции малоэффективно.

Продолжая тему проникающей гидроизоляции, необходимо отметить широко распространенное заблуждение, что проникающая гидроизоляция является одним из эффективных средств при устранении очагов сквозной фильтрации влаги, при, так называемом, негативном давлении. Нет сомнения, что при правильном применении рассматриваемых материалов, увлажненная бетонная поверхность в зоне применения станет сухой. Но это не является решением проблемы гидроизоляции, это – является устранением локального дефекта увлажнения и не более того. Если рассмотреть данную проблему более объективно, можно утверждать, что сквозная фильтрация влаги через бетон является причиной повреждения наружной гидроизоляции и затрагивает всю структуру бетона от поверхности проникновения до поверхности появления влаги. Соответственно, внутри бетона влага распространяется неконтролируемо, чаще всего вдоль арматуры и закладных изделий и затрагивает значительно больший объем, чем то, что можно обнаружить на поверхности. Более того, создав барьер для выхода влаги, происходит увеличение давления воды и водяных паров в поровой структуре, что в свою очередь является причиной более обширного заполнения бетонной структуры водой. Таким образом, применив проникающую гидроизоляцию для устранения дефекта прямой фильтрации, мы провоцируем развитие процесса фильтрации в объеме поровой структуры бетона. Когда будут обнаружены новые зоны увлажнений - вопрос времени. В дальнейшем постепенно начнут развиваться процессы коррозии арматуры. Для подобных случаев рекомендуется применить технологии инъектирования проницаемой зоны полимерными композициями и только после этого применить один из видов цементной гидроизоляции. В этом случае произойдет уплотнение и гидроизоляция всей проницаемой зоны в объеме конструкции, а цементная гидроизоляция изолирует поверхность от остаточной капиллярной влаги.

Е. Технологии инъектирования при ремонте и восстановлении железобетонных конструкций.

Эти технологии можно отнести к достаточно редким технологиям, особенно в том контексте, в котором мы это понимаем. За рубежом указанные технологии распространены значительно шире, чем у нас. Однако за последние годы на отечественном рынке появилось достаточно много различных материалов и оборудования для инъекционных работ. Это одни из самых эффективных и надежных технологий укрепления и гидроизоляции бетонных (каменных) сооружений. Ведь подбирая инъекционный состав, технические приспособления и оборудование можно решить большинство проблем бетонных структур, при этом, не выводя сооружение из эксплуатации. А затраты времени на устранение определенных дефектов могут быть на порядок меньше по сравнению с применением традиционных технологий. Если рассматривать технологии инъектирования подробно, то это может занять отдельную объемную монографию. Поэтому коснемся лишь основных материалов по принципу их действия и применения.

Ж. Цементные инъекционные материалы.

В основном предназначены для укрепления каменных, кирпичных, реже бетонных сооружений. Также эти материалы весьма эффективны при бетонировании мелких элементов со сложной пространственной конфигурацией, бетонировании труднодоступных мест, бетонировании анкерных элементов. По сравнению с обычными растворами их отличает высокая дисперсность, реологические свойства, отсутствие усадочных дефектов, высокая прочность.

З. Вспенивающиеся гидроактивные полимерные композиции.

Особенностью этих материалов является процесс их отвердения, который, в присутствии влаги происходит с увеличением объема и формированием ячеистой

структуры полимера с замкнутыми порами. В результате образуется полимер, объем твердой фазы которого, в 3-10 раз больше объема жидкой фазы исходных реагентов, т.е. происходит заполнение и уплотнение порового пространства в структуре материала. Общим результатом применения таких материалов является увеличение прочностных характеристик и уменьшение влагопроницаемости. Эти результаты обуславливают целевое применение таких материалов – восстановление и прочностных показателей сооружения и гидроизоляционной защиты.

И. Инъекционные смолы.

Обычно являются двух и более компонентными составами и предназначены для укрепления и изоляции пористых структур бетона (камня), устройства гидроизоляционных отсеков и склеивании трещин. Часто применяются в комплексе с гидроактивными вспенивающимися композициями.

К. Гидрофильные гели.

В отвердевшем состоянии представляют собой эластичные полимеры, которые при наличии воды увеличиваются в объеме. Применяются в основном для изоляции швов и трещин в сооружениях с влажным режимом эксплуатации.

Л. Кремнийорганические высокоподвижные жидкости

Существует достаточно много инъекционных материалов на кремнийорганической и силикатной основе. Применяются для гидроизоляции мелкопористых структур, в сочетании с другими материалами, для устройства противодиффузионных завес (силикатные материалы) и т.п.

Для эффективной эксплуатации ГТС необходимо иметь максимально полную и объективную информацию о существующих и новых материалах и технологиях, применяемых при ремонте и строительстве подобных объектов.

ГЛАВА XIII. ЗАДАЧИ НАТУРНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ И ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ В ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЙ ПЕРИОД

Натурные наблюдения за состоянием гидротехнических сооружений и их основаниями [58,59, 60].

Натурные наблюдения за работой и состоянием ГТС и их оснований проводятся для оперативного контроля и оценки безопасности сооружений, своевременного выявления дефектов, назначения ремонтных мероприятий предотвращения аварий и улучшения условий эксплуатации. Кроме того, они необходимы для комплексного анализа надежности ГТС в целом и отдельных ее элементов.

