

ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ И ОБЪЕКТЫ

**Лекции для направления
271101.65 Строительство
уникальных зданий и
сооружений**

ЛИТЕРАТУРА

- Гидроэлектрические станции/под редакцией В. Я. Карелина и Г.И. Кривченко. - М.: Энергия, 1987.
- Гидроэнергетические установки/под редакцией Д.С. Щавелева. - Л.: Энергия, 1972.
- СП 58.13339.2012. Актуализированная редакция СНиП 33-01-2003. Гидротехнические сооружения. Основные положения.
- Соболев С. В. , Февралев А. В. Использование водной энергии малых рек. - Н. Новгород: ННГАСУ, 2009.
- ГОСТ 19431-84. Энергетика и электрификация. Термины и определения.
- СО 34.21.308-2005. Гидротехника. Основные понятия. Термины и определения.

ГИДРОЭНЕРГЕТИКА

- **Гидроэнергетика** - по ГОСТ 19431-84: раздел энергетики, связанный с использованием механической энергии водных ресурсов для получения электрической энергии.
- Гидроэнергетические сооружения и объекты – элементы гидроэнергетики.

Понятие «гидроэнергетические сооружения и объекты»

- **Под сооружением** законодательство РФ понимает результат строительства, представляющий собой объемную, плоскостную или линейную строительную систему.
- **Объект** – явление, предмет, на который направлена какая-либо деятельность. (предприятие, учреждение и т. п., являющиеся местом какой-либо деятельности).

Понятие «гидроэнергетические сооружения и объекты» (продолжение)

- Можно сказать, что **гидроэнергетические сооружения** – это сооружения, способствующие использованию энергии воды.
- **Гидроэнергетические объекты** – это предприятия для получения электроэнергии за счет энергии воды (гидроэнергии).

Энергия и мощность падающей

ВОДЫ-1

- Энергия (работа) Э:

$$\text{Э} = \text{сила} \cdot \text{путь}.$$

Для падающей воды сила – это вес воды P ,
путь – это высота падения H ;

$$\text{Э} = PH.$$

Вес падающей воды

$$P = mg,$$

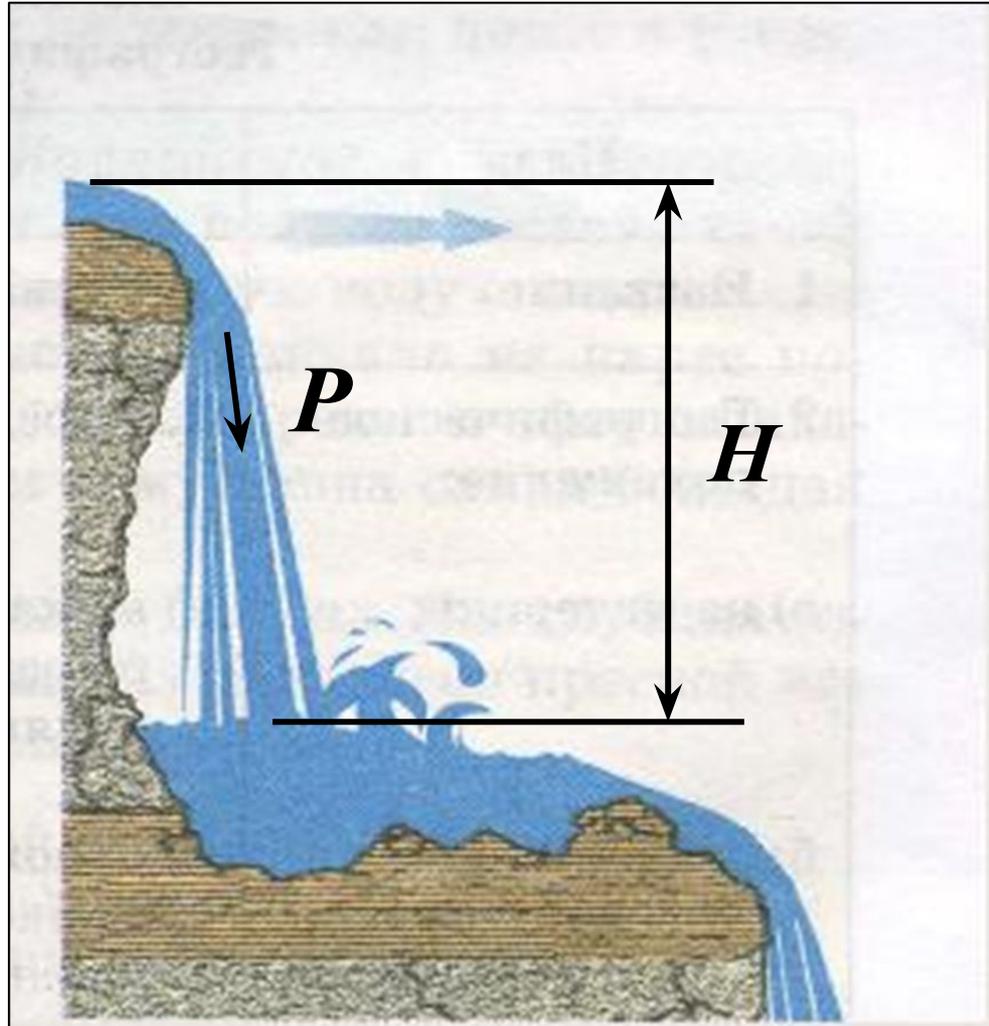
m – масса воды; g – ускорение силы тяжести;

Масса воды

$$m = W\rho,$$

W – объем воды; ρ – плотность воды.

Схема водопада



Энергия и мощность падающей

ВОДЫ-2

Таким образом, энергия воды

$$\mathcal{E} = W\rho gH, \text{ Н}\cdot\text{м (Дж)}.$$

Мощность воды N :

$$N = d\mathcal{E}/dt,$$

В развернутом виде

$$N = (dW/dt) \rho gH, \text{ Дж/с (Вт)}.$$

Производная

$$dW/dt = Q - \text{расход воды (куб. м/с)}.$$

Окончательно

$$N = Q\rho gH, \text{ Вт}.$$

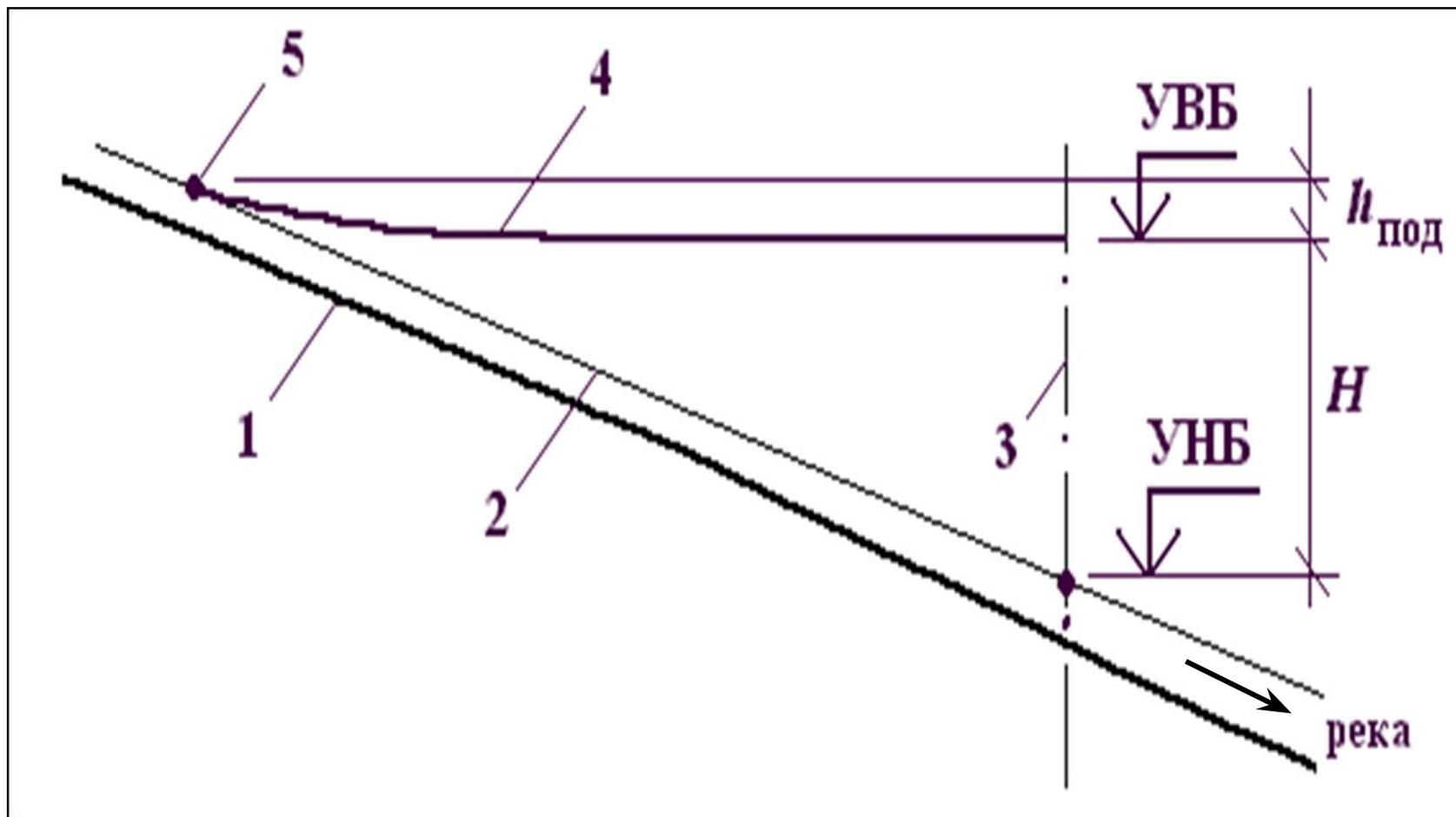
Учитывая, что $\rho = 1000 \text{ кг/куб. м}$, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$

$$N = 9,81QH, \text{ кВт}.$$

Схемы концентрации (создания) напора

- – плотинная схема, при которой напор образуется плотиной;
- – деривационная схема, когда напор создается деривацией, сооружаемой в виде канала, лотка, туннеля, трубопровода;
- – смешанная схема (плотинно-деривационная), при которой часть напора создается плотиной, другая часть – деривацией.

Плотинная схема создания напора



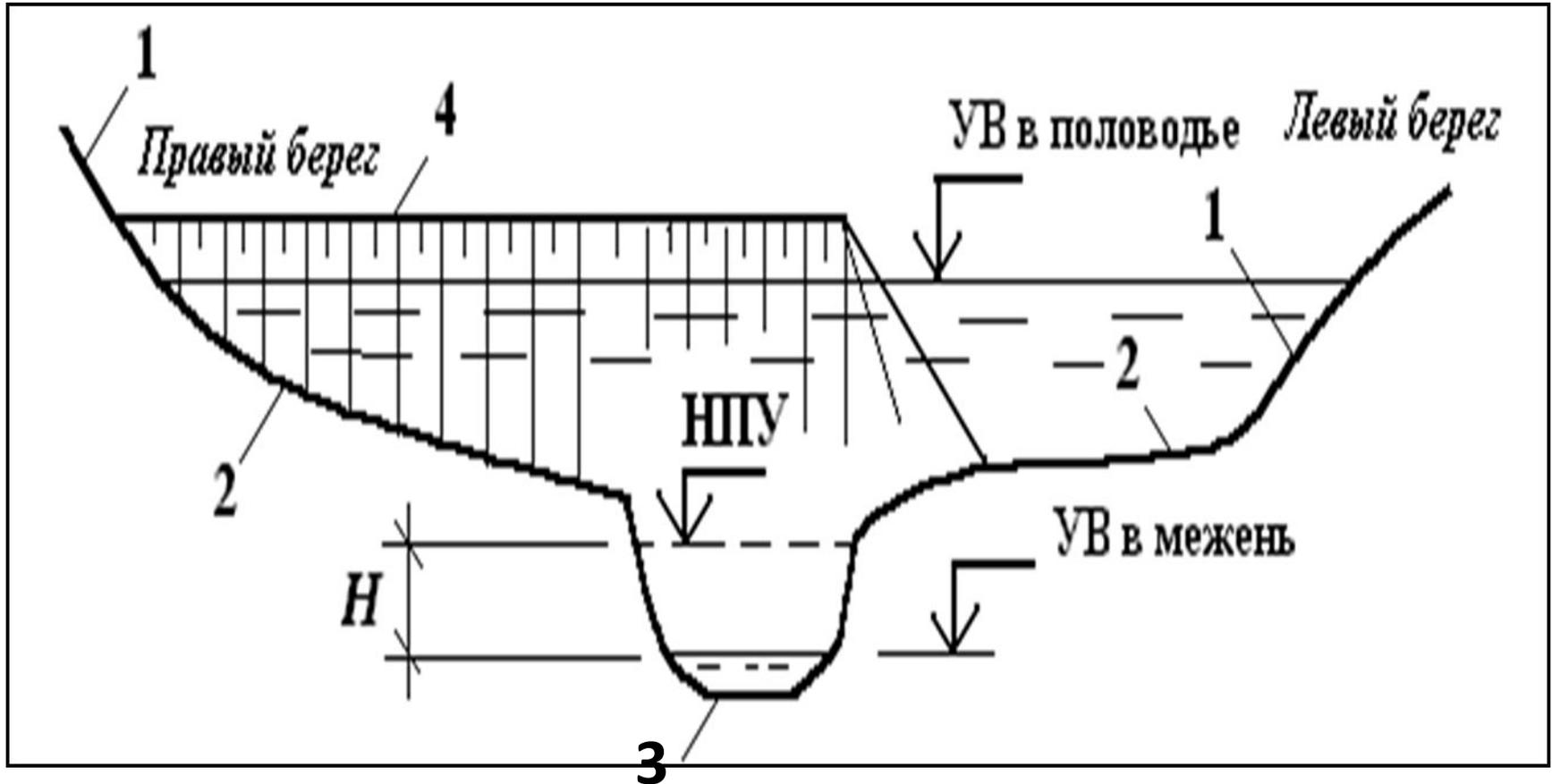
Обозначения к плотинной схеме

- 1 – дно водотока
- 2 – уровень воды реки в естественных условиях
- 3 – створ гидроэнергоустановки
- 4 – уровень воды после создания напора

Плотинная ГЭС – Три ущелья



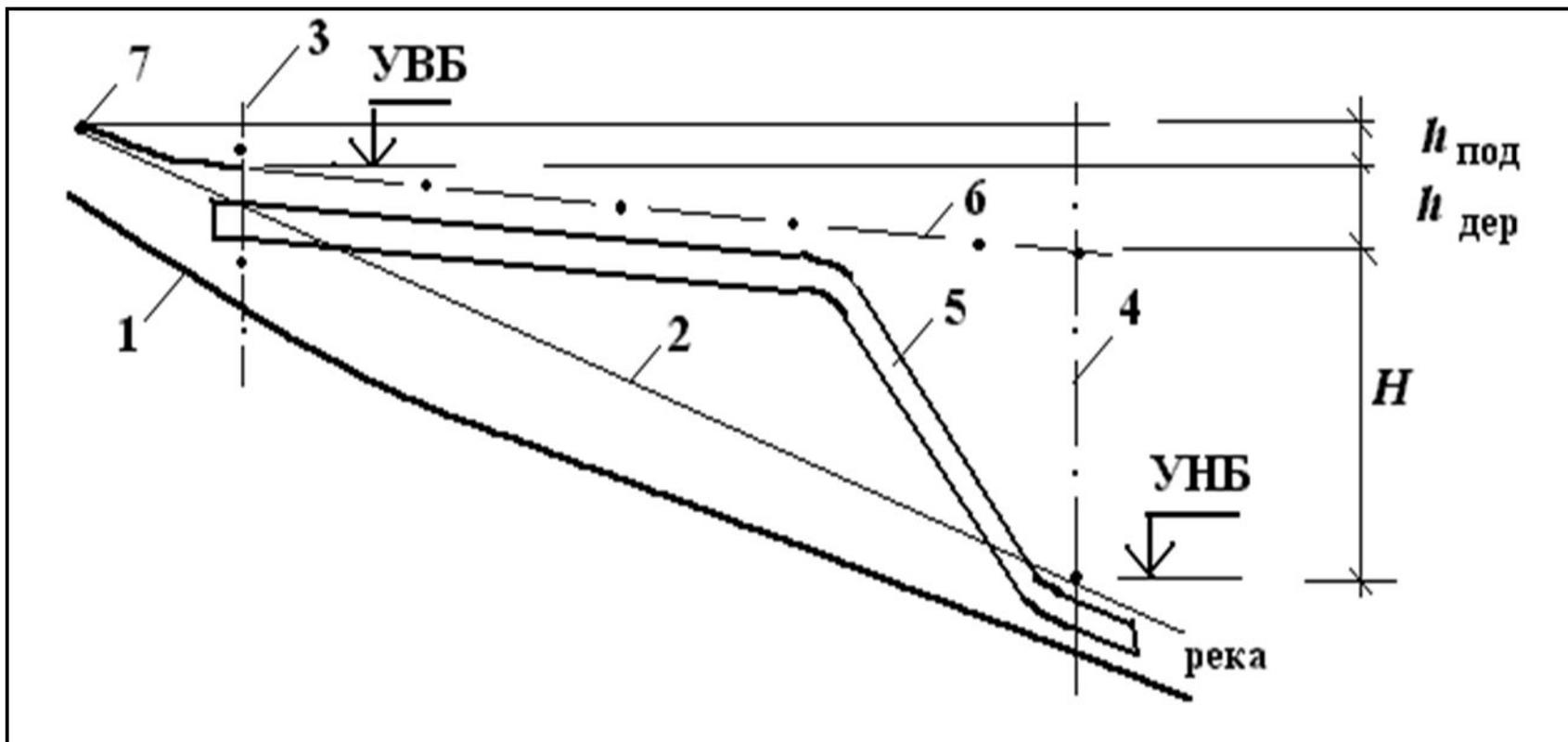
Схема создания напора в русловом гидроузле (плотинная схема)



