

Инженерно-гидрометеорологические  
изыскания

**Тема 5.**

**Изыскания гидротехнических  
сооружений (плотин)**

Клименко Д.Е., к.г.н., доцент

Гидротехнические сооружения – сооружения, предназначенные для использования водных ресурсов или обеспечения защиты людей от разрушительных действий водной стихии.

# Виды ГТС

- Плотины (искусственные и естественные)
- Шлюзы
- Дамбы
- Оросительные системы
- Перемычки
- Запруды
- Каналы
- Туннели
- Ливневая канализация

# Плотина

Искусственное водоподпорное сооружение или природное (естественное) препятствие на пути водотока, создающее разницу уровней по руслу реки

Искусственные

Естественные

Бьеф – участок реки между двумя соседними плотинами на реке или участок канала между двумя шлюзами

Верхний

Нижний

### По месту расположения:

- Наземные(прудовые, речные, озерные, морские)
- Подземные (трубопроводы, туннели)

### По характеру и цели использования:

- Водно-энергетические
- Для водоснабжения
- Мелиоративные
- Канализационные
- Водотранспортные
- Декоративные
- Лесосплавные
- Спортивные
- Рыбохозяйственные

### По функциональному назначению:

- Водоподпорные (плотины, дамбы)
- Водопроводные (каналы, трубопроводы, шлюзы)
- Регуляционные (щиты, дамбы, берегоукрепительные)
- Водосбросные (задвижки)
- Специальные

# Ущерб от аварий на ГТС

- Прямой
  - Повреждение ГТС, зданий, авто и железных дорог, линий электропередач и связи;
  - Гибель скота и урожая;
  - Уничтожение сырья, топлива, продуктов питания;
  - Затраты на эвакуацию людей и перевозку материальных ценностей;
  - Смыв плодородного слоя почвы и занесение почвы песком, глиной, камнями.
- Косвенный
  - Затраты на приобретение и доставку продуктов питания, одежды, медикаментов и т.д.
  - Сокращение выработки промышленной и сельхозпродукции;
  - Ухудшение условий жизни местного населения;
  - Невозможность рационального использования территорий, находящейся в зоне возможного затопления

# Термины и определения

Гидротехнические сооружения: Сооружения, подвергающиеся воздействию водной среды, предназначенные для использования и охраны водных ресурсов, предотвращения негативного воздействия вод, в том числе загрязненных жидкими отходами, включая плотины, здания гидроэлектростанций (ГЭС), водосбросные, водоспускные и водовыпускные сооружения, туннели, каналы, насосные станции, судоходные шлюзы, судоподъемники, доки; сооружения, предназначенные для защиты от наводнений и разрушений берегов морей, озер и водохранилищ, берегов и дна русел рек; струенаправляющие и оградительные сооружения; сооружения (дамбы), ограждающие золошлакоотвалы и хранилища жидких отходов промышленных и сельскохозяйственных организаций; набережные, пирсы, причальные сооружения портов; сооружения систем технического водоснабжения, системы гидротранспорта отходов и стоков, подачи осветленной воды, устройства защиты от размывов на каналах, сооружения морских нефтегазопромыслов, за исключением объектов централизованных систем горячего водоснабжения, холодного водоснабжения и (или) водоотведения, предусмотренных Федеральным законом от 7 декабря 2011 г. N 416-ФЗ "О водоснабжении и водоотведении".

Гидроузел: Комплекс гидротехнических сооружений, объединенных по расположению и совместному функционированию.

Декларация безопасности гидротехнического сооружения: Документ, в котором обосновывается безопасность гидротехнического сооружения и определяются меры по обеспечению безопасности гидротехнического сооружения с учетом его класса.

Допустимый уровень риска аварии гидротехнического сооружения: Значение риска аварии гидротехнического сооружения, установленное нормативными документами.

Гидротехнические сооружения подразделяют на постоянные и временные.

К временным относятся сооружения, используемые только в период строительства и ремонта постоянных сооружений.

Постоянные гидротехнические сооружения в зависимости от их назначения подразделяют на основные и второстепенные.