Натурные наблюдения начинаются в период строительства ГТС при закладке КИА и продолжаются в течение всего срока эксплуатации ГТС. Состав и объем наблюдений зависят от класса ГТС, его конструктивных особенностей, геологических, гидрогеологических и других природных условий, а также от состава КИА и требований эксплуатации. В настоящее время, действующими нормативными документами предусматривается в период проектирования ГТС разработка специального проекта натурных наблюдений с установкой соответствующей КИА. При строительстве плотин в сейсмических районах проектом натурных наблюдений предусматривается установка сейсмической аппаратуры (сейсмографов, акселерометров) как непосредственно на сооружении, так и в непосредственной близости к нему. Частота наблюдений в проекте натурных наблюдений может корректироваться в процессе эксплуатации в зависимости от стабильности показаний КИА. Частота наблюдений может повышаться при близости показаний приборов к предельно допустимым значениям измерительных величин, а также в случае появления экстремальной ситуации, например: длительной форсировке уровня верхнего бьефа, усилении давления со стороны верхнего бьефа, усилении сейсмической активности в районе гидроузла и т. п. Современная практика проектирования предусматривает создание для анализа работы сооружений соответствующей базы данных наблюдений и ее обработки. С этой целью сбор, хранение и обработка данных натурных наблюдений осуществляется с помощью специальных компьютерных ИДС, у которых все этапы (сбор, хранение и обработка) могут проводиться в автоматическом режиме по заранее заданным программам. Такую постановку проведения натурных наблюдений и их обработки принято называть мониторингом.

Натурные наблюдения предусматривают визуальные наблюдения за состоянием плотин, береговых примыканий, включая цементационные и дренажные галереи, инструментальные геодезические наблюдения по приборам КИА (как визуально, так и дистанционно), наблюдения за суффозией и химическим составом воды. Помимо систематических наблюдений плотина, как и весь гидроузел в целом, должна подвергаться внеочередному визуальному осмотру и полному циклу инструментальных наблюдений после паводка при форсировке водохранилища, землетрясении высокой балльности и т. п.

На всех без исключения потенциально опасных ГТС должны выполняться приведенные ниже работы:

- наблюдения за вертикальными осадками и горизонтальными перемещениями;
- наблюдения за поверхностью грунтовых вод, напорами и расходами фильтрации;

- наблюдения за поровым давлением в основании и противофильтрационных элементах грунтовых плотин;
- наблюдения за максимальными расходами воды водоисточника и объемами стока гидрографов паводков;
- наблюдения за параметрами ветровых волн перед плотинами и волн неустановившегося движения воды в каналах;
- наблюдения за скоростью подъема и снижения уровня верхнего бьефа ГТС;
- наблюдения за заилением чаш водохранилищ, аванкамер НС и деформациями русел рек и каналов;
- определение фактической пропускной способности водопропускных сооружений;
- наблюдения за состоянием механического и другого оборудования, трубопроводов, регуляторов АСУ, оценка надежности электроснабжения ГТС.

Регулярные натурные наблюдения за показателями, характеризующими эксплуатационную надежность и безопасность сооружения и основания, должны начинаться непосредственно после установки соответствующих средств измерений и продолжаться в течение нормируемого для каждого сооружения или отдельного его элемента срока с учетом их состояния, тенденций в процессах стабилизации режимов работы и старения, долговечности измерительной аппаратуры и возможностей ее замены по истечении рабочего ресурса и других обстоятельств.

На бетонных и железобетонных сооружениях проводятся следующие виды наблюдений: за осадками, за смещениями, за температурным режимом высоких бетонных плотин, за фильтрацией в основании и теле сооружений, за монолитностью бетонных сооружений, за состоянием бетона, за динамикой сооружений.

На гидротехнических сооружениях из грунтовых материалов выполняются следующие виды наблюдений: за осадками, за смещениями, за фильтрационным режимом сооружений, за напряженным состоянием грунтов (для высоких плотин I и II классов), визуальные наблюдения за состоянием откосов и их креплений (путями отвода профильтрованной воды); отсутствием осадок (просадок, трещин), наличием и характером растительности.

Периодичность наблюдений за осадками и плановыми смещениями плотин устанавливается проектной организацией при составлении программы натуральных наблюдений отдельно для каждой плотины с учетом ее конкретных особенностей.

Более подробная информация по натурным наблюдениям и оценке надежности изложена в Приложении 13 в разделах:

- Натурные наблюдения за состоянием гидротехнических сооружений и их основаниями;
- Методика и техника натуральных наблюдений;
- Наблюдения за бетонными и железобетонными гидротехническими сооружениями;
- Наблюдения за гидротехническими сооружениями из грунтовых материалов.

ГЛАВА XIV. СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ЗА СОСТОЯНИЕМ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

1. Общие сведения по обеспечению контроля за безопасностью гидротехнических сооружений.

Около 44 тыс. высоких плотин, эксплуатирующихся в настоящее время во всем мире, из которых 43 тыс. возведены в XX веке, в том числе 37,4 тыс. с 1950 г., являются лучшей характеристикой плотиностроения в обеспечении устойчивого развития цивилизации за 5000 лет. Более 8000 км³ речного стока, зарегулированного с их помощью, используется для орошения 270 млн. га земель, выработки почти 2460 млрд. кВт·ч (18,5 % всей потребляемой в мире) электроэнергии, защиты от паводков, обеспечения потребности в технической и питьевой воде, создания зон отдыха и возможности судоходства на ранее недоступных участках рек [65].

Вместе с тем, наличие водохранилищных плотин, наряду с выгодами, влечет за собой создание различного рода рисков, вероятностных по своей природе, из которых наиболее известными по негативным последствиям являются социальные, материальные (экономические), конструктивные (гидрологические, геодинамические, технические), экологические и др. Анализ катастрофических разрушений ряда плотин, их последствий, изучение причин и закономерностей различных рисков, их учет и регулирование имеют большое практическое значение. Обеспечение систематического контроля безопасности и надежности – главное условие возведения ГТС, в т.ч. плотин, являющихся гидродинамически опасными объектами.