Обозначения к схеме руслового гидроузла

- 1 – склон долины реки
- 2 – пойма реки
- 3 – русло реки
- 4 – гребень плотины

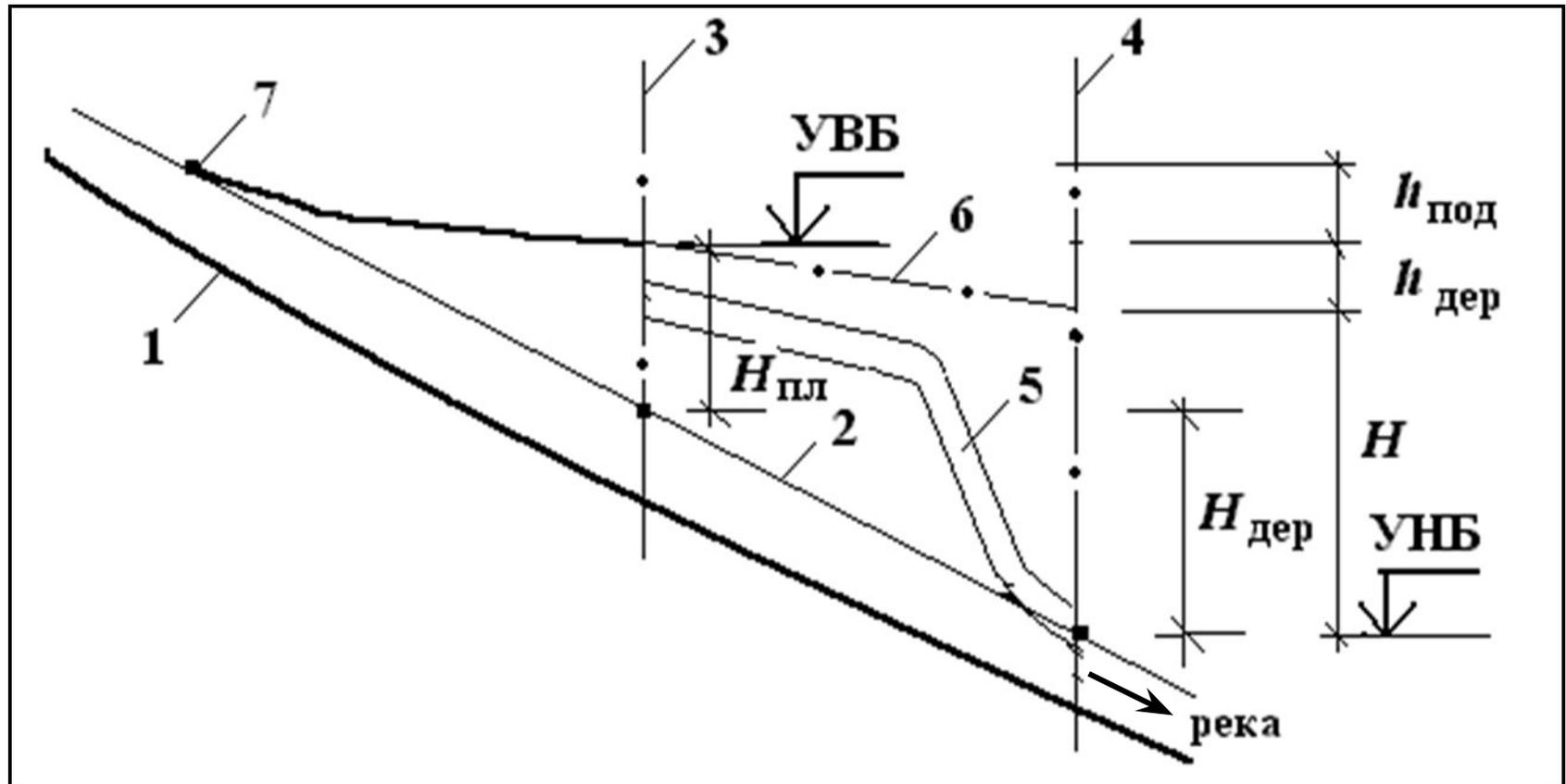
Деривационная схема создания напора



Обозначения к деривационной схеме

- 1 – дно водотока
- 2 – уровень воды реки в естественных условиях
- 3 – створ забора воды
- 4 – створ энегоустановки
- 5 – деривация
- 6 – пьезометрическая линия

Плотинно-деривационная схема концентрации напора



Деривационная ГЭС



Обозначения к плотинно-деривационной схеме

- 1 – дно водотока
- 2 – уровень воды реки в естественных условиях
- 3 – створ плотины
- 4 – створ энергоустановки
- 5 – деривация
- 6 – пьезометрическая линия
- 7 – точка выклинивания подпора

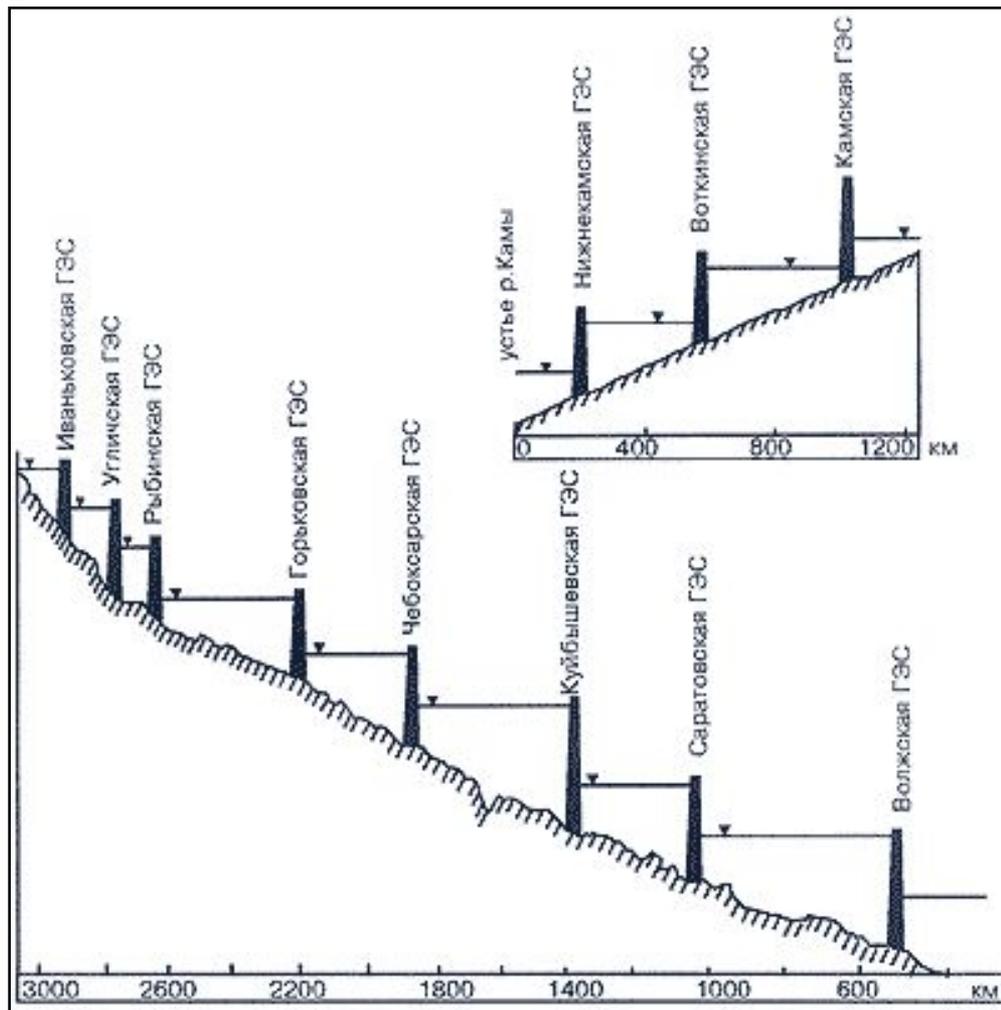
ГЭС БЬЕДРОН (Швейцария).

- ГЭС Бьедрон (фр. Centrale hydroélectrique du Vieudron) — высоконапорная деривационная гидроэлектростанция в швейцарских Альпах, расположена в кантоне Вале. Является составной частью гидрокомплекса Клезон-Диксенс, установленная мощность ГЭС составляет 1269 МВт. Напор 1869 м.

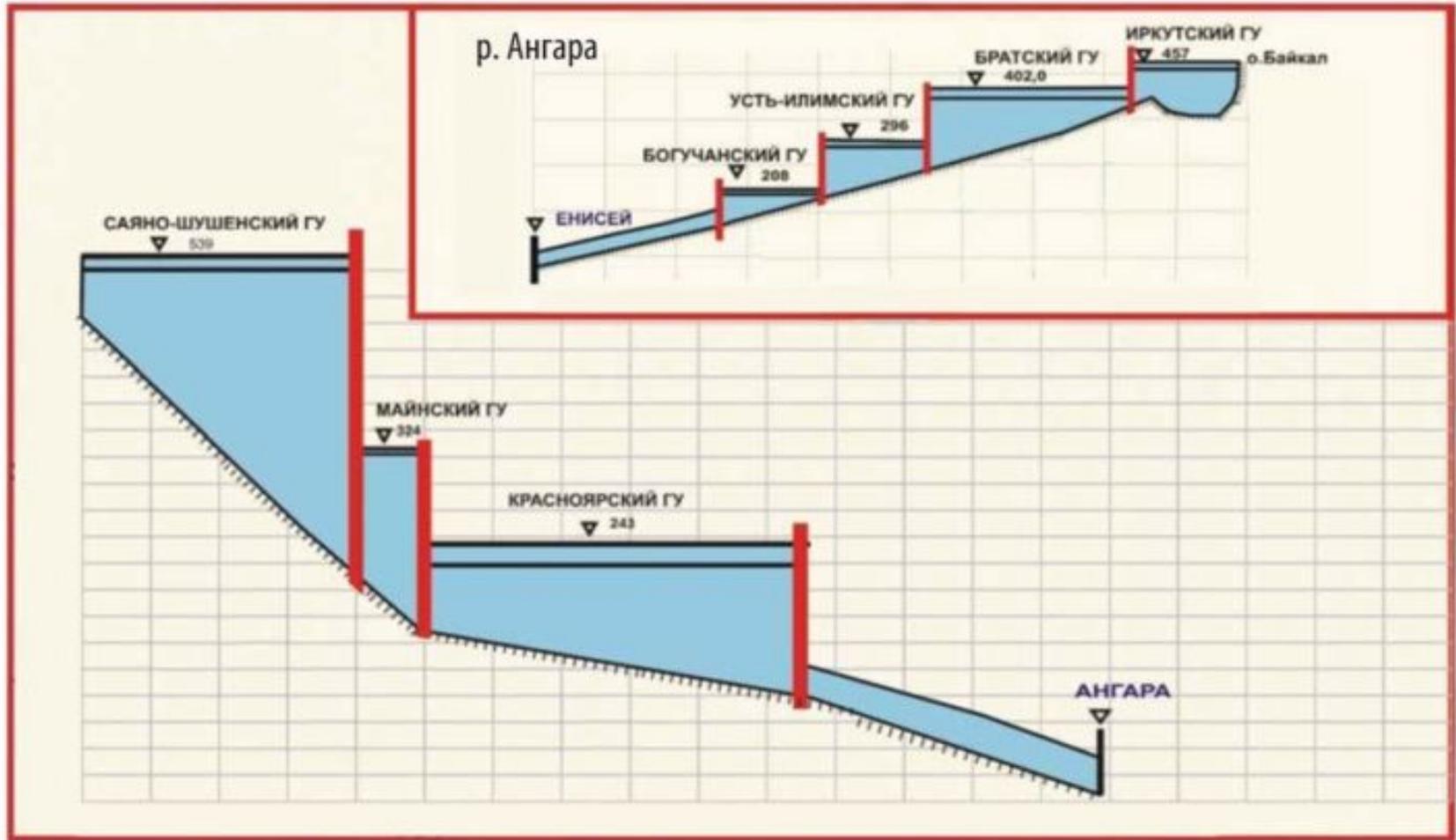
Каскадное использование энергии рек

- **Каскадным** называют использование водной энергии путем концентрации напора на нескольких, последовательно расположенных на одной реке створах (ступенях). В каскаде могут быть как плотинные, так и деривационные схемы создания напора, а также плотинно-деривационные схемы.

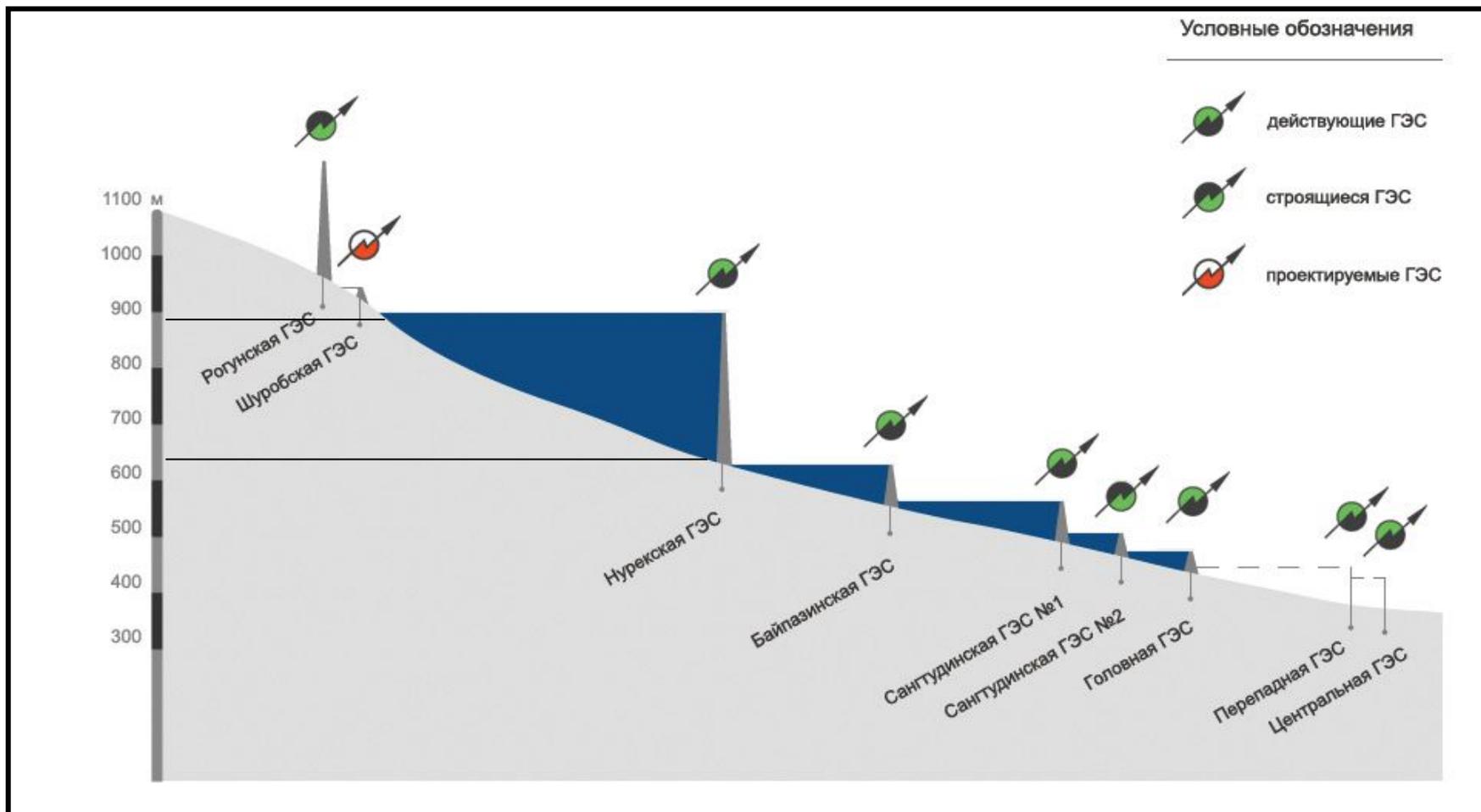
Вожско-Камский каскад ГЭС (на реках Волге и Каме)



Ангаро-Енисейский каскад ГЭС



Вахшский каскад ГЭС



Использование кинетической энергии потока воды

- Может быть использована кинетическая энергия потока, удельная величина которой (скоростной напор)

$$H_{\text{СП}} = \alpha v^2 / (2g),$$

где α – коэффициент Кориолиса; v – скорость потока.

Мощность будет выглядеть так

$$N = 9,81 Q H_{\text{СП}} \text{ кВт.}$$

ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ

- 1. Подпорные – для создания напора.
- 2. Напорный фронт - совокупность водоподпорных сооружений, воспринимающих напор.
- 3. Водоприемники - часть водозаборного сооружения, служащая для непосредственного приема воды из водного объекта.

ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ (продолжение 1)

- 4. Отстойники – для задержания крупных речных наносов (предотвращают попадание их в водопроводящие сооружения; как правило, на горных реках).
- 5. Деривация - совокупность сооружений, осуществляющих отвод воды из естественного русла или водохранилища с целью создания сосредоточенного перепада уровней воды.

ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ (продолжение 2)

- 6. Турбинный водовод - напорный водовод, подающий воду из подводящей деривации или водохранилища к турбинам.
- 7. Уравнительный резервуар - резервуар со свободной поверхностью воды, устраиваемый на трассе турбинного водовода для снижения гидравлического удара.

ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ (продолжение 3)

- 8. Канал - водовод незамкнутого поперечного сечения в виде искусственного русла в грунтовой выемке и/или насыпи.
- 9. Лоток - искусственный открытый водовод незамкнутого поперечного сечения, выполненный из негрунтовых материалов.
- 10. Туннель - водовод замкнутого поперечного сечения, устроенный в горных породах без вскрытия вышележащего массива.

ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ (продолжение 4)

- 11. Трубопровод - водовод замкнутого поперечного сечения, свободно или на опорах расположенный на поверхности земли, внутри выемки или подземной выработки.
- 12. Промывная галерея - водопропускное сооружение, предназначенное для смыва наносов в нижний бьеф.

ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ (продолжение 5)

- 13. Шугосброс - водопропускное сооружение, предназначенное для предотвращения попадания шуги в закрытый водовод и ее сброса в нижний бьеф.
- 14. Напорный бассейн - водоем для сопряжения безнапорной деривации (канала, туннеля, лотка) с турбинными трубопроводами деривационной ГЭС.

ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ (продолжение 6)

- 15. Бассейн суточного (недельного) регулирования - водоем для аккумуляции объема воды, необходимого при осуществлении суточного (недельного) регулирования мощности деривационной ГЭС.
- 16. Верхний бассейн ГАЭС - водоем, предназначенный для создания напора на агрегаты ГАЭС и накопления воды, закачиваемой при работе ГАЭС в насосном режиме.

ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ (продолжение 7)

- 17. Нижний бассейн ГАЭС - водоем, предназначенный для приема и накопления воды, проходящей через агрегаты ГАЭС при ее работе в турбинном режиме, для последующего ее использования при работе в насосном режиме.
- 18. Бассейн ПЭС - речной эстуарий или часть морской акватории, отсеченная напорными сооружениями приливной гидроэлектростанции с целью использования энергии морских приливов.

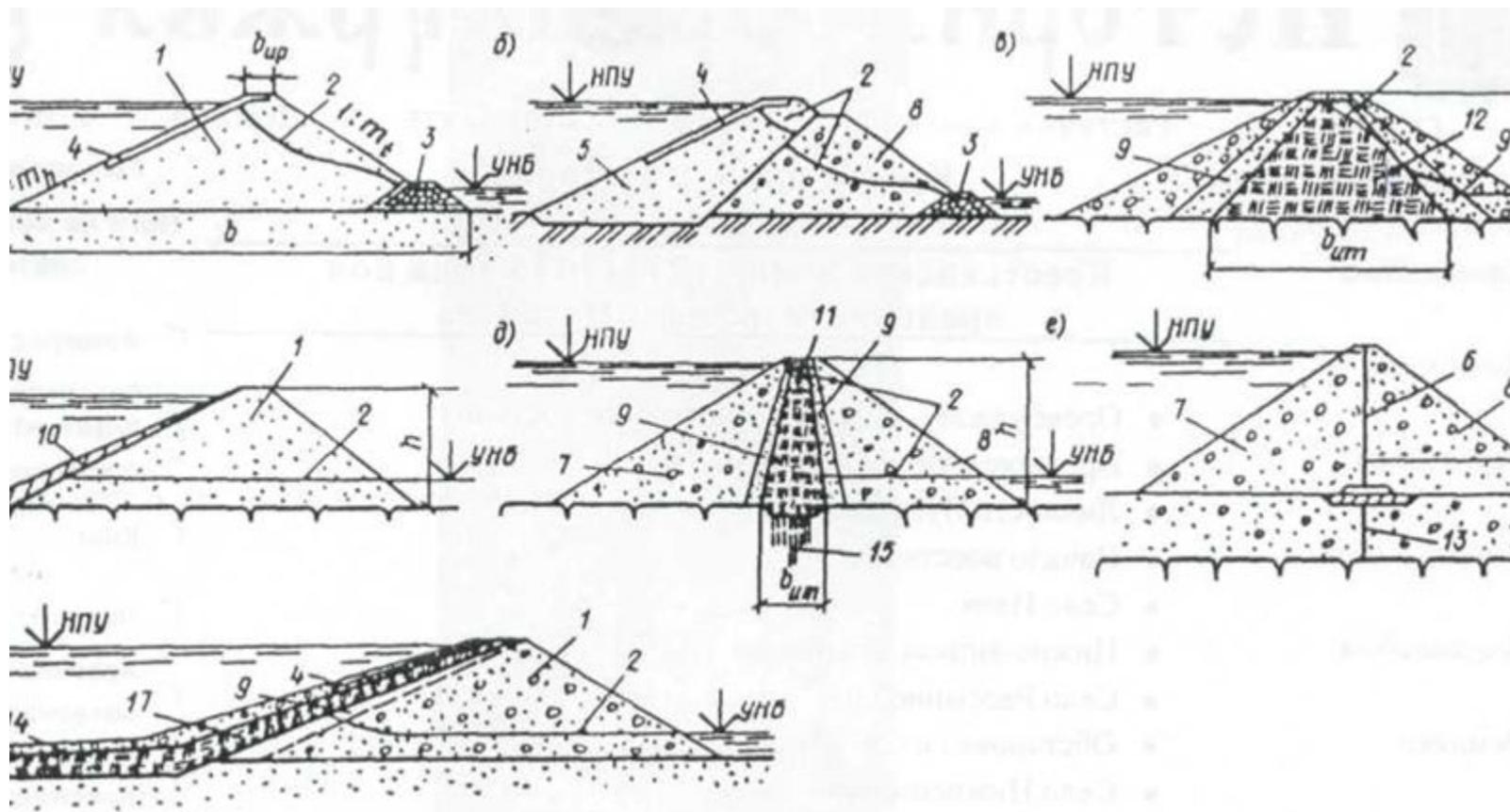
ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ (продолжение 8)

- 19. Здание ГЭС – здание, в котором осуществляется производство электроэнергии.
- 20. Здание ГАЭС – здание, в котором осуществляется производство электроэнергии и перекачка воды.
- 21. Здание ПЭС – здание, в котором осуществляется производство электроэнергии за счет энергии приливов.

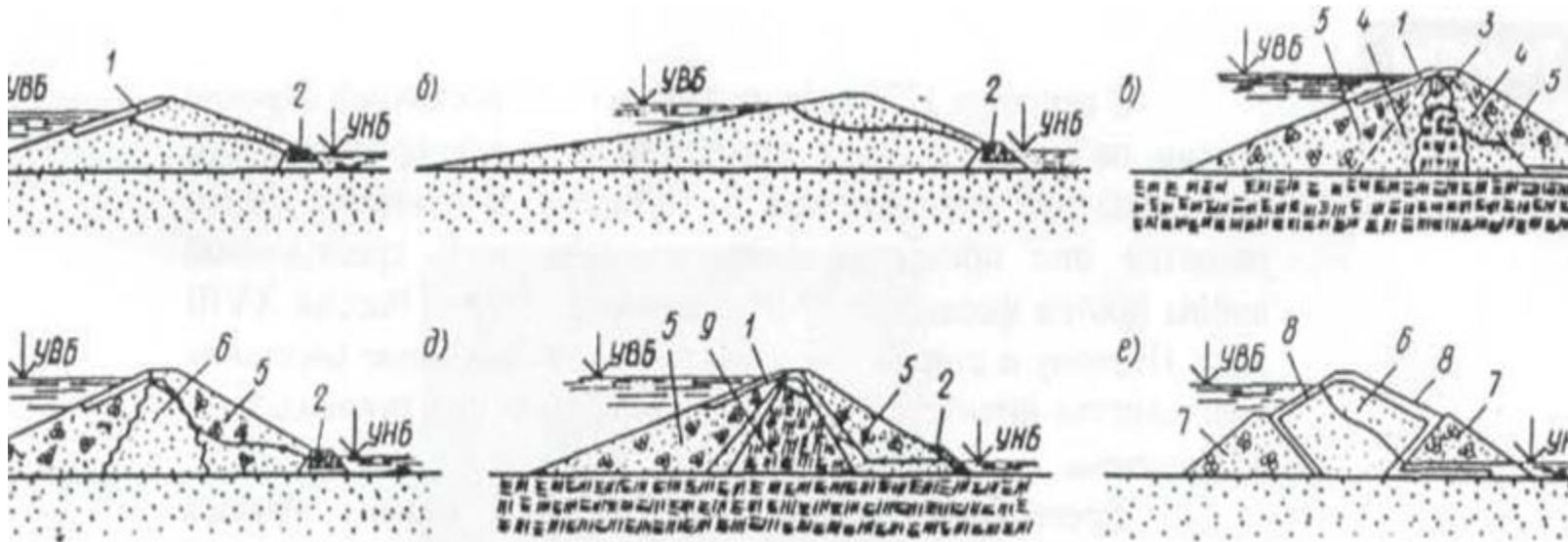
Подпорные сооружения

- Плотины: земляные (намывные, насыпные, отсыпкой в воду); каменно-земляные, каменно-набросные, взрывонабросные;
- Плотины бетонные и железобетонные (гравитационные, арочные, контрфорсные);
- Русловые здания ГЭС.
- Плотины приплотинных зданий по расположению называют стационарными.

Плотины земляные насыпные



Плотины земляные намывные

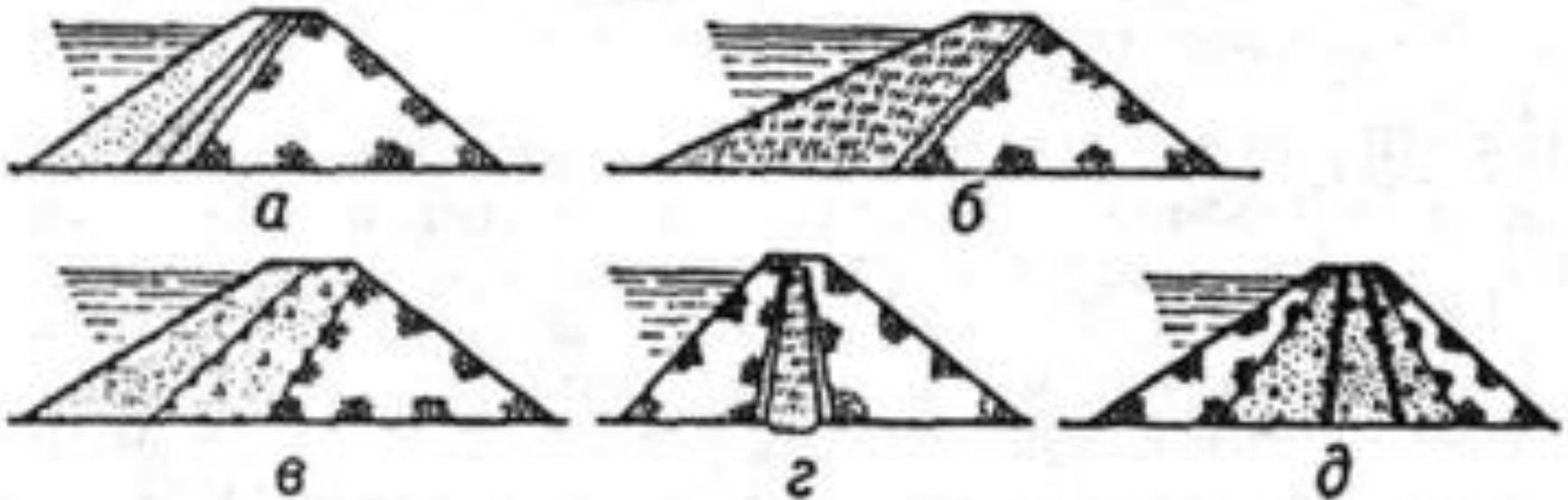


Строительство грунтовой плотины



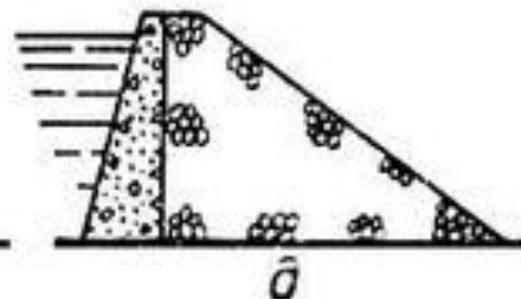
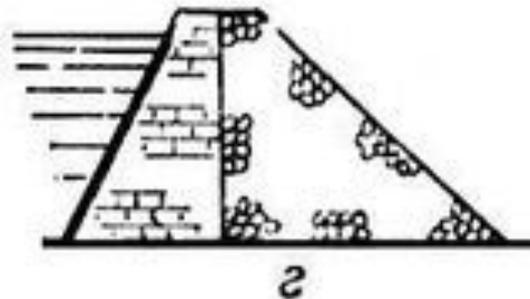
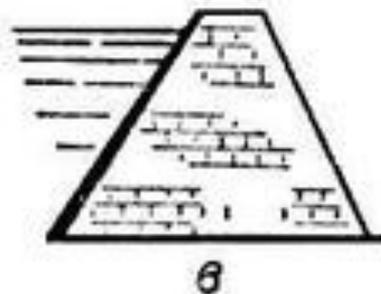
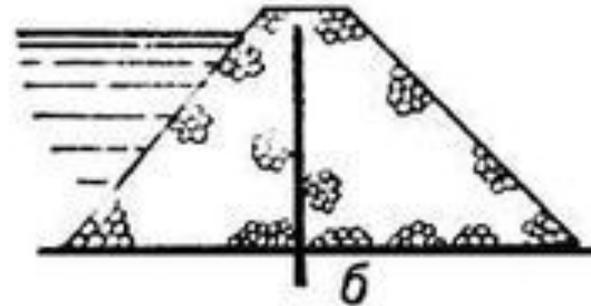
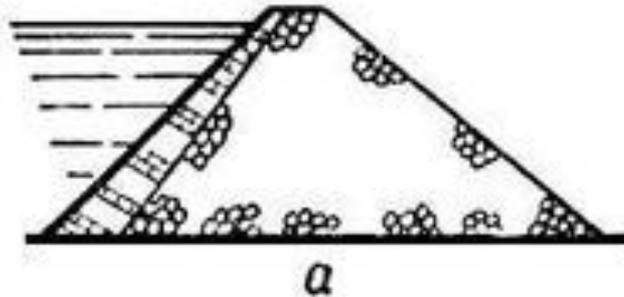
Плотины из камня-1

- Каменно-земляные



Плотины из камня-2

- Каменно-набросные и из каменной кладки



Каменно-набросная плотина



Плотины из камня-3

- Взрывонабросные

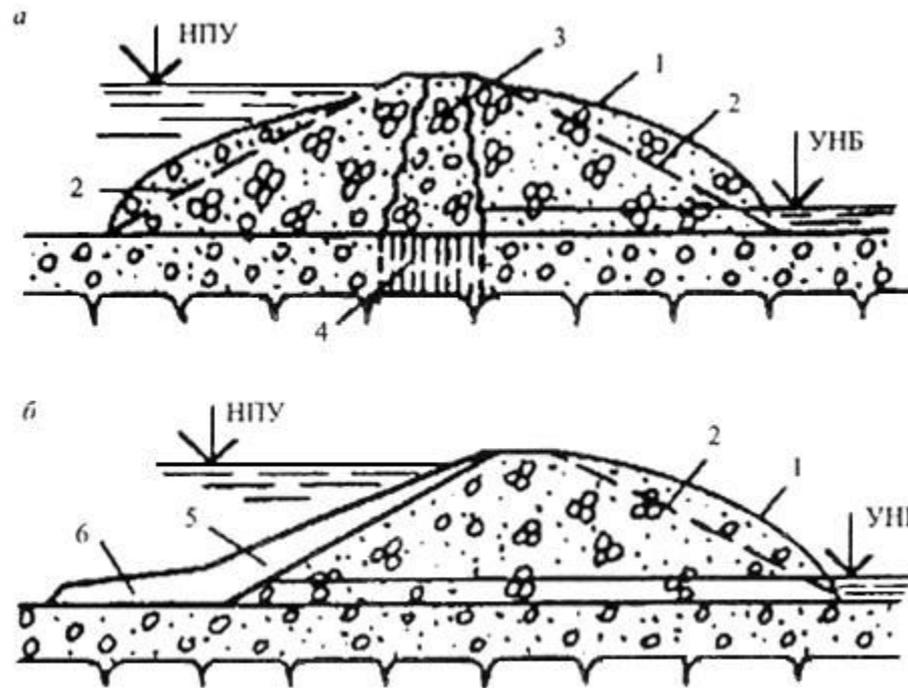
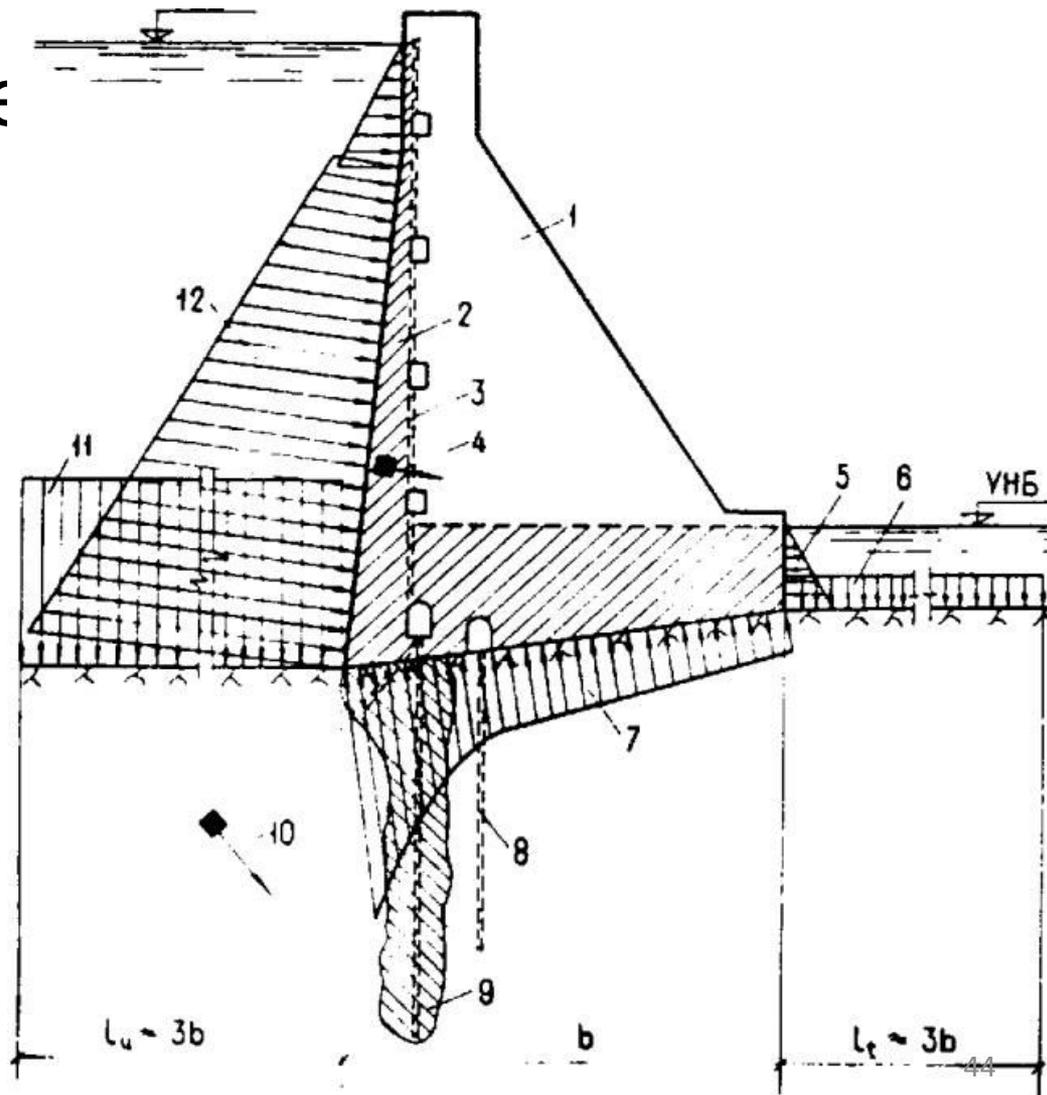


