

**Гидроэлектростанция (ГЭС)** – комплекс сооружений и оборудования, посредством которых энергия потока воды преобразуется в электрическую энергию.

**ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА (ГЭУ)** предназначена для преобразования механической энергии водного потока в электрическую энергию или, наоборот, электрической энергии в механическую энергию воды.

Состоит из гидротехнических сооружений, энергетического и механического оборудования.

Различают следующие типы ГЭУ:

1. гидроэлектростанции (ГЭС);
2. насосные станции (НС);
3. гидроаккумулирующие электростанции (ГАЭС);
4. комбинированные электростанции ГЭС–ГАЭС;
5. приливные электростанции (ПЭС)

## Гидроэлектрические станции (ГЭС)

Достоинства ГЭС:

- 1) высокая маневренность агрегатов: процесс пуска и набора мощности занимает всего лишь несколько минут. Например, ТЭС затрачивает на это не менее 3-4 часов
- 2) выполняет важную роль резервного или аварийного энергоисточника при совместной работе с другими станциями в объединенной энергосистеме;
- 3) большинство ГЭС решает комплексную задачу в отдельном водохозяйственном районе (энергетика, водное хозяйство, ирригация, судоходство, снижение вероятности катастрофических затоплений территорий ниже гидроузла, рекреация и т.д.);
- 4) на ГЭС имеется значительно меньшее количество обслуживающего персонала, чем на ТЭС той же мощности (в 4-5 раз), а с учетом топливодобывающих и транспортных предприятий, обслуживающих ТЭС – в 10-12 раз;
- 5) на ГЭС самая низкая себестоимость электроэнергии (в 4-6 раз ниже, чем на лучших ТЭС той же мощности);
- 6) малые расходы электроэнергии на собственные нужды гидростанции (не более 0,5-1,0% от выработки ГЭС)

## НЕДОСТАТКАМИ ГЭС являются:

- 1) затопление больших площадей полезных земель, населенных пунктов, мест нахождения полезных ископаемых, исторически важных мест и т.д.;
- 2) негативное воздействие на ихтиофауну (преграждение путей миграции ценных рыб на нерест, гибель икры при колебании уровней воды в верхнем и нижнем бьефе, а также при изменении температуры воды);
- 3) изменение гидрологического режима реки (в зимний период уровни реки значительно повышены по сравнению с естественными условиями, при этом образуются наледи из-за разных величин попусков воды через гидротурбины; весной и летом, наоборот, уровни реки ниже гидроузла резко понижены из-за накопления воды в водохранилище);
- 4) в результате повышения ветров над поверхностью водохранилища усиливается волновая деятельность, из-за чего происходит разрушение берегов;
- 5) воздействие на микроклимат побережья, которое имеет двойное влияние: в весенне-летний период наблюдается похолодание, а осенью – потепление по сравнению с естественными условиями

1) По установленной мощности:

- более 1 млн кВт;
- от 0,3 до 1,0 млн кВт;
- от 0,05 до 0,3 млн кВт;
- менее 0,05 млн кВт.

2) По величине напора:

- высоконапорные – при  $H > 60$  м;
- средненапорные – при  $H = 25-60$  м;
- низконапорные – при  $H < 25$  м.

3) По схеме использования водного потока:

- русловые ГЭС;
- приплотинные ГЭС;
- деривационные ГЭС;
- гидроаккумулирующие ГЭС.

4) По условиям работы:

- изолированные ГЭС;
- в каскаде;
- в объединенной энергосистеме

5) По характеру использования воды:

- на бытовом стоке, т.е. без водохранилища;
- с суточным регулированием речного стока;
- с недельным регулированием речного стока;
- с сезонным (годовым) регулированием речного стока;
- с многолетним регулированием речного стока.

## ГОСТ 19185-73 Гидротехника. Основные понятия. Термины и определения

Бьеф - Часть водотока, примыкающая к водоподпорному сооружению

Верхний бьеф - Бьеф с верхней стороны водоподпорного сооружения

Нижний бьеф - Бьеф с нижней стороны водоподпорного сооружения

**Русловые ГЭС** – гидроузлы, где здание станции участвует в создании водонапорного фронта, поэтому в таких схемах напор ГЭС не превышает 30-40 м.

**Приплотинные ГЭС** отличаются от русловых тем, что у них здание станции расположено ниже плотины и не участвует в создании подпора воды, поэтому здание выполняется конструктивно значительно облегченным. В связи с этим приплотинные ГЭС могут иметь напоры воды до 200-300 м и выше.

**ДГЭС** строятся на горных реках с большими уклонами воды, поэтому для получения значительных напоров на станции не требуется строить высокие плотины.

ДГЭС подразделяются на два типа – с **безнапорной** (открытый канал) и с **напорной деривацией** (трубопровод, туннель).

**Плотины** предназначены для создания подпора воды, т.е. водохранилища и регулирования речного стока.

### ***КЛАССИФИКАЦИЯ ПЛОТИН.***

**По величине напора:**

- низконапорные – до 10 м;
- средненапорные – от 10 до 40 м;
- высоконапорные – выше 40 м.

**По используемым материалам:**

- бетонные (железобетонные);
- грунтовые;
- деревянные.

**Бетонные плотины:**

- гравитационные;
- арочные;
- контрфорсные.