В широком смысле здесь понимается способность объекта обеспечить оптимальную выгоду в течение заданного периода времени, что приводит к предупреждению правовых конфликтов, разрешить которые можно в первую очередь на основе государственных законов и предусмотренных ими нормативно-правовых актов. Одним из важнейших и принципиальных вопросов является выявление тенденций государственного регулирования отношений в области безопасности ГТС, обеспечивающее необходимые условия для системы безопасности ГТС.

Как правило, в систему обеспечения безопасности ГТС включается:

- разграничение функций правительства, органов исполнительной власти, органов государственной власти на местах и эксплуатирующих организаций по обеспечению безопасной эксплуатации ГТС;
- установление основных обязанностей эксплуатирующих организаций и собственника;
- осуществление государственного надзора за безопасностью ГТС во всех производственных циклах ГТС;
- декларирование безопасности ГТС;
- ведение Кадастра (или Регистра) ГТС;
- установление ответственности за нарушение законодательства о безопасности ГТС.

Главной целью государственного регулирования безопасности ГТС является предупреждение аварий путем:

- а) совершенствования правил и норм проектирования, строительства и безопасной эксплуатации ГТС;
- б) осуществления государственного надзора за выполнением правил и норм эксплуатации ГТС эксплуатирующими организациями, а также надзора за деятельностью иных лиц, которая может привести к снижению уровня безопасности ГТС;

в) наблюдения и анализа состояния сооружений и оснований, своевременного обнаружения и устранения тех их дефектов, которые при дальнейшем развитии могут привести к полной или частичной потере работоспособности объекта и возникновению ЧС;

г) подготовки персонала к выполнению противоаварийных мероприятий и действиям в условиях локализации и ликвидации ЧС, а также создания необходимых для этого материальных и финансовых резервов.

2. Результаты анализа контроля надежности и безопасности гидротехнических сооружений.

По мере длительности сроков эксплуатации увеличивается необходимость постоянного контроля их состояния, актуальность которого по мере старения сооружений должна возрастать. Анализы контроля ГТС указывают на большое количество факторов нарушений, приводящих к отклонению от норм безопасности и надежности ГТС.

2.1. Многолетние анализы на ряде ГТС.

2.1.1. На водохранилищах:

- отклонения от проектных предположений в характере взаимодействия системы «плотина – скальное основание»: появление нерасчетных напряжений и трещин на контактах с основанием и в теле плотины;
- изменения водопроницаемости и деформационных свойств скального основания;
- снижение устойчивости береговых примыканий;
- крупные гидроузлы с высокими плотинами ($H > 100$ м) и значительными изменениями уровня воды водохранилищ требуют особого внимания с учетом значительных техногенных нагрузок (статических и динамических) и активного фильтрационного влияния на скальное основание;
- заиление чаши и случаи завала водоприемников (наблюдается в большинстве русловых водохранилищ);
- опасность обрушения склонов и оползней;
- механическая и химическая суффозия грунтов основания и тела плотин;
- осадка гребня;
- опасность перелива воды через гребень плотин при одновременной совокупности внешних воздействий (ветер, землетрясение, наполненная чаша);
- разрушение бетонных креплений верхового откоса плотин;
- отсутствие нормального отвода фильтрационных вод;
- разрушение цементационной завесы;
- не обеспеченность герметизации строительных швов;
- неудовлетворительное состояние подъемных механизмов, гидроприводов гидромеханического оборудования, имеющего по сравнению с сооружениями меньший ресурс работоспособности;
- размыв нижнего бьефа;
- отсутствие автоматизированных систем управления затворами, низкие технические характеристики системы связи, недостаточно надежные электроснабжение и система раннего оповещения населения при ЧС и т.д.

2.1.2. На насосных станциях:

- заиление аванкамеры и подводящего канала;
- износ рабочего колеса;
- износ ремонтных затворов;
- износ напорного трубопровода;
- фильтрация в подземной части, подтопление территории;

- износ электротехнической и коммутационной аппаратуры;
- выход из строя части электродвигателей;
- повышение вибрационной активности агрегатов;
- повышенный износ насосных агрегатов и т.д.

2.1.3. На каналах:

- деформация дюкеров и акведуков на каналах;
- заиливание русел каналов;
- размыв каналов и разрушение откосов;
- старение механического и электротехнического оборудования.

2.1.4. На гидроузлах:

- деформация или износ бетонных конструкций;
- старение механического оборудования;
- старение или отсутствие электротехнического оборудования и т.д.

2.1.5. На гидроэлектростанциях:

- разрушение облицовки и заиливание деривационных каналов;
- повреждение железобетонных конструкций напорного бассейна;
- размыв и заиливания отводящих русел;
- недопустимые просадки на фундаментах опор напорных трубопроводов.

2.2. К общим факторам отклонения от норм безопасности и надежности ГТС при эксплуатации относятся:

- неукomплектованность КИА;
- неукomплектованность аварийными запасами материалов и оборудования;
- неукomплектованность резервным электропитанием;
- неукomплектованность или некачественное ведение технической документации;
- несоблюдение режима эксплуатации, недостатки при проведении натуральных наблюдений;
- несоблюдение критериев безопасности;
- недостатки по ремонту и техническому обслуживанию;
- недостаточный уровень оснащенности средствами связи;
- отсутствие системы раннего предупреждения;
- отсутствие системы управления затворами;
- отсутствие мероприятий по подготовке персонала (обучение и повышение квалификации, аттестация);
- неотчужденность водоохранных зон;
- ошибки в управленческих решениях и т.д.

3. Организация контроля за безопасностью гидротехнических сооружений.

Технический контроль состояния гидротехнических сооружений.