Рис. 8-2. Взрывонабрасная дамба
и обводной тоннель у кишлака Барчадив



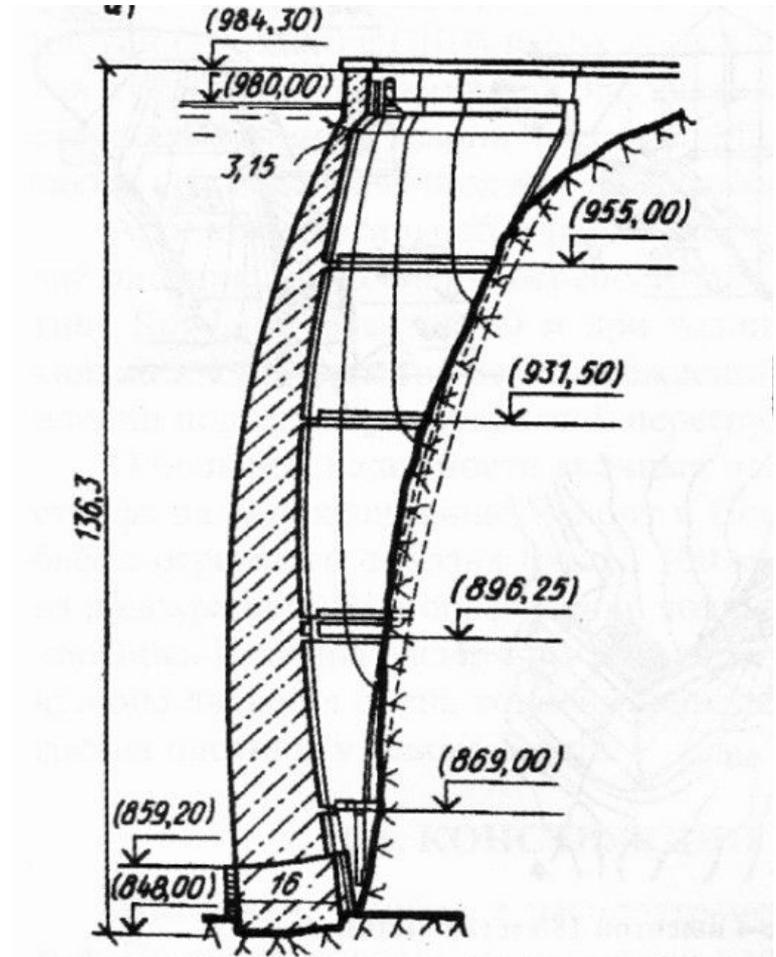
Плотины бетонные и железобетонные-1

- Гравитационные



Плотины бетонные и железобетонные-2

- Арочные

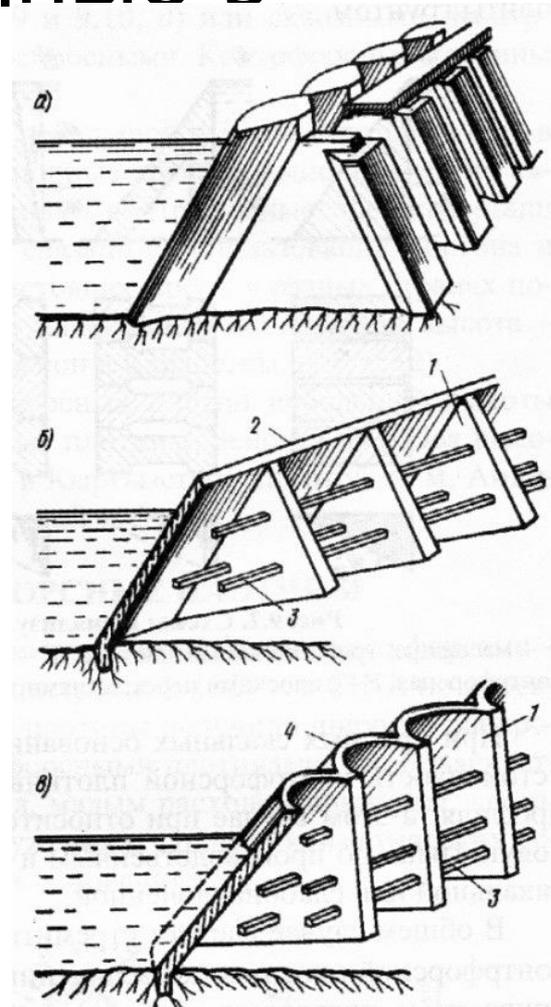


Саяно-Шушенская ГЭС с арочной плотиной



Плотины бетонные и железобетонные-3

- Контрфорсные



Контрфорсная плотина со стороны НБ

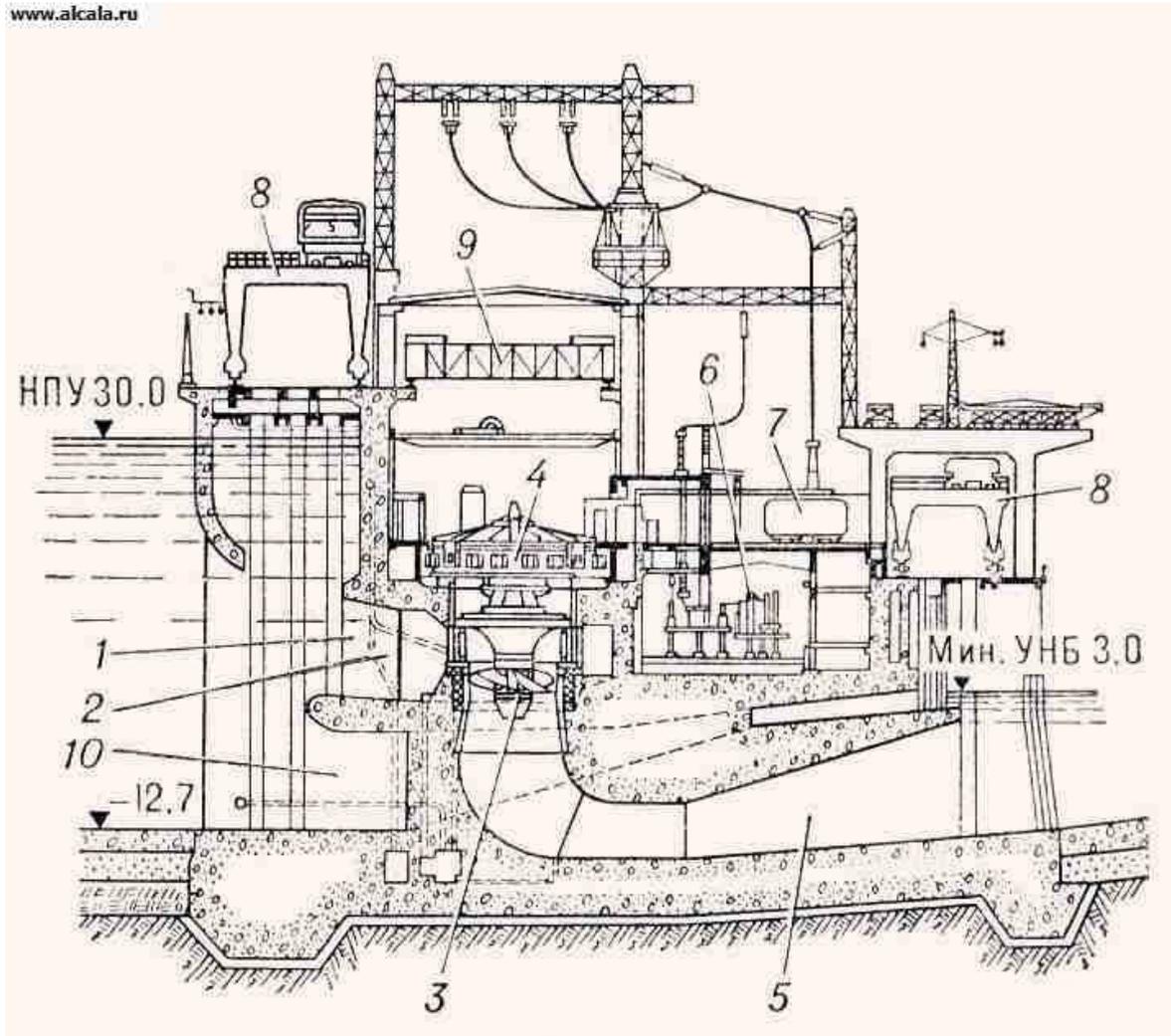


Водоприемники

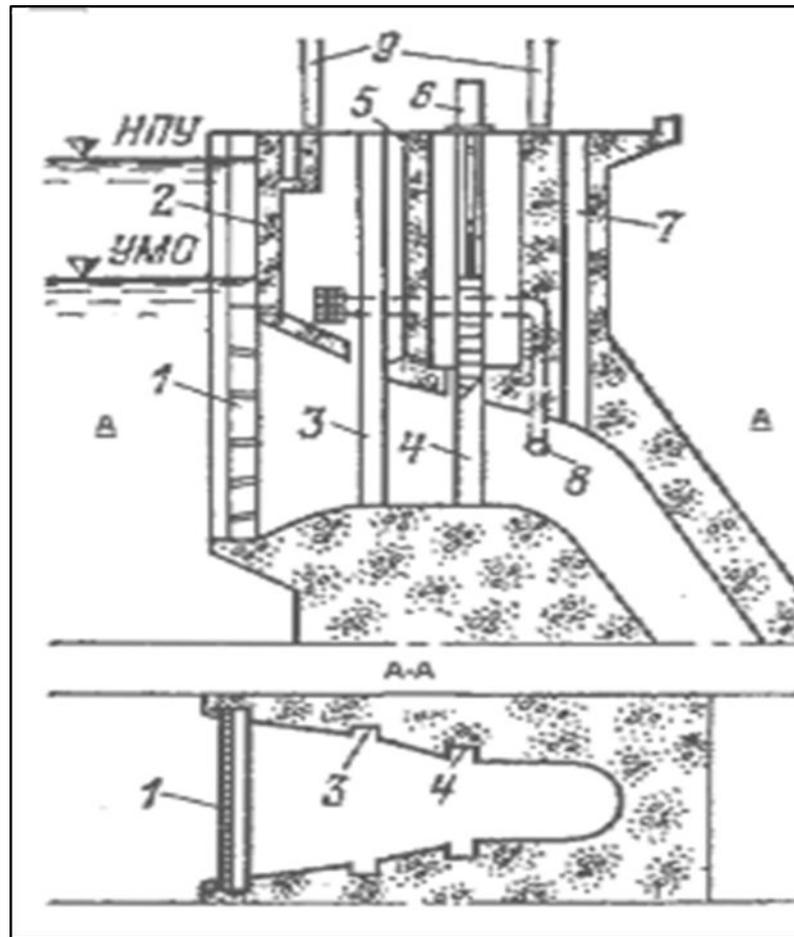
- Напорные – при больших колебаниях УВБ.
- Безнапорные – при небольших колебаниях УВБ.
- Плотинные, береговые, башенные.

Напорный водоприемник руслового здания ГЭС

www.akala.ru



Напорный плотинный водоприемник



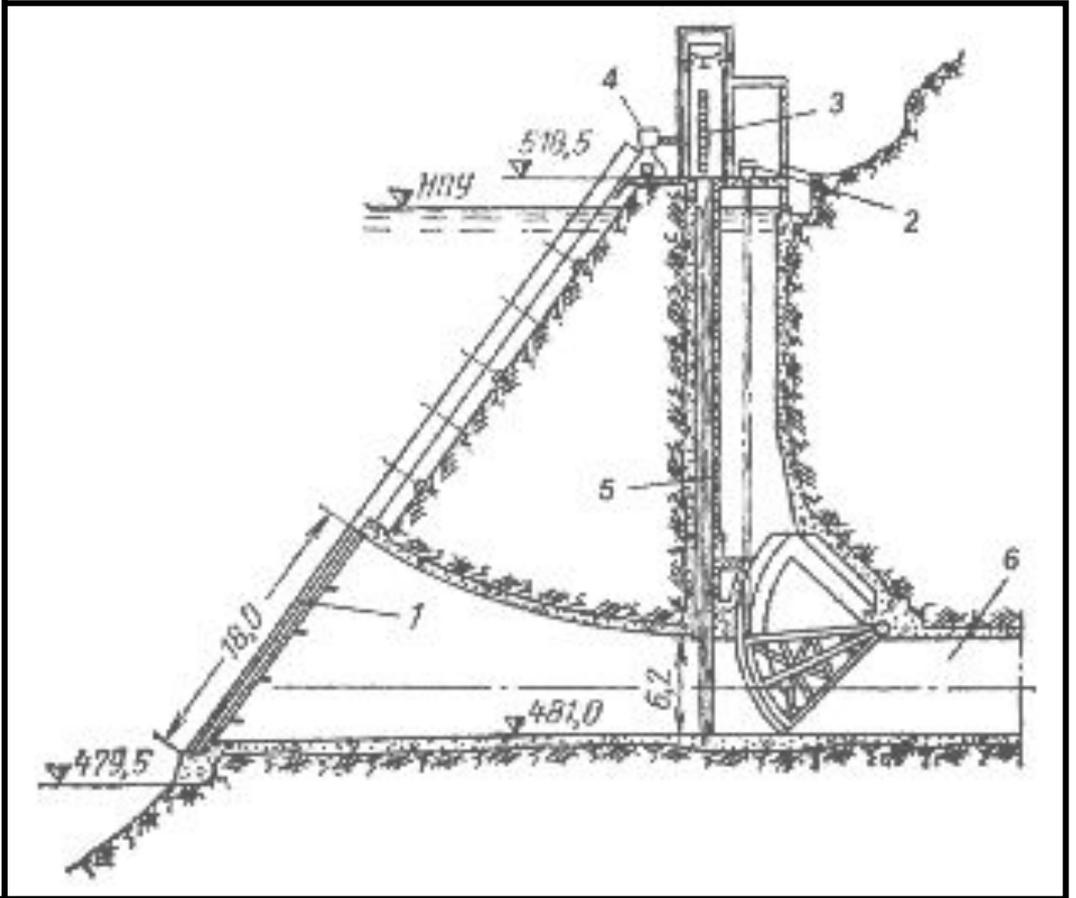
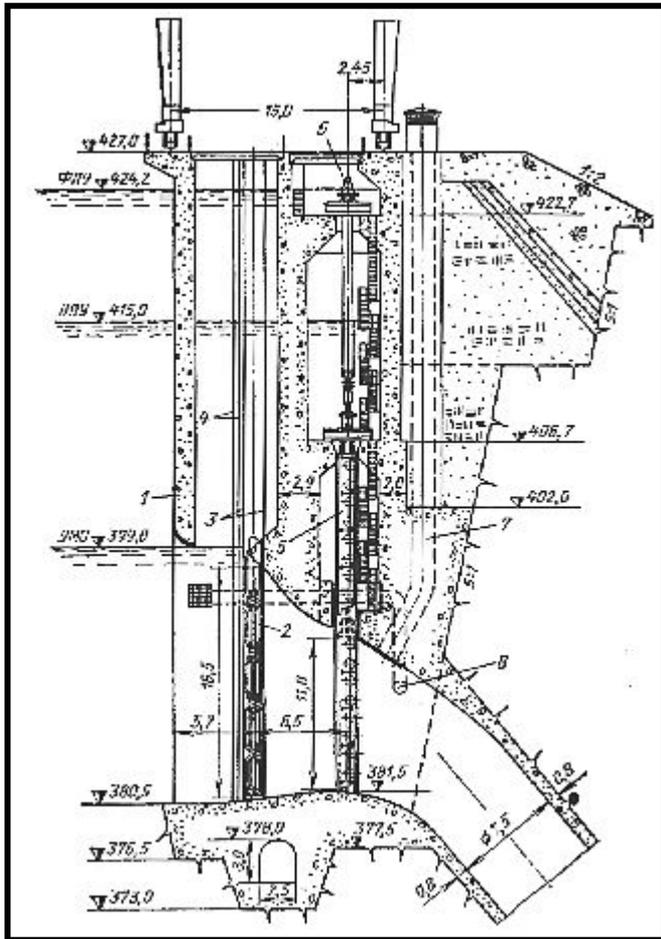
Обозначения

- Схема водоприемника: 1 – сороудерживающая решетка; 2 – забральная стенка; 3 и 4 – пазы ремонтного и аварийного затворов; 5 – промежуточная стенка; 6 – гидроподъемник; 7 – аэрационная труба; 8 – обводная труба (байпас); 9 – козловой кран (при использовании автомобильных кранов может отсутствовать)