**Грунтовые плотины**

- земляные;
- каменные;
- каменно-набросные

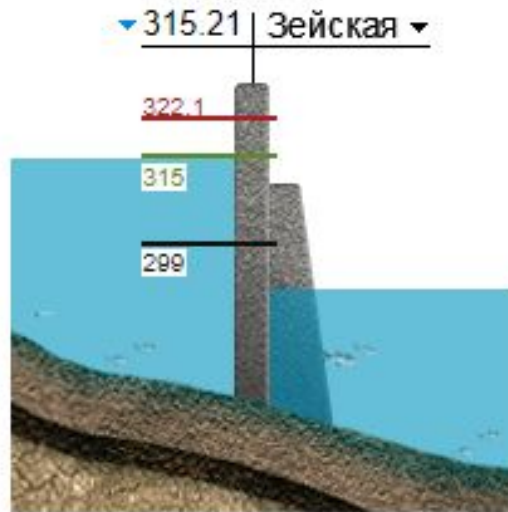
Действующие ГЭС	МВт	Действующие ГЭС	МВт
<b>Богучанская ГЭС</b>	<b>2 997</b>	Нижне-Бурейская ГЭС	320
<b>Бурейская ГЭС</b>	<b>2 010</b>	<b>Чебоксарская ГЭС</b>	<b>1 370</b>
Каскад Верхневолжских ГЭС	496,4	Толмачевские ГЭС	45,221
Каскад Вилюйских ГЭС	680	ГЭС Северо-Осетинского филиала	439,42
<b><u>Саяно-Шушенский ГЭК</u></b> <b><u>(Майнская и Саяно-Шушенская ГЭС)</u></b>	<b><u>6 721</u></b>	Новосибирская ГЭС	490
<b>Саратовская ГЭС</b>	<b>1 427</b>	Нижегородская ГЭС	523
Каскад Кубанских ГЭС	476,5	Колымская ГЭС	900
Камская ГЭС	552	ГЭС Кабардино-Балкарского филиала	198,1
<b>Зейская ГЭС</b>	<b>1 330</b>	ГЭС Карачаево-Черкесского филиала	301,26
<b>Загорская ГАЭС</b>	<b>1 200</b>	<b>Жигулевская ГЭС</b>	<b>2 488</b>
<b>ГЭС Дагестанского филиала</b>	<b>1 885,53</b>	<b>Воткинская ГЭС</b>	<b>1 080</b>
<b>Волжская ГЭС</b>	<b>2 671</b>		
Строящиеся ГЭС	МВт	Строящиеся ГЭС	МВт
Загорская ГАЭС-2	840	Усть-Среднеканская ГЭС имени А.Ф. Дьякова	570
Усть-Джегутинская МГЭС	5.6	Красногорские МГЭС	49.8
Барсучковская МГЭС	5.25		

- Майнская и Саяно-Шушенская ГЭС представляют собой единый гидроэнергетический комплекс, тесно связанный технологически: Майнская — контррегулирующая станция, Саяно-Шушенская — пиковая
- Ангаро-Енисейский каскад ГЭС включает: Иркутскую, Братскую, Усть-Илимскую и Богучанскую на Ангаре; Красноярскую (Дивногорск), Майнскую (пос. Майна) и Саяно-Шушенскую (Саяногорск) на Енисее.



