



ТОМСКИЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ



ИНЖЕНЕРНАЯ
ШКОЛА
ЭНЕРГЕТИКИ

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

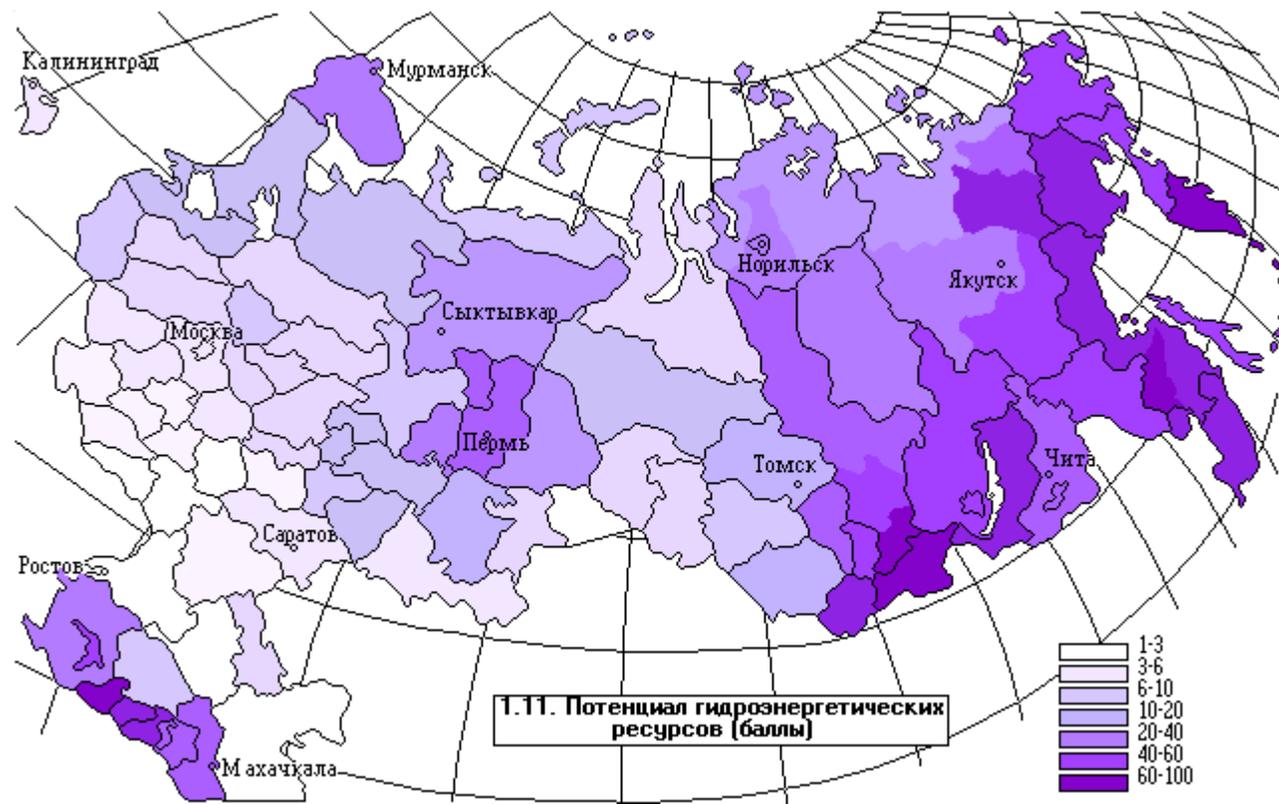
Лекция № 2

Преподаватель: Никитин Дмитрий Сергеевич
доцент ОЭЭ ИШЭ, к.т.н.

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ

ВОДНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ В РОССИИ

У России большой гидроэнергетический потенциал, что подразумевает значительные возможности развития отечественной гидроэнергетики. На территории Российской Федерации сосредоточено около 9 % мировых запасов гидроресурсов. По обеспеченности гидроэнергетическими ресурсами Россия занимает **второе место в мире**, опережая США, Бразилию, Канаду. На сегодняшний день общий теоретический гидроэнергетический потенциал России определен в 2900 млрд кВтч годовой выработки электроэнергии.



Однако освоено лишь **20 % этого потенциала**. Одним из препятствий развития гидроэнергетики является удаленность основной части потенциала, сконцентрированной в центральной и восточной Сибири и на Дальнем Востоке, от основных потребителей электроэнергии.

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ

Гидроэнергетика предоставляет системные услуги (частоту, мощность) и является ключевым элементом обеспечения системной надежности Единой энергосистемы страны, располагая более 90 % резерва регулировочной мощности. Из всех существующих типов электростанций именно ГЭС являются наиболее маневренными и способны при необходимости быстро существенно увеличить объемы выработки, покрывая пиковые нагрузки.



Красноярская ГЭС

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ

Преимущества гидроэнергии:

- 1) Выработка электроэнергии российскими ГЭС обеспечивает ежегодную экономию 50 млн т условного топлива, потенциал экономии составляет 250 млн т;
- 2) Позволяет снижать выбросы CO_2 в атмосферу до 60 млн т в год, что обеспечивает России практически неограниченный потенциал прироста мощностей энергетики в условиях жестких требований по ограничению выбросов парниковых газов.
- 3) Кроме своего прямого назначения – производства электроэнергии с использованием возобновляемых ресурсов – гидроэнергетика дополнительно решает ряд важнейших для общества и государства задач: создание систем питьевого и промышленного водоснабжения, развитие судоходства, создание ирригационных систем в интересах сельского хозяйства, рыбозаводство, регулирование стока рек, позволяющее осуществлять борьбу с паводками и наводнениям.

В настоящее время на территории России работают 102 гидроэлектростанции мощностью свыше 100 МВт. Общая установленная мощность гидроагрегатов на ГЭС в России составляет примерно 46 тыс. МВт.

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ

В ходе реформы электроэнергетики была создана федеральная гидрогенерирующая компания ОАО «ГидроОГК» (текущее название – ОАО «РусГидро»), которая объединила основную часть гидроэнергетических активов страны. Также в состав РусГидро входят **геотермальные станции** на Камчатке и высокоманевренные мощности Загорской гидроаккумулирующей электростанции (ГАЭС) в Московской области, используемые для выравнивания суточной неравномерности графика электрической нагрузки в ОЭС Центра. Перспективное развитие гидроэнергетики России связывают с освоением потенциала рек Северного Кавказа, Сибири, дальнейшим развитием гидроэнергетического комплекса в центре и на севере европейской части России, в Приволжье, строительством выравнивающих мощностей в основных потребляющих регионах (в частности, строительство ГАЭС).

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ

Крупнейшие ГЭС России

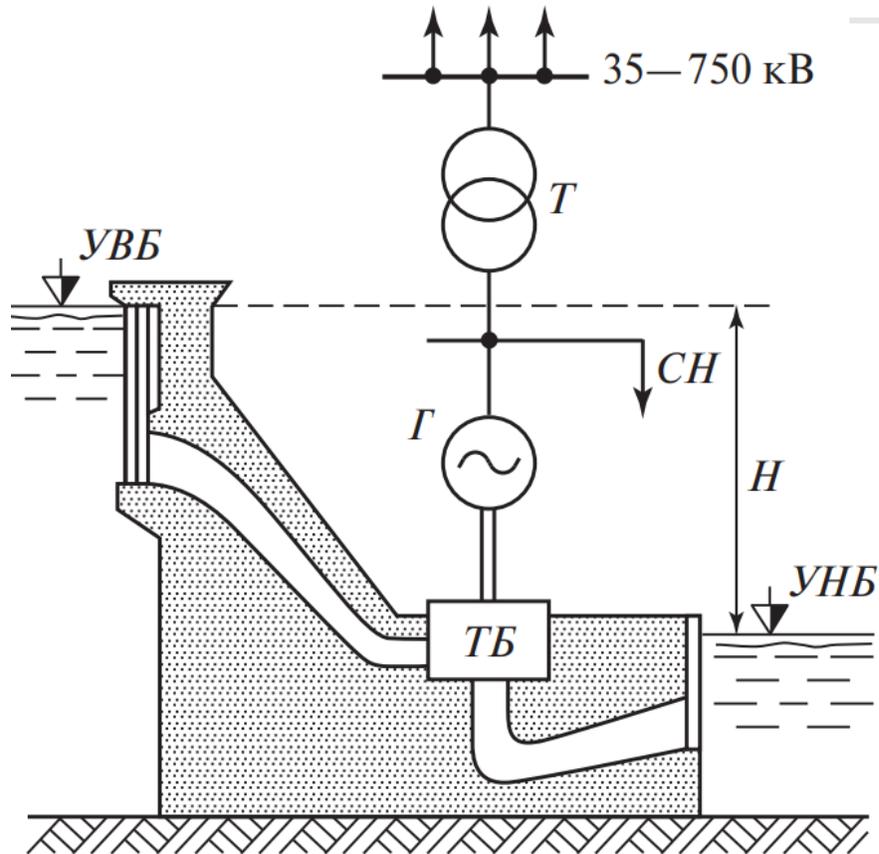
№	Название ГЭС	Установленная мощность, МВт	Собственник	Река	Регион
1	Саяно-Шушенская ГЭС	6 400	РусГидро	р. Енисей	Хакасия
2	Красноярская ГЭС	6 000	ЕвроСибЭнерго	р. Енисей	Красноярский край
3	Братская ГЭС	4 500	ЕвроСибЭнерго	р. Ангара	Иркутская область
4	Усть-Илимская ГЭС	3 840	ЕвроСибЭнерго	р. Ангара	Иркутская область
5	Богучанская ГЭС	2 997	РусГидро/РУСАЛ	р. Ангара	Красноярский край
6	Волжская ГЭС	2 734	РусГидро	р. Волга	Волгоградская область
7	Жигулёвская ГЭС	2 488	РусГидро	р. Волга	Самарская область
8	Бурейская ГЭС	2 010	РусГидро	р. Бурей	Амурская область
9	Саратовская ГЭС	1 463	РусГидро	р. Волга	Саратовская область
10	Чебоксарская ГЭС	1 370	РусГидро	р. Волга	Чувашия

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ

Крупнейшие ГЭС мира

№	Наименование	Установленная мощность (МВт)	Река	Страна
1	Три ущелья	22 500	Янцзы	Китай
2	Байхэтань	16 000	Янцзы	Китай
3	Итайпу	14 000	Парана	Бразилия
4	Силоду	13 860	Янцзы	Китай
5	Белу Монти	11 233	Шингу	Бразилия
6	Гури	10 235	Карони	Венесуэла
7	Удундэ	10 200	Янцзы	Китай
8	Тукуруи	8 370	Токантинс	Бразилия
9	Сянцзяба	7 798	Янцзы	Китай
10	Гранд-Кули	6 809	Колумбия	США
11	Лунтань	6 426	Хуншуйхэ	Китай
12	Саяно-Шушенская	6 400	Енисей	Россия

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ



Принципиальная схема ГЭС:

УВБ – уровень верхнего бьефа;

УНБ – уровень нижнего бьефа;

H – напор

Технологическая схема

Принцип работы ГЭС состоит в том, что энергия напора воды H , создаваемого разницей уровней верхнего (УВБ) и нижнего бьефа (УНБ), вращает лопасти гидротурбины $ТБ$, которая приводит в действие гидрогенератор $Г$, вырабатывающий непосредственно электроэнергию.

Мощность ГЭС зависит от расхода воды через турбину и напора H и определяется выражением (кВт):

$$P = QH\eta_{\Sigma} \frac{1000}{102} = 9,81QH\eta_{\Sigma},$$

где Q – расход воды, м³/с;

H – напор, м;

$\eta_{\Sigma} = \eta_c \eta_T \eta_G$ – суммарный КПД;

η_c – КПД водоподводящих сооружений;

η_T – КПД гидротурбины;

η_G – КПД гидрогенератора.

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ



ГЭС строятся в тех местах, где можно построить плотину и водохранилище большого объема, т. е., как правило, вдали от потребителей. ГЭС целесообразно проектировать на большую мощность, а значит, выдача электроэнергии производится на высоких и сверхвысоких напряжениях, а структура станции – блочная

Интенсивное строительство ГЭС сдерживается большими капиталовложениями, длительными сроками строительства и спецификой размещения гидроресурсов по территории страны. Но благодаря меньшим эксплуатационным расходам и КПД себестоимость электроэнергии на ГЭС в несколько раз меньше, чем на тепловых и атомных электростанциях. Увеличение установленной мощности ГЭС практически исключается, так как она проектируется по максимальному водотоку.