К основным следует относить гидротехнические сооружения, повреждение или разрушение которых приводит к нарушению или прекращению нормальной работы электростанций; прекращению или уменьшению подачи воды для водоснабжения и орошения; затоплению и подтоплению защищаемой территории; прекращению или сокращению судоходства, деятельности речного и морского портов, судостроительных и судоремонтных предприятий; может привести к прекращению добычи или к выбросу нефти и газа из морских скважин, хранилищ, трубопроводов, загрязнению окружающей среды вредными веществами.

К второстепенным следует относить гидротехнические сооружения, разрушение или повреждение которых не влечет за собой указанных последствий.

# Влияние ГТС на окружающую среду

Необходимо производить оценку и прогнозирование:

изменений природной обстановки в результате создания водохранилищ - изменение условий существования и развития растительности, прежде всего, лесного массива, физико-химические изменения грунтового слоя на дне и берегах водохранилища и в русле нижнего бьефа, изменение воздушной и водной сред;

изменения ландшафта района строительства и его восстановления;

фильтрационных потерь воды из водохранилищ и хранилищ жидких отходов;

изменения хода руслового процесса, трансформации русла нижних бьефов, заиления и переработки берегов водохранилищ;

изменений термического и ледового режимов в бьефах, бассейнах гидроаккумулирующих и приливных электростанций, в том числе образования протяженных полыней, усиления заторно-зажорных явлений;

влияния изменений руслового, гидравлического, термического и ледового режимов водотоков и водоемов на условия нереста и воспроизводства рыб, гнездования птиц, среду обитания млекопитающих и т.д.;

влияния микроклиматических изменений в районе создания водохранилища и нижнего бьефа гидроузла - температурного режима и влажности воздуха, количества и режима ветров и осадков и т.п. на инженерно-геологические процессы и свойства пород оснований, а также на объекты инфраструктуры, социально-демографическую и природную среду;

# Обоснование надежности и безопасности гидротехнических сооружений

Для гидротехнических сооружений расчетные значения вероятностей возникновения аварий не должны превышать допустимых значений, которые приведены в таблице

Класс сооружения	Уровень риска аварии, 1/год
I	$5 \cdot 10^{-5}$
II	$5 \cdot 10^{-4}$
III	$2,5 \cdot 10^{-3}$
IV	$5 \cdot 10^{-3}$

Основные технические решения, определяющие надежность и безопасность гидротехнических сооружений I и II классов, наряду с расчетами должны обосновываться научно-исследовательскими, в том числе экспериментальными работами, результаты которых следует приводить в составе проектной документации.

# Расчетные расходы и уровни воды

При проектировании постоянных речных гидротехнических сооружений расчетные максимальные расходы воды надлежит принимать исходя из ежегодной вероятности превышения (обеспеченности), устанавливаемой в зависимости от класса сооружений для двух расчетных случаев - основного и.

При проектировании речных гидротехнических сооружений, особенно размещаемых в районах активной циклонической деятельности, рекомендуется в качестве расхода поверочного расчетного случая принимать расход, определенный по методике вероятного максимального паводка.

Расчетные случаи	Классы сооружений			
	I	II	III	IV
Основной	0,1	1,0	3,0	5,0
Поверочный	0,01*	0,1	0,5	1,0
* С учетом гарантийной поправки в соответствии с [4].				

Расчетный расход воды, подлежащий пропуску в процессе эксплуатации через постоянные водопропускные сооружения гидроузла, следует определять исходя из расчетного максимального расхода, полученного в соответствии с 8.24, с учетом трансформации его создаваемыми для данного гидротехнического сооружения или действующими водохранилищами и изменения условий формирования стока, вызванного природными причинами и хозяйственной деятельностью в бассейне реки.

Пропуск расчетного расхода воды для основного расчетного случая должен обеспечиваться, как правило, при НПУ через все эксплуатационные водопропускные сооружения гидроузла при полном их открытии.

При количестве затворов на водосбросной плотине более шести следует учитывать вероятную невозможность открытия одного затвора и исключать один пролет из расчета пропуска паводка.

Работа гидроагрегатов в период пропуска паводочных расходов должна быть обоснована при проектировании каждого конкретного гидроузла в зависимости от количества агрегатов СП 58.13330.2012 Гидротехнические сооружения. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 33-01-2003 (с Изменением N 1) гидроэлектростанции, условий ее работы в энергосистеме, вероятности аварийных ситуаций на ГЭС, а также фактического напора на ГЭС. В любом случае количество агрегатов, участвующих в пропуске расчетных расходов, должно быть не более:

Для средне- и низконапорных гидроузлов при снижении напоров на гидроагрегаты ниже допустимых по характеристикам гидротурбин или по данным завода-изготовителя пропускная способность гидротурбин в расчетах пропуска максимальных расходов воды не должна учитываться.

