

ГЭС И ГАЭС.

Гидроэлектростанции (ГЭС)

Высота падения воды называется напором.

Необходимый напор создается:

- Установкой плотины, размещенной поперек реки или
- Деривацией – естественным током воды. Или совместно.

Величина напора $H = H_{ВБ} - H_{НБ}$.

Мощность турбины:

$$P_T = 9,81 \cdot Q \cdot H \cdot \eta$$

где Q – количество воды, проходящее через турбину $\text{м}^3/\text{с}$;

η - К.П.Д. ГЭС (0,85-09).

ГЭС

По конструкции

Русловые

Приплотинные

Деривационные

От
вырабатываемой
мощности

Мощные
(25 МВт и выше)

Средние
(до 25 МВт)

Малые (до 5 МВт)

От макс.
использования
напора воды

Высоконапорные
(свыше 60 м)

Средненапорные
(от 25 м)

Низконапорные
(от 3 до 25 м)

По типу
плотины

Насыпные

Бетонные

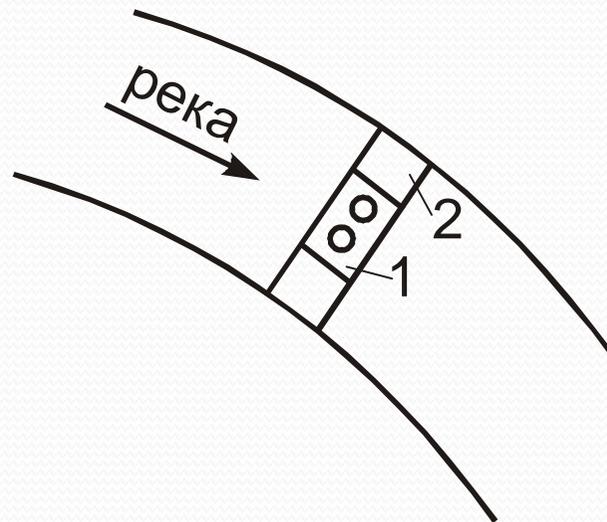
Арочные

Русловые ГЭС

Машинный зал является частью плотины.

Русловые ГЭС сооружают на равнинных реках.

Напор, создаваемый плотиной, невелик: $H = 20 - 30$ м, поэтому требуемую мощность обеспечивают за счет значительных расходов воды.



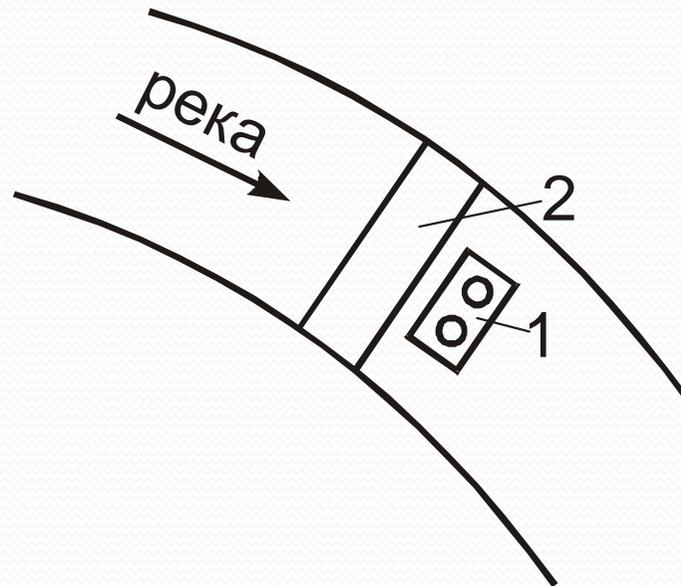
Русловая ГЭС:

1 – машинный зал, 2 – плотина.