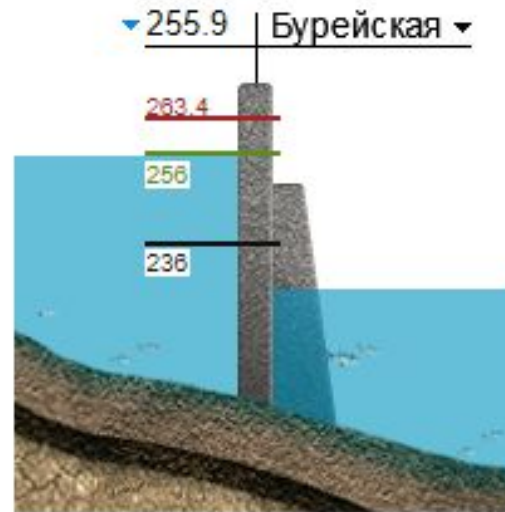
## ГЭС на реке Зeya

данные предоставляются с 27.05.2013



## ГЭС на реке Бурея

данные предоставляются с 27.05.2013

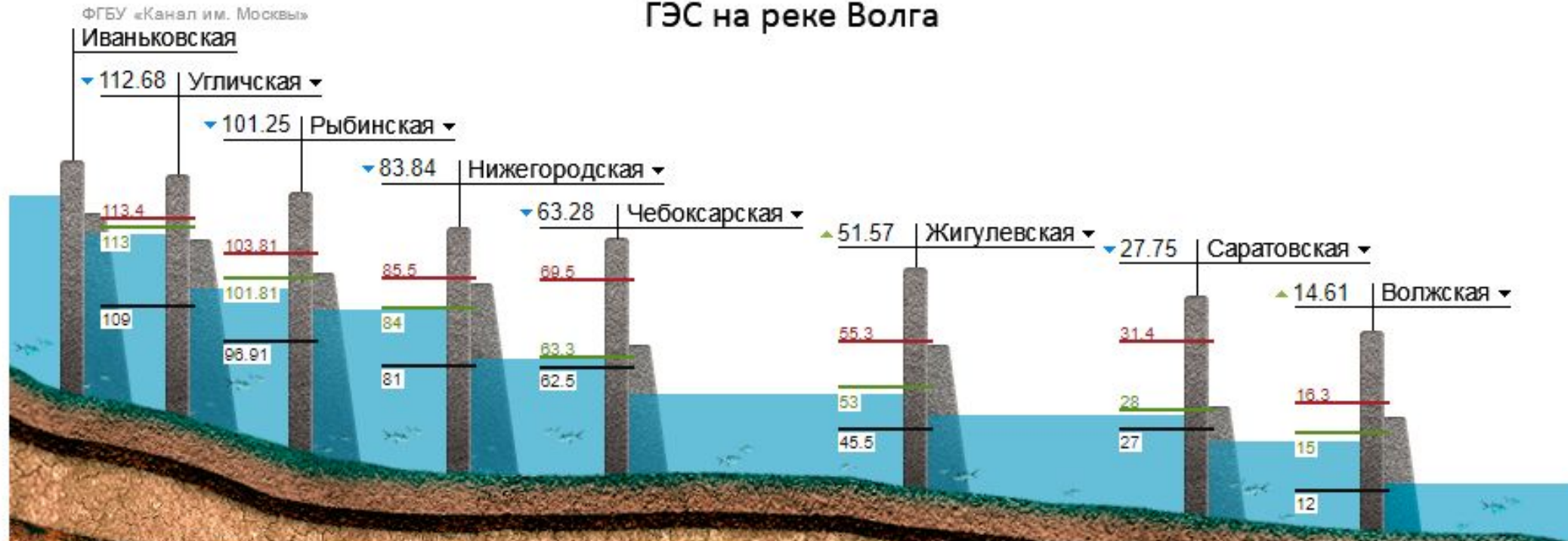


## ГЭС на реке Колыма

данные по обеим станциям предоставляются с 21.08.2013



