



Учебный курс «По рациональному использованию водных ресурсов, безопасности гидротехнических сооружений и трансграничному водному сотрудничеству»

*Тренинг для преподавателей университетов и институтов по водной дипломатии и международному водному праву и рациональному использованию водных ресурсов.
2024 г.*

Георгий Куртовезов, зав. лабораторией гидротехники и водопользования института «Туркменсувылымтаслама»

Учебный курс «Безопасность гидротехнических сооружений»

Тематический кейс 2. Тема: «Показатели безопасности ГТС, возможные разрушения и предупреждение аварийных ситуаций»

Содержание

1. Методы определения показателей критериев безопасности гидротехнических сооружений.
2. Сценарии возникновения аварийных ситуаций.
3. Особенности разрушения гидротехнических сооружений, определение границ зоны затопления.
4. Декларации безопасности гидротехнических сооружений.
5. Кадастр и Регистр ГТС.
6. Общие положения предупреждения аварий на гидротехнических сооружениях.
7. Создание и использование аварийных материально-технических резервов по обеспечению безопасной работы гидротехнических сооружений.

1. Методы определения показателей критериев безопасности гидротехнических сооружений.

Критерии безопасности ГТС – это 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.

1. Методы определения показателей критериев безопасности гидротехнических сооружений.

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;
 - на стадии ввода в эксплуатацию;
 - на стадии эксплуатации;
 - 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.

1. Методы определения показателей критериев безопасности гидротехнических сооружений.

- Если состояние сооружений отвечает проектно-нормативным требованиям безопасности, значит, оно соответствует нормальной эксплуатации;
- Если ГТС не отвечает проектно-нормативным требованиям, то имеет место потенциально опасное состояние сооружения - критерий 1 (К1) или предаварийное - критерий 2 (К2).

Для эксплуатационных ГТС необходимо различать следующие эксплуатационные состояния:
нормальное; потенциально опасное и предаварийное.

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 сооружения 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 К1 и К2, а также с прогнозируемым интервалом изменения диагностических показателей.

1. Методы определения показателей критериев безопасности гидротехнических сооружений.

Причины перехода сооружений в состояние критерия безопасности К1.

Причины перехода сооружения в состояние безопасности К1 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 К2», минуя потенциально опасное состояние «критерий К1», 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 (К1 и К2). **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 (К1) состояния сооружения в предаварийное (К2) и даже аварийное состояние.

1. Методы определения показателей критериев безопасности гидротехнических сооружений.

Методы определения показателей критериев безопасности гидротехнических сооружений

При определении критериев отметок **депресссионной поверхности фильтрационного потока** в теле грунтовых сооружений и береговых примыканиях, **пьезометрических напоров**, **градиентов напора**, **фильтрационных расходов** в теле сооружений, основании и береговых примыканиях применяют:

- **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 **K1 и K2** уточняются поверочными расчетами.

1. Методы определения показателей критериев безопасности гидротехнических сооружений.

- При определении критериев **избыточного порового давления** применяют расчеты напряженно-деформированного состояния плотин из грунтовых материалов и их конструктивных элементов.
 - Для **вертикальных перемещений (осадки)** гидросооружений и их оснований, **горизонтальных перемещений, напряжения в теле сооружений и их основаниях, контактные напряжения, углов поворота характерных сечений бетонных и ж/бетонных сооружений** применяют:
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 математическим моделям, а также на основе прогнозных статистических (регрессионных) моделей.
- Раскрытие трещин и межблочных швов** – применяют 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. **Глубина распространения трещины** по контакту бетонной плотины со скальным основанием - расчет системы плотина-основание методами теории упругости с учетом раскрытия шва по контакту, определение предельной глубины распространения.

1. Методы определения показателей критериев безопасности гидротехнических сооружений.

- При определении критериев взаимного смещения секций по швам бетонных и ж/бетонных сооружений - применяют определение допустимого взаимного смещения секций по швам относительно друг друга из условия сохранения герметичности шпонок.
- Температура фильтрующей воды в теле грунтовых сооружений - численные методы теории теплопроводности.
- Глубина размыва дна отводящего канала - 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 дна отводящего канала ниже рисбермы на стадии эксплуатации принимаются равными значениям, определенным на стадии проекта.