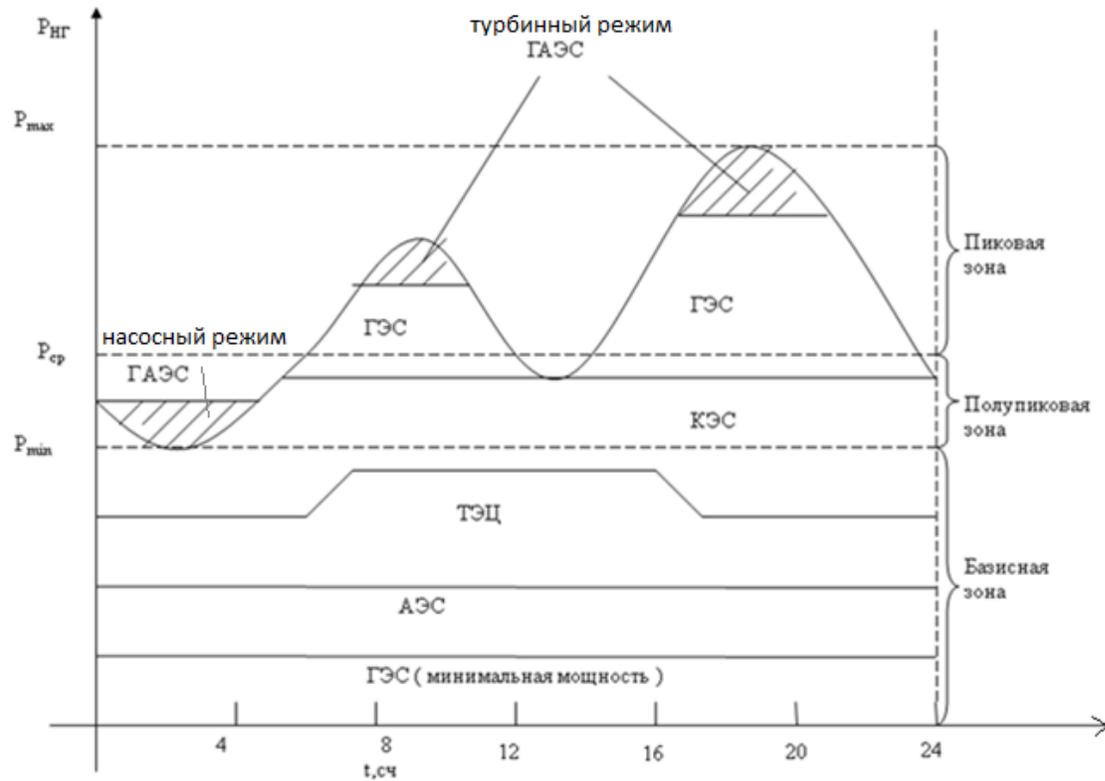
ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ

Роль ГЭС, ГАЭС в ЕЭС

заключается в выработке электроэнергии, покрытии пиков графиков нагрузки и используется в качестве резерва мощности за счет ее высокоманевренности.

Также ГЭС обеспечивает регулирование частоты тока и напряжения в ЕЭС.

Основной задачей для ГАЭС является сглаживание пиков нагрузки в дневное время, и потребление нагрузки в период провалов мощности в энергосистеме, тем самым не давая снижать мощность на ТЭС и АЭС в ночное время.



Покрывтие графиков нагрузки электростанциями

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ

Особенности ГЭС:

- строят там, где есть гидроресурсы и условия для строительства, что обычно не совпадает с месторасположением электрической нагрузки;
- большую часть вырабатываемой электроэнергии отдают в электрические сети повышенных напряжений;
- работают по свободному графику (при наличии водохранилищ);
- высокоманевренны (разворот и набор нагрузки занимает при мерно от 3 до 5 мин);
- у гидроагрегатов отсутствует технологический минимум по нагрузке, поэтому пиковые части графиков нагрузки энергосистем покрываются гидроэлектростанциями;
- имеют высокий КПД ($\eta_{\Sigma} = 85 \%$);
- высокие в сравнении с ТЭС и АЭС размеры капиталовложений и длительность строительства.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ГЭС

- эрозия береговой линии водохранилищ, переформирование берегов, дна, устьевых участков рек, впадающих в водохранилища;
- затопление пахотных земель и населенных пунктов;
- появление на акватории водохранилищ запасов плавающей древесины вследствие береговой эрозии;
- изменения уровня грунтовых вод;
- дополнительные потери воды на испарение;
- изменения качественного состава воды в водохранилище;
- изменения растительного и животного мира: сокращённые и нерегулируемые попуски воды из водохранилищ по 10-15 дней (вплоть до их отсутствия), приводят к перестройке уникальных пойменных экосистем по всему руслу рек;
- нарушения условий нерестилищ рыбы и снижение их численности;
- опасность провокации колебаний земной коры в связи с сооружением крупных плотин и водохранилищ;
- в водохранилищах ГЭС разлагается органическое вещество, что и приводит к дополнительным выбросам парникового газа метана.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ГЭС

Изменение гидрологического режима

Переработка и заболачивание
берегов верхнего бьефа

Затопление и подтопление

Изменение местного климата

Увеличение испарения

Озон

Электромагнитные
поля

Увеличение фильтрации

Увеличения давления на ложе

Изменение температурного
режима воды

Переработка берегов
нижнего бьефа



КЛАССИФИКАЦИЯ ГЭС

В зависимости от **вырабатываемой мощности**:

- мощные – вырабатывают от 25 МВт и выше;
- средние – до 25 МВт;
- малые – до 5 МВт.

В зависимости от **максимального использования напора воды**:

- высоконапорные – более 60 м;
- средненапорные – от 25 м;
- низконапорные – от 3 до 25 м.

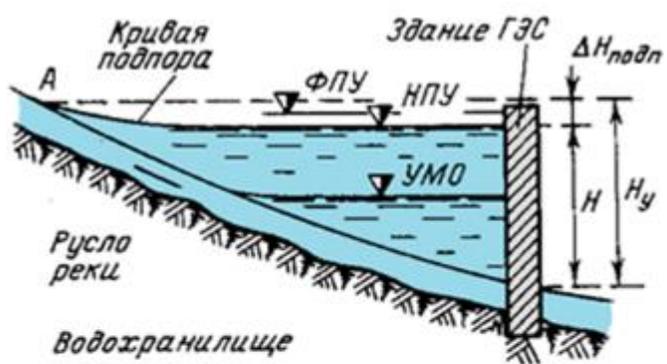
В зависимости от напора воды применяются **различные виды турбин**:

- высоконапорные – ковшовые и радиально-осевые турбины с металлическими спиральными камерами;
- средненапорные – поворотлопастные и радиально-осевые турбины;
- низконапорные – поворотлопастные турбины в железобетонных камерах.

КЛАССИФИКАЦИЯ ГЭС

В зависимости от образующегося напора воды выделяют **различные схемы использования водотока:**

- 1) **плотинные схемы:** русловой и приплотинный типы здания ГЭС,
- 2) **деривационные схемы.**



Русловые (плотинные) ГЭС

Наиболее распространённый вид ГЭС.

Напор воды в них создаётся посредством установки плотины, полностью перегораживающей реку, или поднимающей уровень воды в ней на необходимую отметку. Такие ГЭС строят на многоводных равнинных реках, а также на горных реках, в местах, где русло реки более узкое, сжатое.

В состав сооружений, кроме плотины, входят здание ГЭС и водосбросные сооружения. Здание ГЭС с размещёнными в нём гидроагрегатами служит продолжением плотины и вместе с ней создаёт напорный фронт.

Примеры: Майнская ГЭС, Волжская ГЭС.

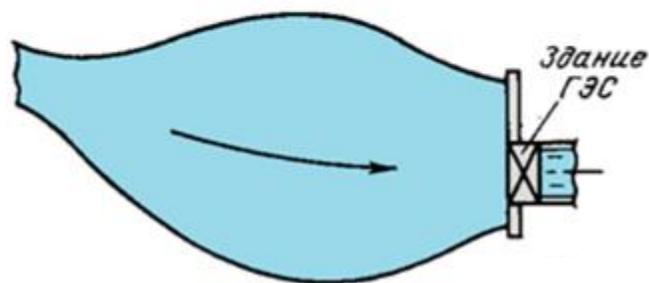


Схема русловой ГЭС

Напоры воды
до 30-40 м

КЛАССИФИКАЦИЯ ГЭС



Макет русловой ГЭС

КЛАССИФИКАЦИЯ ГЭС

В зданиях низконапорных русловых ГЭС главные повышающие трансформаторы устанавливаются обычно у стен машинного зала со стороны нижнего бьефа над отсасывающими трубами. Это обеспечивает надежную, экономичную компоновку основного оборудования и упрощает работы по кровле корпуса.



Воткинская ГЭС (р. Кама)



КЛАССИФИКАЦИЯ ГЭС

Приплотинные ГЭС

Строятся при более высоких напорах воды. В этом случае река полностью перегораживается плотиной, а само здание ГЭС располагается за плотиной, в нижней её части. Вода, в этом случае, подводится к турбинам через специальные напорные тоннели, а не непосредственно, как в русловых ГЭС.

В качестве создания напора используется, таким образом, только плотина, а машинный зал и здание ГЭС не являются водоподпорными сооружениями.

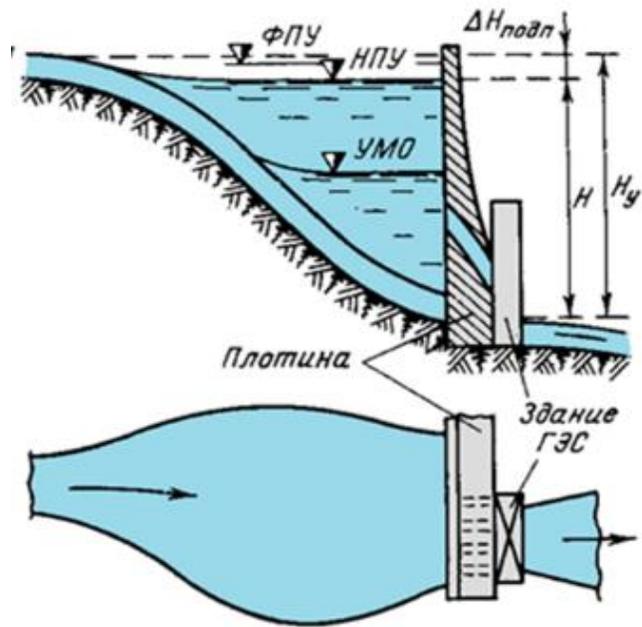
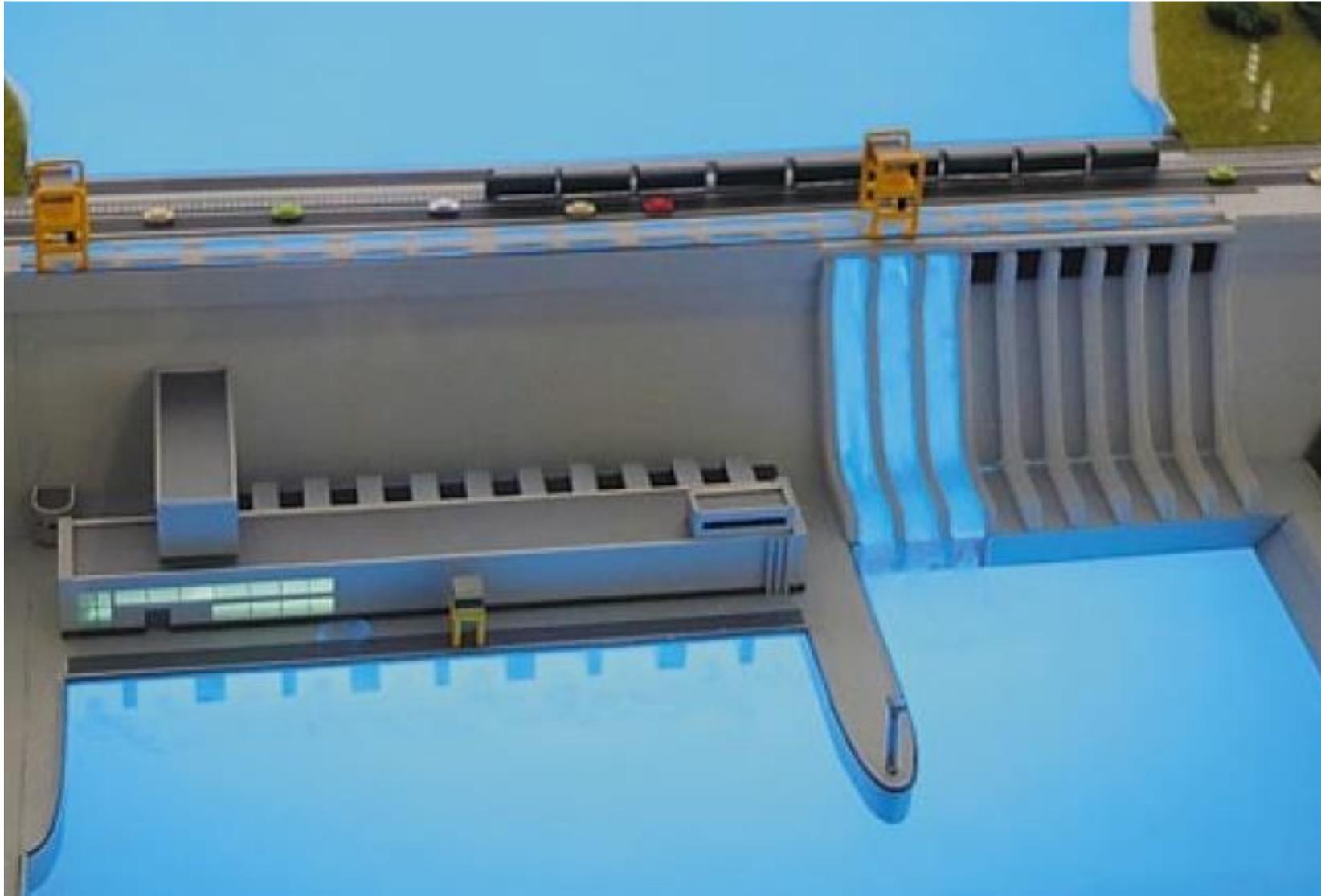


Схема приплотинной ГЭС

Примеры: Богучанская ГЭС, Саяно-Шушенская ГЭС, Братская ГЭС.