3.1. В соответствии с общепринятыми требованиями, эксплуатационный контроль состояния и работы ГТС должен обеспечивать:

- проведение систематических наблюдений с целью получения достоверной информации о состоянии сооружений, оснований, береговых примыканий в процессе эксплуатации;
- своевременную разработку и принятие мер по предотвращению возможных повреждений и аварийных ситуаций;
- получение технической информации для определения сроков и наиболее эффективных и экономичных способов ремонтных работ и работ по реконструкции;

- проведение многофакторного анализа состояния сооружений, находящихся в эксплуатации более 25 лет;

- выбор оптимальных эксплуатационных режимов работы ГТС.

3.2. Наблюдения проводятся в соответствии с Программой наблюдений, в которой излагается схема размещения КИА, объем и состав КИА методика измерения и методика обработки данных. Программа разрабатывается при проектировании плотины, затем корректируется при строительстве и при сдаче сооружения в постоянную эксплуатацию в зависимости от состояния ГТС и новых проблем, возникающих при оценке надежности эксплуатируемых сооружений.

Объем и периодичность наблюдений первоначально устанавливаются проектом и в дальнейшем могут быть изменены на основании результатов наблюдений, в зависимости от состояния ГТС и изменений технических требований к контролю.

3.3. При приемке ГТС в эксплуатацию строительно-монтажные организации передают эксплуатирующей организации КИА паспорта приборов, тарировочные аттестаты, исполнительные схемы на установку КИА и все данные наблюдений, включая нулевые отчеты, а также инструкции по организации наблюдений, методики обработки и анализа данных измерений и результаты наблюдений.

3.4. Для каждого напорного ГТС в правилах эксплуатации должны быть приведены ПДЗ показателей его состояния, разработанные проектной или научно-исследовательской организацией, с которыми сравниваются результаты наблюдений по КИА и которые, в свою очередь, могут уточняться на основе результатов наблюдений.

3.5. Для повышения оперативности и достоверности контроля за ответственными гидротехническими сооружениями следует оснащать их автоматизированными системами контроля. Уровень автоматизации определяется составом, объемом КИА, условиями эксплуатации.

3.6. При организации и проведении наблюдений за ГТС необходимо соблюдать следующие требования:

- регистрация уровней бьефов и среднесуточной температуры воздуха в створе гидроузла, измеряемых ежедневно;

- обеспечение достаточной частоты снятия отчетов с приборов КИА в зависимости от интенсивности изменения нагрузок. При высокой скорости наполнения и опорожнения водохранилища, резких температурных изменениях частота отчетов по приборам, откликающимся на эти изменения, должна быть повышена по сравнению с периодом медленно изменяющихся воздействий;

- осуществление наблюдений в одни и те же календарные сроки за параметрами, связанными между собой причинно-следственными зависимостями (раскрытие швов - температуры, уровень верхнего бьефа - фильтрационный расход и т.д.);

- обеспечение достоверности показаний КИА, квалификации операторов, проверки приборов и вторичной аппаратуры;

- осуществление осмотров сооружений по графику, учитывающему сезонность раскрытия трещин и швов, фильтрации и просачивания воды через бетон, специфику поведения конкретного сооружения (появление наледей, выход воды на низовую грань, зарастание откосов, влияние атмосферных осадков и т.д.).

3.7. Для выполнения сложных и ответственных работ по оценке состояния ГТС, разработке мероприятий по повышению их безопасности и надежности привлекаются проектные, специализированные и научно-исследовательские организации.

3.8. Все ГТС должны регулярно подвергаться периодическим техническим осмотрам для оценки состояния сооружений, уточнения сроков и объемов работ по ремонту, разработки предложений по улучшению их технической эксплуатации, а также качества всех видов ремонтов.

Плановые технические осмотры сооружений могут быть общими и выборочными.

Общие осмотры следует проводить два раза в год - весной и осенью.

Общий весенний осмотр сооружений проводится для оценки их состояния и готовности к пропуску паводка после таяния снега или весенних дождей. При весеннем осмотре уточняются сроки и объемы работ по текущему ремонту перед пропуском паводка, а также определяются объемы работ по текущему ремонту сооружений на предстоящий летний период и по капитальному ремонту на текущий и следующий год.

Общий осенний осмотр проводится с целью проверки подготовки ГТС к зиме. К этому времени должны быть закончены все летние работы по ремонту.

При выборочном осмотре обследуются отдельные ГТС или отдельные их элементы. Периодичность выборочных осмотров определяется местными условиями эксплуатации.

3.9. Кроме плановых осмотров, должны проводиться внеочередные осмотры ГТС после чрезвычайных стихийных явлений или аварий.

3.10. Осмотр подводных частей ГТС и туннелей производится после первых двух лет их эксплуатации и в дальнейшем через каждые 5 лет.

3.11. Систематически комиссионный контроль состояния и эксплуатации осуществляется путем их технического освидетельствования не реже одного раза в 5 лет.

3.12. По результатам технического освидетельствования могут назначаться обследования ГТС, включающие в себя исследования отдельных вопросов специализированными организациями.

3.13. Результаты технического контроля (включая исследования) включаются в акт преддекларационного обследования.

3.14. На всех ГТС в сроки, установленные правилами эксплуатации, и в предусмотренном им объеме должны проводиться наблюдения:

- за осадками и смещениями сооружений и их оснований;
- за деформациями, трещинами в сооружениях и облицовках;
- за состоянием деформационных и строительных швов;
- за состоянием креплений откосов грунтовых плотин, дамб, каналов и выемок;
- за состоянием напорных трубопроводов;
- за режимом уровней бьефов гидроузла, фильтрационным режимом в основании и теле сооружений и береговых примыканий, работой дренажных и противотрифильтрационных устройств, режимом грунтовых вод в зоне сооружений;
- за воздействием потока на сооружения, в частности, размывом водобоя и рисбермы, дна и берегов, за кавитационным разрушением водосливных граней, истиранием и коррозией облицовок, просадкой, оползневыми явлениями, заилением и зарастанием бассейнов, переработкой берегов водоемов;
- за воздействием льда на сооружения и их обледенением.

