



# 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 3. Тема: «Обеспечение безопасности при разработке проектов, строительстве и в период эксплуатации гидротехнических сооружений (ГТС)».

### Содержание

1. Обеспечение безопасности ГТС при разработке рабочих проектов.
2. Обеспечение безопасности ГТС в период строительства.
3. Обеспечение безопасности ГТС в период эксплуатации.
4. Натурные наблюдения и оценка надёжности технического состояния ГТС в эксплуатационный период.
5. Общие сведения по обеспечению контроля за безопасностью ГТС.
6. Орган надзора за надёжностью технического состояния и безопасностью гидротехнических сооружений .



## 1. Обеспечение безопасности ГТС при разработке рабочих проектов.

### 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 общегражданских норм, государственных стандартов и других нормативных документов по изысканиям и исследованиям в строительстве.

## 1. Обеспечение безопасности ГТС при разработке рабочих проектов.

### Инженерные изыскания при проектировании

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

# 1. Обеспечение безопасности ГТС при разработке рабочих проектов.

## Необходимые материалы инженерных изысканий при проектировании:

- схема изученности бассейна, гидрографические характеристики водоисточника;
- 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%). максимальные скорости ветра по месяцам и разным направлениям.
- испарение с водной поверхности по месяцам года (мм/мес.);
- годовой сток воды и внутригодичное его распределение различной обеспеченности;
- максимальные расходы воды и гидрографы паводков различной обеспеченности;
- среднегодовой и максимальный сток взвешенных наносов;
- кривые ёмкости 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 расчётных створов, включая и зону затопления.

# 1. Обеспечение безопасности ГТС при разработке рабочих проектов.

## Инженерные изыскания

- **Геофизические исследования** проводятся в комплексе с инженерно-геологической съемкой и гидрогеологическими работами. Исследования позволяют повысить достоверность 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 прогноз возможных величин тектонических сейсмодеформаций, вероятностная оценка сейсмической опасности.

# 1. Обеспечение безопасности ГТС при разработке рабочих проектов.

## Инженерные изыскания

- Изыскания естественных минеральных материалов для строительства ГТС проводятся с целью обеспечения песком и гравием для приготовления бетона, устройства дренажей и фильтров, грунтами для возведения плотин и дамб, камнем для упорных призм насыпных плотин, откоски 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 литературе [22] (Талипов Ш., Юрченко А. и др. 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; Требования к инженерным изысканиям и норм проектирования даются в Строительных нормах Туркменистана
- СНТ 2.06.01-2001 «Гидротехнические сооружения. Основные положения проектирования»,
- СНТ 2.06.02-2001 «Гидротехнические сооружения. Водохранилища»,
- СНТ 2.06.03 – 2002 Основания гидротехнических сооружений. Нормы проектирования

## 2. Обеспечение безопасности ГТС в период строительства

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



## 2. Обеспечение безопасности ГТС в период строительства

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, 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 литературе [22] (Талипов Ш., Юрченко А. и др. в Приложении 12) более детально представлены:

- 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.

### 3. Обеспечение безопасности ГТС в период эксплуатации.

#### Обследование состояния гидротехнического сооружения

- **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 связных 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.

### 3. Обеспечение безопасности ГТС в период эксплуатации.

#### Обследование состояния гидротехнического сооружения

- **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.

### 3. Обеспечение безопасности ГТС в период эксплуатации.

#### Обследование состояния гидротехнического сооружения

- **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.



### 3. Обеспечение безопасности ГТС в период эксплуатации.

- **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.

### 3. Обеспечение безопасности ГТС в период эксплуатации.

- **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. Приоритетность восстановительных работ может быть определена по величине произведения (НхР), используя данные таблиц.

■ .

### 3. Обеспечение безопасности ГТС в период эксплуатации.

<b>Опасность</b>	<b>Балл (H)</b>
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 серьёзных последствий	1

<b>Риск</b>	<b>Степень риска (R)</b>
Неотвратимый	3
в течении 5 лет	2
в перспективе	1

<b>HxR</b>	<b>Рекомендуемые действия</b>
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

## 4. Натурные наблюдения и оценка надёжности технического состояния ГТС в эксплуатационный период

**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 надёжности ГТС в целом и отдельных ее элементов.

**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 бальности и т. п.



## 4. Натурные наблюдения и оценка надёжности технического состояния ГТС в эксплуатационный период

На всех потенциально опасных ГТС должны выполняться следующие 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 источника воды и объёмами стока гидрографов паводков;
- наблюдения за параметрами ветровых волн перед плотинами и волн в каналах;
- наблюдения за скоростью подъёма 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, средств АСУ, оценка надёжности электроснабжения ГТС.