Приплотинные ГЭС

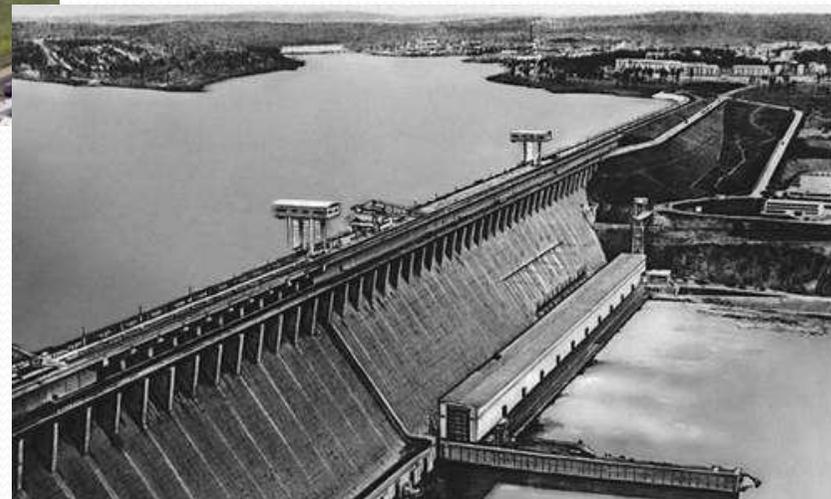
Машинный зал находится за плотиной.

Напор, создаваемый плотиной, выше: $H = 20 - 30$ м.



Приплотинная ГЭС:

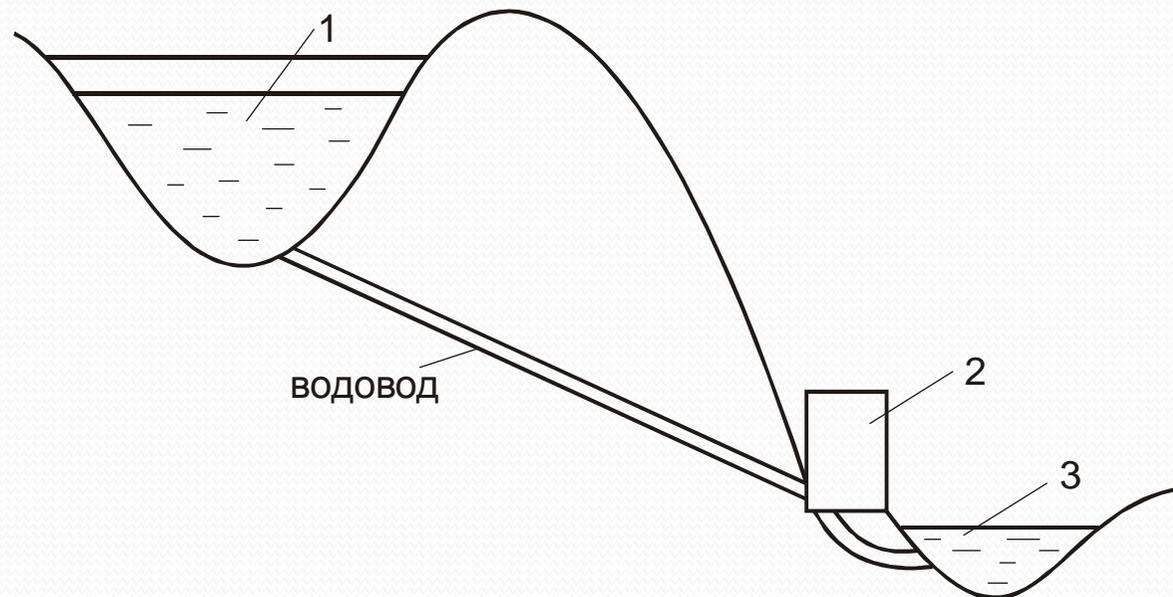
1 – машинный зал, 2 – плотина.



Братская ГЭС (H=100 м).

Деривационные ГЭС

Используют разницу в уровнях воды в реке, огибающей гору или возвышенность. Река перегораживается плотиной и вода по напорному водоводу направляется от верхнего уровня (бьефа) к нижнему и вращает лопасти гидротурбин. Высокий напор воды $H \geq 100$ м



Деривационная ГЭС:

1 – верхний бьеф, 2 – машинный зал, 3-нижний бьеф.