## ГЭС на реке Волга



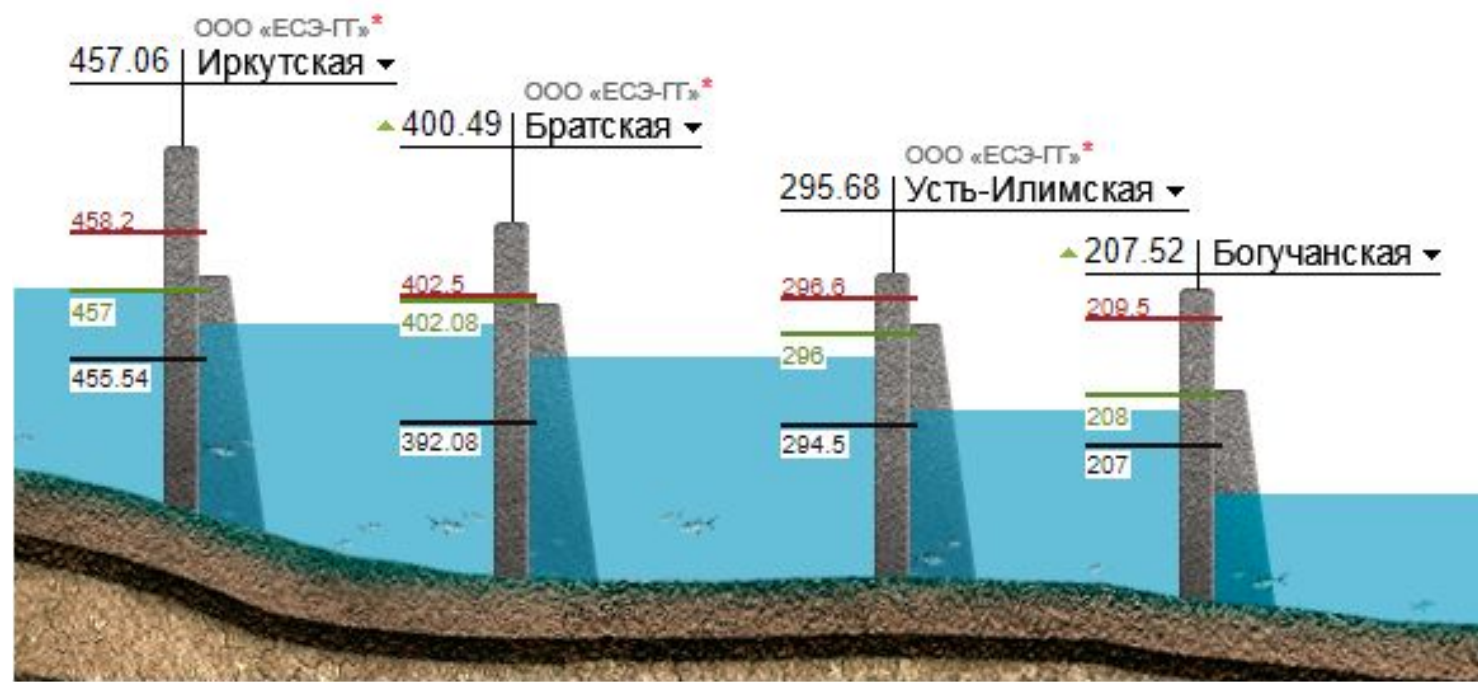
## ГЭС на реке Кама



## ГЭС на реке Енисей



## ГЭС на реке Ангара

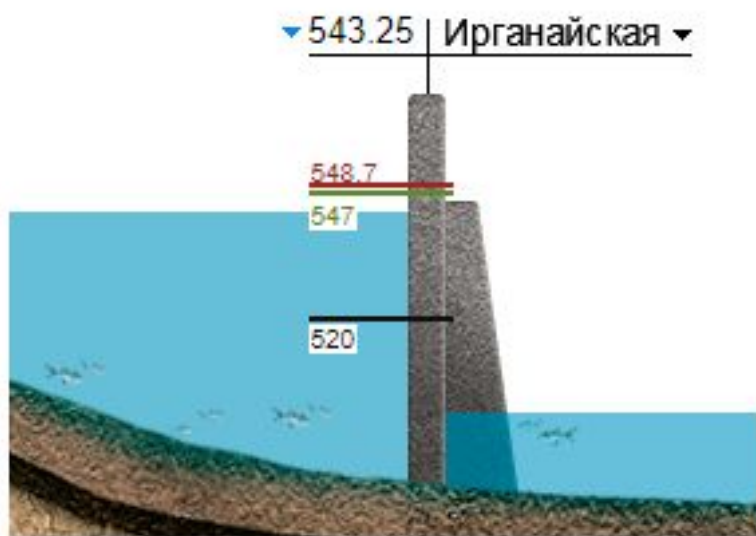


## ГЭС на реке Обь

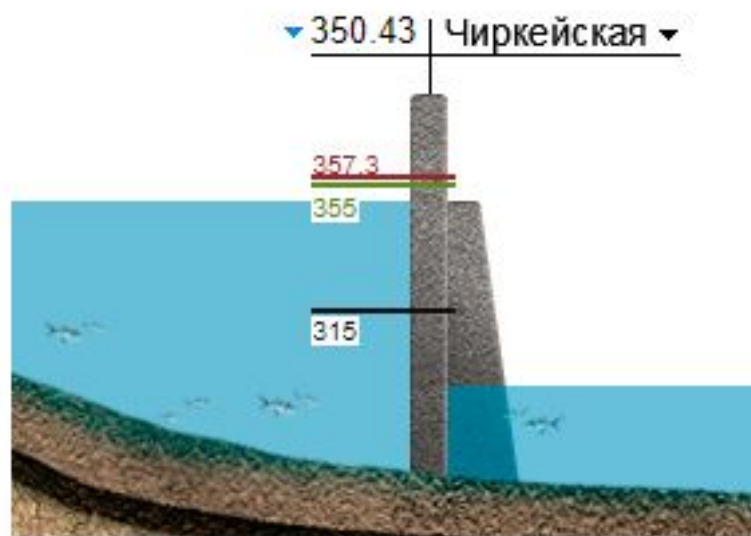