**Напоры воды
выше 40 м**

КЛАССИФИКАЦИЯ ГЭС



Макет приплотинной ГЭС

КЛАССИФИКАЦИЯ ГЭС



Красноярская ГЭС (р. Енисей)

Для приплотинных наземных зданий ГЭС, расположенных в нижнем бьефе за бетонными плотинами, характерно размещение водоприемных отверстий на верхней грани плотины и расположение трансформаторов, электрического оборудования и вспомогательных помещений в пазухе между плотиной и зданием ГЭС.

КЛАССИФИКАЦИЯ ГЭС

Деривационные ГЭС

Строятся в тех местах, где велик уклон реки. Необходимый напор воды в ГЭС такого типа создаётся посредством деривации. Вода отводится из речного русла через специальные водоотводы. Последние – спрямлены, и их уклон значительно меньший, нежели средний уклон реки.

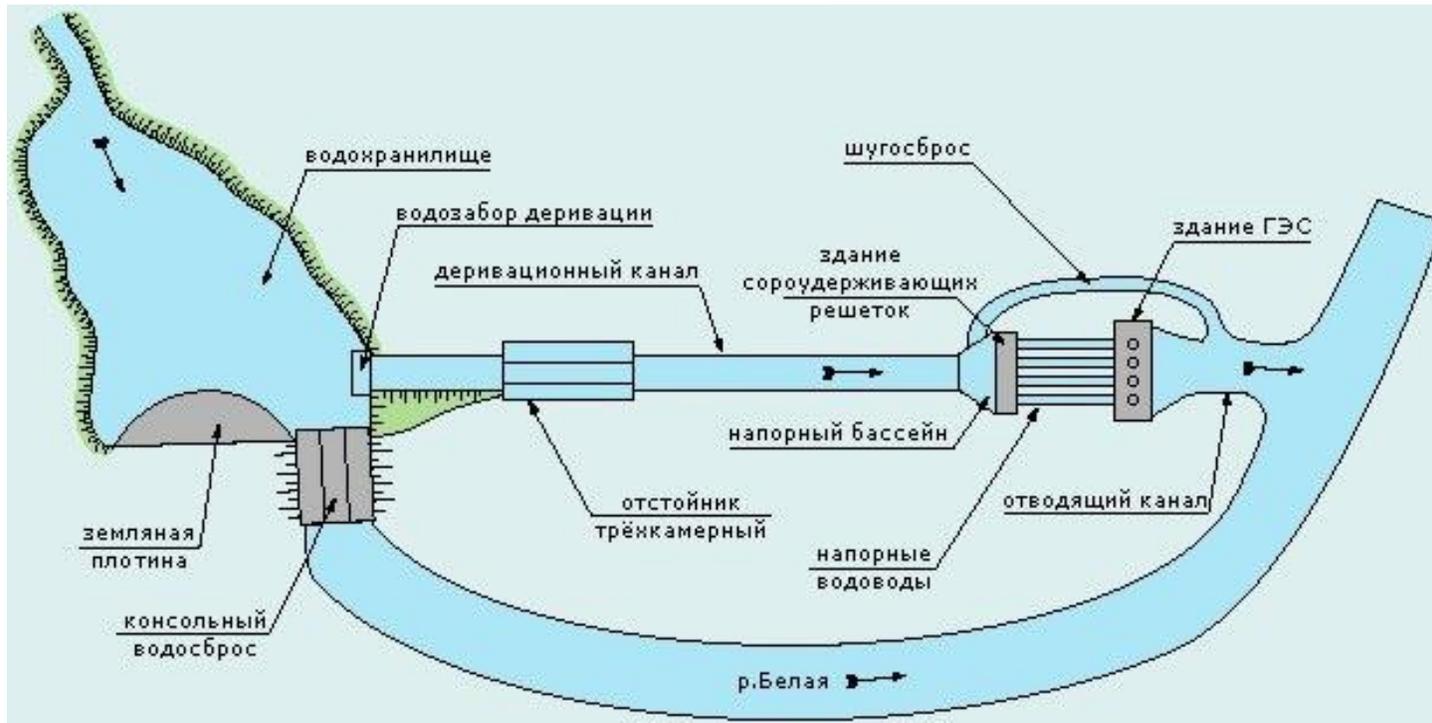


Схема деривационной ГЭС (на примере Майкопской ГЭС)

В итоге вода подводится непосредственно к зданию ГЭС. Деривационные ГЭС могут быть разного вида – с напорной деривацией или безнапорные. В первом случае, водовод прокладывается с большим продольным уклоном. Во втором случае, в начале деривации на реке создаётся более высокая плотина, и создаётся водохранилище – такая схема ещё называется смешанной деривацией.

Примеры: Кубанская ГЭС-2; Зарамагская ГЭС-1, Кашхатау ГЭС.

КЛАССИФИКАЦИЯ ГЭС



Макет деривационной ГЭС

ГИДРОАККУМУЛИРУЮЩИЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

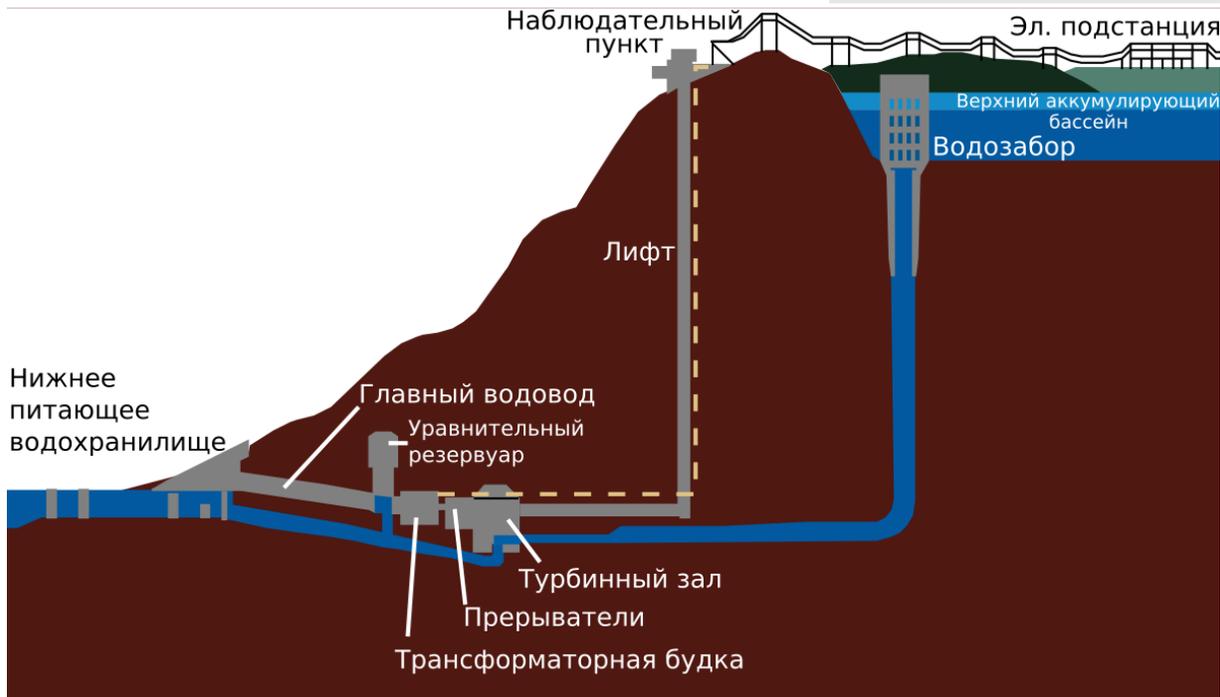


Схема ГАЭС

Имеют как минимум два водохранилища (в верхнем и нижнем бьефе) и обратимые гидроагрегаты. В часы максимума нагрузки ГАЭС сбрасывает воду из верхнего водохранилища и вырабатывает электроэнергию. В часы минимума нагрузки генераторы переводятся в двигательный режим, а турбины – в насосный, и ГАЭС потребляет электроэнергию, закачивая воду из нижнего бассейна в верхний.

КПД ГАЭС ~70 %. ГАЭС выравнивает график нагрузки, в периоды максимума вырабатывая более дорогую электроэнергию, а в периоды минимума потребляя дешевую электроэнергию, за счет чего затраты на ее возведение окупаются. Также это повышает экономичность работы ТЭС и АЭС. Агрегаты ГАЭС могут использоваться как синхронные компенсаторы.

Примеры: Загорская ГАЭС, Зеленчукская ГЭС-ГАЭС,

ГИДРОАККУМУЛИРУЮЩИЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ



Загорская ГАЭС

Как правило, ГАЭС проектируются на очень большую мощность с единичными агрегатами 100 МВт и более. Их сооружают вблизи узлов нагрузки энергосистемы и короткими линиями 220–750 кВ соединяют с узловыми подстанциями.

На ГАЭС применяются укрупненные энергоблоки: две-три синхронные машины подключаются к одному трансформатору и одной линии электропередачи.

Загорская ГАЭС: первая очередь мощностью 1200 МВт, с 2007 года ведётся строительство второй очереди мощностью 840 МВт, после завершения которого Загорская ГАЭС станет самой крупной электростанцией Московского региона

ГИДРОУЗЕЛ И ГИДРОСООРУЖЕНИЯ

Гидроузел включает в себя сооружения

общего назначения: плотина, водосбросы;

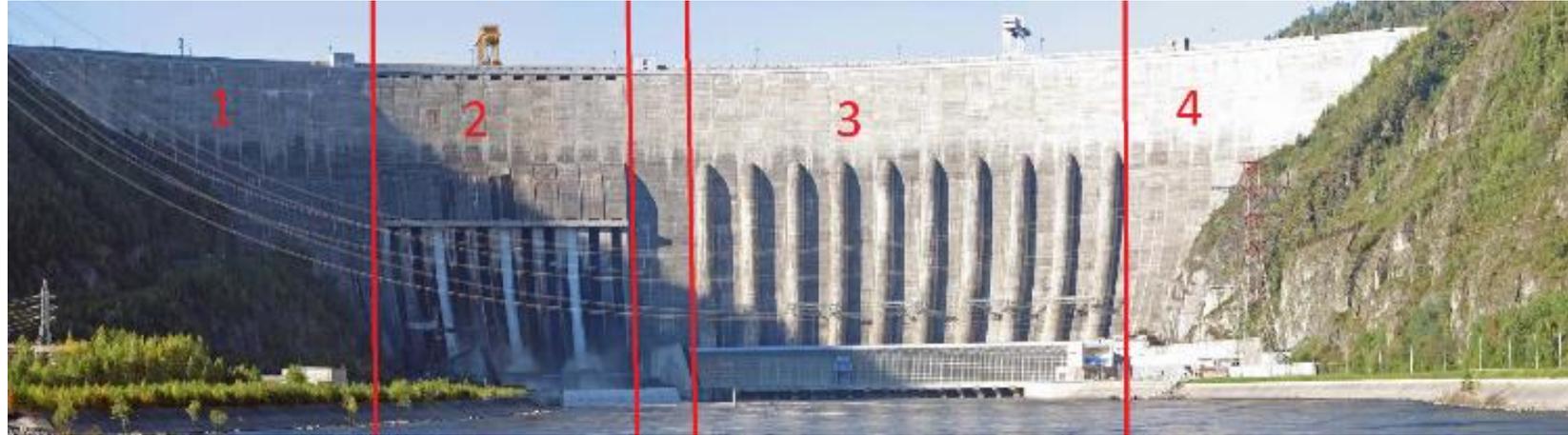
специального назначения: здание ГЭС, шлюз, судоподъемник, рыбопропускные и ирригационные сооружения и т.п.