Башенный водоприемник

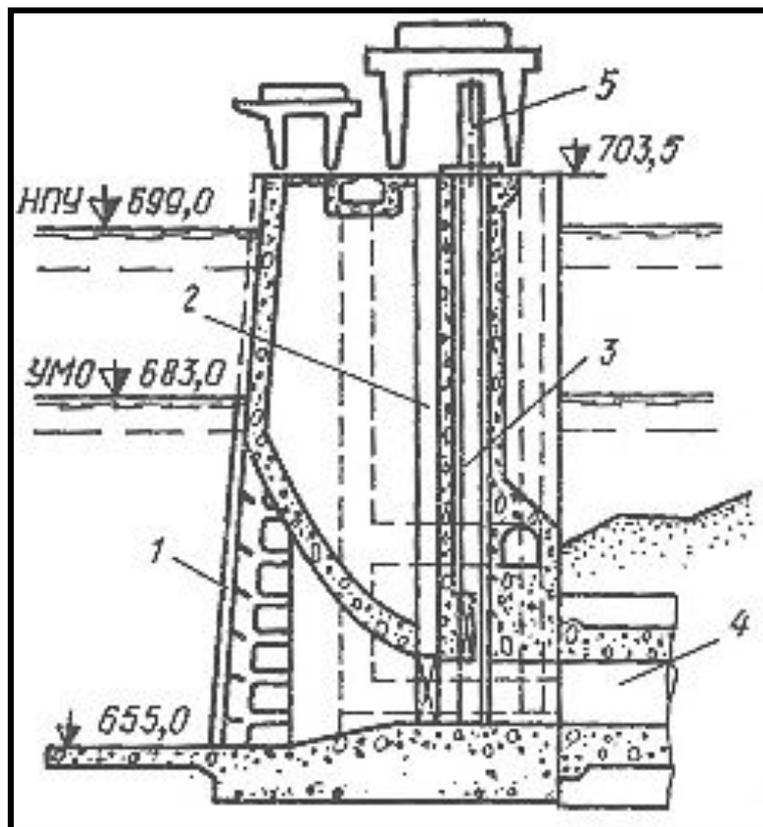


Береговой водоприемник



Башенный водоприемник

- 1 – соросудерживающая решетка; 2 – паз ремонтного затвора; 3 – паз аварийно-ремонтного затвора; 4 – напорный водовод; 5 – гидроподъемник



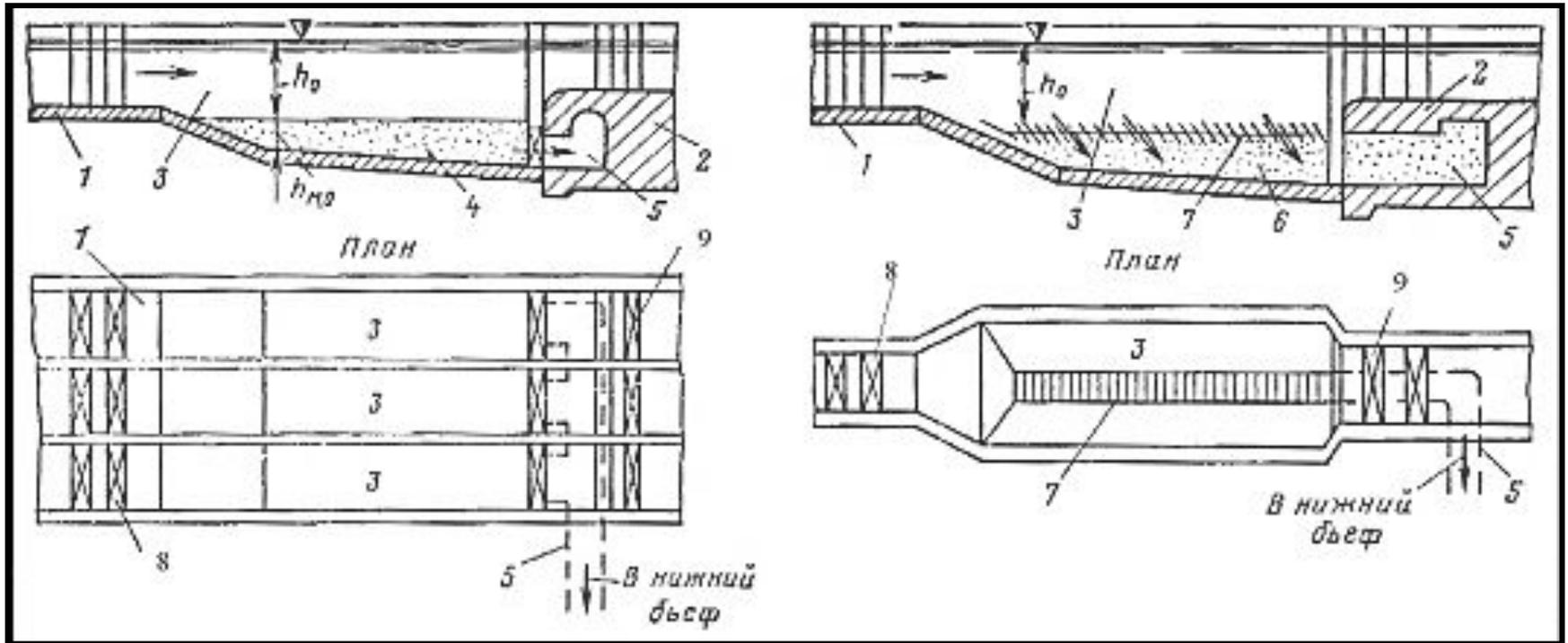
Береговой водоприемник Нурекской ГЭС



Отстойники ГЭС

- Отстойники включаются в состав головных гидроузлов на горных реках, несущих большое количество взвешенных наносов (более 0,2–0,5 кг/куб.м), которые, оседая в водоводах, снижают их пропускную способность, истирают металлические облицовки водоводов, рабочие колеса и другие элементы гидротурбин.
- В отстойниках, представляющих собой безнапорное сооружение со значительно увеличенными размерами, резко замедляется скорость воды, благодаря чему взвешенные наносы осаждаются. Отстойники различаются:
 - по принципу работы камеры – на периодического и непрерывного действия;
 - по количеству камер – на однокамерные и многокамерные;
 - по способу удаления осевших наносов – с гидравлическим промывом, механической и гидромеханической очисткой (с помощью землесосов), комбинированной системой очистки.

Отстойники ГЭС



а – периодического действия с промывом насосов, многокамерный; б – непрерывного действия с промывом насосов, однокамерный; 1 – входной порог; 2 – выходной порог; 3 – камера; 4 – мертвый объем; 5 – промывная галерея; 6 – сборно-промывная галерея; 7 – решетки; 8 и 9 – затворы на входном и выходном порогах

Деривационные водоводы-1

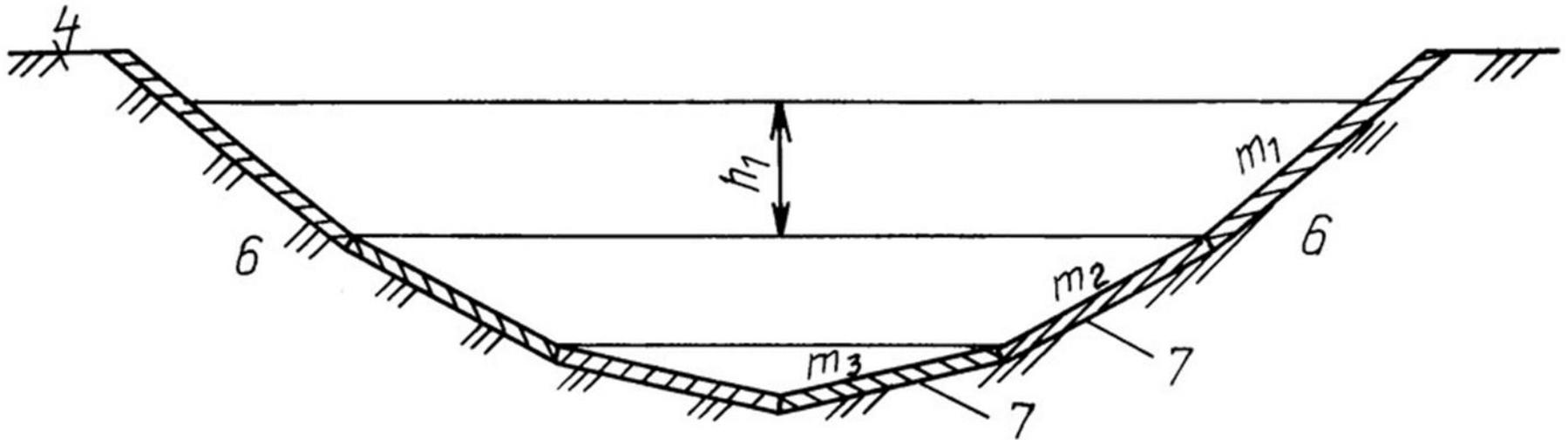
- Выполняются безнапорными и напорными. Безнапорные водоводы применяются при незначительных изменениях УВБ и благоприятных топографических и геологических условиях по трассе (относительно ровной, слабопересеченной местности), позволяющих их выполнять на отметках, близких к уровням верхнего бьефа. Безнапорные водоводы обеспечивают подвод воды к напорному бассейну, из которого вода подается в турбинные напорные водоводы.
- Напорные водоводы применяются при значительных колебаниях УВБ и располагаются ниже минимального уровня водохранилища.

Деривационные водоводы-2

- При безнапорной деривации широко используются деривационные каналы, которые могут иметь значительную протяженность.
- Также используются безнапорные туннели (при соответствующих условиях – при прочных грунтах, скальных).
- При напорной деривации используют напорные туннели или трубопроводы

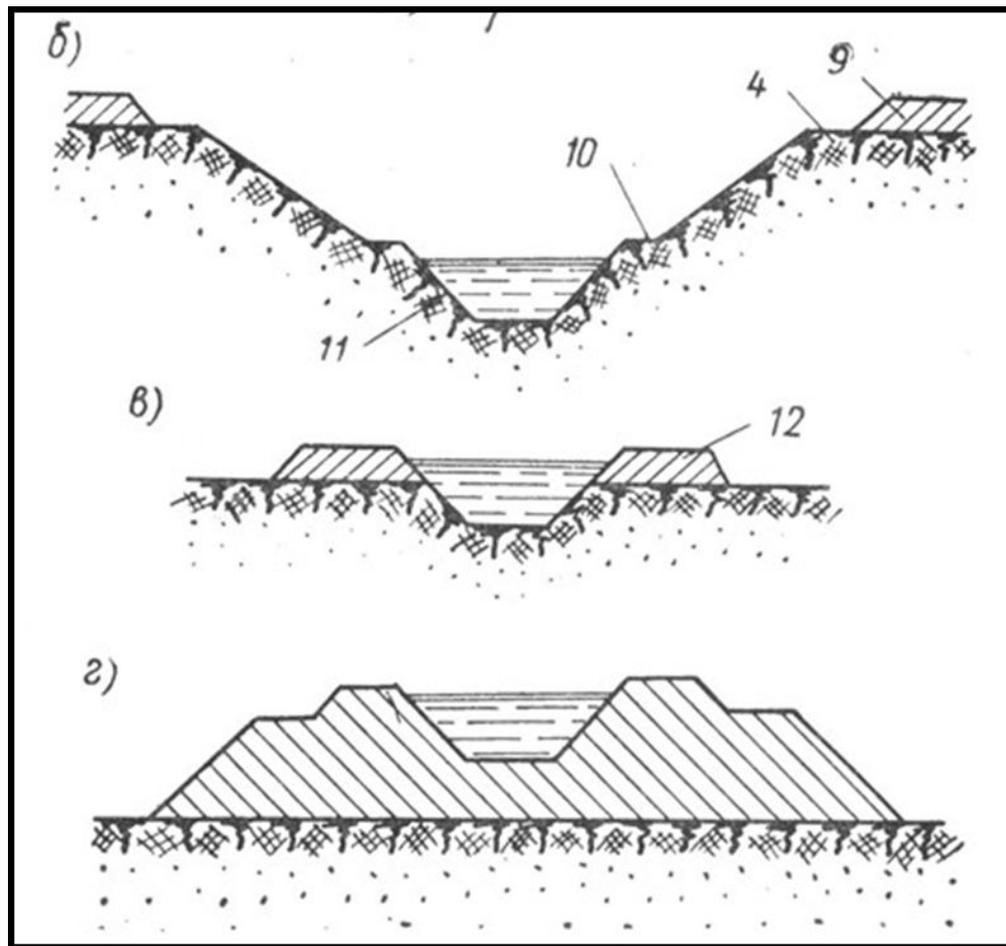
Каналы, лотки

- Поперечное сечение канала с переменным заложением откосов



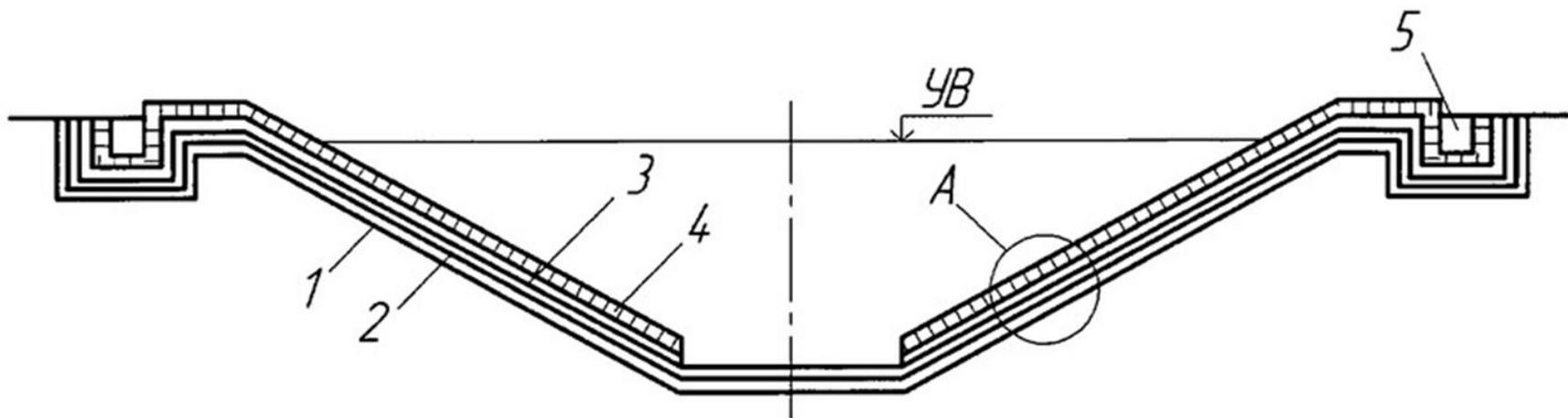
Типовые сечения каналов

- б) Канал в выемке.
- в) Канал в полу-выемке-полу-насыпи.
- г) Канал в насыпи.



Покрытие ложа канала

ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННОЕ
ПОКРЫТИЕ КАНАЛА
(поперечное сечение)