### ГЭС на реке Аварское Койсу\*\*



### ГЭС на реке Сулак\*\*



### ГЭС на реке Вилюй\*\*\*

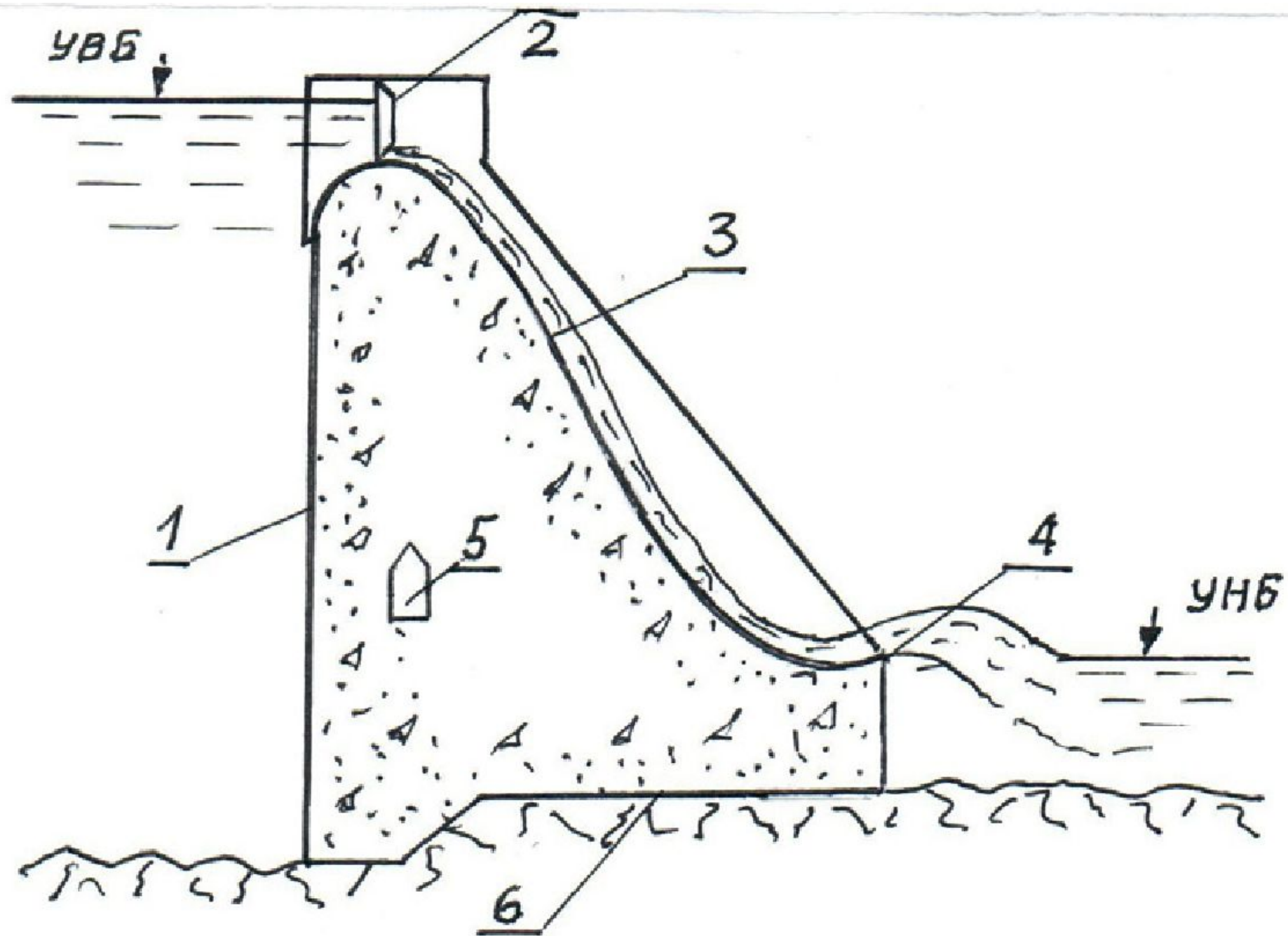


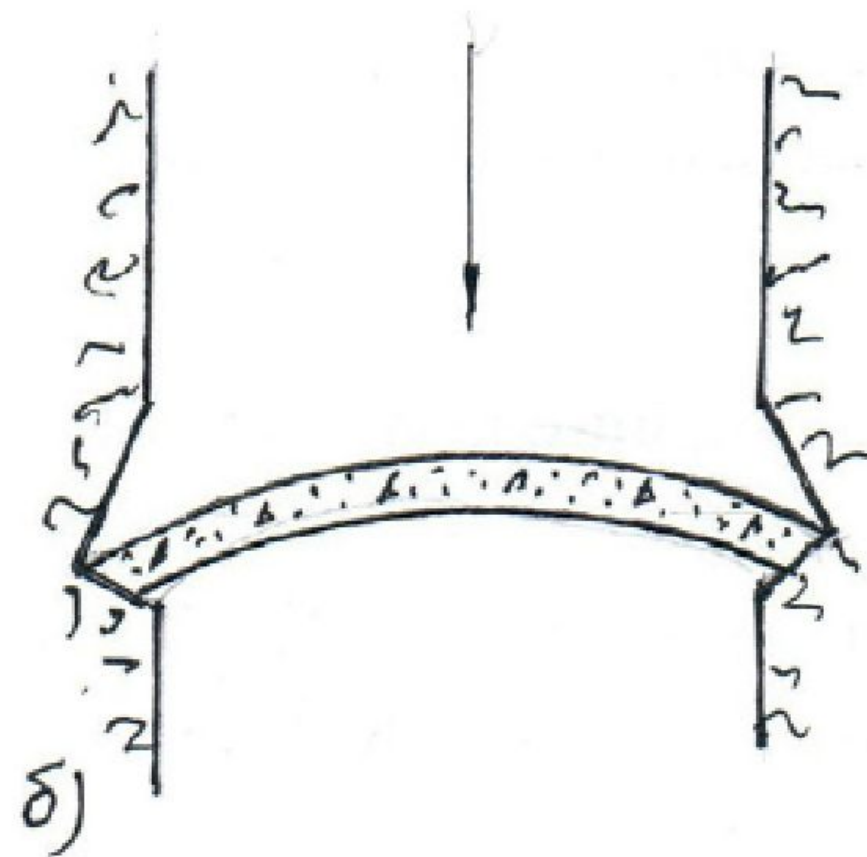
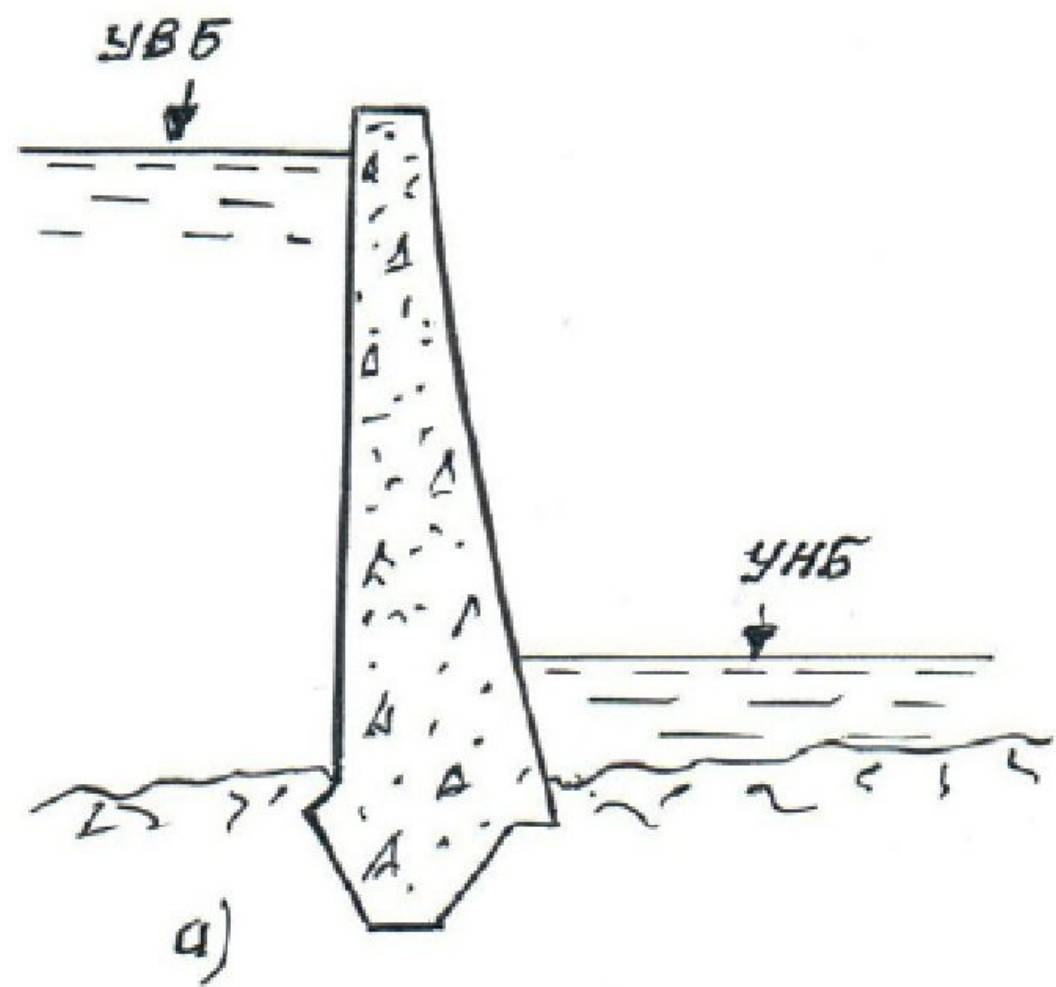
## **БЕТОННЫЕ ПЛОТИНЫ**