## 4. Натурные наблюдения и оценка надёжности технического состояния ГТС в эксплуатационный период

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 профильтровавшейся воды); отсутствием осадок (просадок, трещин), наличием и характером растительности.

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

Более подробную информацию по натурным наблюдениям и оценке надёжности можно найти в литературе [22] (Талипов Ш., Юрченко А. и др. в Приложении 13).

## 5. Общие сведения по обеспечению контроля за безопасностью 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.

## 5. Общие сведения по обеспечению контроля за безопасностью ГТС

**Главной целью государственного регулирования безопасности ГТС является предупреждение аварий путём:**

- совершенствования правил и норм проектирования, строительства и безопасной эксплуатации ГТС;
- осуществления государственного надзора за выполнением правил и норм эксплуатации ГТС эксплуатирующими организациями;
- 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;
- подготовки персонала к выполнению противоаварийных мероприятий и действиям в условиях локализации и ликвидации ЧС, а также создания необходимых для этого материальных и финансовых резервов.



# Водный Кодекс Туркменистана

**Статья 12. Уполномоченный орган:** разрабатывает и утверждает правила технической эксплуатации гидротехнических сооружений; разрабатывает и осуществляет мероприятия по предотвращению и ликвидации последствий селей и наводнений, затоплений и разрушений берегов водотоков и водоёмов, защитных дамб и других гидротехнических сооружений, обеспечивает взаимодействие с другими органами государственного управления.

**Статья 80. Юридические лица, эксплуатирующие водохранилища, расположенные на них водоподпорные и водопропускные сооружения,** обязаны соблюдать режим наполнения водохранилищ и сброса воды из водохранилищ, установленный с учётом интересов всех водопользователей, находящихся в зонах влияния водохранилищ.

**Статья 81. 1. Порядок эксплуатации водохранилищ** определяется правилами, утверждаемыми уполномоченным органом для каждого водохранилища в отдельности по согласованию с уполномоченным государственным органом в области санитарно-эпидемиологического благополучия населения, уполномоченным государственным органом по охране водных биоресурсов и другими заинтересованными органами.

2. **Координация мероприятий,** обеспечивающих надлежащее техническое состояние и работу водохранилищ, а также контроль за соблюдением правил эксплуатации водохранилищ осуществляются **уполномоченным органом** в порядке, установленном законодательством Туркменистана.

3. **Эксплуатация водохранилищ, находящихся в государственной собственности,** осуществляется за счёт средств Государственного бюджета Туркменистана.

## 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. 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, рекомендации по его дальнейшей эксплуатации и конкретные мероприятия по обеспечению надежности технического состояния и безопасности ГТС со сроками их исполнения.

## Сроки и периодичность централизованного 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).

В таких случаях обследование сооружений проводится не позднее, чем через 1 -2 недели после чрезвычайного события, по инициативе эксплуатирующей организации.

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

**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**».

Результаты обследования ГТС оформляются комиссией актом, 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.

## 6. Орган надзора за надежностью технического состояния и безопасностью гидротехнических сооружений

- Как правило, законодательными и подзаконными актами на органы надзора возлагаются обеспечения системных работ по контролю и надзору за техническим состоянием и безопасностью ГТС.
- Инспекционные работы проводятся ежегодно по отдельно составленному плану.
- В осуществлении этой задачи может служить примерный перечень вопросов инспекционной проверки технического состояния и безопасной работы ГТС.
- Органы надзора обеспечивают реализацию возложенных на них задач на местах через территориальные подразделения или инспекторов.
- В качестве примера приведены основные задачи инспектора органа надзора за безопасностью гидротехнических сооружений.



## 6. Орган надзора за надежностью технического состояния и безопасностью гидротехнических сооружений

Основными задачами Инспектора является осуществление на местах надзора и контроля за:

- надежностью технического состояния и обеспечением безопасности работы крупных и особо важных водохозяйственных объектов;
- техническим перевооружением и обновлением оборудования ГТС;
- создания и использования аварийных материально-технических резервов по обеспечению безопасности работы ГТС;
- соблюдения норм и правил безопасности ГТС при их проектировании, строительстве, вводе в эксплуатацию и эксплуатации, реконструкции, ремонте, консервации, а также выводе из эксплуатации и ликвидации;
- организацией надежной охраны крупных и особо важных водохозяйственных объектов.



# 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.