ГЭС с насыпными плотинами

Насыпные плотины сооружаются из местных материалов (гравий, песок) путем засыпки и утрамбовки грунта (плотина Нурекской ГЭС высотой 300 м)



ГЭС с насыпной плотиной.

ГЭС с бетонными плотинами

Бетонные плотины сооружаются целиком из бетона (Большинство ГЭС Волжского каскада). На широких равнинных реках часть плотины, где расположен машинный зал, выполняют бетонной, а прилегающую к берегам часть делают насыпной.



ГЭС с бетонной плотиной.

ГЭС с арочными плотинами

На высокогорных ГЭС с глубоководными водохранилищами сооружают плотины из железобетона - арка, изогнутая в виде дуги в сторону водохранилища и упирающаяся в скалистые берега. Такие плотины намного уже бетонных, имеют большую амплитуду колебаний и поэтому являются более сейсмостойкими.



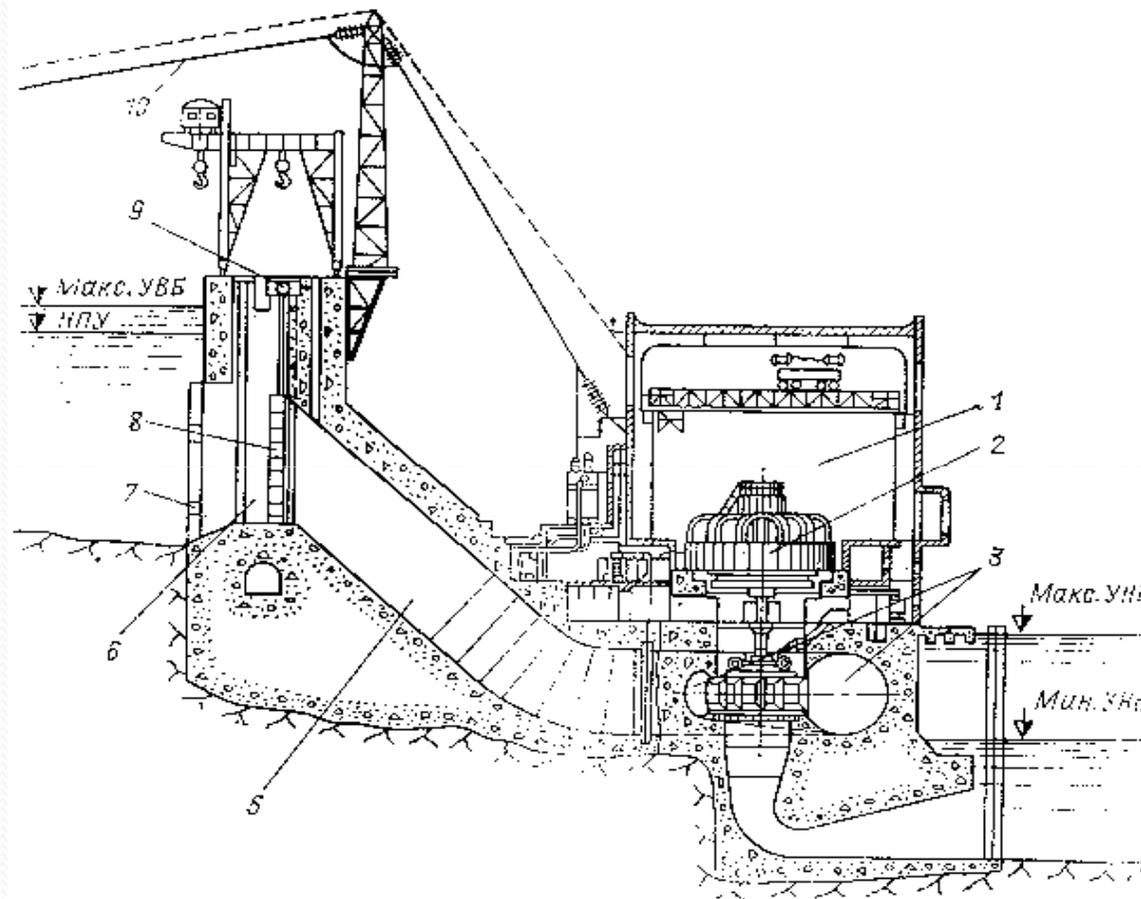
ГЭС с плотиной арочного типа.