а) **Гравитационные плотины** отличаются тяжелым весом, поэтому они обладают высокой устойчивостью против сдвига по основанию. Эта особенность позволяет строить их практически на любых грунтах – от песчаных до скалистых. Такие плотины могут быть водосливными, т.е. они допускают перелив воды через гребень. Имеют высоту до 300 м, но на их строительство требуется большой расход бетона, что отражается на их стоимости.

б) **Арочные плотины** в плане имеют вид дуги, поэтому давление воды передается на скальные берега. Толщина плотины значительно меньше, чем у гравитационных, для них требуется меньшее количество бетона. По способу пропуска воды арочные плотины могут быть **глухими и водосбросными**. Толщина плотины поверху составляет около 1,5-4,0 м в зависимости от величины напора, которая может достигать 300 и более м

в) **Контрфорсные плотины** представляют собой железобетонные плиты, воспринимающие давление воды, а для их устойчивости с нижней стороны подпираются вертикальными бетонными ребрами-контрфорсами. Для большей устойчивости на сдвиг плиты наклонены в сторону нижнего бьефа с целью пригрузки плотины весом воды на верховой грани. Контрфорсы для устойчивости всей конструкции скрепляются балками жесткости по всей длине плотины





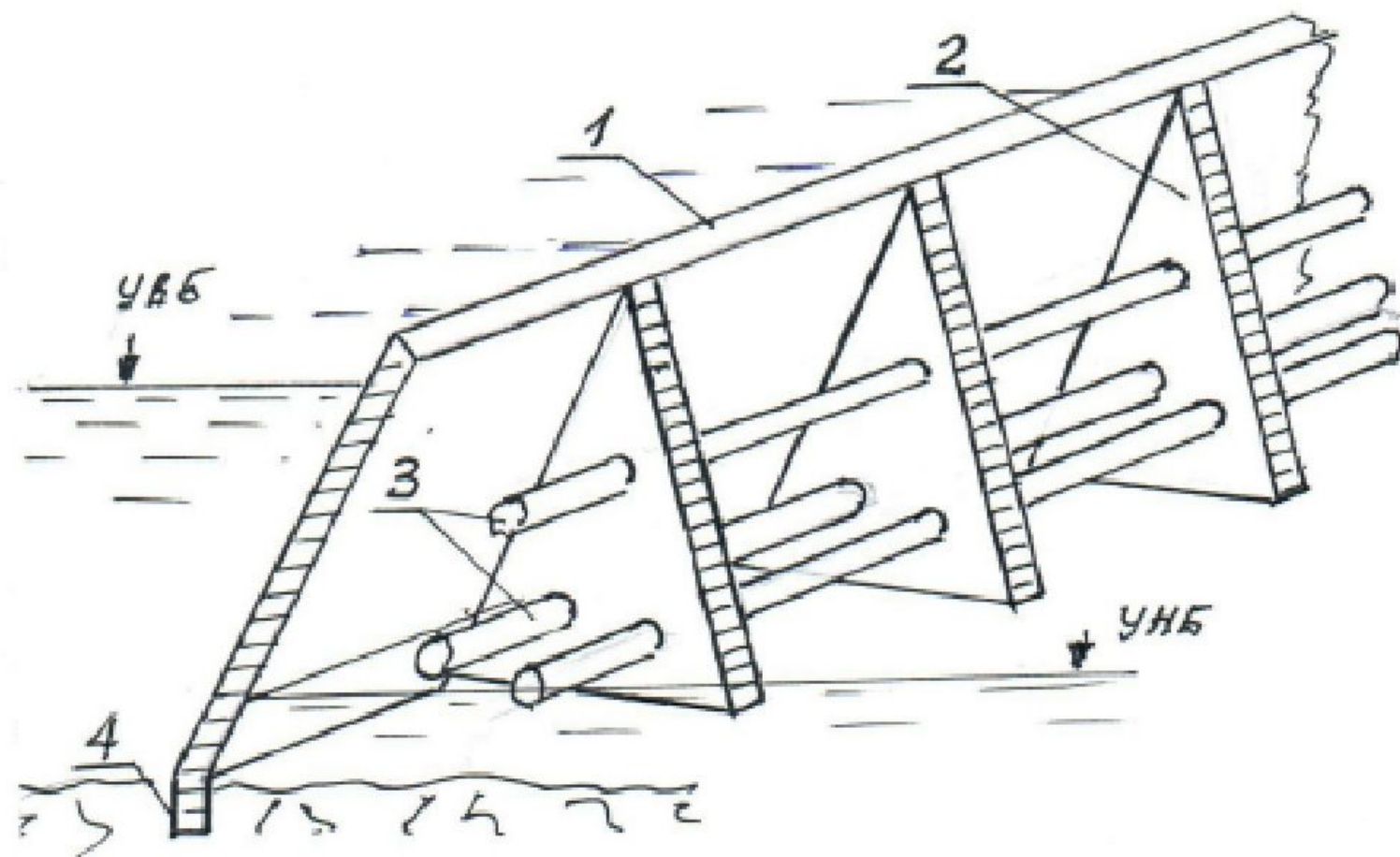


Рис. 2.8. Схема контрфорсной плотины:

- 1 – плита перекрытия; 2 – контрфорс; 3 – балки жесткости;  
4 – зуб для дополнительной устойчивости на сдвиг



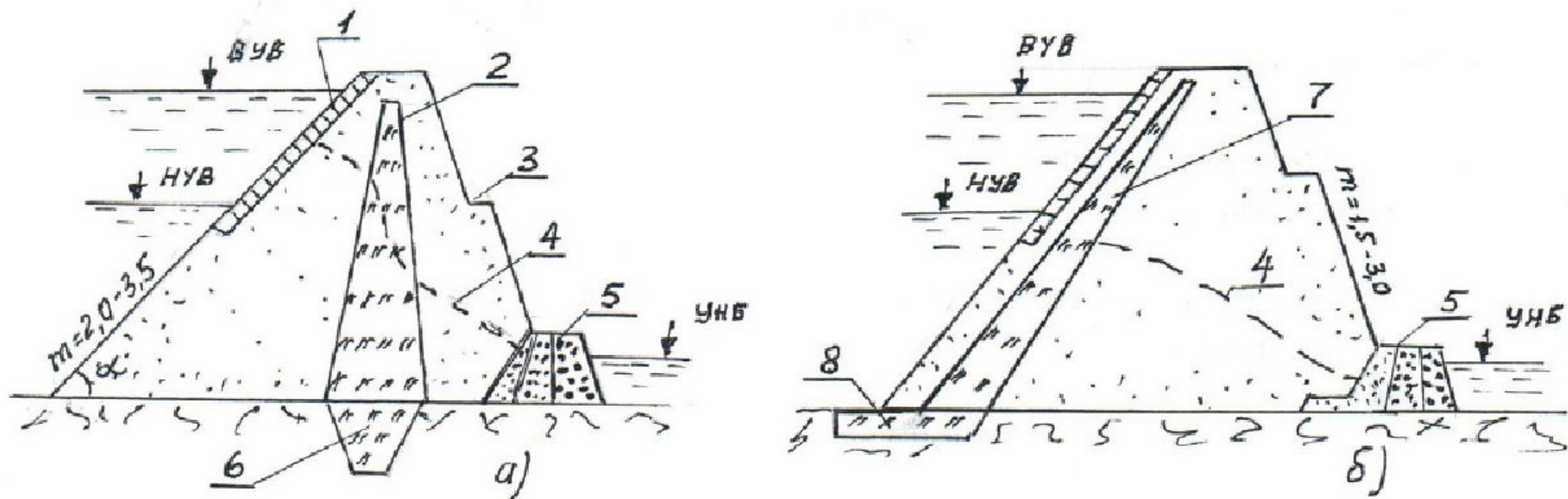


Рис. 2.9. Типы земляных плотин:

а) плотина с ядром; б) плотина с экраном и понуром.

1 – крепление бетоном или камнем; 2 – ядро из глинистого грунта; 3 – берма;  
 4 – депрессионная линия; 5 – обратный фильтр; 6 – зуб; 7 – экран; 8 – понур.

ВУВ – высокий уровень воды; НУВ – низкий уровень воды;