Пропуск поверочного расчетного расхода воды должен осуществляться при наивысшем технически и экономически обоснованном ФПУ всеми водопропускными сооружениями гидроузла, включая эксплуатационные водосбросы, гидротурбины ГЭС, водозаборные сооружения оросительных систем и систем водоснабжения, судоходные шлюзы, рыбопропускные сооружения и резервные водосбросы. При этом, учитывая кратковременность прохождения пика паводка, допускается:

уменьшение выработки электроэнергии ГЭС;

нарушение нормальной работы водозаборных сооружений, не приводящее к созданию аварийных ситуаций на объектах - потребителях воды;

повреждение резервных водосбросов, не снижающее надежности основных сооружений;

пропуск воды через водоводы замкнутого поперечного сечения при переменных режимах, не приводящий к разрушению водоводов;

размыв русла и береговых склонов в нижнем бьефе гидроузла, не угрожающий разрушением основных сооружений, селитебных территорий и территорий предприятий, при условии, что последствия размыва могут быть устранены после пропуска паводка.

Учет пропускной способности гидроагрегатов ГЭС в пропуске расхода поверочного расчетного случая осуществляют так же, как и в случае пропуска основного расчетного случая.

# Назначение расчетных максимальных расходов воды для проектируемых гидроузлов в каскаде

Расположение проектируемого гидроузла в каскаде	Класс проектируемого гидроузла выше класса существующего гидроузла	Класс проектируемого гидроузла ниже класса существующего гидроузла или равен ему
Проектируемый гидроузел расположен ниже существующего	Расходы основного и поверочного случаев принимают в соответствии с классом проектируемого гидроузла	Расходы основного и поверочного случаев принимаются равными сумме расходов основного расчетного случая существующего гидроузла и расходов боковой приточности на участке между гидроузлами для основного и поверочного случаев в соответствии с классом проектируемого гидроузла
Проектируемый гидроузел расположен выше существующего	Расходы основного и поверочного случаев принимаются в соответствии с классом проектируемого гидроузла. Пропускная способность существующего гидроузла должна быть приведена в соответствие с суммой расходов основного расчетного случая проектируемого гидроузла и расходов боковой приточности на участке между гидроузлами для основного и поверочного случаев, отвечающих классу существующего гидроузла	Расходы основного и поверочного случаев принимаются в соответствии с классом проектируемого гидроузла

# Вероятность превышения расчетных максимальных расходов воды для периода временной эксплуатации постоянных сооружений

Расчетная длительность периода временной эксплуатации постоянных сооружений $T$ , лет	Класс сооружения			
	I	II	III	IV
	Вероятность превышения, %			
1	1,0	3,0	5,0	7,0
2	0,5	3,0	5,0	7,0
5	0,2	2,0	5,0	7,0
10	0,1	1,0	3,0	5,0

При проектировании временных гидротехнических сооружений расчетные максимальные расходы воды следует принимать исходя из ежегодной вероятности превышения (обеспеченности), устанавливаемой в зависимости от класса и срока эксплуатации сооружений для основного расчетного случая.

Для малых ГЭС, не входящих в состав комплексного гидроузла, расчетные максимальные расходы воды надлежит определять в соответствии с 8.24 по основному расчетному случаю. Для пропуска расчетного расхода воды через низконапорные (до 12 м) плотины малых ГЭС, помимо устройств, допускается использование участков поймы реки, оборудованных креплениями, препятствующими подмыву основных сооружений малой ГЭС. На период паводка при соответствующем обосновании допускается прекращение выработки электроэнергии на малой ГЭС.

Для малых ГЭС в составе комплексного гидроузла режим работы следует увязывать с режимом работы всех водопропускных сооружений гидроузла.