Компоновка, т.е. взаимное расположение этих элементов гидроузла, должна обеспечить наиболее эффективное решение намечаемых задач.

Выбор компоновки является сложной инженерной задачей, при решении которой учитываются энергоэкономические требования, топографические, геологические, гидрогеологические, гидрологические природные условия, вопросы организации и производства работ, надежность эксплуатации, необходимость увязки проектируемого объекта с построенными и возможными к осуществлению гидроузлами каскада и др.

Для каждого гидроузла перечисленные условия имеют свою специфику, поэтому реальные проекты всегда уникальны.

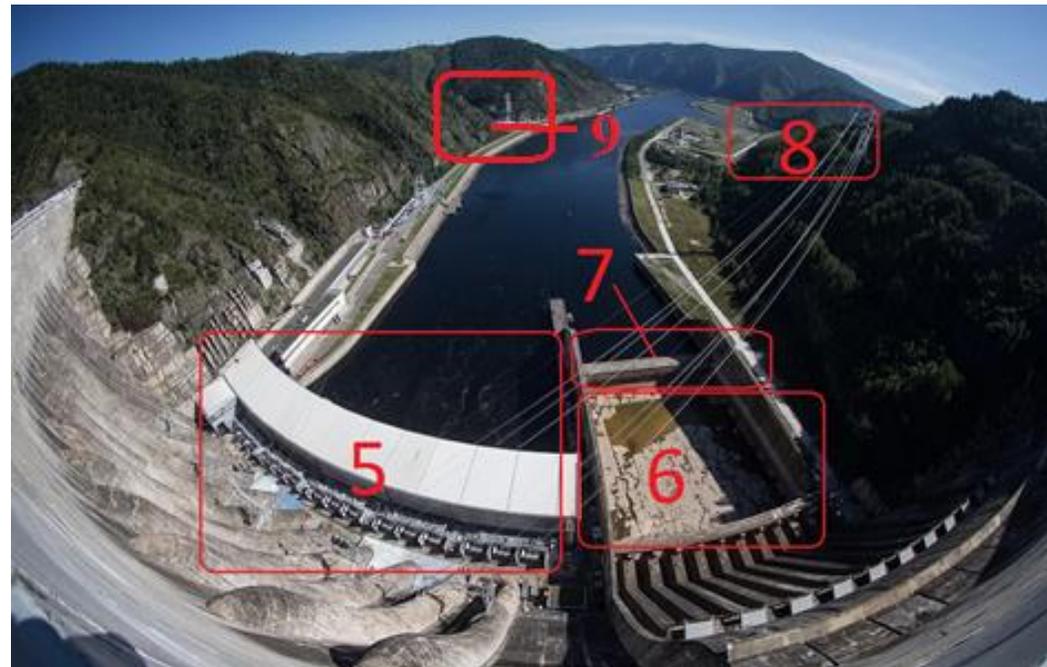
ОСНОВНЫЕ СООРУЖЕНИЯ ГЭС



Состав сооружений ГЭС зависит от ее типа и особенностей конструкции.

К **основным сооружениям** относятся:

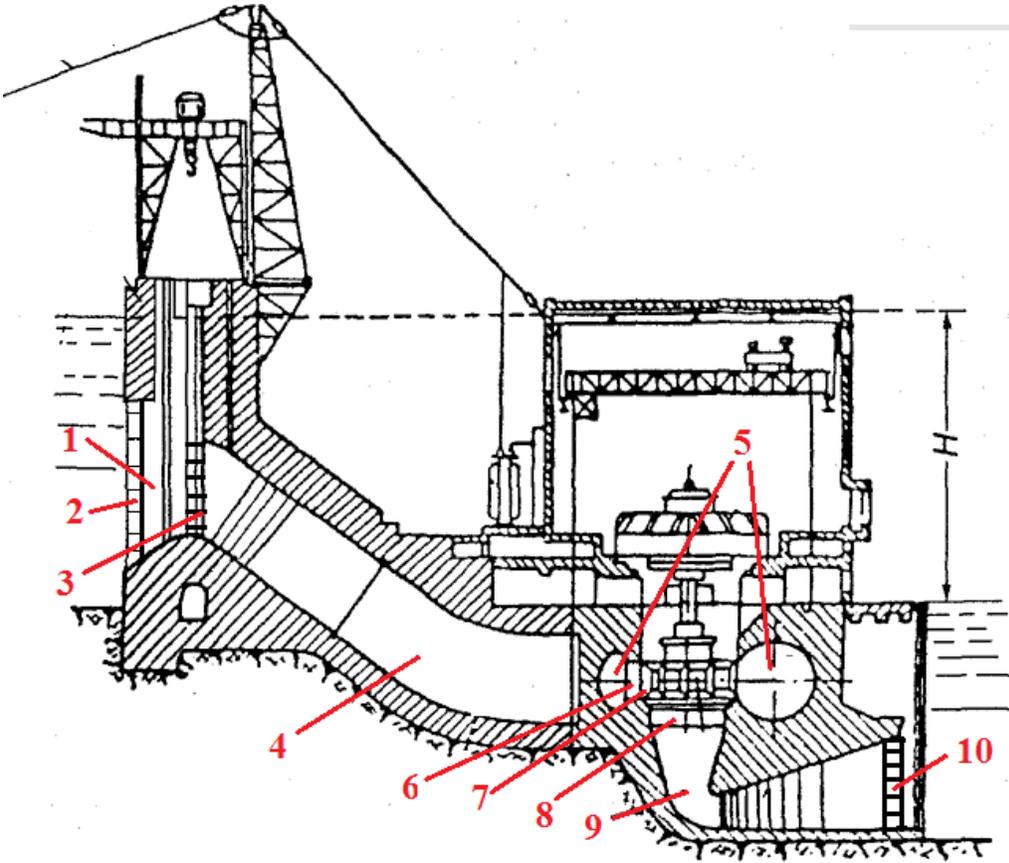
- Плотина: глухие правобережная (1) и левобережная (4), водосливная (2) (эксплуатационный водосброс) и станционная части плотины (3);



- Здание ГЭС (5);
- Энергогасящие сооружения (водобойный колодец (6), водобойная стенка (7) или носок-трамплин и т.д.);
- Береговой водосброс (8);
- Распределительное устройство (9).
- Грунтовая плотина;
- Разделительный устой;
- Судоподъемник (судоходный шлюз);
- Рыбопропускные сооружения;
- Служебно-технические корпуса;
- Деривационные туннели и водоводы;
- Уравнительные резервуары.

Саяно-Шушенская ГЭС

ПРОТОЧНЫЙ ТРАКТ ГЭС



Основные элементы проточного тракта

1. **Водоприемник.** Предназначен для приема потока воды из водохранилища.
2. **Соросудерживающая решетка.** Предназначена для недопущения попадания крупного мусора и плавающей древесины на гидротурбину.
3. **Затворы.** Предназначены для перекрытия потока воды в проточном тракте ГЭС. В зависимости от конструкции имеют различные предназначения.
4. **Турбинный водовод.** Предназначен для подвода воды из верхнего бьефа на турбину
5. **Спиральная камера.** Предназначена для равномерного подвода воды к рабочему колесу. А также для предварительной закрутки потока воды.
6. **Колонны статора турбины.** Необходимы для передачи осевой нагрузки от вращающихся частей гидроагрегата в бетонное основание.
7. **Лопатки направляющего аппарата.** Закручивают поток воды, для безударного входа воды на рабочее колесо. Регулируют расход воды, путем изменения положения лопаток направляющего аппарата. А также в случае аварийной ситуации перекрывают поток воды.

8. **Турбинная камера.** В ней установлено рабочее колесо, которое преобразует энергию потока в механическую энергию вращения турбины.

9. **Отсасывающая труба.** Предназначена для отвода потока воды после рабочего колеса в нижний бьеф.

10. **Затворы нижнего бьефа.** Предназначены для перекрытия потока воды со стороны нижнего бьефа в проточном тракте ГЭС. Необходимы для осуществления ремонтных работ и осушения проточной части ГЭС.

ВОДОХРАНИЛИЩЕ



Водохранилище — искусственный водоём, образованный, как правило, в долине реки водоподпорными гидротехническими сооружениями для накопления и хранения воды в целях её дальнейшего использования для выработки эл.энергии на ГЭС, для орошения полей (ирригации), для водоснабжения потребителей и т.д.

Основные отметки водохранилища

Отметки:

НПУ – Нормальный подпорный уровень. Означает максимальный уровень верхнего бьефа, который можно держать сколько угодно долго в условиях нормальной эксплуатации.

УМО – Уровень мертвого объема. Означает минимальный уровень верхнего бьефа, который можно держать сколько угодно в условиях нормальной эксплуатации.

ФПУ – Форсированный подпорный уровень. Уровень. До которого временно допускается заполнение водохранилища в период пропуска катастрофических половодий и паводков, что является чрезвычайными условиями эксплуатации подпорных сооружений.

УВБ – Уровень верхнего бьефа. Показывает отметку воды в верхнем бьефе.

УНБ - Уровень нижнего бьефа. Показывает отметку воды в нижнем бьефе.

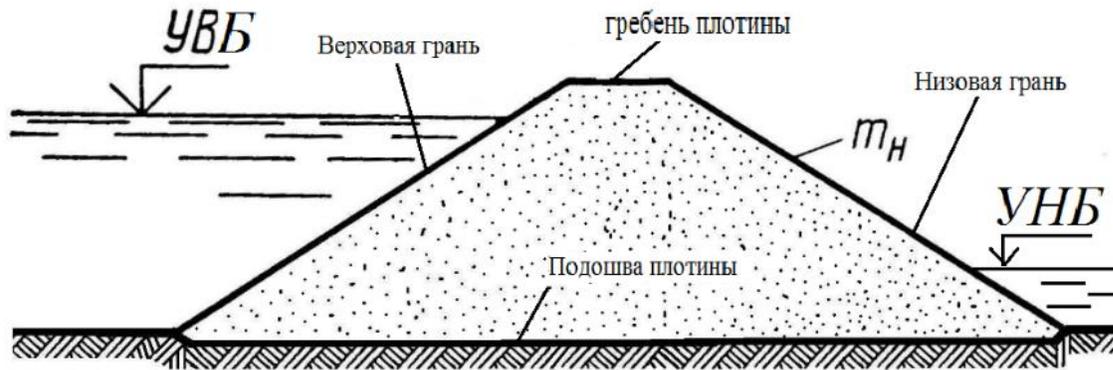
Объёмы:

Полный объем – разность объемов при отметках водохранилища $\nabla_{\text{НПУ}}$ и $\nabla_{\text{дна}}$: $V_{\text{полн}} = V_{\text{НПУ}} - V_{\text{дна}}$;

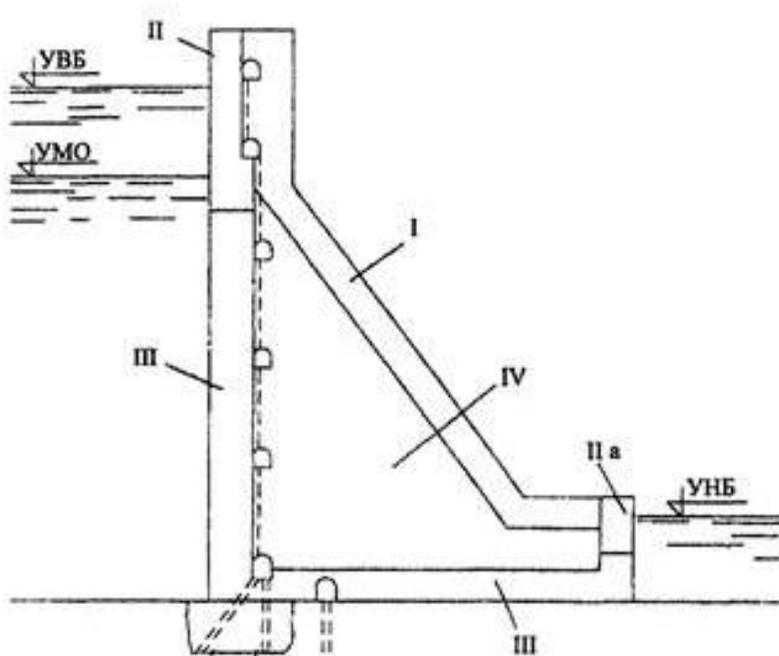
Мертвый объем – разность объемов при отметках водохранилища $\nabla_{\text{УМО}}$ и $\nabla_{\text{дна}}$: $V_{\text{м.о.}} = V_{\text{УМО}} - V_{\text{дна}}$;

Полезный объем – разность объемов при отметках водохранилища $\nabla_{\text{НПУ}}$ и $\nabla_{\text{УМО}}$: $V_{\text{полезн}} = V_{\text{НПУ}} - V_{\text{УМО}}$.