При необходимости, в соответствии с проектом, организуются специальные наблюдения за вибрацией сооружений, прочностью и температурным режимом конструкций, коррозией металла и бетона, состоянием сварных швов металлоконструкций, выделением газа на отдельных участках сооружений и другие наблюдения и исследования.

3.15. На ГТС первого класса, расположенных в районах с сейсмичностью 7 баллов и выше, и на сооружениях второго класса - в районах с сейсмичностью 8 баллов и выше, должны проводиться следующие виды специальных наблюдений и испытаний:

- инженерно-сейсмометрические наблюдения за работой сооружений и береговых примыканий (сейсмометрический мониторинг);
- инженерно-сейсмологические наблюдения в зоне ложа водохранилища вблизи створа сооружений и на прилегающих территориях (сейсмологический мониторинг);

- тестовые испытания по определению динамических характеристик этих сооружений (динамическое тестирование) с составлением динамических паспортов.

Для проведения инженерно-сейсмометрических наблюдений ГТС должны быть оборудованы автоматизированными приборами и комплексами, позволяющими регистрировать кинематические характеристики в ряде точек сооружений и береговых примыканий во время землетрясений при сильных движениях земной поверхности, а также оперативно обрабатывать полученную информацию.

Для проведения инженерно-сейсмологических наблюдений вблизи ГТС и на берегах водохранилищ по проекту, разработанному специализированной организацией, должны быть размещены автономные регистрирующие сейсмические станции. Комплексы инженерно-сейсмометрических и инженерно-сейсмологических наблюдений каждого объекта должны быть связаны с единой службой сейсмологических наблюдений.

Монтаж, эксплуатация систем и проведение инженерно-сейсмометрических, инженерно-сейсмологических наблюдений и динамического тестирования должны осуществляться собственником электростанции (эксплуатирующей организацией) с привлечением специализированных организаций.

После каждого сейсмического толчка интенсивностью 5 баллов и выше должны оперативно регистрироваться показания всех видов КИА, установленных в сооружении, с осмотром сооружения и анализом его прочности и устойчивости.

4. Геотехнический контроль за возведением грунтовых гидротехнических сооружений [4,66].

Одним из существенных признаков комплекса мер по обеспечению надежности и безопасности работы грунтовых плотин является геотехнический контроль за укладкой грунтов при их возведении. Это в одинаковой мере распространяется на любые способы строительства плотин будь то отсыпка насухо, намыв или отсыпка под воду.

Контроль качества грунтовых плотин ведется с целью проверки обеспечения значений физико-механических характеристик грунтов, укладываемых в тело плотины, их значениям, принятым при проектировании. В процессе накопления данных геотехконтроля и их анализа могут быть приняты коррективы в технологию возведения плотины, а также проведены некоторые расчеты, которыми устанавливается действительная картина напряженно-деформированного состояния плотины.

Кроме того, статистика физико-механических свойств грунта (главным образом плотности) позволяет на основе теории вероятности оценивать и напряженно – деформационное состояние плотин, и коэффициент надежности, и перемещения и строить соответствующие математические ожидания величин и их доверительный интервал, что позволяет более обоснованно оценивать работу сооружения в период эксплуатации.

При проектировании грунтовой плотины, а также при организации геотехконтроля на строящемся сооружении заранее устанавливается перечень физико-механических характеристик грунта, подлежащих определению, количество проб грунта (точек контроля), места отбора проб (высотное и плановое положение точек контроля), объемы проб грунта, которые устанавливаются действующими нормативными документами или специально разрабатываются применительно к условиям конкретного строительства и регламентируются техническими условиями (ТУ) строительства плотин.

Служба геотехнического контроля организуется строительной организацией к началу земляных работ и действует на протяжении всего периода строительства вплоть до полного окончания работ. Виды контроля подразделяются на несколько групп: в

зависимости от места и времени контроля в технологическом процессе строительства (входной контроль, операционный контроль), в зависимости от охвата контролируемых параметров (сплошной контроль, выборочный контроль), в зависимости от периодичности контроля (непрерывный контроль, периодический контроль и др.), в зависимости от методов контроля (измерительный контроль, визуальный контроль, регистрационный контроль).

При строительстве грунтовых плотин в сложных климатических условиях параллельно с ведением геотехконтроля проводятся наблюдения за температурой воздуха и температурой грунта, укладываемого в сооружение, атмосферными осадками, скоростью воды и т. п.

Контроль за возведением грунтовых сооружений проводится геотехнической лабораторией. Перед возведением грунтовых сооружений геотехническая лаборатория проводит контрольные определения состава и характеристик грунтов в карьерах и сопоставляет эти данные с проектными, после чего выдает заключение о пригодности карьеров к использованию. При этом определяются следующие характеристики: для песчаных и глинистых грунтов – гранулометрический состав, плотность частиц грунта, предел текучести и раскатывания (для глинистых грунтов), влажность грунта, оптимальная плотность, компрессионные характеристики, коэффициент трения и удельное сцепление, коэффициент фильтрации; для крупнообломочных грунтов – предел прочности на одноосное сжатие, зерновой состав, содержание лещатки и содержание мелкозема, коэффициент размягчения камня при насыщении его водой, коэффициент разрыхления (как отношение плотности грунта в карьере к плотности грунта, уложенного в плотину), морозостойкость и водопоглощение. При возведении намывных плотин устанавливается соответствие карьерных грунтов проектным данным. При этом определяются: для песчаных, гравийных – наличие водорастворимых солей, а для пылеватых и глинистых грунтов – влажность, число пластичности, содержание органических включений и водорастворимых солей.