Фиг. 1

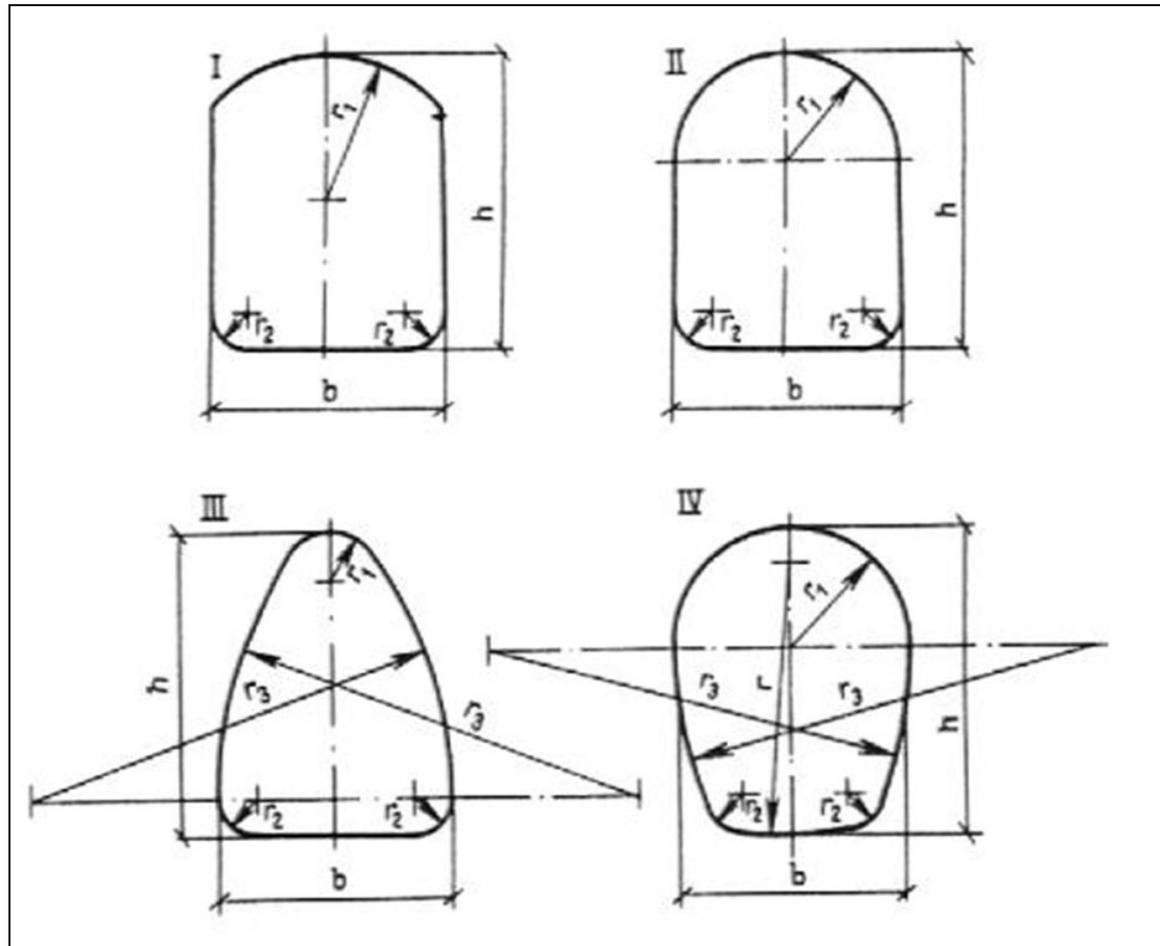
Вид канала и крепления ОТКОСОВ



Гидротехнические лотки



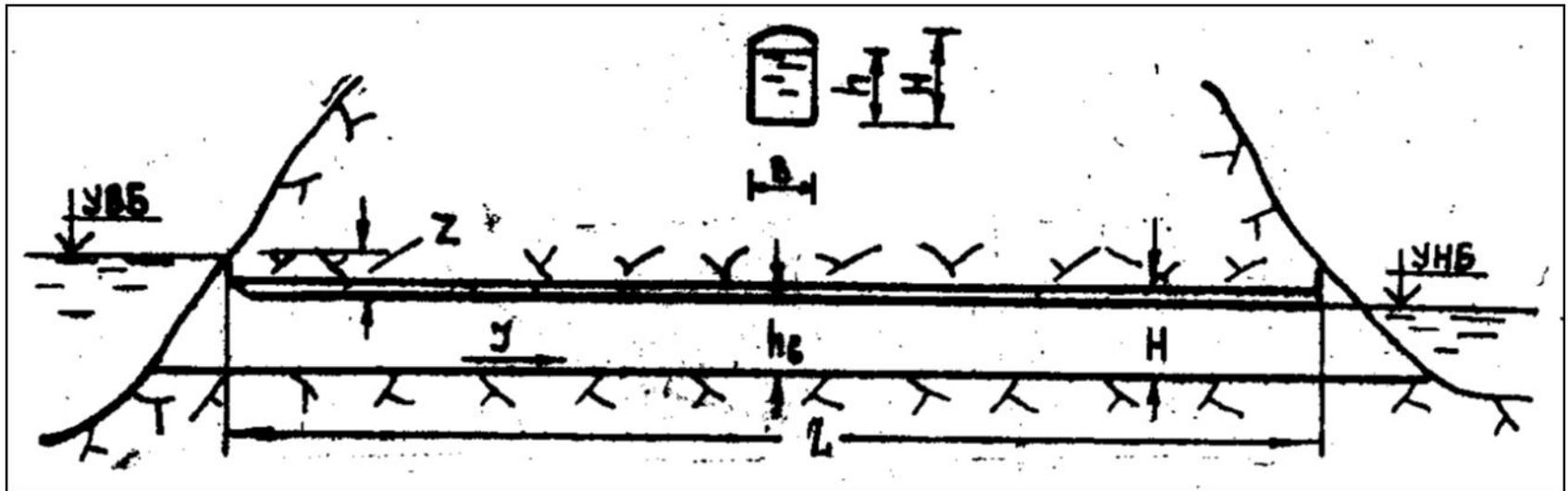
Деривационные безнапорные тоннели. Поперечные сечения



Применение форм сечения безнапорных туннелей

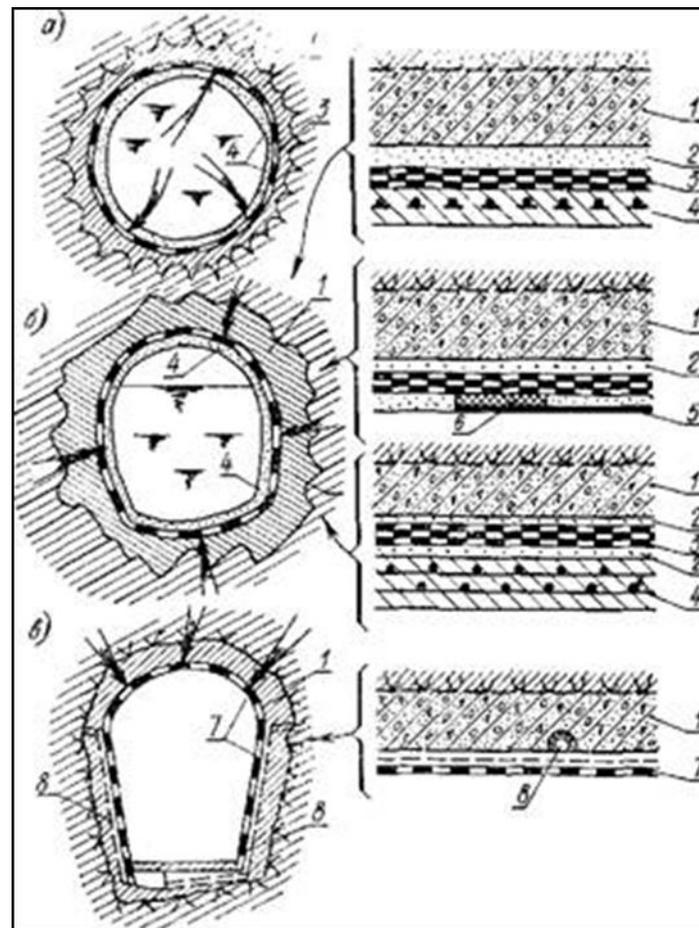
Форма поперечного сечения туннеля	Коэффициент крепости грунт (по Протоdjякову)
I	>8
II	От 8 до 4
III	От 4 до 2
IV	<2

Деривационные безнапорные тоннели. Продольное сечение



Деривационные тоннели. Конструкция

- 1 — наружная железобетонная облицовка;
- 2 — цементная штукатурка;
- 3 — оклеечная гидроизоляция из трех-четырех слоев рулонного материала;
- 4 — внутренняя железобетонная облицовка;
- 5 — металлическая обшивка;
- 6 — герметизация асфальтовой мастикой;
- 7 — холодная асфальтовая гидроизоляция, работающая на отрыв;
- 8 — разгрузочные дренажные трубки



Порталы тоннелей



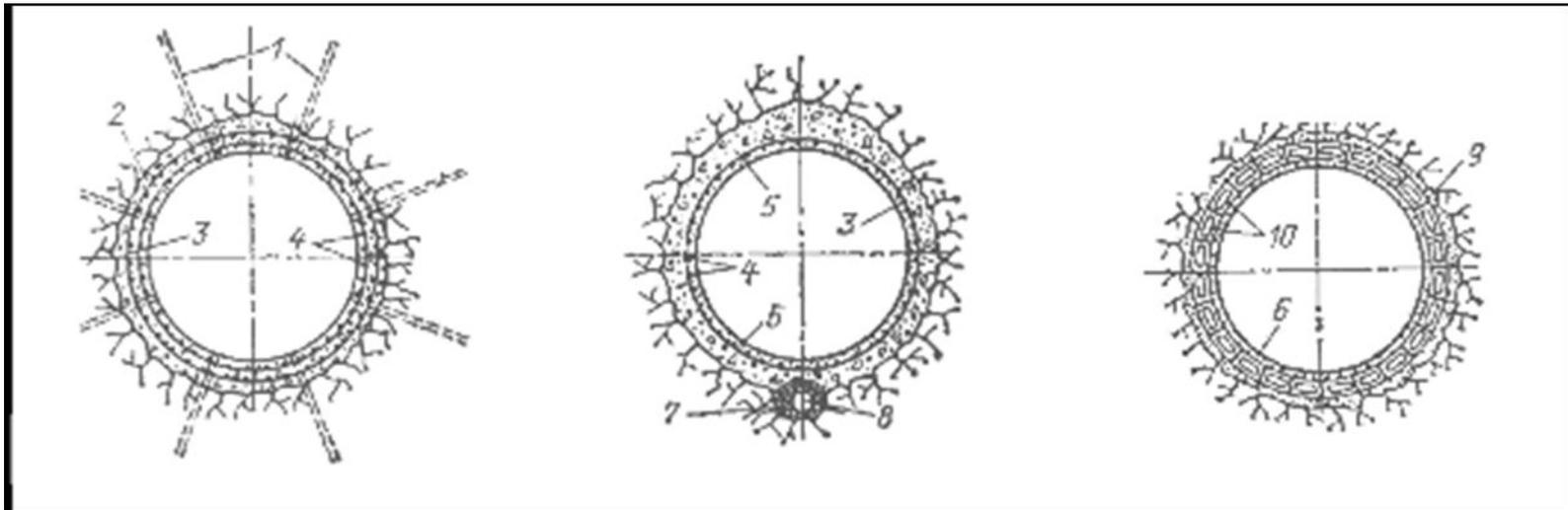
ВХОДНОЙ ПОРТАЛ ТОННЕЛЯ



Выходной портал безнапорного туннеля



Поперечные сечения напорных туннелей

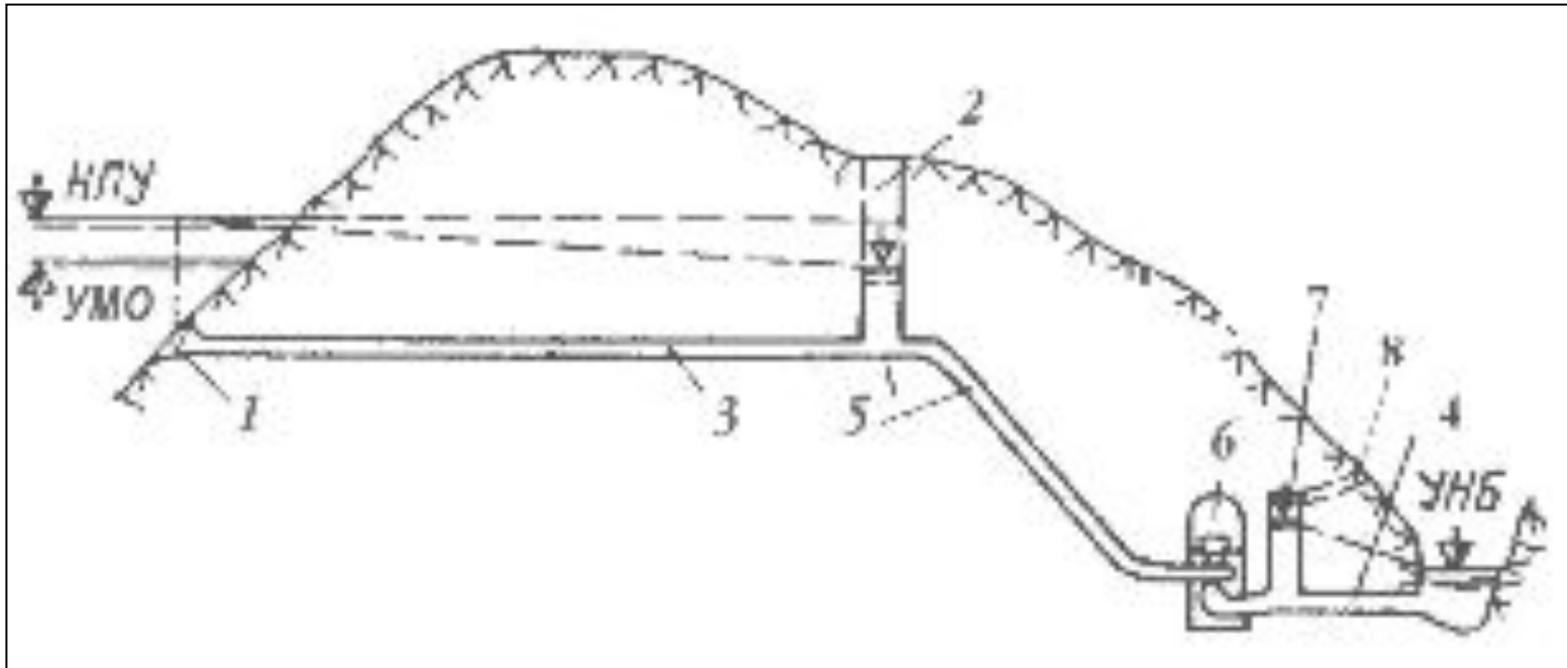


Обделки деривационных туннелей: а – монолитная железобетонная; б – двухслойная монолитная железобетонная; в – сборная железобетонная; 1– скважины для укрепительной цементации; 2 – трубы для заполнительной цементации; 3 и 4 – круговая и распределительная арматура; 5 – монолитный бетон; 6 – торкрет; 7 – засыпка гравием; 8 – дренаж; 9 – цементный раствор; 10 – сборные железобетонные блоки

Уравнительный резервуар (УР)

- Предназначены для защиты подводящих и отводящих напорных водоводов от воздействия гидравлического удара при неустановившихся режимах работы ГЭС и особенно при аварийном сбросе нагрузки ГЭС, приводящем к резкому увеличению (снижению) внутреннего давления в напорных водоводах, а также для уменьшения максимального гидродинамического давления в напорных водоводах и улучшения условий регулирования гидроагрегатов.
- Гидравлический удар (резкое изменение давления) возникает при неустановившихся режимах работы ГЭС, когда расход, мощность, частота вращения гидроагрегата и др., меняются во времени.
- Неустановившиеся режимы связаны с регулированием турбин, переходными процессами при пуске и остановке агрегата, регулировании мощности, аварийном сбросе нагрузок.
- УР подразделяются на верховые, выполняемые на подводящих водоводах, и низовые – на отводящих водоводах.

Схема размещения уравнивательных резервуаров



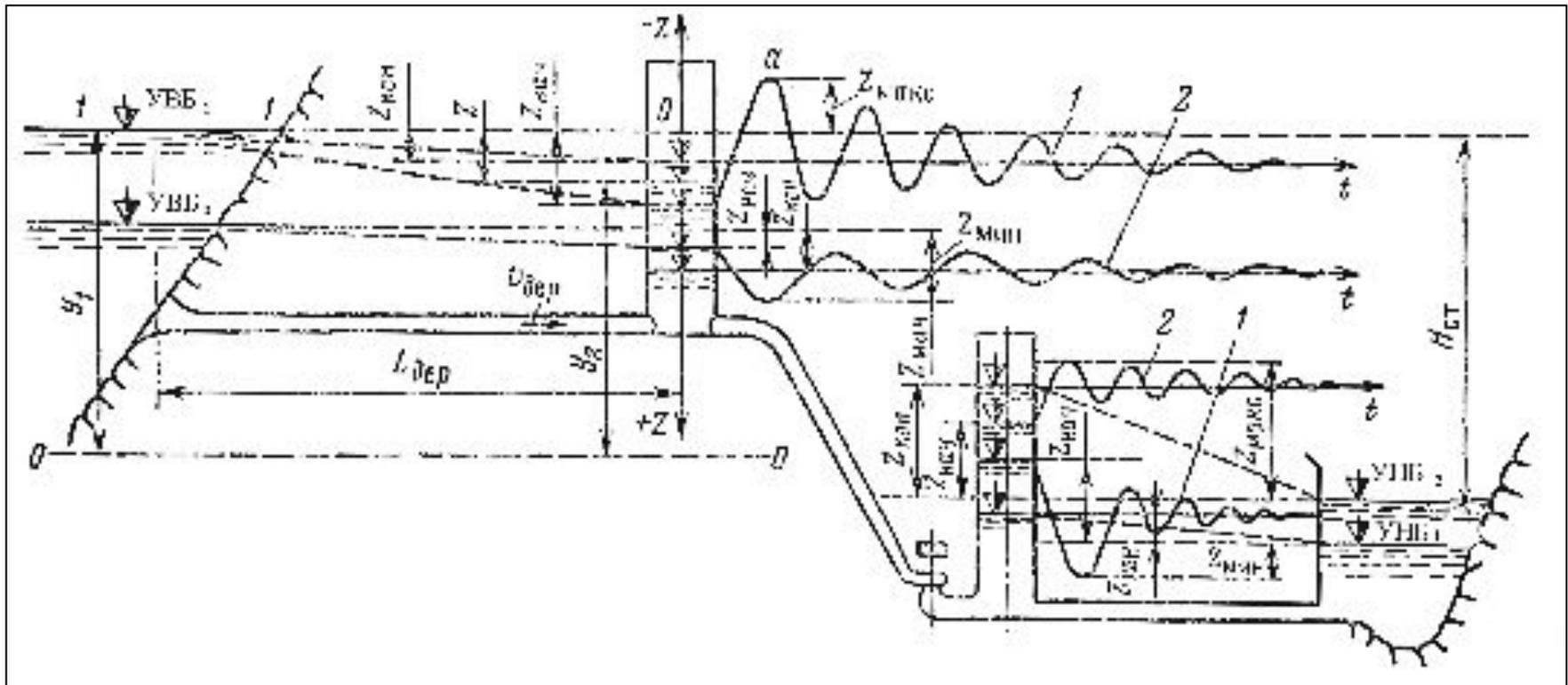
- 1 – водоприемник; 2 – верховой уравнивательный резервуар; 3 – подводящий деривационный туннель; 4 – отводящий деривационный туннель; 5 – турбинный водовод; 6 – здание ГЭС; 7 – низовой уравнивательный резервуар; 8 – аэрационный туннель

Принципиальная схема работы уравнительных резервуаров

- При установившемся режиме уровень воды в уравнительном резервуаре характеризуется $Z_{нач}$ и соответствует расходу $Q_{нач}$. При нарушении установившегося режима в напорных водоводах вследствие изменения расхода гидротурбин происходит изменение уровня в уравнительном резервуаре. При уменьшении расхода $Q_{кон} < Q_{нач}$ уровень воды в верховом уравнительном резервуаре, поднимаясь, достигает максимального положения ($Z_{макс}$), соответственно достигает максимального значения давление в напорном водоводе. При наличии гидравлических сопротивлений в напорном водоводе колебания затухают и со временем установится уровень ($Z_{кон}$), соответствующий новому установившемуся режиму при расходе $Q_{кон}$. При этом одновременно с колебаниями уровней в верховом уравнительном резервуаре происходит аналогичное колебание уровней в низовом уравнительном резервуаре, но с обратным знаком, достигая минимального положения ($Z_{мин}$). При увеличении расхода гидротурбин $Q_{кон} > Q_{нач}$ имеет место обратный процесс со снижением уровня в верховом уравнительном резервуаре и подъемом в низовом уравнительном резервуаре.