Схема плотины ГЭС

Схема плотины гидроэлектростанции



Основное оборудование ГЭС



Здание приплотинной ГЭС.

1 – машинный зал; 2 – генератор; 3 – спиральная камера; 4 – отсасывающая труба; 5 – водовод; 6 – водоприемник; 7 – решетка; 8 – плоский затвор; 9 – подъемный механизм затвора; 10 – ВЛ на подстанцию

Гидротурбины

Активные

Ковшовые турбины
(турбины Пельтона)

Реактивные

Радиально-осевые
(турбины Френсиса)

Лопастные

Пропеллерные

Поворотно-
лопастные
(турбины Каплана)

Двухперовые

Диагональные

Активные турбины

Используют только кинетическую энергию потока, т.е. вода поступает на рабочее колесо без избыточного давления.

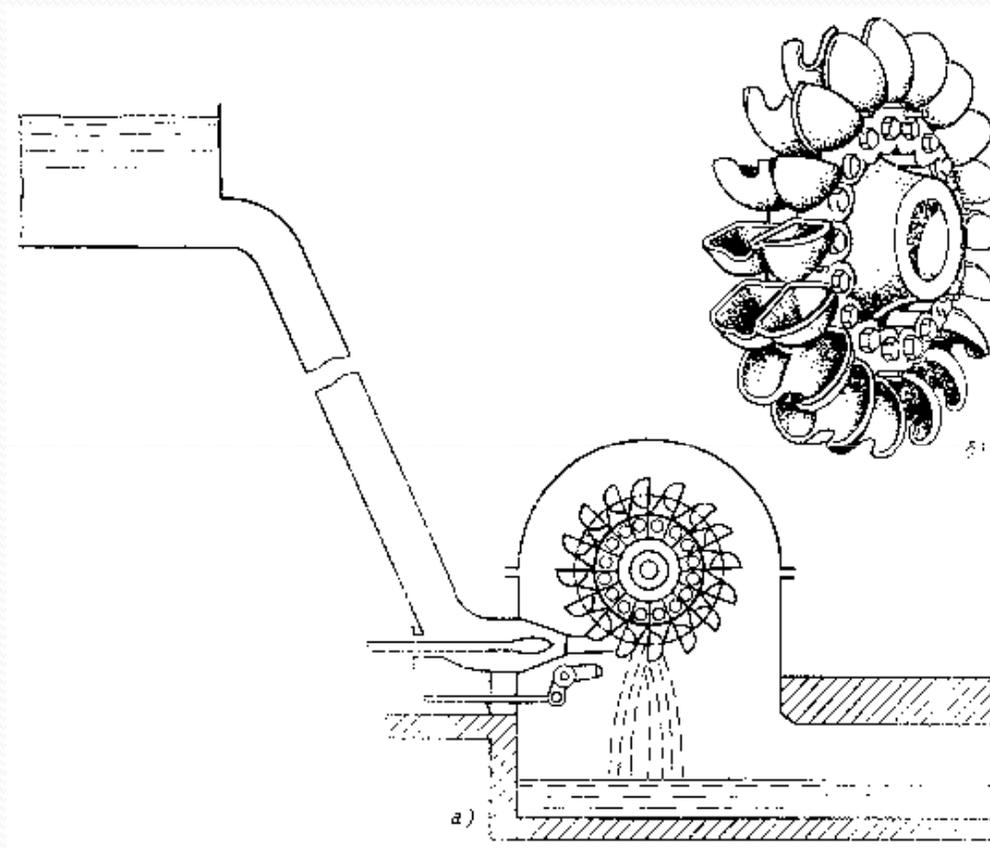
К таким турбинам относятся ковшовые (турбина Пельтона).