Укладке грунтов в плотину предшествуют работы по подготовке основания. Подготовка основания производится в соответствии с проектом производства работ и дополнительными условиями, которые могут возникать после вскрытия котлована. Качество грунтов основания определяется лабораторными исследованиями проб грунта, взятых из основания. Отбор проб производится из специальных шурфов, глубина которых зависит от геологического строения основания. У взятых проб определяются те же характеристики, которые указаны выше в отношении карьерных грунтов. Кроме обычных проб грунта геологической лабораторией отбираются большие монолиты для определения плотности грунта. При оценке качества грунта нескального основания особое внимание уделяется наличию в нем суффозионных грунтов, глинистых грунтов, в которых при нагружении может развиваться поровое давление, и наличию тонких прослоек слабых глинистых грунтов с пониженными прочностными характеристиками. При оценке качества скального основания особое внимание обращается на влияние в нем трещин разного порядка, ослабленных зон, зон сбросов и сдвигов и др.

Контроль качества возводимого сооружения устанавливается путем отбора и исследования характеристик уложенного грунта. Контрольные пробы отбираются равномерно по всему сооружению. Их количество зависит от класса сооружения, типа грунта, объема работ и т.п. Вместо отбора проб применяются также полевые методы определения характеристик, например, геофизические методы, зондирование, испытание лопаственными приборами.

Кроме лабораторных опытов проводятся и полевые исследования грунтов, особенно в тех случаях, когда затруднен отбор образцов или есть необходимость в определении

осредненных характеристик. В частности, при определении водопроницаемости грунтов используются способы наливков в шурфы или откачек, при определении деформируемости грунтов - метод штамповых испытаний на поверхности грунта или шурфах, при определении прочности грунтов - метод сдвига (среза) отсыпок и целиков, а также динамическое и статическое зондирование.

5. Централизованные обследования технического состояния гидротехнических сооружений [67].

Оценка надежного состояния ГТС должна проводиться систематически, начиная с проекта, в ходе строительства и далее в процессе эксплуатации. **Большое значение в этом процессе придается регулярным обследованиям ГТС, выполняемые эксплуатирующими организациями, специализированными проектными и научно-исследовательскими организациями, отдельными специалистами-экспертами, а также проверке состояния сооружений органами надзора.**

Всю систему обследований и проверок ГТС в зависимости от их целей, задач и сроков можно подразделить на:

- **осмотры** силами эксплуатирующей организации при подготовке сооружений к пропуску паводков, после прохождения паводков, при подготовке к осенне-зимнему периоду;
- **осмотры и обследования** после землетрясений и пропуска высоких паводков;
- **локальные обследования и исследования** силами привлекаемых эксплуатирующей организацией специалистов научно-исследовательских институтов (НИИ), проектных организаций по выявлению причин появления конкретных дефектов в работе сооружений с целью разработки технологий их ремонта и уточнения режимов эксплуатации;
- **инспекционные проверки состояния сооружений** органами надзора за безопасностью ГТС;
- **централизованные обследования** комиссиями специалистов, организуемые отраслевым министерством и ведомством, как правило, не реже одного раза в 5 лет.

Рекомендуется использовать понятия, приведенные в п. 2 Главы II настоящей книги.

Целью централизованных обследований ГТС являются:

- оценка безопасности состояния и технической надежности ГТС на основе имеющейся документации, в том числе по проведенным ранее исследованиям, визуального осмотра и, при необходимости, проведения специальных натуральных и лабораторных исследований;
- оценка достаточности принимаемых эксплуатационным персоналом мер по повышению уровня безопасности ГТС.

Основными задачами централизованных обследований являются:

- проверка технического состояния ГТС и организация эксплуатационного контроля и надзора за ними;
- выявление отклонений от проектных решений, повреждений, дефектов конструкций сооружений, изменений физико-механических свойств материалов сооружений, которые могут стать причиной аварий;
- определение достаточности запаса прочности и устойчивости ГТС в целом и их отдельных элементов с учетом их состояния в период проверки, исходя из действующих нормативов;
- установление фактического состояния и достаточности для выполнения эффективных наблюдений КИА, установленной на объекте, регулярности ведущихся по ней наблюдений, обработки и анализа материалов наблюдений;
- проверка состояния технической документации.

Объектами централизованных обследований ГТС являются: плотины, здания гидроэлектростанций, водосбросные, водоспускные, водопропускные и водовыпускные сооружения, туннели, каналы, коллектора, насосные станции, сооружения, предназначенные для защиты от паводка и разрушений берегов водохранилищ, берегов и дна русел рек и каналов, сооружений (дамб), ограждающих хранилища жидких отходов промышленных и сельскохозяйственных организаций.

Централизованные обследования ГТС являются обязательными для исполнения всеми министерствами и ведомствами и распространяются на ГТС I, II и III классов, находящихся на их балансе.

В случае, если оценка работоспособности ГТС не может быть дана только по данным их обследования, рассматривается необходимость проведения испытания сооружений или их отдельных конструктивных элементов.

Работы по обследованию необходимо выполнить с соблюдением правил охраны труда и техники безопасности.

5.1. Порядок организации обследования гидротехнических сооружений.

Централизованные обследования проводятся комиссиями экспертов, создаваемыми приказами отраслевых министерств и ведомств, по заранее составленным и утвержденным ими же правилам.

В состав комиссии для централизованного обследования ГТС входят представители органов надзора, руководства эксплуатирующей ГТС организации и генеральной проектной организации, а также другие. Состав комиссии подбирается так, чтобы в нее входили специалисты по бетонным, железобетонным конструкциям и сооружениям, грунтовым сооружениям, строительным материалам и технологии бетонных и цементационных работ, инженерной геологии и механике грунтов, натурным исследованиям и диагностике сооружений, гидравлике сооружений и нижних бьефов, по механическому оборудованию, а также другие необходимые специалисты в зависимости от конструкции и назначения ГТС.