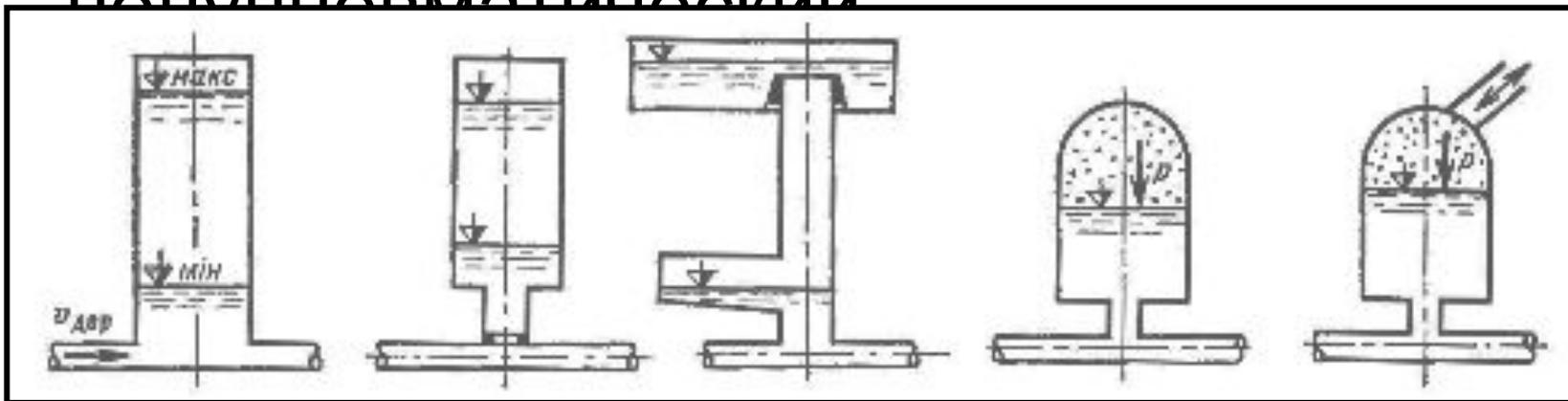
Изменение УВ в УР

- 1 – колебания уровней при уменьшении расхода; 2 – колебания уровней при увеличении расхода



Типы УР

- а – цилиндрический; б – цилиндрический с дополнительным сопротивлением; в – камерный; г – пневматический; д – пневматический

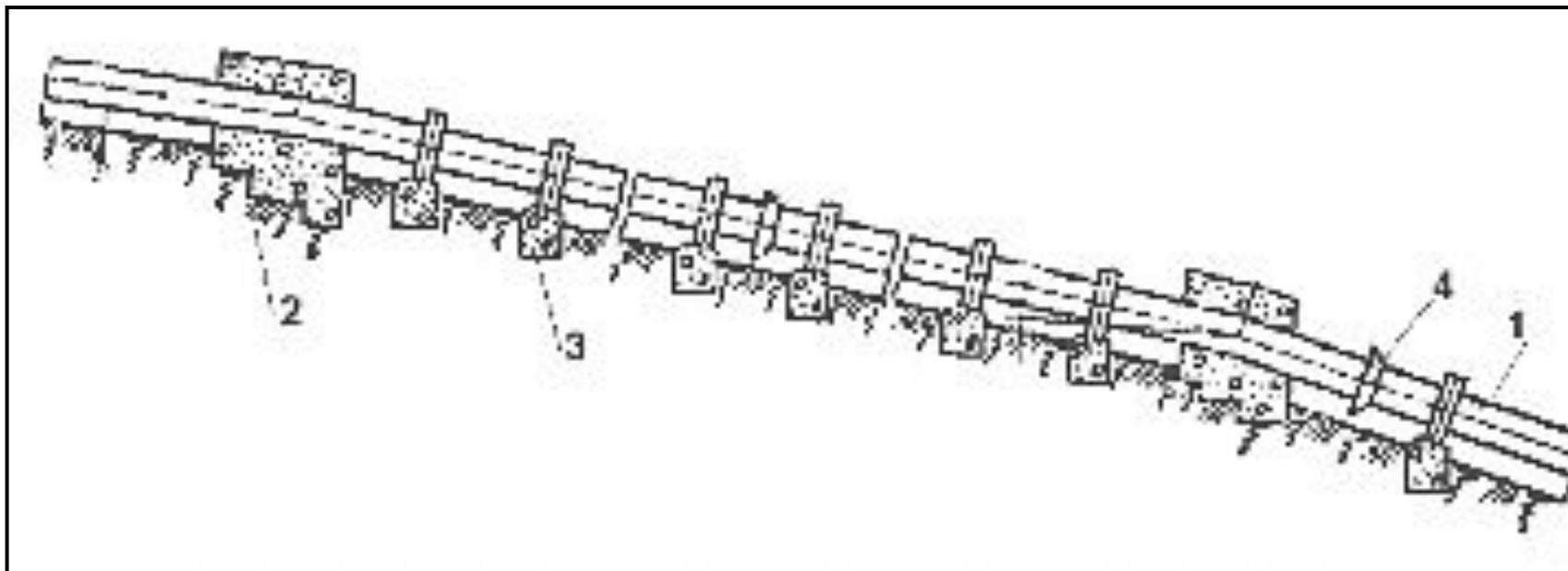


Турбинные трубопроводы

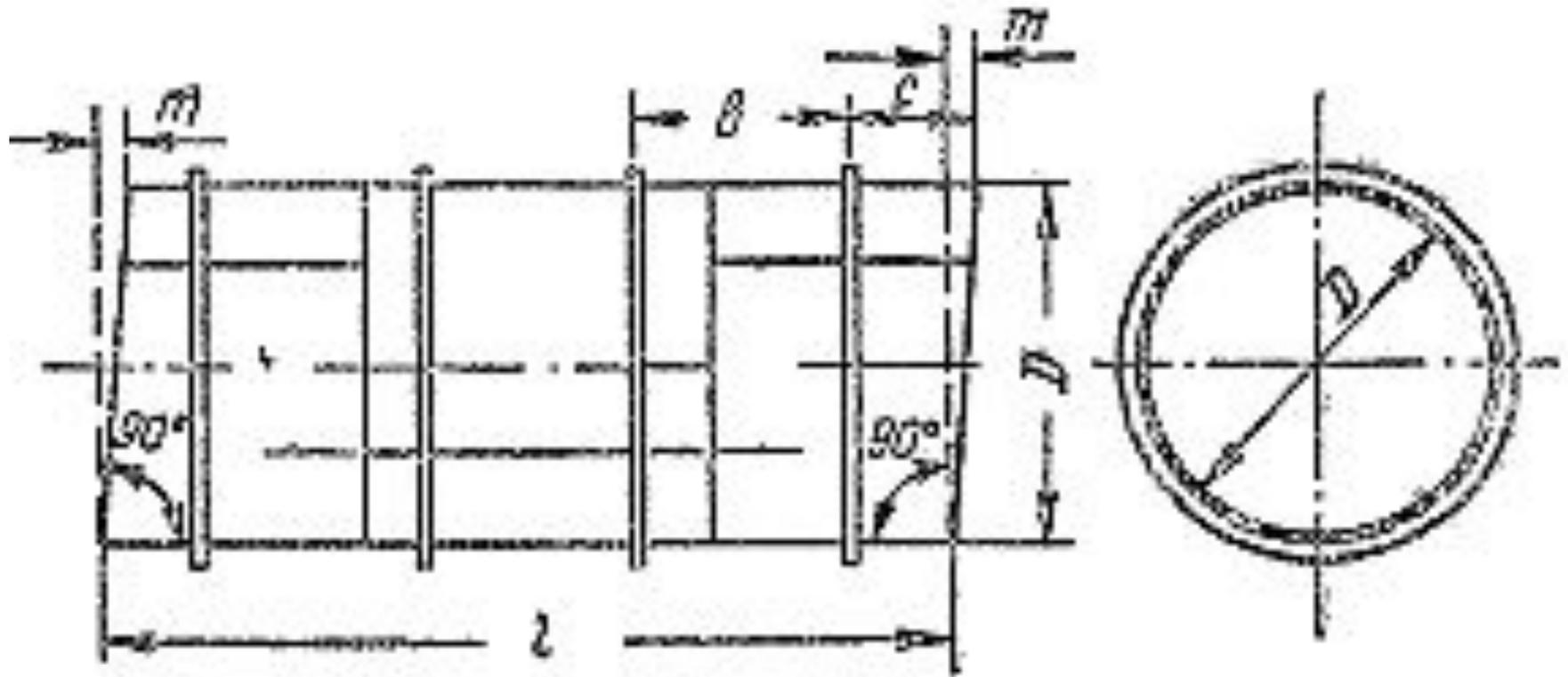
- Могут быть открытыми в виде металлических трубопроводов, сталежелезобетонных с внутренней металлической облицовкой и железобетонных трубопроводов. Трассы и продольный профиль трубопроводов при любом режиме работы агрегатов ГЭС должны обеспечить внутреннее давление не ниже атмосферного. Сталежелезобетонные и железобетонные трубопроводы могут укладываться в траншеях и засыпаться грунтом. Тип зависит от напора.
- Открытые металлические трубопроводы устанавливаются на опоры: анкерные, которые обеспечивают неподвижное закрепление трубопровода на переломах трассы и на прямых участках на расстоянии 150–400 м и воспринимают от него осевые и радиальные нагрузки, и промежуточные для его опирания в пролетах между анкерными опорами. Трубопроводы выполняются неразрезными, а при значительных изменениях температуры воздуха или воды – разрезными. В месте разреза устанавливается температурный компенсатор, позволяющий оболочке трубопровода свободно перемещаться при температурных деформациях .

Схема открытого металлического трубопровода

- 1 – трубопровод; 2 – анкерная опора; 3 – промежуточная опора; 4 – компенсатор



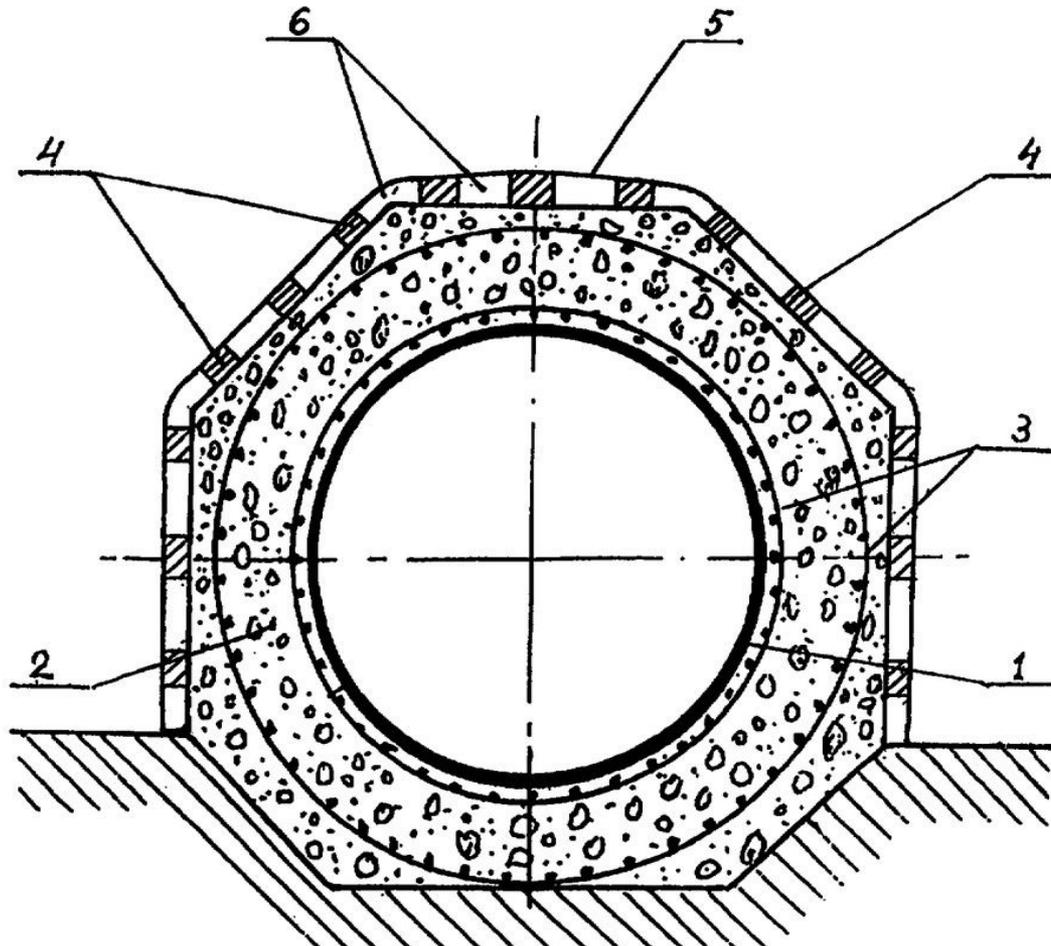
Конструкция трубопровода



Монтаж стального трубопровода



Сталежелезобетонный трубопровод



Обозначения

- 1 – стальная оболочка; 2 – бетон; 3 – арматура; 4 - подкладки; 5 – гидроизоляция; 6 – теплоизоляция

Выбор площади живого сечения деривации-1

- Наименьшая площадь живого сечения определяется из уравнений:
- - для безнапорной деривации

- $Q = C\omega\sqrt{RI}$,

где Q – расход; C – коэффициент Шези; ω – площадь; R – гидравлический радиус; I – уклон водной поверхности;

- - для напорной деривации

- $Q = \mu\omega\sqrt{gH}$,

μ – коэффициент расхода; H – напор.

Выбор площади живого сечения деривации-2

- Наименьшая площадь дает наименьшие затраты на возведение деривации $K_{\text{ГЭС}}$ и затрат на эксплуатацию $I_{\text{ГЭС}}$.
- Однако при этом скорость воды V будет наибольшей, как и потери напора $H_{\text{пот}}$, которые пропорциональны квадрату скорости

- $$H_{\text{пот}} = \xi V^2 / (2g).$$

Выбор площади живого сечения деривации-3

- Потери напора приводят к потерям мощности

- $N_{\text{пот}} = 9,81\eta QH_{\text{пот}}$,

где η – КПД ГЭС, и, соответственно, к потерям выработки электроэнергии ГЭС

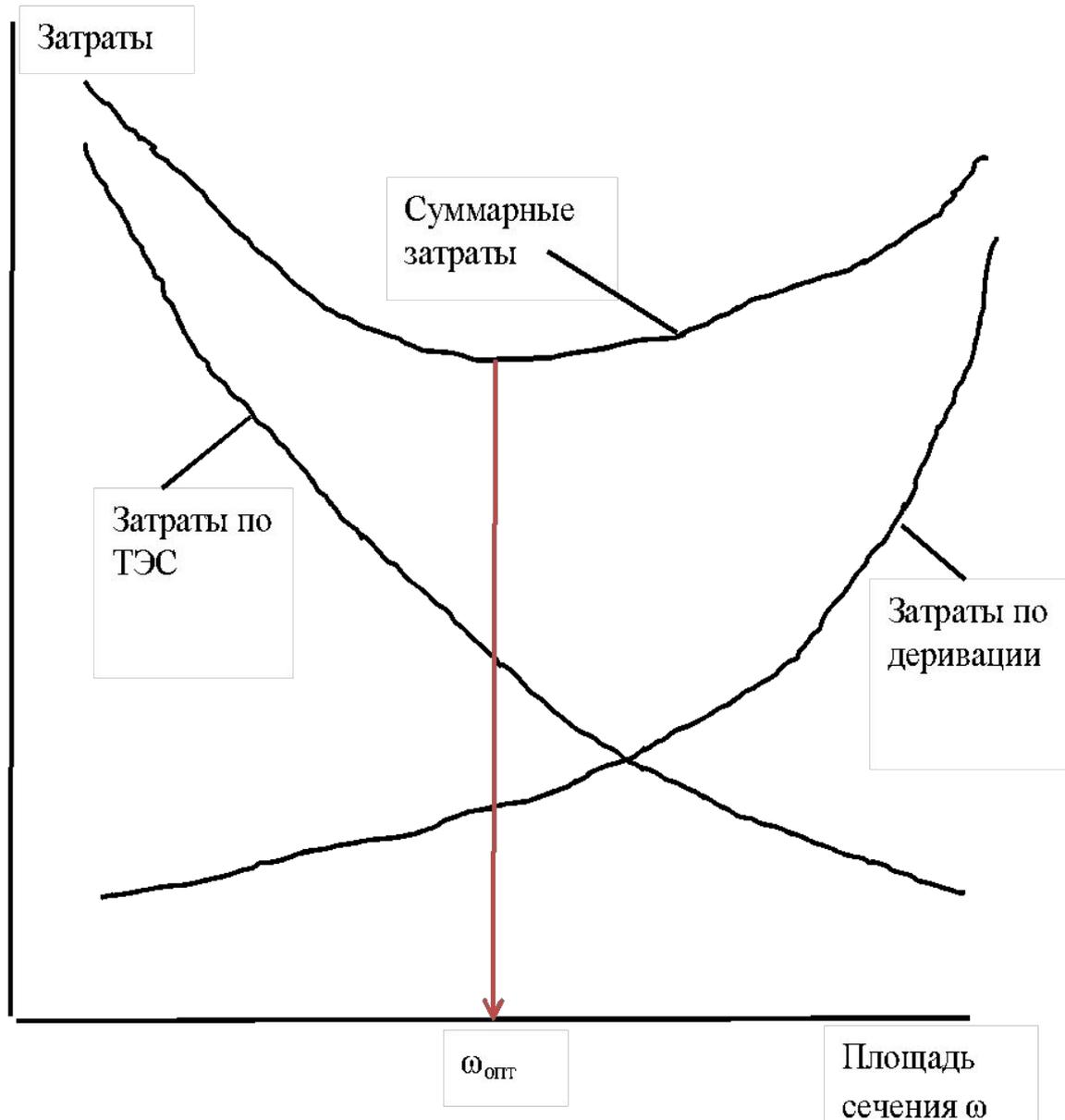
- $\mathcal{E}_{\text{пот}} = \int (9,81\eta QH_{\text{пот}}) dt.$

- Потери мощности и энергии ГЭС приводят к увеличению затрат на возведение ТЭС $K_{\text{ТЭС}}$ и затрат на ее топливо $I_{\text{топл}}$.