# Постоянные гидротехнические сооружения

К основным гидротехническим сооружениям относятся:

- плотины;
- устои и подпорные стены, входящие в состав напорного фронта;
- дамбы обвалования;
- берегоукрепительные (внепортовые), регуляционные и оградительные сооружения;
- водосбросы, водоспуски и водовыпуски;
- водоприемники и водозаборные сооружения;
- каналы деривационные, судоходные, водохозяйственных и мелиоративных систем, комплексного назначения и сооружения на них (например, акведуки, дюкеры, мосты-каналы, трубы-ливнепуски и т.д.);
- туннели;
- трубопроводы;
- напорные бассейны и уравнильные резервуары;
- здания гидравлических и гидроаккумулирующих электростанций, насосных станций;
- отстойники;
- судоходные сооружения (шлюзы, судоподъемники и судоходные плотины);
- рыбопропускные сооружения, входящие в состав напорного фронта;
- гидротехнические сооружения портов (причалы, набережные, пирсы), судостроительных и судоремонтных предприятий, паромных переправ, кроме отнесенных к второстепенным;
- гидротехнические сооружения тепловых и атомных электростанций;
- гидротехнические сооружения, входящие в состав комплексов инженерной защиты населенных пунктов и предприятий;
- гидротехнические сооружения инженерной защиты сельхозугодий, территорий санитарно-защитного назначения, коммунально-складских предприятий, памятников культуры и природы;
- гидротехнические сооружения морских нефтегазопромыслов;
- гидротехнические сооружения средств навигационного оборудования;
- сооружения (дамбы), ограждающие золошлакоотвалы и хранилища жидких отходов промышленных и сельскохозяйственных организаций.

А.2 К второстепенным гидротехническим сооружениям относятся:

- ледозащитные сооружения;
- разделительные стенки;
- отдельно стоящие служебно-вспомогательные причалы;
- устои и подпорные стены, не входящие в состав напорного фронта;
- берегоукрепительные сооружения портов;
- рыбозащитные сооружения;
- сооружения лесосплава (бревнопуски, запаны, плотоходы) и другие, не перечисленные в составе основных гидротехнических сооружений.

# Перечень нагрузок и воздействий на гидротехнические сооружения, определяющих состав изысканий

При проектировании гидротехнических сооружений необходимо учитывать следующие нагрузки и воздействия:

Г.1 Постоянные и временные (длительные и кратковременные) нагрузки и воздействия:

- а) собственный вес конструкции и сооружения;
- б) вес постоянного технологического оборудования (затворов, гидроагрегатов, трансформаторов и др.), место расположения которого на сооружении не изменяется в процессе эксплуатации;
- в) давление воды непосредственно на поверхность сооружения и основания; силовое воздействие фильтрующейся воды, включающее объемные силы фильтрации и взвешивания в водонасыщенных частях сооружения и основания и противодействие на границе водонепроницаемой части сооружения при нормальном подпорном уровне и нормальной работе противофильтрационных и дренажных устройств;
- г) вес грунта и его боковое давление; горное давление; давление грунта, возникающее вследствие деформации основания и конструкции, вызываемой внешними нагрузками и температурными воздействиями;
- д) давление от намытого золошлакового, шламового и т.п. материала;
- е) давление отложившихся наносов;
- ж) нагрузки от предварительного напряжения конструкций;
- з) нагрузки, вызванные избыточным поровым давлением незавершенной консолидации в водонасыщенном грунте при нормальном подпорном уровне и нормальной работе противофильтрационных и дренажных устройств;
- и) температурные воздействия строительного и эксплуатационного периодов, определяемые для года со средней амплитудой колебания среднемесячных температур наружного воздуха;
- к) нагрузки от перегрузочных и транспортных средств и складированных грузов, а также другие нагрузки, связанные с эксплуатацией сооружения;
- л) нагрузки и воздействия от волн при расчетном шторме;
- м) нагрузки и воздействия от льда и ледяного покрова при расчетных ледовых условиях;
- н) нагрузки от судов (вес, навал, швартовные и ударные) и от плавающих тел;
- о) снеговые и ветровые нагрузки;
- п) нагрузки от подъемных и других механизмов (мостовых и подвесных кранов и т.п.);
- р) давление от гидравлического удара в период нормальной эксплуатации;
- с) динамические нагрузки при пропуске расходов по безнапорным и напорным водоводам при нормальном подпорном уровне.