Они предназначены для высокогорных ГЭС и работают при напорах воды от 300 до 1800 м.

Лопатка турбины выполнена в виде сдвоенного ковша с острым ножом посередине. В ковшах переходит изменение направления скорости движения воды на 180° .

Коэффициент быстроходности (число об/мин, которое дает турбина при напоре в 1 м мощности в 1 л.с.) $n_s = 10 \div 50$.

Ковшовая турбина



Ковшовая турбина.
а – схема турбинной установки; б – рабочее колесо.

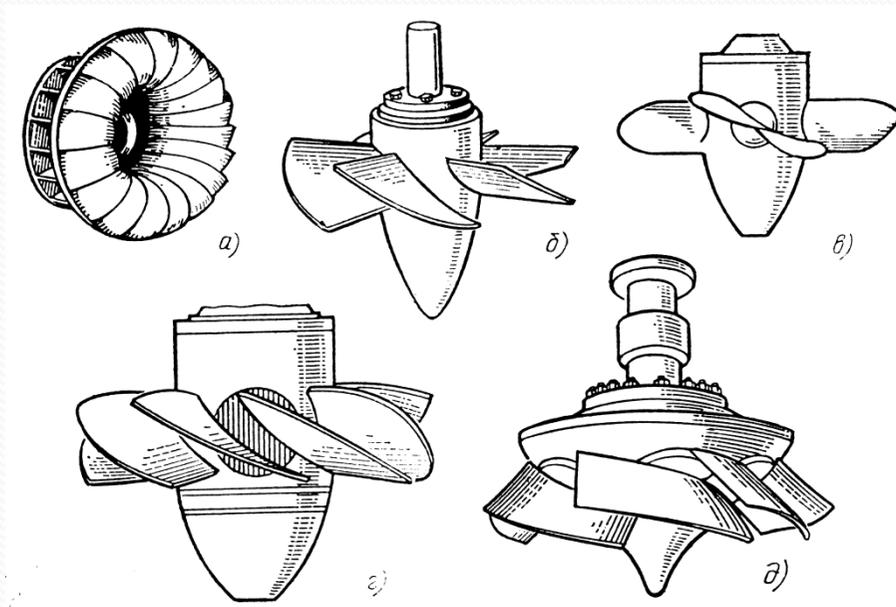
Реактивные турбины

Используют потенциальную энергию водяного потока, т.е. работают под давлением.

К таким турбинам относятся лопастные и радиально-осевые турбины.

Лопастные турбины установлены на средне- и низконапорных ГЭС (Куйбышевская ГЭС, Волгоградская ГЭС). $n_s = 400 \div 1000$

Радиально-осевые турбины применяют в широком диапазоне напоров от 30 до 600 м. Число лопаток 10-30. Выполняются на мощности свыше 100 МВт, на ГЭС с большим напором воды (Братская и Красноярская ГЭС). $n_s = 70 \div 400$



Общий вид рабочих колес реактивных турбин.

а – радиально-осевая;

б – пропеллерная;

в – поворотно-лопастная;

г – двухперовая;

д – диагональная

Генераторы

```
graph TD; A[Генераторы] --> B[Горизонтального исполнения (капсульные)]; A --> C[Вертикального исполнения]; C --> D[подвесные]; C --> E[зонтичного типа];
```

The diagram is a hierarchical flowchart. At the top is a box labeled 'Генераторы'. Two arrows point down from this box to two separate boxes: 'Горизонтального исполнения (капсульные)' on the left and 'Вертикального исполнения' on the right. From the 'Вертикального исполнения' box, two more arrows point down to 'подвесные' and 'зонтичного типа'.