- Параметры сейсмических колебаний основания и динамической реакции сооружений - расчет численными методами динамической теории сейсмостойкости.

1. Методы определения показателей критериев безопасности гидротехнических сооружений.

- В период временной и первый пятилетний период постоянной эксплуатации, используя результаты натуральных наблюдений и оценки фактической пропускной способности водопропускных сооружений, устанавливаются статистические зависимости между контролируемыми показателями и факторами, формируется перечень диагностических показателей, определяются критериальные значения показателей, которые затем включаются в декларацию безопасности ГТС и утверждаются в установленном порядке.
- Разработанные и утвержденные таким образом критерии безопасности К1 и К2 в период дальнейшей эксплуатации уточняются через каждые 5 лет.
- На ГТС, которые находятся в эксплуатации длительное время, и на которых утеряны 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, определить состав диагностических показателей и их критериальные значения.

2. Сценарии возникновения аварийных ситуаций.

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

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.

По кривым обеспеченности 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 литературе [22] (Талипов Ш., Юрченко А. и др. в Приложении 6).

3. 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 литературе [22] (Талипов Ш., Юрченко А. и др. в Приложении 6).

4. 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.
- **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.

4. Декларации безопасности гидротехнических сооружений

- 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, имеется в литературе [22] (Талипов Ш., Юрченко А. и др. в Приложении 7).

4. Декларации безопасности гидротехнических сооружений

Декларация безопасности включает:

- Список разработчиков декларации
- Оглавление
- Общая информация
- Общие сведения о ГТС
- Описание ГТС и его месторасположения с ситуационным планом
- Общие меры по обеспечению эксплуатационной надежности и безопасности ГТС
- Страховые данные
- Анализ безопасности ГТС
- Сведения о выполненных работах по обеспечению надежности и безопасности ГТС
- Выводы
- Обеспечение готовности ГТС к локализации и ликвидации опасных повреждений и аварийных ситуаций
- Информирование общественности
- Заключение
- Приложения

4. Декларации безопасности гидротехнических сооружений

Приложения к декларации:

- справка о состоянии ГТС с актом обследования;
- схема размещения сооружений с прилегающей территорией, попадающей в зону затопления;
- схема каскада ГТС, расположенного на реке;
- линейная схема каналов;
- характерные продольные профили и поперечные сечения по основным ГТС;
- схема размещения КИА, схема АСУ и система раннего предупреждения и оповещения;
- инженерно-технические и организационные мероприятия, направленные на обеспечение безопасности ГТС.

5. Кадастр и Регистр ГТС

- **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.
- **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).
- Определенные различия в содержаниях Кадастра и Регистра ГТС можно увидеть на примере представленных в **литературе [22] (Талипов Ш., Юрченко А. и др. Приложение 8)**.

6. 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. 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.

6. Общие положения предупреждения аварий на гидротехнических сооружениях

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.

6. Общие положения предупреждения аварий на гидротехнических сооружениях

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.

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.

6. Общие положения предупреждения аварий на гидротехнических сооружениях

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.

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

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 литературы [22] (Талипов Ш., Юрченко А. и др. 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.

7. Создание и использование аварийных материально-технических резервов по обеспечению безопасной работы гидротехнических сооружений

Аварийный запас материалов, инструментов и оборудования 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.

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.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

РЕГИОНАЛЬНАЯ ПРОГРАММА USAID ПО ВОДНЫМ
РЕСУРСАМ И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ

РУКОВОДИТЕЛЬ ЕКАТЕРИНА СТРИКЕЛЕВА

ПРОСПЕКТ ДОСТЫК 210Б, БЦ КОКТЕМ ГРАНД, 6
ЭТАЖ, АЛМАТЫ 050051, КАЗАХСТАН



ДИСКЛЕЙМЕР: Данный материал подготовлен благодаря поддержке американского народа через Агентство США по международному развитию (USAID). Содержание данной презентации является исключительной ответственностью компании Tetra Tech ES, Inc. и не обязательно отражает точку зрения USAID или правительства США.