Г.2 Особые нагрузки и воздействия:

- а) давление воды непосредственно на поверхности сооружения и основания; силовое воздействие фильтрующейся воды, включающее объемные силы фильтрации и взвешивания в водонасыщенных частях сооружения и основания и противодействие на границе водонепроницаемой части сооружения; нагрузки, вызванные избыточным поровым давлением незавершенной консолидации в водонасыщенном грунте, при форсированном уровне верхнего бьефа и нормальной работе противофильтрационных или дренажных устройств (взамен нагрузок подпунктов в и з пункта Г.1);
- б) температурные воздействия строительного и эксплуатационного периодов, определяемые для года с наибольшей амплитудой колебания среднемесячных температур наружного воздуха (взамен нагрузок подпункта и пункта Г.1);
- в) нагрузки и воздействия от волн для особых условий волнения (взамен нагрузки подпункта л пункта Г.1);
- г) нагрузки и воздействия от ледяного покрова при прорыве затворов и зажоров на реках и для особых ледовых условий в акваториях морей, озер и водохранилищ (взамен нагрузки подпункта м пункта Г.1);

Г.1);

- д) давление от гидравлического удара при полном сбросе нагрузки (взамен нагрузки подпункта р пункта Г.1);
  - е) динамические нагрузки при пропуске расходов по безнапорным и напорным водоводам при форсированном уровне верхнего бьефа (вместо нагрузок подпункта с пункта Г.1);
  - ж) сейсмические воздействия;
  - з) динамические нагрузки от взрывов;
  - и) гидродинамическое и взвешивающее воздействия, обусловленные цунами.
- гидротехнические сооружения портов (причалы, набережные, пирсы), судостроительных и судоремонтных предприятий, паромных переправ, кроме отнесенных к второстепенным;
- гидротехнические сооружения тепловых и атомных электростанций;
- гидротехнические сооружения, входящие в состав комплексов инженерной защиты населенных пунктов и предприятий;
- гидротехнические сооружения инженерной защиты сельхозугодий, территорий санитарно-защитного назначения, коммунально-складских предприятий, памятников культуры и природы;
- гидротехнические сооружения морских нефтегазопромыслов;
- гидротехнические сооружения средств навигационного оборудования;
- сооружения (дамбы), ограждающие золошлакоотвалы и хранилища жидких отходов промышленных и сельскохозяйственных организаций.

А.2 К второстепенным гидротехническим сооружениям относятся:

- ледозащитные сооружения;
- разделительные стенки;
- отдельно стоящие служебно-вспомогательные причалы;
- устои и подпорные стены, не входящие в состав напорного фронта;
- берегоукрепительные сооружения портов;
- рыбозащитные сооружения;
- сооружения лесосплава (бревноспуски, запаны, плотходы) и другие, не перечисленные в составе основных гидротехнических сооружений.

# Расчетные судоходные уровни воды и габариты судопропускных сооружений и водных путей

При установлении расчетных судоходных уровней воды в бьефах судоходных сооружений, а также при назначении габаритов каналов, шлюзов и пролетов судоходных плотин следует руководствоваться данными о гидрологическом режиме рассматриваемых водных объектов, габаритах расчетных судов, грузо- и судобороте, а также условиях их эксплуатации с учетом требований.

Расчетные судоходные уровни воды в бьефах судоходных сооружений и каналов, а также габариты сооружений надлежит определять в соответствии с требованиями СП 101.13330.

Для судоходных сооружений, режим уровней у которых определяется колебанием воды на прилегающих участках реки или водохранилища, расчетный наимизший судоходный уровень воды надлежит принимать с обеспеченностью, определенной по ежедневным данным за навигационный период в многолетнем разрезе.