ПЛОТИНЫ



Грунтовая плотина



Бетонная плотина

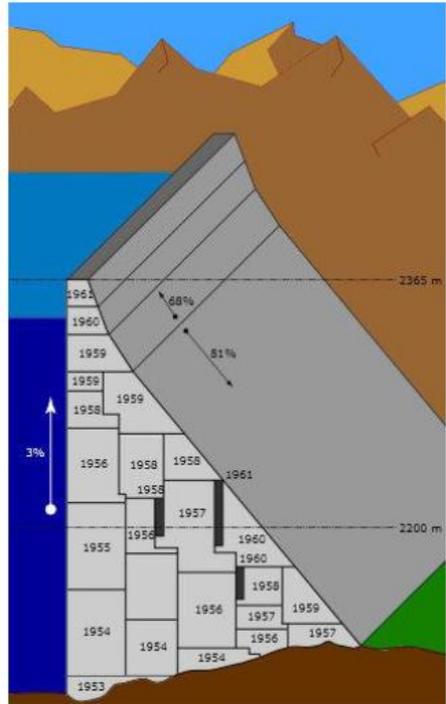
Являются основным элементом комплекса гидротехнических сооружений, причём в состав напорных фронтов гидроузлов могут входить разные плотины – глухие (грунтовые, реже бетонные), водосбросные (бетонные).

Кроме того, по месту расположения в составе гидроузла плотины могут получать название по перекрываемым ими элементам речной долины: например, плотины русловые, пойменные, береговые.

По конструктивным признакам и характеру восприятия основных нагрузок среди бетонных плотин различают **гравитационные, арочные и контрфорсные**.

ПЛОТИНЫ

Гравитационные плотины обладают значительным собственным весом: он формирует силы трения на контакте сооружения с основанием, которые и оказывают сопротивление действующим на плотину сдвигающим усилиям от давления воды. Главным недостатком гравитационных бетонных плотин справедливо считается их большой объём и, соответственно, большой расход цемента.



Бетонная гравитационная плотина Гранд-Диксенс (Швейцария)

ПЛОТИНЫ



Бетонная арочная плотина Вайонт (Италия)



Арочные – криволинейные в плане плотины, представляющие собою своды с вертикальной осью, цилиндрические или же двойкой кривизны (купольные). Нагрузку от давления воды они передают через свои пяты на сложенные скальными породами берега. Их материал – бетон.

ПЛОТИНЫ



Зейская ГЭС

Контрфорсные плотины — в них нагрузка от давления воды воспринимается напорным перекрытием в виде плит (массивных или тонких) или же сводов, опирающихся на вертикальные стенки — контрфорсы. Эти плотины сооружают железобетонными: армируются и контрфорсы, и плиты напорного перекрытия, и другие их конструктивные элементы.

МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ГЭС

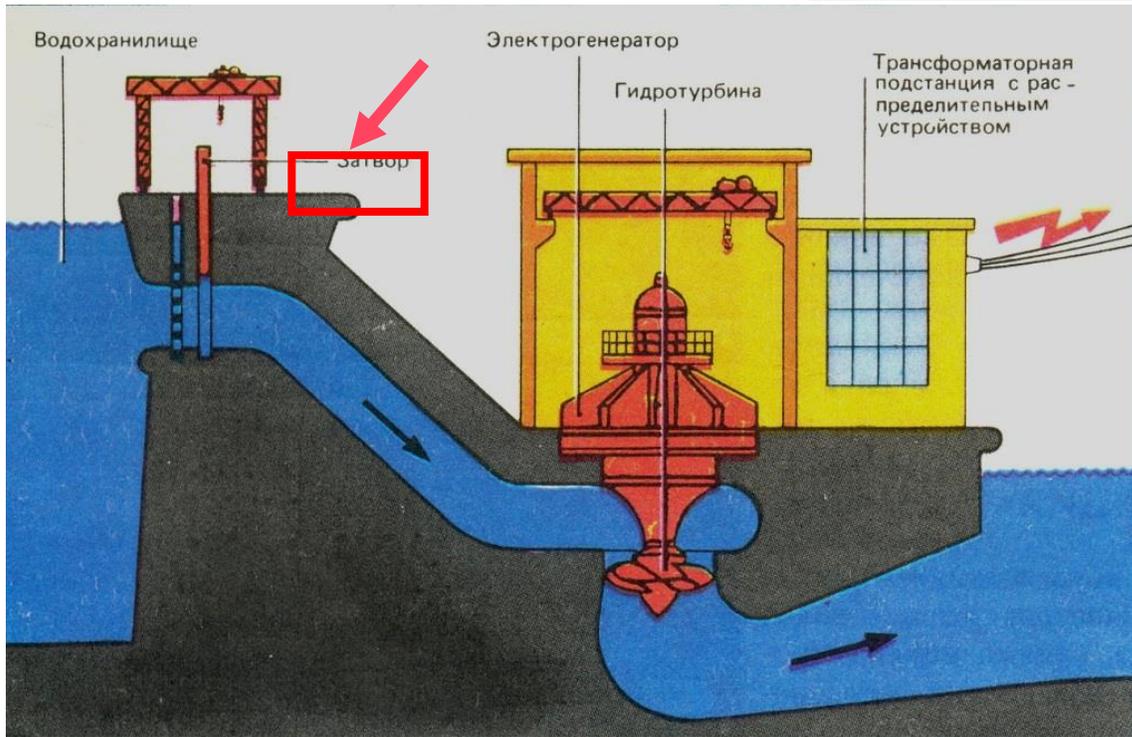
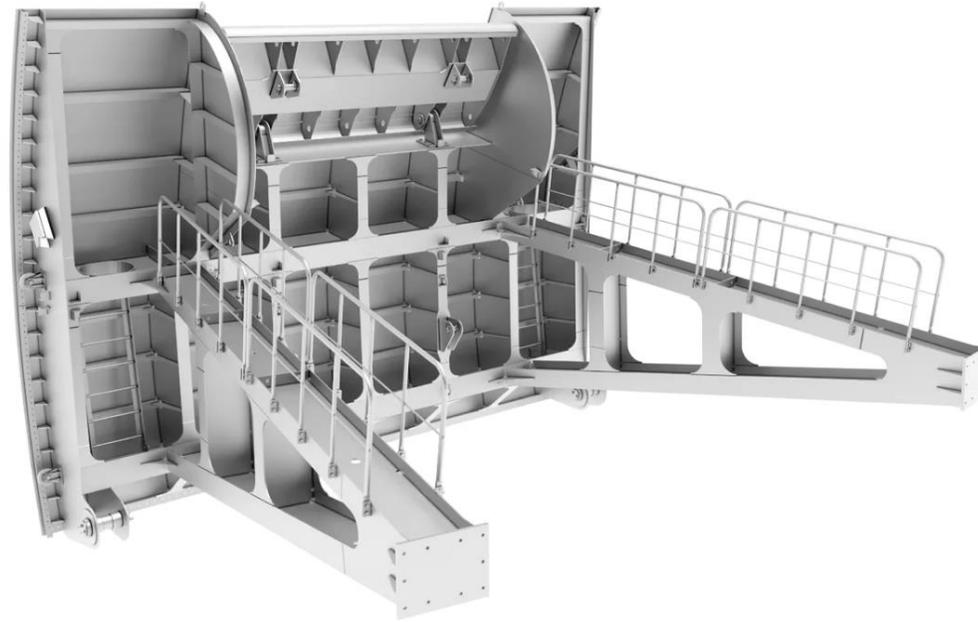
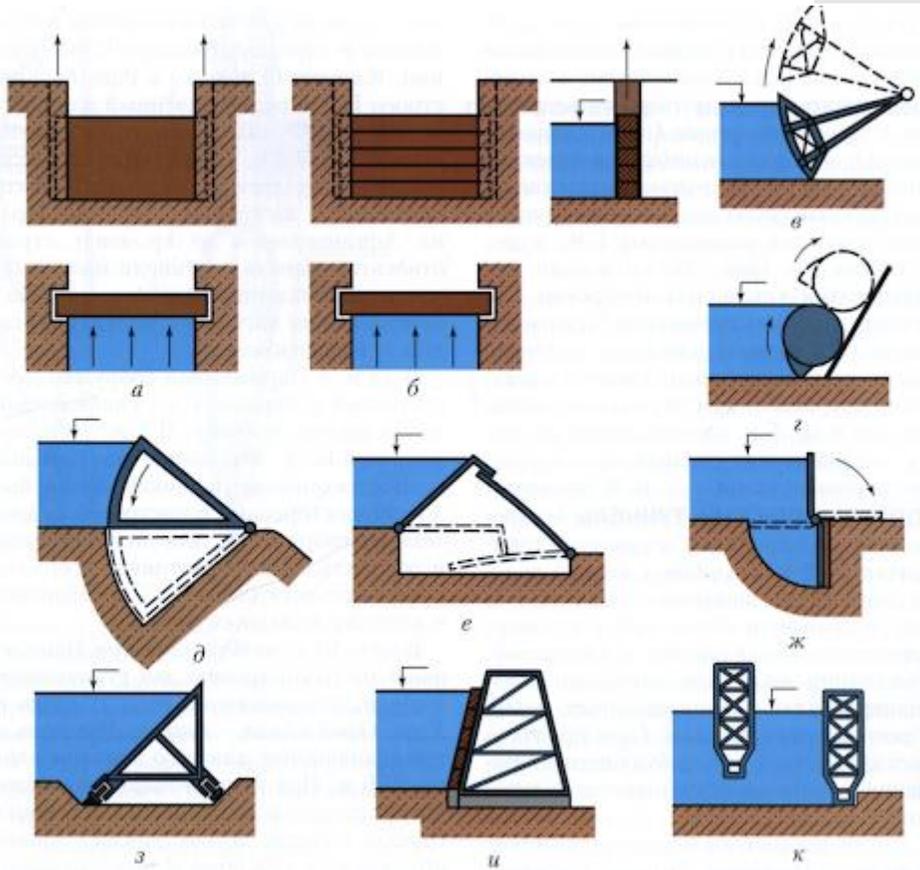


Схема ГЭС с затворами

К механическому оборудованию гидротехнических сооружений относятся затворы водопропускных и водозаборных сооружений (основные, ремонтные, аварийные и аварийно-ремонтные), защитно-заградительные устройства (решетки, сетки, запани), механизмы для обслуживания затворов и защитно-заградительных устройств (подъемные, подъемно-транспортные, очистные и др.).

От нормального состояния этого оборудования существенно зависят надежность и безопасность сооружений и эффективное функционирование основного оборудования электростанций. Выход из строя затворов может привести к аварии сооружений, что неоднократно наблюдалось в практике эксплуатации. В связи с этим задачей персонала является постоянное содержание механического оборудования гидротехнических сооружений в исправном состоянии.

МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ГЭС



Сегментный затвор



Плоский затвор

Основные виды поверхностных затворов:

а – плоский, б – шандорный, в – сегментный,

г – вальцовый, д – секторный,

е – крышевидный, ж – клапанный,

з – откатной, и – с поворотными фермами,

к – плавучие

ГИДРОТУРБИНЫ

Гидравлическая турбина – машина, преобразующая энергию потока воды в механическую энергию вращения рабочего колеса, приводящего во вращение ротор генератора. При большом разнообразии сочетаний напоров и расходов для разных ГЭС требуются гидротурбины различных классов и систем, отличающиеся конструкциями и размерами.

К классу **реактивных** относят турбины, преобразующие гидравлическую энергию в механическую в основном за счет потенциальной энергии потока. Наиболее распространенные.

Турбины, осуществляющие такое преобразование за счет кинетической энергии потока, отнесены к классу **активных**.

Основными параметрами гидротурбин является:

1. Напор, [м]
2. Диаметр рабочего колеса, [м]
3. Мощность, [МВт]
4. КПД, [%]

ГИДРОТУРБИНЫ

Класс **активных гидротурбин** объединяет следующие системы:

- **Ковшовые гидротурбины (К).** *Турбина Пелтона.* Оси струй касательны к средней окружности ковшей и находятся в плоскости рабочего колеса.
- **Наклонно-струйные гидротурбины.** *Турбина Тюрго.* Струя подводится к рабочему колесу под некоторым углом.
- **Двукратные турбины.** *Турбина Банки.* Струя проходит через каналы рабочего колеса дважды.