В отдельных случаях при обследовании особо важных объектов по согласованию с органами МЧС в состав комиссии могут включаться их представители.

Эксплуатирующая организация составляет справку о техническом состоянии обследуемого объекта, которая предъявляется комиссии перед началом её работы на объекте.

На основании результатов обследования составляется акт централизованного обследования по форме согласно приложению № 13, рекомендации по его дальнейшей эксплуатации и конкретные мероприятия по обеспечению надежности технического состояния и безопасности ГТС со сроками их исполнения.

5.2. Сроки и периодичность обследования.

Периодичность обследования ГТС устанавливается не реже одного раза в 5 лет, но не более чем за 1 год до составления и обновления деклараций безопасности.

Внеочередному обследованию подлежат объекты, подвергающиеся чрезвычайным воздействиям (землетрясения, паводки с расходом на уровне максимальных расчетных и другие) или вызывающие обоснованные сомнения в их надежности и безопасности из-за больших просадок-провалов в грунтовых сооружениях и основаниях, подмывов или размывов сооружений и оснований, вывалов пород в туннелях и других явлений. В таких случаях обследование сооружений проводится не позднее, чем через 1-2 недели после чрезвычайного события, по инициативе эксплуатирующей организации.

5.3. Работа комиссии по обследованию ГТС предусматривает следующее:

5.3.1. Проверка наличия, состояния и качества ведения технической документации:

- утвержденной проектной документации (чертежи, пояснительная записка и т.д.) со всеми в них изменениями, в том числе проект эксплуатации ГТС и установки на них КИА;

- актов государственных и рабочих приемочных комиссий со всеми актами на скрытые работы по сооружениям и их элементам, исполнительными чертежами, в том числе по КИА;

- журналов авторского надзора (периода строительства);

- технических паспортов ГТС, служебных обязанностей эксплуатационного персонала;

- актов отвода земельных участков;

- правил эксплуатации ГТС (для водохранилищ – согласованные с другими водопользователями и водопотребителями), инструкций по эксплуатации ГТС и его механического оборудования, инструкций по эксплуатации КИА;

- журналов визуальных и инструментальных наблюдений за ГТС и их отдельными элементами;

- материалов обработки и анализа данных наблюдений за ГТС, отчетных материалов о натуральных и производственных исследованиях и наладочных работах, проведенных привлеченными организациями и собственными силами, фактических продольных и поперечных профилей каналов, коллекторов;

- технических отчетов периода эксплуатации;

- актов специализированных и плановых комиссий по обследованию ГТС и их элементов;

- предписаний органов надзора;

- диспетчерских графиков, графиков водоподачи и водораспределения, журналов учета воды и других документов;

- законов, регулирующих безопасность ГТС, правительственных документов, приказов и инструкций вышестоящих организаций по обеспечению надежности и безопасной работы ГТС.

5.3.2. Проверка оснащенности ГТС средствами измерений:

- соответствия оснащенности ГТС КИА требованиям проекта, своевременности их установки, сохранности и исправности;

- наличия и надежности работы средств и систем автоматизированного контроля по сбору и обработке результатов измерений и управления.

5.3.3. Организация надзора за ГТС.

Проверяется:

- производственная структура эксплуатационных подразделений и организаций, осуществляющих контроль за ГТС и механическим оборудованием, численный состав и квалификация персонала, осуществляющего эксплуатацию и контроль за работой ГТС;

- выполнение требований руководящей документации и указаний в части объемов и сроков проведения мероприятий по контролю за ГТС и их отдельными элементами.

5.3.4. Проверка технического состояния ГТС.

Проверяется:

- достаточность суммарной пропускной способности водопропускных сооружений гидроузла для пропуска максимального расчетного расхода;

- соответствие фактического превышения гребня сооружений над нормальным подпертым уровнем требованиям строительных норм и правил (СНиП) и проекта;

- соответствие фактических значений основных показателей состояния и работы ГТС заданным предельным или расчетным значениям.

К основным показателям технического состояния и работы ГТС относятся осадки, горизонтальные перемещения, напряжения, деформации, фильтрационный режим,

максимальные горизонты бьефов, фактическая пропускная способность водопропускных сооружений.

Производится:

- осмотр сооружений;
- контрольные измерения и инструментальная съемка (в случае необходимости).

В зависимости от состояния сооружения могут также выполняться дополнительные виды работ, например:

- контроль качества с помощью неразрушающих методов;
- местные вскрытия арматуры в железобетонных элементах (для выявления состояния арматуры);
- изъятия образцов материалов для выполнения лабораторных испытаний.

Обнаруженные при обследовании дефекты и повреждения конструкций оцениваются с точки зрения их влияния на несущую способность, долговечность, эксплуатационные качества сооружения.

5.3.5. Проверка выполнения плановых мероприятий и ранее выданных предписаний по ремонту и реконструкции, а также по обеспечению надежности технического состояния и безопасности работы ГТС.

Проверяется:

- наличие утвержденного вышестоящей организацией плана мероприятий по ремонту и реконструкции ГТС, достаточность в нем планируемых мероприятий для надежности и безопасной эксплуатации ГТС, достаточность объема и своевременность их выполнения;
- учет ранее выданных предписаний, сведения о принятых мерах и их выполнении;
- качества произведенных ремонтов и их организация.

5.3.6. Проверка наличия и порядок использования списания и восстановления аварийных запасов материалов, инструментов и оборудования.