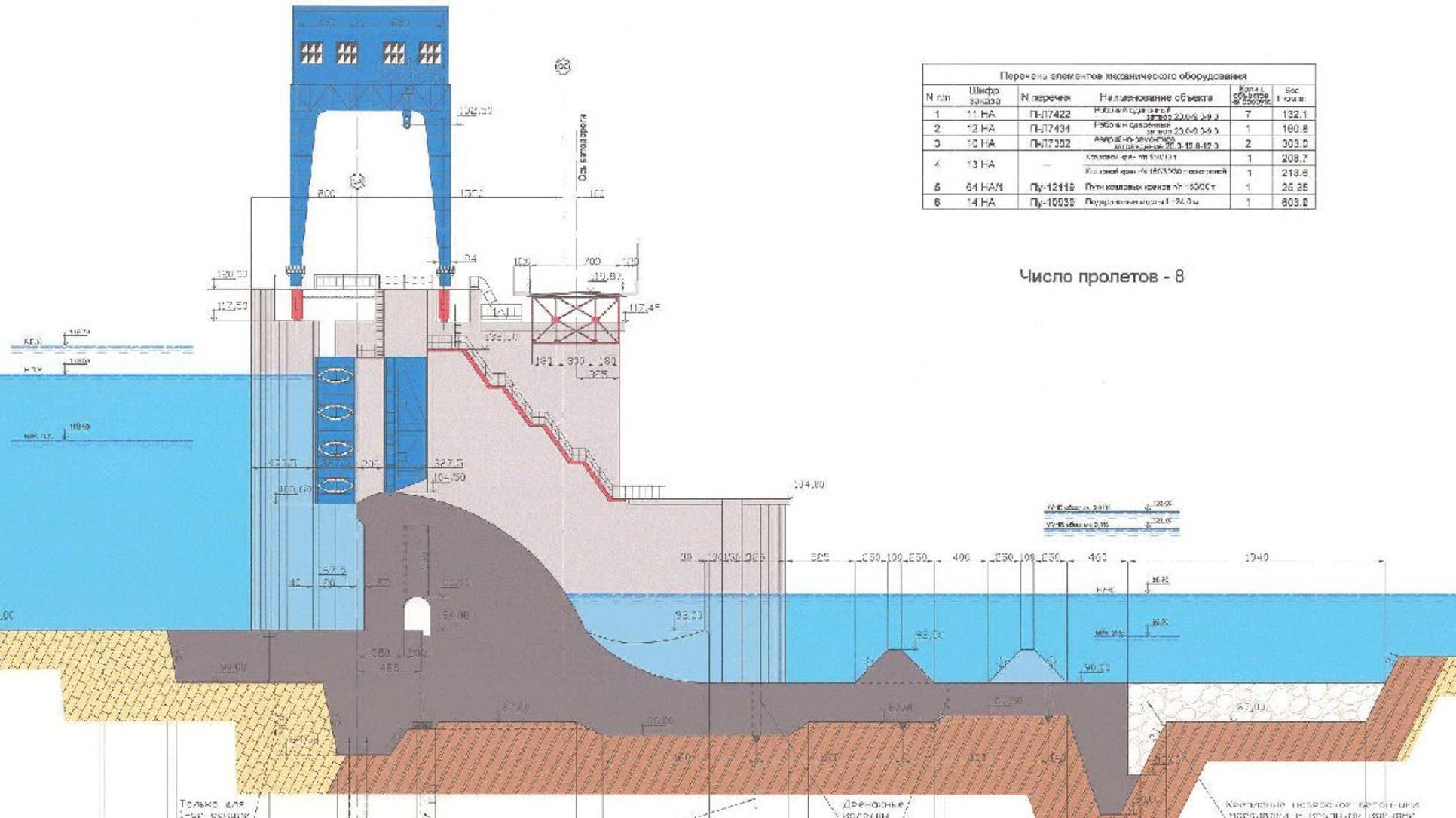
Расчетный наивысший судоходный уровень воды в бьефах судоходных сооружений, за исключением шлюзов при гидроузлах с судоходными плотинами, устанавливается по максимальным расходам воды с расчетной вероятностью превышения на основе многолетних наблюдений.

Расчетная обеспеченность для определения наимизшего судоходного уровня и вероятность превышения для наивысшего уровня в зависимости от категории водного пути приведены в таблице