Ковшовая турбина



Наклонно-струйная турбина



Двукратная турбина

ГИДРОТУРБИНЫ

Класс реактивных гидротурбин объединяет следующие системы:

- **Осевые гидротурбины.** *Турбина Каплана.* Вертикальные поворотно-лопастные (ПЛ) и пропеллерные (Пр), а также горизонтальные поворотно-лопастные капсульные (ПЛГК), поток в рабочем колесе этих турбин движется вдоль оси турбины.
- **Радиально-осевые (РО).** *Турбина Френсиса.* В пределах рабочего колеса поток изменяет свое направление из радиального в осевое.
- **Диагональные поворотно-лопастные (ПЛД).** *Турбина Квятковского.* Поток попадает на рабочее колесо под некоторым углом, и выходит в вертикальном направлении.



Поворотно-лопастная турбина



Радиально-осевая турбина



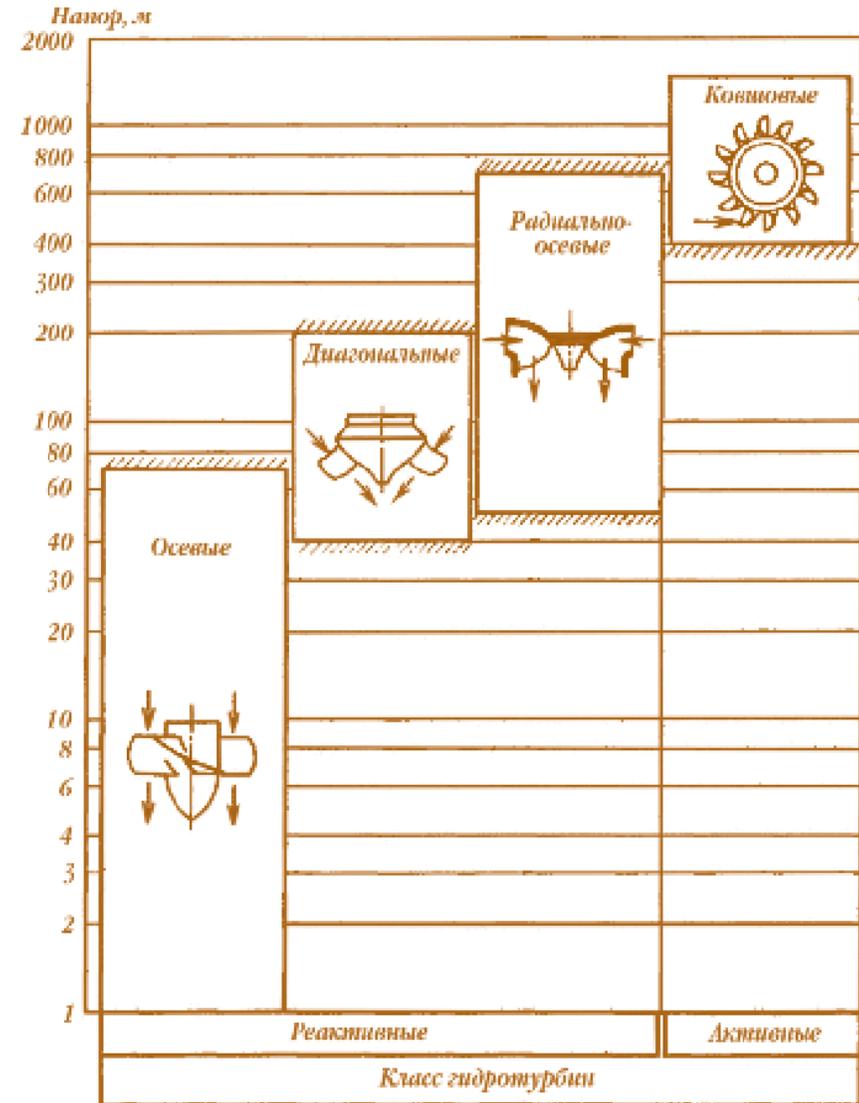
Диагональная поворотно-лопастная турбина

ГИДРОТУРБИНЫ

Основная классификация гидротурбин

Класс	Система гидротурбин		Тип гидротурбины*	Напор, м		Диаметр рабочего колеса, м
	Основной признак	Дополнительный признак		Освоенный	Технически возможный	
Реактивные	Осевые	Горизонтальные капсульные	ПЛ7, ПЛ10, ПЛ15, ПЛ20, ПЛ25	3 – 20	25	3,55 – 10
		Пропеллерные и вертикальные поворотнo-лопастные	ПЛ10, ПЛ15, ПЛ20, ПЛ30, ПЛ40, ПЛ50, ПЛ60, ПЛ70, ПЛ80	3 – 80	85	1,8 – 12
	Диагональные	Диагональные поворотнo-лопастные вертикальные	ПЛД50, ПЛД70, ПЛД90, ПЛД115, ПЛД140, ПЛД170	40 – 135	170	1,8 – 9
	Радиально-осевые	Радиально-осевые вертикальные	РО45, РО75, РО115, РО140, РО170, РО230, РО310, РО400, РО500, РО600	30 – 700	800	1,25 – 10
Активные	Ковшовые	Вертикальные	К400, К500, К1000, К1500	250 – 1700	2000	1,12 – 5

*По отечественной номенклатуре: ПЛ – поворотнo-лопастная; ПЛД – поворотнo-лопастная диагональная; РО – радиально-осевая; К – ковшовая, а цифры – максимальный напор в м.



Области применения турбин различных видов

КАВИТАЦИЯ И КАВИТАЦИОННАЯ ЭРОЗИЯ



Кавитационное разрушение (эрозия) металла

Кавитация – динамический процесс, характеризующийся местным разрывом сплошности жидкости с образованием парогазовых полостей и последующих их смыканием. Развитая кавитация приводит к падению КПД турбины, пульсациям давления в потоке, к опасным вибрациям всего гидроагрегата.

Следствие кавитации – **кавитационная эрозия**, разрушающая детали проточной части турбины и приводящая к необходимости периодического их восстановления. Возникновение кавитации, увеличение парогазовых пустот (каверн) связано с уменьшением давления в жидкости.

КАВИТАЦИЯ И КАВИТАЦИОННАЯ ЭРОЗИЯ

Для снижения кавитационной эрозии существует два основных направления:

- уменьшение интенсивности кавитационного воздействия,
- изготовление деталей, подверженных кавитации, из кавитационно-стойких материалов.

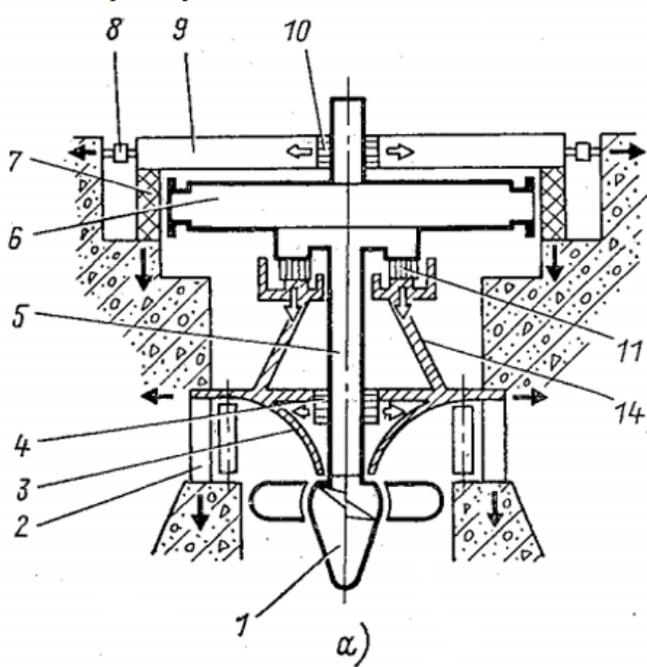
Одним из способов снижения кавитационной эрозии является **подвод воздуха в зону кавитации**. Воздух в зону кавитации засасывается через центральное отверстие вала, затем через коллектор распределяется по трубкам, врезанным в тело лопасти.

Другим конструктивным способом является **установка разделительных ребер** в зоне кавитации. Способ может быть рекомендован, когда на лопасти имеется стабильная, не меняющаяся в зависимости от режимов, кавитационная каверна. Ребра устанавливаются по направлению линии тока.

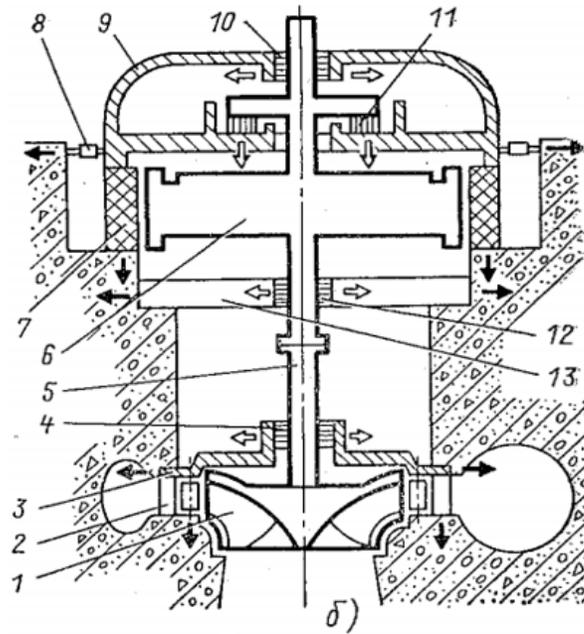
Также важным фактором является **применение кавитационно-стойких материалов**. Лопасти поворотно-лопастных турбин и рабочие колеса крупных радиально-осевых турбин, работающих на высоких напорах, изготавливаются полностью из нержавеющей стали. Однако не обязательно изготавливать деталь, подверженную кавитации, целиком из нержавеющей стали, достаточно защитить ее слоем из этого материала, толщиной 4-6 мм.

ГИДРОГЕНЕРАТОРЫ

Генератор зонтичного типа



Генератор подвешенного типа



Принципиальные схемы гидроагрегатов:

а — с зонтичным генератором и подпятником на крышке турбины; б — с подвешенным генератором; 1 — рабочее колесо турбины; 2 — статор турбины; 3 — крышка турбины; 4 — подшипник турбины; 5 — вал; 6 — ротор генератора; 7 — статор генератора; 8 — растяжки верхней крестовины; 9 — верхняя крестовина; 10 — верхний подшипник генератора; 11 — подпятник генератора; 12 — нижний подшипник генератора; 13 — нижняя крестовина; 14 — опора пяты (светлыми стрелками показана передача усилий от вращающихся частей на неподвижные, а темными — от неподвижных частей на бетон)

Гидрогенератор — это синхронная электрическая машина трехфазного тока, приводимая во вращение гидротурбиной и преобразующая механическую энергию турбины в электрическую.

В зависимости от расположения подпятника (который воспринимает осевую нагрузку от веса ротора, вала и гидротурбины) гидрогенераторы бывают:

- **зонтичного типа** (Саяно-Шушенская ГЭС);
- **подвешенного типа** (Воткинская ГЭС).

При частоте вращения до 200 об/мин гидрогенераторы выполняют преимущественно в зонтичном исполнении, свыше 200 об/мин — в подвешенном. При частоте вращения свыше 250 об/мин вертикальные гидрогенераторы выполняются исключительно в подвешенном исполнении.

НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ

Требования к эксплуатации оборудования гидроэлектростанции выражены в нормативных документах:

- 1) ПТЭЭСС,
- 2) ГОСТы,
- 3) действующие СТО компаний (ПАО «РусГидро»)

Требования к эксплуатации оборудования ГЭС перечислены в ПТЭЭСС в главе:

IX. Требования к эксплуатации гидротехнических сооружений электростанций,

в том числе в подглавах:

IX.I. Требования к эксплуатации механического оборудования ГТС.

IX.II. Требования к эксплуатации ГТС в морозный период.

IX.III. Требования к эксплуатации водного хозяйства электростанций, гидрологическому и метеорологическому обеспечению и управлению водным режимом.

IX.IV. Требования к эксплуатации гидротурбинных установок.

НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ

ГОСТ Р 55260.1.1-2013

Гидроэлектростанции. Часть 1-1. Сооружения ГЭС гидротехнические. Требования безопасности.

ГОСТ Р 55260.1.2-2012

Гидроэлектростанции. Часть 1-2. Сооружения ГЭС гидротехнические. Требования безопасности оснований.

ГОСТ Р 55260.1.3-2012

Гидроэлектростанции. Часть 1-3. Сооружения ГЭС гидротехнические. Конструкции бетонные и железобетонные. Требования безопасности.

ГОСТ Р 55260.1.4-2012

Гидроэлектростанции. Часть 1-4. Сооружения ГЭС гидротехнические. Общие требования по организации и проведению мониторинга.

ГОСТ Р 55260.1.5-2012

Гидроэлектростанции. Часть 1-5. Сооружения ГЭС гидротехнические. Требования к проектированию в сейсмических районах.