Проверяется:

- наличие Положения об аварийном запасе материалов, инструментов и оборудования ГТС;
- достаточность их объемов и соответствие Положению;
- их наличие, сроки хранения, годность, доступность погрузки и транспортировки при авариях.

5.3.7. Проверка наличия локальных систем оповещения при аварийных ситуациях на ГТС и готовность объекта к локализации, и ликвидации опасных повреждений.

5.4. Оценка безопасности состояния и технической надежности ГТС. Оценка безопасности обследуемых сооружений является главной задачей и итоговым результатом работы комиссии, которая фиксируется в акте обследования.

Оценка безопасности каждого конкретного сооружения, гидроузла осуществляется путем сопоставления имеющих место на момент обследования значений контролируемых показателей с принятыми в проекте.

Значения контролируемых показателей, определяющих прочность, устойчивость, водонепроницаемость и пропускную способность сооружений, а также его долговечность сопоставляются с соответствующими нормативными критериями безопасности для отдельных видов ГТС. При этом принимаются во внимание и учитываются закономерности и тенденции изменения значений контролируемых параметров системы «сооружение – основание», за которыми ведутся наблюдения в ходе эксплуатации, прямо или косвенно характеризующие состояние сооружения или происходящие в нем процессы.

Значения контролируемых параметров, установленные в результате натуральных наблюдений и исследований, сопоставляются с ПДЗ. Номенклатура и ПДЗ

контролируемых показателей состояния конкретного сооружения устанавливаются в проекте и уточняются в процессе эксплуатации объекта проектной организацией с привлечением научно-исследовательских организаций.

Расчеты по проверке соответствия сооружения требованиям нормативных документов выполняются заблаговременно организациями, эксплуатирующими ГТС, или по их заданию проектной или научно-исследовательскими организациями.

Комиссия, проводящая обследование, проверяет правильность выбора исходных данных, методики расчетов и нормативных критериев безопасности и, сопоставляя значения контролируемых показателей, дает оценку безопасности ГТС, как сооружение находящееся в **«Работоспособном (нормальном) состоянии», «Частично неработоспособном (потенциально опасном) состоянии», «Неработоспособном (предаварийном) состоянии»**, при этом оценка технического состояния и работы сооружений производится путем всестороннего анализа данных, полученных при обследовании.

После обследования ГТС комиссия делает выводы по организации его эксплуатации, где отмечается технический уровень организации; соответствие организационной структуры задачам обеспечения безопасности ГТС, требованиям нормативно-технической и правовой документации, в т.ч. требованиям закона о безопасности ГТС; достаточность принимаемых мер по повышению безопасности сооружений, квалификацию кадров, их достаточность для обеспечения безопасной эксплуатации ГТС.

5.5. Рекомендации комиссии.

Рекомендации комиссии являются одним из основных результатов обследования, который включает в себя организационные и технические вопросы эксплуатации.

Рекомендации могут носить конкретный характер с перечнем мероприятий и указанием сроков их выполнения, перспективный рекомендательный характер, если это касается недостаточно изученных вопросов, по которым у членов комиссии нет сложившегося мнения, либо требуются дополнительные исследования.

5.6. Оформление акта обследования.

Результаты обследования ГТС оформляются комиссией в форме акта обследования, который подписывается всеми членами комиссии и направляется в вышестоящие министерства и ведомства по принадлежности ГТС, а затем утверждается руководителями этих организаций и рассылается всем организациям-участникам обследования (в том числе эксплуатирующей организации) для реализации включенных в него рекомендаций и контроля (Приложение № 14).

5.7. По результатам обследования объекта эксплуатирующая ГТС организация разрабатывает и выполняет организационные и технические мероприятия, направленные на устранение выявленных дефектов и повреждений сооружений, повышения уровня контроля за их состоянием, повышения эксплуатационной надежности и безопасности сооружений, экземпляры которых для контроля передаются органам надзора и заинтересованным министерствам и ведомствам.

6. Орган надзора за надежностью технического состояния и безопасностью гидротехнических сооружений [20].

Как правило, законодательными и подзаконными актами на органы надзора возлагаются обеспечения системных работ по контролю и надзору за техническим состоянием и безопасностью ГТС. В данную систему наряду с другими задачами входят:

- обеспечение инспекционных работ,
- контроль за соблюдением правил безопасности ГТС,

- согласование использования территорий ГТС, русел рек и прилегающих к ним территорий ниже и выше плотины для осуществления хозяйственной или иной деятельности т.д.

Инспекционные работы проводятся ежегодно по отдельно составленному плану. В осуществлении этой задачи важно придерживаться заранее определенной методики. Таким методом может служить примерный перечень вопросов инспекционной проверки технического состояния и безопасной работы согласно Приложению № 15.

Правила безопасности ГТС, как обязательные меры, условия и требования, соблюдаемые при проектировании, строительстве, вводе в эксплуатацию, эксплуатации, ремонте, реконструкции, восстановлении, консервации, выводе из эксплуатации и ликвидации ГТС, устанавливаемые в нормативно-правовых и (или) нормативно-технических актах, регулируемые, как правило, законодательством, являются основополагающим нормативным документом. В Приложении № 16 представлены, как один из вариантов, правила безопасности ГТС.

Для установления порядка проведения проверок использования территорий ГТС, русел рек и прилегающих к ним территорий ниже и выше плотины для осуществления хозяйственной или иной деятельности необходимо разработать методические рекомендации. В Приложении № 17 представлены Методические рекомендации по использованию территорий гидротехнических сооружений, русел рек и прилегающих к ним территорий ниже и выше плотины для осуществления хозяйственной деятельности.

Органы надзора обеспечивают реализацию возложенных на них задач на местах через территориальные подразделения или инспекторов. В Приложении № 18 в качестве примера представляется Положение о территориальном инспекторе органа надзора за безопасностью гидротехнических сооружений.