# Виды ГЭС

## 1. ГЭС

### Поперечный разрез по водосливной плотине

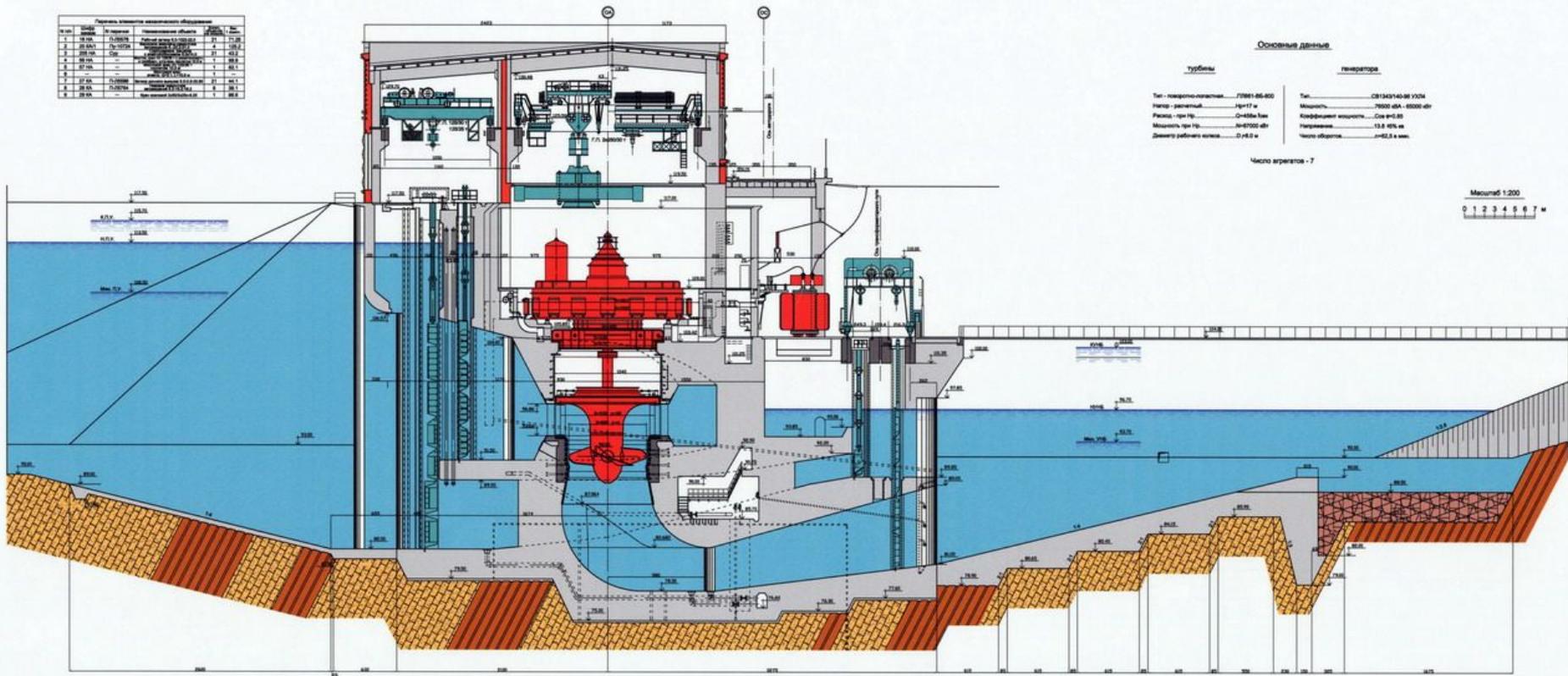


# Виды ГЭС

## 1. ГЭС

### Поперечный разрез по оси агрегата

№ п/п	№ проекта	Наименование объекта	Год
1	10/001	Алтайская ГЭС	1971
2	10/002	Бурейская ГЭС	1972
3	10/003	Камовская ГЭС	1973
4	10/004	Саяно-Шушенская ГЭС	1974
5	10/005	Саяно-Шушенская ГЭС	1975
6	10/006	Саяно-Шушенская ГЭС	1976
7	10/007	Саяно-Шушенская ГЭС	1977
8	10/008	Саяно-Шушенская ГЭС	1978
9	10/009	Саяно-Шушенская ГЭС	1979
10	10/010	Саяно-Шушенская ГЭС	1980



#### Основные данные

##### турбины

Тип - гидротурбина ГТ901-85-800  
 Радиус - расчетный ..... 17 м  
 Высота - при НР ..... 24500 мм  
 Мощность при НР ..... 47000 кВт  
 Диаметр рабочего колеса ..... 0,48 м