ГОСТ Р 55260.1.6-2012

Гидроэлектростанции. Часть 1-6. Сооружения ГЭС гидротехнические. Требования по нагрузкам и воздействиям (волновые, ледовые и от су...

ГОСТ Р 55260.1.7-2013

Гидроэлектростанции. Часть 1-7. Сооружения ГЭС гидротехнические. Общие требования по ремонту и реконструкции сооружений и оборудования.

ГОСТ Р 55260.1.8-2013

Гидроэлектростанции. Часть 1-8. Сооружения ГЭС гидротехнические. Общие правила организации строительного производства при возведении.

ГОСТ Р 55260.1.9-2013

Гидроэлектростанции. Часть 1-9. Сооружения ГЭС гидротехнические. Требования безопасности при эксплуатации.

ГОСТ Р 55260.2.1-2022

Гидроэлектростанции. Часть 2-1. Гидрогенераторы. Технические требования к поставке

ГОСТ Р 55260.2.2-2023

Гидроэлектростанции. Часть 2-2. Гидрогенераторы. Методики оценки технического состояния

ГОСТ Р 55260.3.2-2023

Гидроэлектростанции. Часть 3-2. Гидротурбины и механическая часть генераторов. Методики оценки технического состояния

ГОСТ Р 55260.3.3-2013

Гидроэлектростанции. Часть 3-3. Гидротурбины. Технические требования к системам эксплуатационного мониторинга

ГОСТ Р 55260.4.1-2013

Гидроэлектростанции. Часть 4-1. Технологическая часть гидроэлектростанций и гидроаккумулирующих электростанций. Общие технические требования

НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ

ГОСТ Р 55563-2013

Возобновляемая энергетика. Гидроэлектростанции. Автоматизация гидроэлектростанций. Руководство по автоматизированному управлению

ГОСТ Р 59873-2021

Гидроэлектростанции. Методика определения критериев безопасности для декларируемых гидротехнических сооружений

ГОСТ Р 70750-2023

Гидроэлектростанции. Гидротехнические сооружения. Подводно-техническое обследование состояния гидротехнических сооружений и примыкающих к ним участков неукрепленного русла. Нормы и требования

ГОСТ Р 70810-2023

Гидроэлектростанции. Гидроагрегаты. Эксплуатационный контроль вибрационного состояния опорных узлов

ГОСТ Р 70661-2023

Единая энергетическая система и изолированно работающие энергосистемы. Релейная защита и автоматика. Устройства автоматического регулирования частоты и активной мощности гидроагрегатов гидравлических и гидроаккумулирующих электростанций. Нормы и требования

ГОСТ 4.171-85

Система показателей качества продукции. Турбогенераторы, гидрогенераторы, синхронные компенсаторы и их системы возбуждения. Номенклатура показателей

ГОСТ 21558-2018

Системы возбуждения турбогенераторов, гидрогенераторов и синхронных компенсаторов. Общие технические условия

ГОСТ 5616-89

Генераторы и генераторы-двигатели электрические гидротурбинные. Общие технические условия

ГОСТ 26044-83

Вибрация. Аппаратура для эксплуатационного контроля вибрационного состояния энергетических гидротурбинных агрегатов. Общие технические требования

ГОСТ 28446-90

Оценка кавитационной эрозии в гидротурбинах, насосах гидроаккумулирующих станций и насосах-турбинах

ГОСТ Р 55003-2012

Гидротурбины, гидроаккумуляционные насосы и турбонасосы. Восстановление и повышение эксплуатационных характеристик

ГОСТ Р 58224-2018

Гидравлические электростанции. Нормы потерь турбинного масла в процессе эксплуатации гидротурбинного оборудования. Метод расчета потерь турбинного масла в процессе эксплуатации гидротурбинного оборудования

НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ

Наиболее релевантные действующие стандарты ПАО «РусГидро», касаемые эксплуатации ГЭС и их оборудования:

СТО 17330282.27.140.001-2006 Гидроэлектростанции. Методики оценки технического состояния основного оборудования

СТО 02.01.80-2012 Гидротехнические сооружения ГЭС и ГАЭС. Правила эксплуатации. Нормы и требования

СТО 17330282.27.140.009-2008 Автоматизированные системы управления технологическими процессами ГЭС и ГАЭС. Организация эксплуатации и технического обслуживания. Нормы и требования

СТО 17330282.27.140.015-2008 Гидроэлектростанции. Организация эксплуатации и технического обслуживания. Нормы и требования

СТО 17330282.27.140.016-2008 Здания ГЭС и ГАЭС. Организация эксплуатации и технического обслуживания. Нормы и требования

СТО 17330282.27.140.017-2008 Механическое оборудование гидротехнических сооружений ГЭС. Организация эксплуатации и технического обслуживания. Нормы и требования

СТО 17330282.27.140.021-2008 Контрольно-измерительные системы и аппаратура гидротехнических сооружений ГЭС. Организация эксплуатации и технического обслуживания. Нормы и требования

СТО 70238424.27.140.035-2009 Гидроэлектростанции. Мониторинг и оценка технического состояния гидротехнических сооружений в процессе эксплуатации. Нормы и требования

СТО 70238424.27.140.025-2009 Гидроэлектростанции. Контрольно-измерительные системы и аппаратура гидротехнических сооружений. Метрологическое обеспечение и оценка технического состояния и работоспособности. Нормы и требования

СТО 02.01.059-2011 Гидроэлектростанции. Мониторинг технического состояния основного оборудования. Нормы и требования

НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ

СТО 05.02.061-2011 Гидроэлектростанции. Организация системы надзора за безопасностью гидротехнических сооружений в гидрогенерирующих компаниях. Нормы и требования

СТО 05.02.68-2011 Система обеспечения персонала средствами индивидуальной защиты на объектах гидрогенерации и возобновляемых источников энергии. Нормы и требования

СТО 02.03.95-2013 Гидроэлектростанции. Составление технологических карт по ремонту гидротурбин. Методические указания

СТО 02.01.112-2015 Гидроэлектростанции. Энергетические масла и маслохозяйства. Организация эксплуатации и технического обслуживания. Нормы и требования

СТО 02.02.125-2022 Релейная защита и автоматика. Техническое обслуживание. Нормы и требования

СТО 02.03.129-2015 Методические указания по организации обследований гидроэнергетических объектов

СТО 02.02.106-2019 Гидроагрегаты. Автоматизированный мониторинг и диагностирование. Функциональные и технические требования

СТО 05.02.126-2020 Правила организации безопасного обслуживания гидротехнических сооружений, гидросилового и гидромеханического оборудования гидроэлектростанций

СТО 02.01.124-2020 Силовые трансформаторы. Организация технической эксплуатации. Нормы и требования

СТО 02.01.62-2021 Электрические станции и сети. Ремонт и техническое обслуживание оборудования, зданий и сооружений. Организация производственных процессов. Нормы и требования

СТО ИНВЭЛ

СТО 70238424.27.140.006-2010 Гидрогенераторы. Организация эксплуатации и технического обслуживания. Нормы и требования

СТО 70238424.27.140.009-2010 Автоматизированные системы управления технологическими процессами ГЭС и ГАЭС. Организация эксплуатации и технического обслуживания. Нормы и правила.

СТО 70238424.27.140.001-2011 Гидроэлектростанции методики оценки технического состояния основного оборудования

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ГИДРОГЕНЕРАТОРОВ

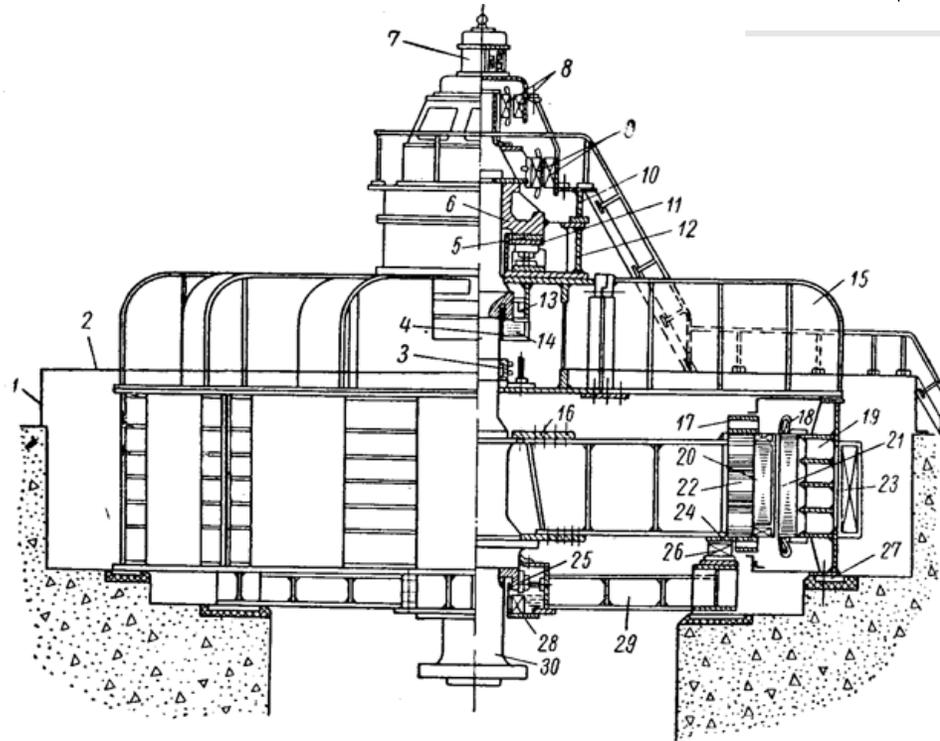
СТО 70238424.27.140.006-2010 Гидрогенераторы. Организация эксплуатации и технического обслуживания. Нормы и требования

Являются **минимально необходимыми** для обеспечения безопасной эксплуатации гидрогенераторов ГЭС, если они используются по прямому назначению и в соответствии с не противоречащими друг другу заводскими и эксплуатационными инструкциями.

Требования к основным элементам гидрогенераторов вертикального исполнения подвесного и зонтичного типов:

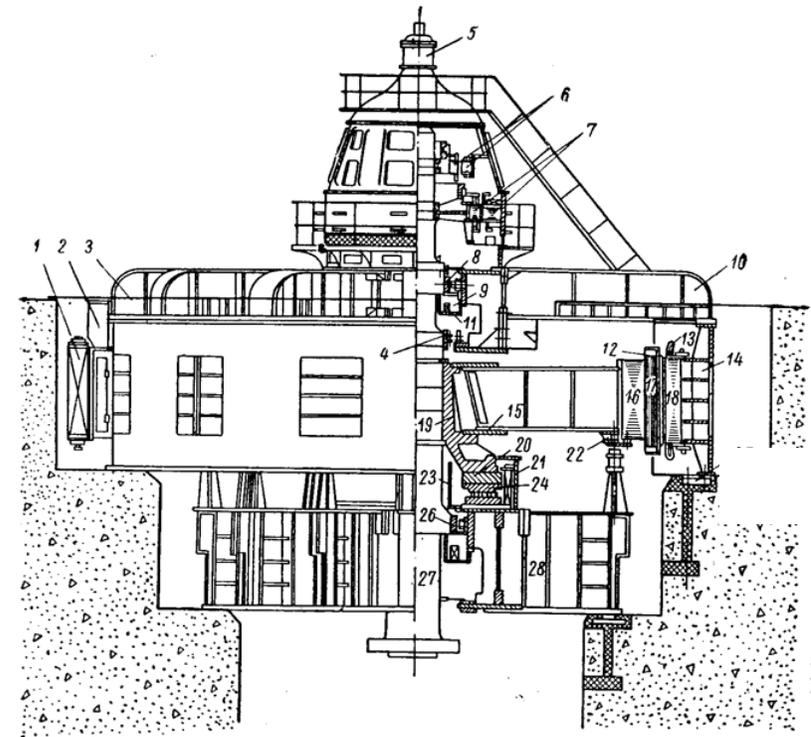
- 1) статору главного гидрогенератора;
- 2) ротору гидрогенератора;
- 3) масляной ванне с подпятником, валу гидрогенератора;
- 4) направляющим подшипникам;
- 5) крестовине; системе торможения;
- 6) регуляторному генератору (который является трехфазной синхронной машиной с постоянными магнитами и предназначен для питания электрогидравлического регулятора скорости турбины и электрического реле оборотов).