**Горизонтального
исполнения
(капсульные)**

**Вертикального
исполнения**

подвесные

зонтичного типа



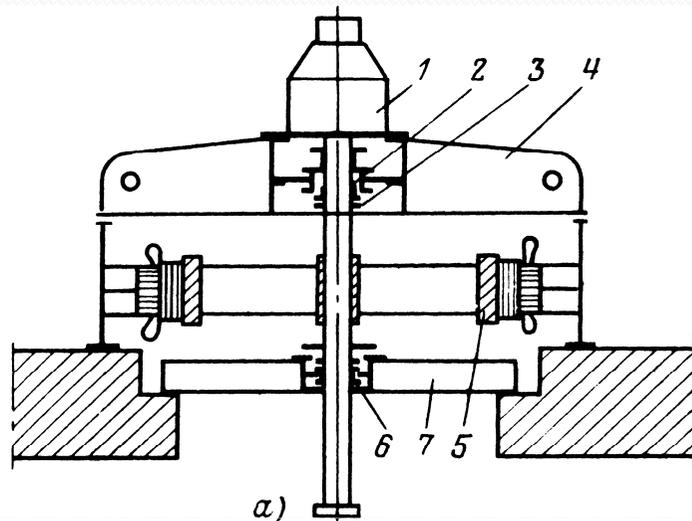
Горизонтальные гидрогенераторы предназначены для низконапорных ГЭС и в России не нашли широкого распространения. У таких машин вал располагается в горизонтальной плоскости, а сам генератор находится внутри капсулы, обтекаемой водой. Два наиболее крупных генератора подобной конструкции мощностью 40 МВт установлены на Саратовской ГЭС.

Вертикальные генераторы различают в зависимости от расположения подпятника.

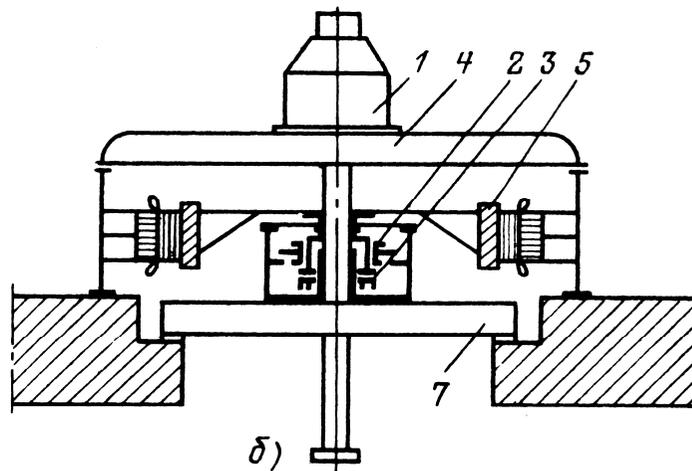
Подпятником называют подшипник скольжения, с помощью которого вес вращающихся частей (турбины, вала и генератора) передается через крестовину на опорные конструкции машинного зала ГЭС.

В зависимости от расположения подпятника различают гидрогенераторы:

подвесного типа (подпятник вверху, а генератор подвешен на нем) и **зонтичного типа** (подпятник в низу).



а)



б)

**Принципиальные схемы
конструкции гидрогенераторов:**

а – подвесной тип;

б – зонтичный тип;

1 – возбудитель;

2 – верхний направляющий
подшипник;

3 – подпятник;

4 – верхняя крестовина;

5 – ротор;

6 – нижний направляющий
подшипник;

7 – нижняя крестовина.

Особенности ГЭС:

- Сооружаются в местах, где есть гидроресурсы и условия для строительства водохранилища и плотины, что обычно не совпадает с местом расположения нагрузки (вдали от потребителя).
- Выработанную электроэнергию выдают в систему на повышенном напряжении, т.к. часто эффективные ГЭС более удалены от потребителей, чем ТЭС.
- Высокоманевренны, пуск и остановка агрегата полностью автоматизирован и занимает несколько минут.
- Работают на возобновляемом источнике энергии – воде, не загрязняют атмосферу.
- Имеют КПД порядка 90%.
- В электрической части – блочный принцип построения (простые блоки, укрупненные блоки (4-8 генераторов, иногда больше)).