УНБ – уровень нижнего бьефа



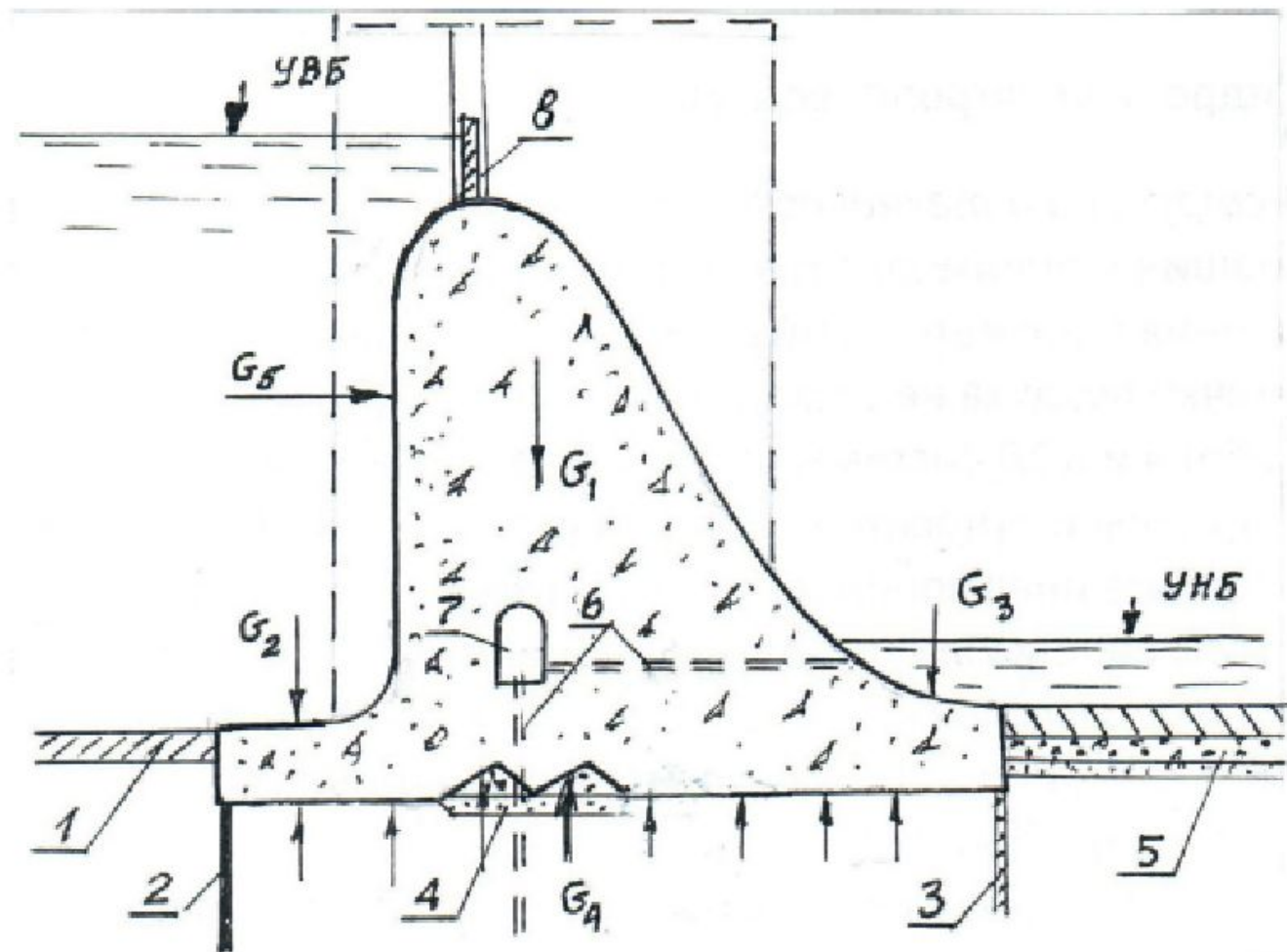


Рис. 2.10. Силы, действующие на гидросооружение:

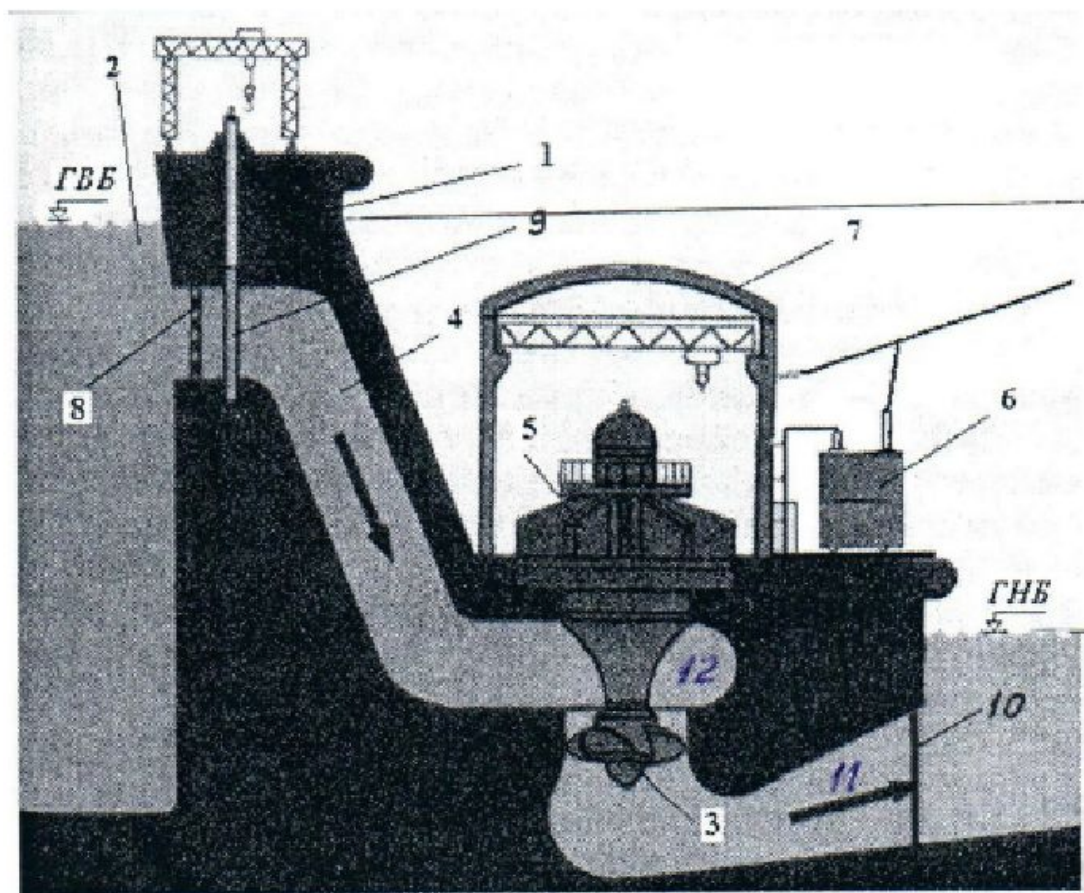
- 1 – понур; 2 – непроницаемая шпунтовая стенка; 3 – шпунтовая стенка, пропускающая воду, но не пропускающая частицы грунта; 4 – обратный фильтр; 5 – рисберма с плоским обратным фильтром; 6 – трубы для пропуска фильтрационных вод, прошедших через обратный фильтр из-под подошвы сооружения; 7 – смотровая галерея; 8 – плоский подъемный затвор

Силы, действующие на гидросооружение:  $G_1$  – вес сооружения;  $G_2$  и  $G_3$  – вертикальное давление воды;  $G_4$  – вертикальное фильтрационное давление на подошву сооружения;  $G_5$  – статическое и динамическое давление воды, льда и плавающих предметов.

Таким образом, на сдвиг и опрокидывание сооружения действуют силы  $G_4$  и  $G_5$ , а силы  $G_1$ ,  $G_2$  и  $G_3$  – препятствуют этому. Сила ветра имеет двойное действие в зависимости от его направления. Зубчатая форма основания сооружения способствует лучшему сопротивлению против сдвига вдоль земной поверхности.