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ГИДРОГЕНЕРАТОРОВ



Гидрогенератор подвесного типа на 103500 ква, 83,3 об/мин:

- I — кожух генератора; 2 — перекрытие; 3 — контактные кольца; 4 — выгородка масляной ванны; 5 — диск подпятника; 6 — втулка подпятника;
 7 — **регуляторный генератор**; 8 — подвозбудитель; 9 — возбудитель; 10 — подставка под возбудитель;
 II — неподвижный сегмент подпятника; 12 — масляная ванна подпятника;
 13 — верхний направляющий подшипник; 14 — масляная ванна направляющего подшипника; 15 — верхняя крестовина; 16 — диск ротора; 17 — вентилятор;
 18 — обмотка статора; 19 — корпус статора; 20 — полюс; 21 — активная сталь;
 22 — обод ротора; 23 — воздухоохладитель; 24 — тормозной сегмент;
 25 — нижний направляющий подшипник; 26 — тормоз; 27 — фундаментная плита; 28 — маслоохладитель; 29 — нижняя крестовина; 30 — вал



Гидрогенератор зонтичного типа на 103500 ква, 83,3 об/мин:

- 1 — воздухоохладитель; 2 — вывод теплого воздуха в машинный зал;
 3 — перекрытие; 4 — контактные кольца; 5 — **регуляторный генератор**;
 6 — подвозбудитель; 7 — возбудитель; 8 — верхний направляющий подшипник;
 9 — масляная ванна направляющего подшипника; 10 — верхняя крестовина;
 11 — маслоохладитель; 12 — вентилятор; 13 — обмотка статора; 14 — корпус статора; 15 — диск ротора; 16 — обод ротора; 17 — полюс; 18 — активная сталь; 19 — втулка ротора; 20 — диск подпятника; 21 — масляная ванна подпятника; 22 — тормоз; 23 — выгородка; 24 — неподвижный сегмент подпятника; 25 — фундаментная плита; 26 — нижний направляющий подшипник; 27 — вал; 28 — нижняя крестовина

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ГИДРОГЕНЕРАТОРОВ

Общие обязанности работников ГЭС и ГАЭС.

Работники, осуществляющие эксплуатацию оборудования ГЭС и ГАЭС, обязаны:

- поддерживать качество отпускаемой энергии;
- соблюдать оперативно-диспетчерскую дисциплину;
- содержать оборудование в состоянии эксплуатационной готовности;
- обеспечивать максимальную экономичность и надежность производства электрической энергии;
- соблюдать правила промышленной и пожарной безопасности в процессе эксплуатации оборудования;
- выполнять правила охраны труда и техники безопасности;
- снижать вредное влияние производства на людей и окружающую среду;
- обеспечивать единство измерений при производстве, передаче и распределении энергии;
- использовать достижения научно-технического прогресса в целях повышения экономичности, надежности и безопасности, улучшения экологии энергообъекта и окружающей среды.

На каждом энергообъекте должны быть распределены **границы и функции по обслуживанию гидрогенераторов** между производственными подразделениями и эксплуатационным персоналом в зависимости от действующей производственной структуры, а также определены должностные функции персонала.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ГИДРОГЕНЕРАТОРОВ

На персонал, обслуживающий электрическую часть гидрогенератора, возлагают:

- контроль значений токов статора, ротора, напряжения статора;
- регулирование тока возбуждения и реактивной мощности гидрогенератора по указанию начальника смены ГЭС;
- **осмотр** гидрогенератора оперативным (дежурным) персоналом один раз в смену;
- оценка температурного состояния гидрогенератора по данным регистрирующих приборов и записей оперативного персонала один раз в сутки, а также при первом наборе нагрузки после монтажа или расширенного ремонта;
- контроль изоляции цепей возбуждения (не реже одного раза в сутки) и измерение сопротивления изоляции обмотки статора (на блоках вместе с шинопроводами и обмотками трансформатора) и цепей возбуждения на остановленном гидрогенераторе в сроки, установленные местными инструкциями
- проверка изоляции подшипников, подпятников, маслоприемников (при поворотно-лопастных гидротурбинах) и изолированных крестовин в сроки, установленные местными инструкциями;
- уход за системами возбуждения в соответствии с заводскими инструкциями по эксплуатации системы возбуждения;

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ГИДРОГЕНЕРАТОРОВ

На персонал, обслуживающий электрическую часть гидрогенератора, возлагают:

- контроль работы и обслуживание тиристорных пусковых устройств генераторов-двигателей ГАЭС;
- осмотр и техническое обслуживание щеточно-контактных аппаратов главных гидрогенераторов, электромашинных возбuditелей и регуляторных генераторов в установленные сроки, в аварийных случаях – по вызову машиниста или дежурного АЦУ;
- обслуживание и ремонт элементов системы непосредственного жидкостного охлаждения обмоток внутри корпуса гидрогенератора с непосредственным водяным охлаждением;
- обслуживание и ремонт электрооборудования водяной системы охлаждения гидрогенераторов с непосредственным водяным охлаждением;
- контроль заполнения дистиллированной водой (или конденсатом) обмотки статора гидрогенераторов с непосредственным водяным охлаждением;
- демонтаж и установка при ремонтах датчиков теплового контроля внутри гидрогенератора.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ГИДРОГЕНЕРАТОРОВ

На персонал, обслуживающий **механическую часть гидрогенератора**, возлагают:

- наблюдение за температурой подшипников и подпятника гидрогенератора и возбuditеля, за уровнем масла в ваннах пяты и направляющих подшипников;

- проверку отсутствия протечек масла из ванны подпятника и направляющих подшипников гидрогенератора, подводящих трубопроводов, а также попадания масла на обмотку гидрогенератора;

- **контроль:**

а) работы и регулирование расхода охлаждающей воды воздухоохлаждателей гидрогенератора для поддержания температуры охлаждающего воздуха гидрогенератора в заданных пределах;

б) работы и регулирование расхода охлаждающей воды маслоохладителей для охлаждения масла в масляных ваннах подпятника и направляющих подшипников;

в) температуры меди и стали статора гидрогенераторов и обмоток ротора (при наличии прибора);

г) состоянием крепежа элементов конструкции гидрогенератора;

д) вибрационного состояния гидрогенератора;

е) внешний, за работой щеток на контактных кольцах и коллекторе возбuditеля без производства каких-либо работ на них;

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ГИДРОГЕНЕРАТОРОВ

На персонал, обслуживающий **механическую часть гидрогенератора**, возлагают:

- периодическое прослушивание гидрогенератора;
- надзор за работой и ремонт оборудования, воздухоохладителей, маслоохладителей и распределительной сети охлаждающей воды, а также оборудования систем охлаждающего обмотки (для гидрогенераторов с непосредственным водяным охлаждением) и вентили возбуждителей дистиллята до гидрогенератора и преобразователей возбуждителя;
- наблюдение за наличием давления в трубопроводе, подводящем воду для тушения пожара.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ГИДРОГЕНЕРАТОРОВ

При наличии АЩУ, на котором расположены приборы, контролирующие режим работы гидрогенератора, и ключи управления генераторным выключателем, АГП и системой возбуждения, на персонал дополнительно возлагается:

- контроль значений тока статора, ротора и напряжения статора;
- регулирование тока возбуждения и реактивной мощности гидрогенератора по указанию начальника смены станции;
- ведение суточной ведомости по гидрогенератору.

*Центральный пульт управления
Саяно-Шушенской ГЭС*



ЭКСПЛУАТАЦИЯ ГИДРОГЕНЕРАТОРОВ

На персонал, осуществляющий **лабораторные анализы** при эксплуатации, гидрогенератора возлагают:

- контроль качества дистиллята (рН, содержание кислорода, наличие соединений меди и прочих примесей) в системе охлаждения гидрогенераторов с водяным охлаждением обмоток;
- химический анализ масла в масляных ваннах подпятника и направляющих подшипников;
- химический анализ отложений, включений и других веществ при необходимости.

На персонал, обслуживающий **АСУ ТП**, контрольно-измерительные приборы и автоматику, возлагают:

- уход за аппаратурой АСУ ТП в соответствии с СТО 70238424.27.140.009- 2010 и заводскими инструкциями по эксплуатации аппаратуры;
- обеспечение исправности контрольно-измерительной аппаратуры;
- контроль температуры отдельных частей гидрогенератора по заложенным термоиндикаторам;
- контроль температуры воды и дистиллята охлаждающих обмотки гидрогенераторов с водяным охлаждением.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ГИДРОГЕНЕРАТОРОВ

В местных инструкциях по эксплуатации гидрогенератора для оперативного персонала (ОП) должны быть:

- указаны обязанности на выдачу и выполнение команд по управлению энергетическим режимом конкретной ГЭС (ГАЭС);
- распределение обязанностей по непосредственному воздействию на органы управления гидроагрегатами этой ГЭС;
- главная электрическая схема и схема собственных нужд электростанции;
- нормальные, допустимые и аварийные режимы работы генераторов;
- допустимые токи статора и ротора;
- верхний и нижний пределы температур входящего воздуха и охлаждающей воды;
- допустимые температуры обмоток и стали статора, горячего и холодного охлаждающего воздуха и дистиллята для генераторов с водяным охлаждением обмоток;

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ГИДРОГЕНЕРАТОРОВ

В местных инструкциях по эксплуатации гидрогенератора для оперативного персонала (ОП) должны быть:

- допустимые температуры масла, вкладышей подшипников и подпятников;
- допустимые значения вибрации узлов гидрогенератора;
- давление охлаждающей воды на входе и выходе воздухоохладителей;
- давление и расход дистиллята (для генераторов с водяным охлаждением), которые должны поддерживаться в период эксплуатации;
- назначение ключей, блокировок, смысловое значение табло;
- порядок пуска и выключения гидрогенератора;
- допустимые режимы работы гидрогенераторов, установленные заводом-изготовителем оборудования и их изменения, внесенные в конструкторскую и эксплуатационную документацию;
- меры по ликвидации отклонений от нормального режима, возникших неисправностей и аварий с генератором, тушению пожара.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ГИДРОГЕНЕРАТОРОВ

На каждой ГЭС и ГАЭС должен быть организован **постоянный и периодический контроль** (осмотры, технические освидетельствования, обследования) технического состояния электроустановок с гидрогенераторами.

Периодический осмотр оборудования – контроль состояния оборудования, осуществляемый в форме технического осмотра лицами, контролирующими его безопасную эксплуатацию, или комиссией, назначаемой техническим руководителем ГЭС, с периодичностью, устанавливаемой СТО 70238424.27.140.001-2011.

Периодический осмотр оборудования (внешний и внутренний) осуществляют с целью своевременного выявления и анализа причин повреждений и дефектов, включая скрытые, которые не могут быть установлены при постоянном контроле, и выработки решений по предупреждению их развития и устранению.

Постоянный контроль состояния оборудования – контроль технического состояния оборудования гидроэлектростанции, осуществляемый оперативным и оперативно-ремонтным персоналом посредством инструментальных и/или визуальных наблюдений, проводимых регулярно в режиме, определяемом СТО 70238424.27.140.001-2011.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ГИДРОГЕНЕРАТОРОВ

Периодическому техническому освидетельствованию должны подвергаться гидрогенераторы со всеми вспомогательными технологическими системами.

Техническое освидетельствование проводится по истечении установленного ГОСТ 5616 и техническими условиями на поставку срока службы гидрогенератора в соответствии с требованиями СТО 70238424.27.140.001-2011. При проведении каждого освидетельствования в зависимости от состояния гидрогенератора намечают срок проведения последующего освидетельствования.

Техническое освидетельствование гидрогенераторов производится комиссией ГЭС, возглавляемой техническим руководителем ГЭС или его заместителем. В комиссию включаются руководитель и специалисты соответствующих структурных подразделений, представители гидрогенерирующих компаний, работники специализированных организаций и органов государственного контроля (надзора).

Задачами технического освидетельствования гидрогенераторов являются оценка их состояния, а также определение мер, необходимых для обеспечения установленного ресурса машин. В объем периодического технического освидетельствования должны быть включены: наружный и внутренний осмотр, проверка технической документации, испытания на соответствие условиям безопасной эксплуатации генераторов.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ГИДРОГЕНЕРАТОРОВ

Техническое обследование (индивидуальное, комплексное) имеет целью диагностирование технического состояния оборудования (его отдельных элементов, конструктивных узлов) на основании результатов проводимых при этом испытаний и исследований, своевременное выявление и анализ причин аварийно опасных дефектов и повреждений, последующее принятие технических решений по мерам, необходимым для обеспечения безопасной эксплуатации оборудования в пределах срока службы.

Решение о проведении обследования принимает технический руководитель ГЭС на основании требований СТО 70238424.27.140.001-2011. Техническое обследование должно быть проведено в случае внезапного повреждения (отказа) оборудования в процессе эксплуатации.

Методики, применяемые при техническом обследовании, должны обеспечить выявление всех основных дефектов, развитие которых может привести к необратимому ухудшению технического состояния оборудования, а также дефектов, не выявляемых при постоянном контроле и при периодических осмотрах. После достижения срока службы, определенного ГОСТ 5616, результаты диагностирования технического состояния гидрогенераторов при техническом обследовании могут стать основанием для решения о продлении срока службы (в соответствии СТО 70238424.27.140.039-2009) или о полной или частичной модернизации (замене) генератора.