- 
- Себестоимость э/э на Российских ГЭС более, чем в 2 раза ниже, чем на ТЭС.
 - Сток реки является возобновляемым источником энергии.
 - Строительство ГЭС обычно более капиталоемкое, чем ТЭС.
 - Водохранилища часто занимают значительные территории, но примерно с 1963 г начали использовать защитные сооружения (Киевская ГЭС).
 - Плотины зачастую изменяют характер рыбного хозяйства, поскольку перекрывают путь к нересту, однако часто благоприятствуют увеличению запасов рыбы в самом водохранилище и осуществлению рыбоводства.
 - Водохранилища ГЭС, с одной стороны, улучшают судоходство, но с другой стороны, требуют применения шлюзов для перевода судов с одного бьефа на другой
 - Водохранилища делают климат более умеренным.

Саяно-Шушенская ГЭС



На самой мощной Саяно–Шушенской ГЭС работает 10 агрегатов по 640 МВт каждый (мощность ГЭС 6400 МВт).



Машинный зал до аварии



Машинный зал после аварии

Гидроаккумулирующие электростанции (ГАЭС)

Назначение ГАЭС заключается в выравнивании суточного графика нагрузки электрической системы и повышении экономичности ТЭС и АЭС.

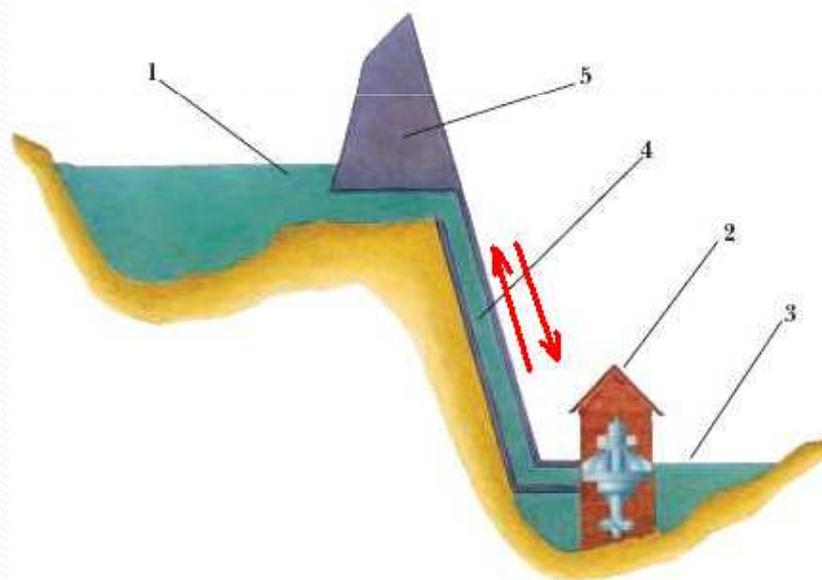


Схема ГАЭС:

1 – верхний аккумулирующий бассейн; 2 – здание ЭС; 3 – река; 4 – водовод;
5 – плотина

Особенности ГАЭС:

- В часы минимальной нагрузки системы агрегаты ГАЭС работают в насосном режиме, перекачивая воду из нижнего водохранилища в верхнее, увеличивая нагрузку ТЭС и АЭС. В часы максимальной нагрузки они работают в турбинном режиме, сбрасывая воду из верхнего водохранилища, разгружая ТЭС и АЭС.
- К.П.Д. ГАЭС составляет примерно 70-80%.
- В отличие от обычных ГЭС для ГАЭС не требуется перекрывать реки, возводить высокие плотины и т.д. Следовательно, к преимуществам ГАЭС относится и низкая стоимость строительных работ.



Загорская ГАЭС (мощность 1600 МВт)