**Понур** предназначен для укрепления основания перед плотиной и удлинения пути фильтрационных вод

**Рисберма** предназначена для крепления части русла реки в нижнем бьефе и совместно с водобоем предохраняет этот участок от размыва.



*Рис. 2.11.* Разрез приплотинной ГЭС по оси гидроагрегата:

- 1 – плотина; 2 – водохранилище; 3 – гидротурбина; 4 – водоподводящий канал;  
 5 – гидрогенератор; 6 – трансформатор; 7 – здание станции;  
 8 – сороудерживающая решетка; 9 – верхний затвор; 10 – нижний затвор;  
 11 – отсасывающая труба; 12 – спиральная камера

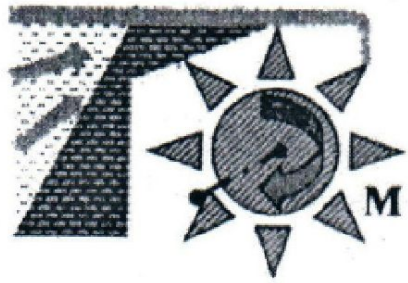
Здание ГЭС условно можно разделить на три части:

- *подводную* – наиболее сложную конструкцию, где располагаются водоприемник, турбинная камера, отсасывающая труба и другие вспомогательные устройства, расположенные ниже уровня НБ. Подводная часть здания воспринимает все основные нагрузки (гидростатическую, гидродинамическую и вес всего оборудования)
- *надводную*, где размещаются гидрогенераторы, трансформаторы, крановое оборудование машинного зала, различные вспомогательные устройства.
- *блок монтажной площадки* – предназначен для производства различных монтажных и ремонтных работ, различных частей оборудования.

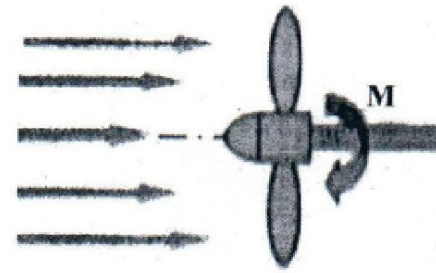
***Гидроагрегаты ГЭС***

***САМОСТОЯТЕЛЬНО***

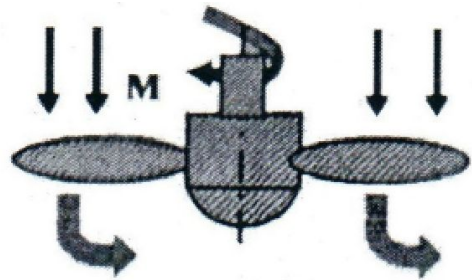




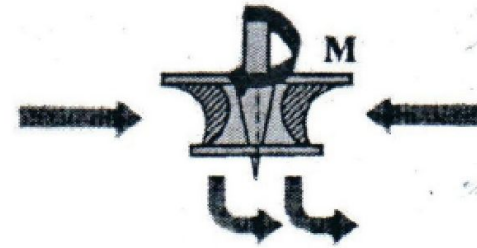
а) ковшовая турбина (горизонтальная ось колеса перпендикулярна водному потоку)



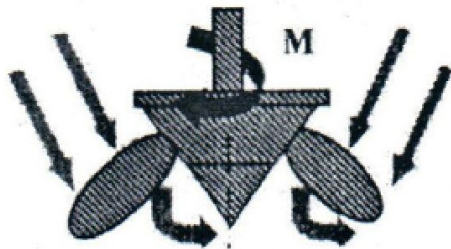
б) пропеллерная турбина (горизонтальная ось колеса параллельна водному потоку)



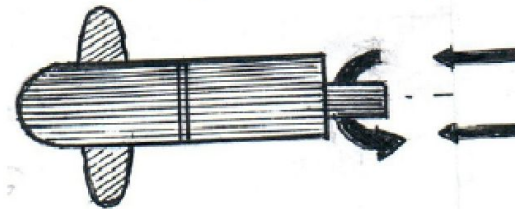
в) осевая турбина (вертикальная ось колеса параллельна водному потоку)



г) радиально-осевая турбина (вертикальная ось колеса перпендикулярна водному потоку)



д) диагональная турбина (вертикальная ось колеса диагональна водному потоку)



е) горизонтальная капсульная турбина (горизонтальная ось вращения колеса параллельна водному потоку)

Мощность турбины  $P_T$  зависит, главным образом, от напора на ГЭС,  $H_T$  и расхода воды на турбине  $Q_T$  (2.4):

$$P_T = 9,81 \cdot Q_T \cdot H_T \cdot \eta_T, \text{ кВт} \quad (2.4)$$

КПД современных турбин  $\eta_T = 0,93-0,96$

Гидрогенераторы подразделяются:

- а) по мощности – малые (до 50 МВт), средние (от 50 до 150 МВт) и крупные (свыше 150 МВт);
- б) по частоте вращения ротора – на тихоходные (до 100 об/мин.) и быстроходные (свыше 100 об/мин.).

Диапазон напряжений на выводах гидрогенератора колеблется от 8,8 до 18 кВ; коэффициент мощности ( $\cos \varphi$ ) – от 0,8 до 0,95 и КПД – от 96,3 до 98,8 %.

Особым видом гидравлической машины является **ГОРИЗОНТАЛЬНЫЙ КАПСУЛЬНЫЙ ГИДРОАГРЕГАТ**, совмещающий гидротурбину с гидрогенератором, расположенные в герметичном кожухе. Эти агрегаты используются на низконапорных ГЭС и на приливных электростанциях мощностью до 45 МВт

Электрическая мощность гидрогенератора определяется по формуле:

$$P_{\text{ген}} = P_{\text{т}} \cdot \eta_{\text{г}}, \text{ кВт, (2.5.)}$$

где  $P_{\text{ген}}$  – мощность генератора;  $P_{\text{т}}$  – мощность турбины и  $\eta_{\text{г}}$  – КПД генератора, равный в среднем 0,97



На судоходных реках для перевалки судов через створ гидроузла применяются **СУДОХОДНЫЕ ШЛЮЗЫ** и **СУДОПОДЪЕМНИКИ**.

Судоходный шлюз представляет собой гидротехническое сооружение, которое дает возможность перехода судну из бьефа в бьеф с помощью неподвижной камеры. Процесс шлюзования при одностороннем движении судна через однокамерный шлюз занимает 20-40 мин., при двухстороннем – 30-60 мин.