##### генераторы

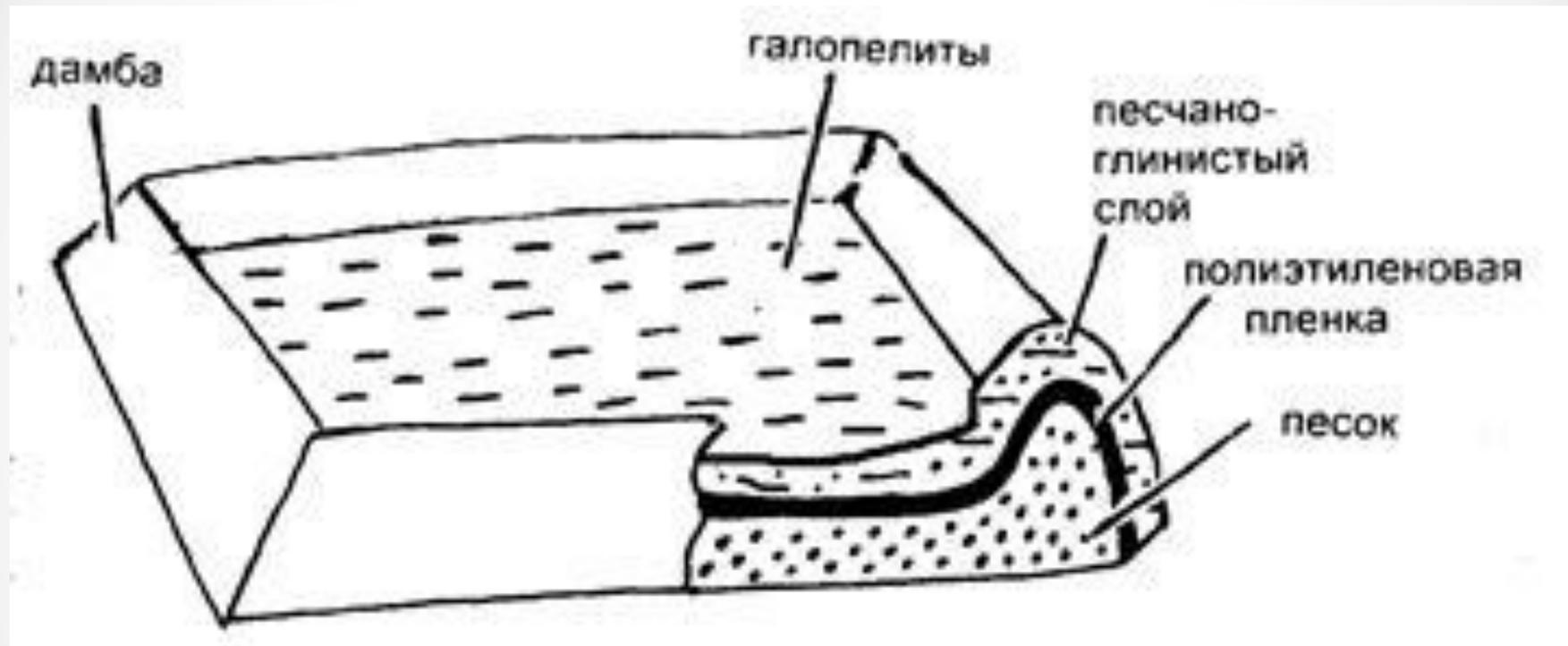
Тип ..... СБ1343140-96 У304  
 Мощность ..... 7600 кВт - 8500 кВт  
 Коэффициент мощности ..... cos φ=0,85  
 Напряжение ..... 13,8 кВ, 15 кВ  
 Число оборотов ..... 142,5 в мин.

Число агрегатов - 7

Масштаб 1:200  
 0 1 2 3 4 5 6 7 м

# Виды ГТС

## 2. Шламохранилища



# Литература

- Федеральный закон от 7 декабря 2011 г. N 416-ФЗ "О водоснабжении и водоотведении"
- Федеральный закон от 3 июня 2006 г. N 74-ФЗ "Водный кодекс Российской Федерации"
- Федеральный закон от 29 декабря 2004 г. N 190-ФЗ "Градостроительный кодекс Российской Федерации"
- СП 33-101-2003 "Определение основных расчетных гидрологических характеристик".
- Постановление Российской Федерации\* от 2 ноября 2013 г. N 986 "О классификации гидротехнических сооружений"
- СП 58.13330.2012 Гидротехнические сооружения. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 33-01-2003 (с Изменением N 1)