Выбор площади живого сечения деривации-4

- С увеличением площади живого сечения деривации затраты в деривацию ГЭС $Z_{ГЭС}$ увеличиваются, а затраты ТЭС $Z_{ТЭС}$ – уменьшаются.
- Суммарные затраты также зависят от площади сечения деривации
 - $P = Z_{ГЭС} + Z_{ТЭС}$.
- Очевидно, что оптимальная площадь сечения $\omega_{опт}$ будет при $P = \text{мин}$. Ее определение можно выполнить графически.

Графический выбор площади живого сечения деривации



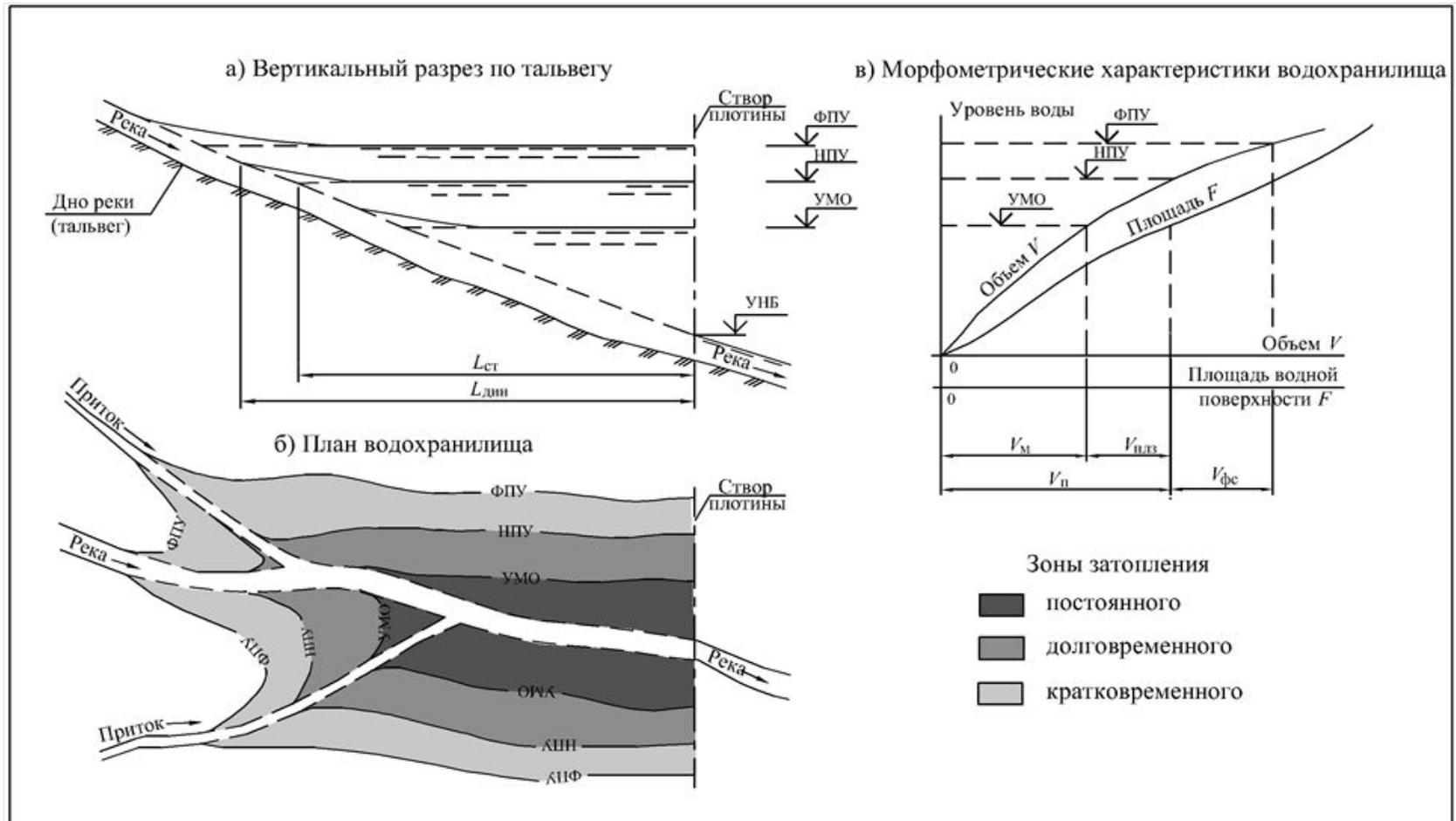
Водохранилища

- В гидроэнергетике служат для регулирования стока рек.
- Регулирование стока: накопление воды в периоды ее избытков, использование накопленной воды в периоды ее нехватки.
- Кроме того, водохранилища могут применяться для регулирования максимальных расходов.

Регулирование стока

- Различают: многолетнее, годовое, недельное, суточное, а также регулирование по водотоку (отсутствие регулирования стока).
- Регулирование осуществляется в пределах НПУ-УМО, т. е. в пределах полезного объема.
- Регулирование максимальных расходов – в пределах НПУ-ФПУ, т. е. в пределах форсированного объема.

Характеристики водохранилища



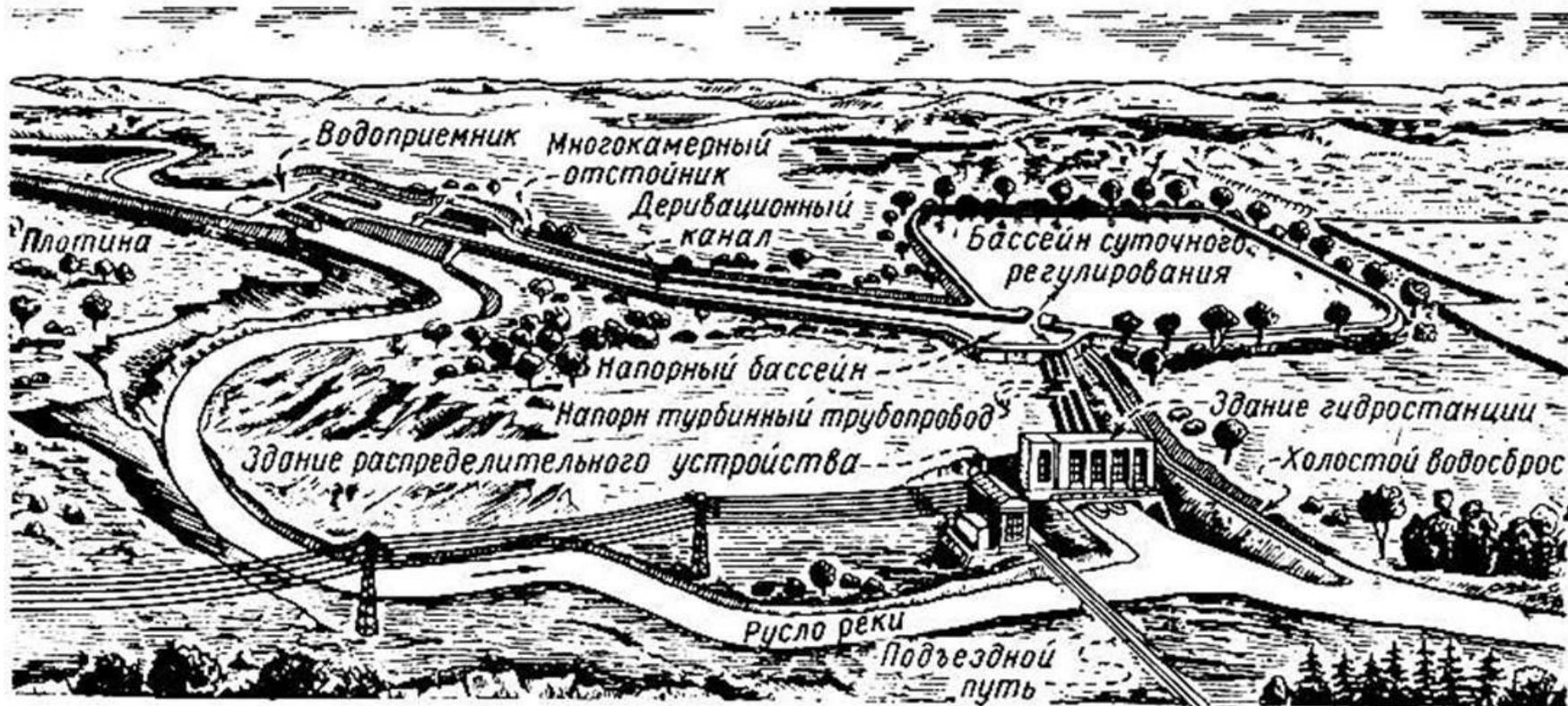
Основные параметры водохранилищ-1

- - нормальный подпорный уровень (НПУ), являющийся максимальным УВБ при нормальных условиях эксплуатации;
- - уровень мертвого объема (УМО), являющийся минимальным УВБ при нормальных условиях эксплуатации;
- - форсированный подпорный уровень (ФПУ), являющийся максимальным УВБ при особых условиях эксплуатации.

Основные параметры водохранилищ-2

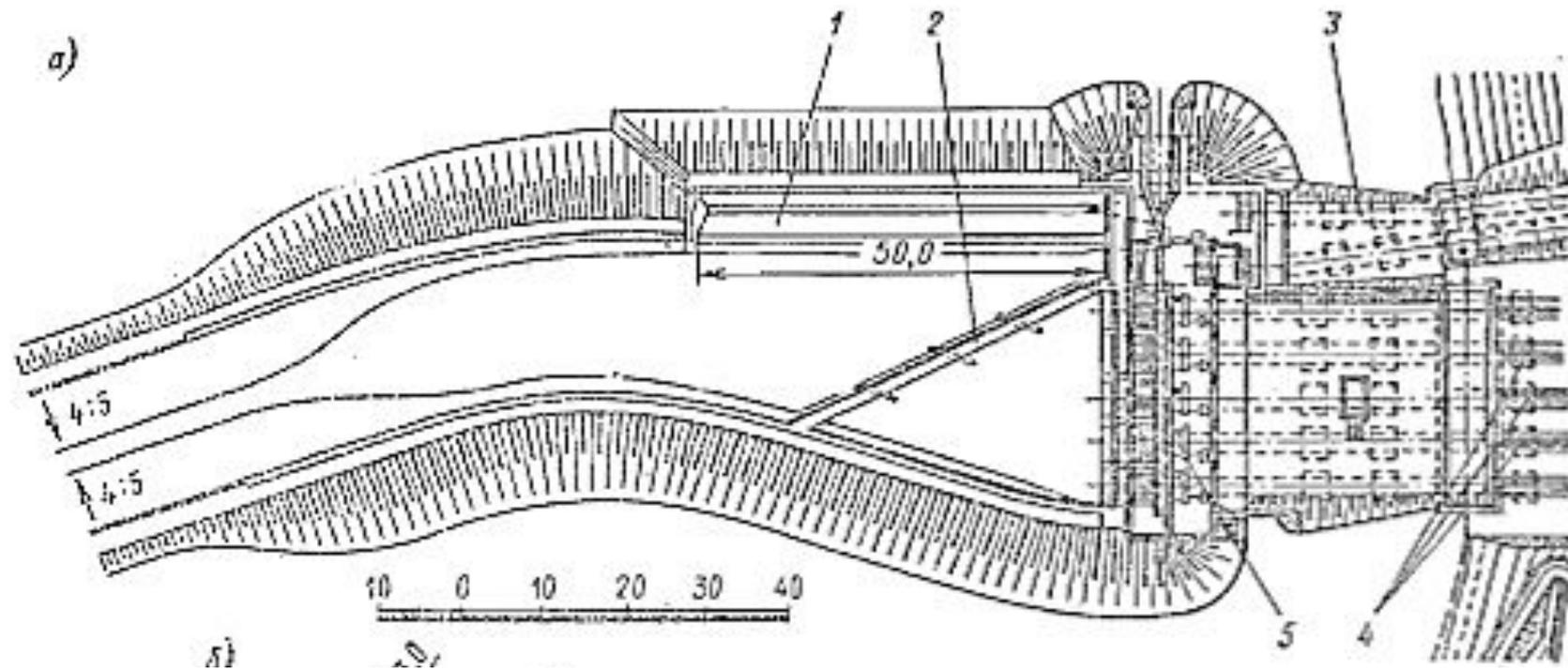
- полезный объем $V_{плз}$, заключенный между НПУ и УМО и являющийся емкостью для регулирования речного стока;
- мертвый объем V_M , расположенный между УМО и дном долины реки, в обычных условиях эксплуатации не срабатываемый; предназначен для создания минимального напора
- полный объем $V_{п}$, представляющий собой сумму полезного и мертвого объемов;
- форсированный объем $V_{фс}$, заключенный между ФПУ и НПУ и предназначенный для регулирования максимального стока при пропуске половодий и паводков.
- Площади водной поверхности и площади затопления⁹⁴

Деривационная ГЭС с безнапорной деривацией (каналом)



Деривационная схема с каналом

Напорный бассейн – план

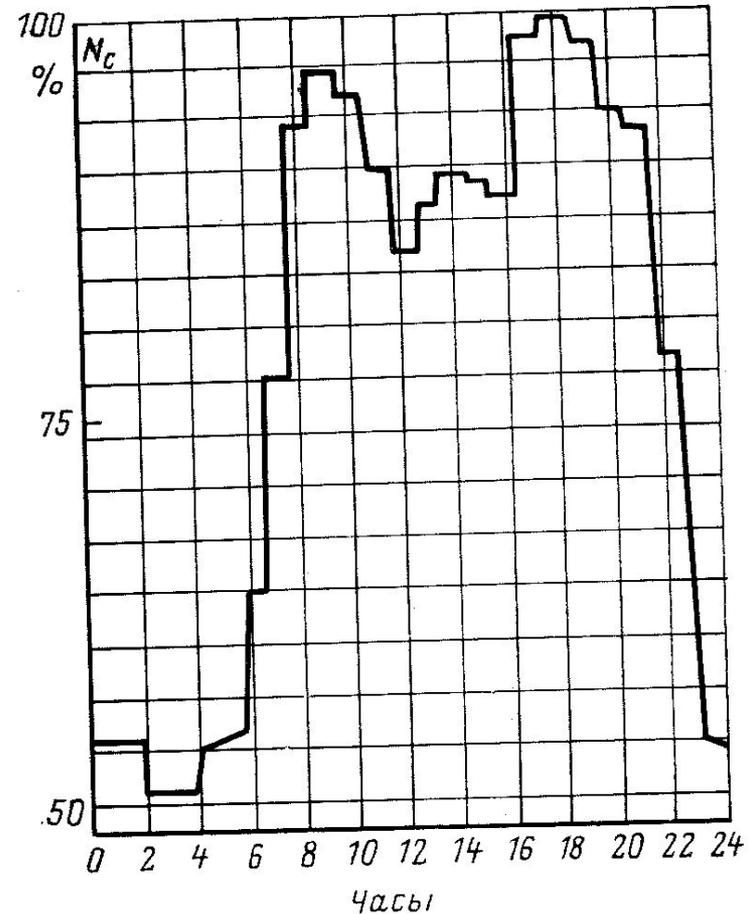


Напорный бассейн – обозначения

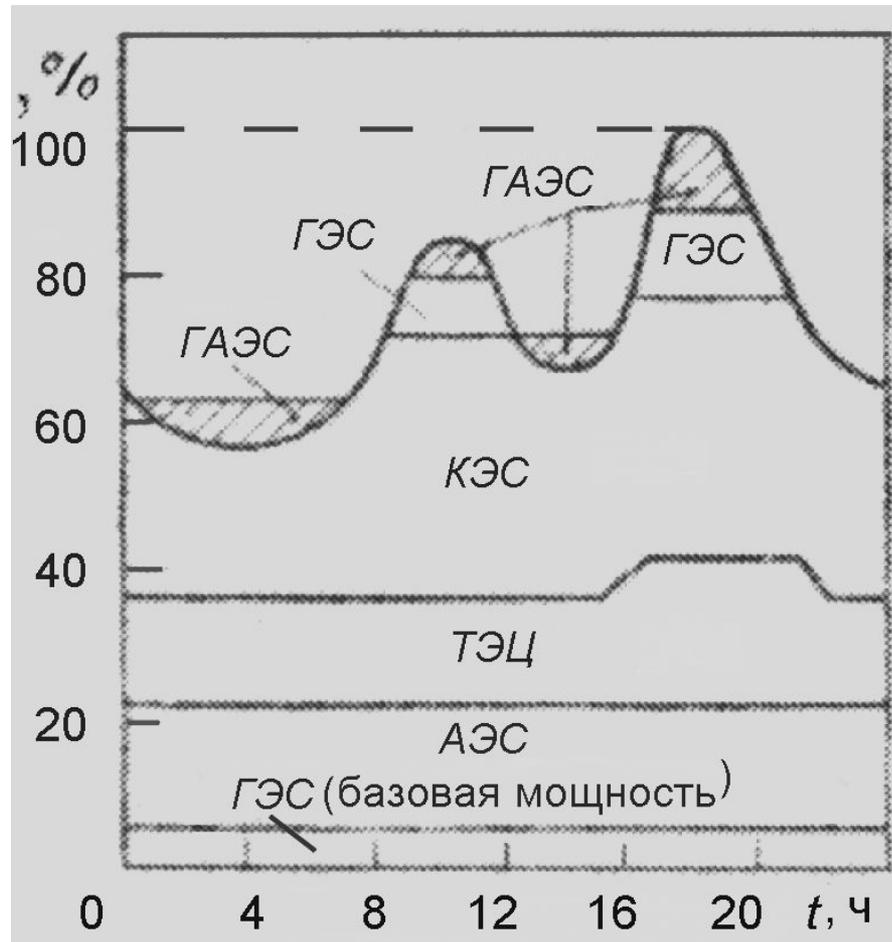
- 1 – холостой водосброс (для предотвращения переполнения бассейна)
- 2 – забральная стенка
- 3 – трубопровод холостого водосброса
- 4 – турбинные трубопроводы
- 5 – водоприемник здания ГЭС

Бассейн суточного регулирования (БСР)

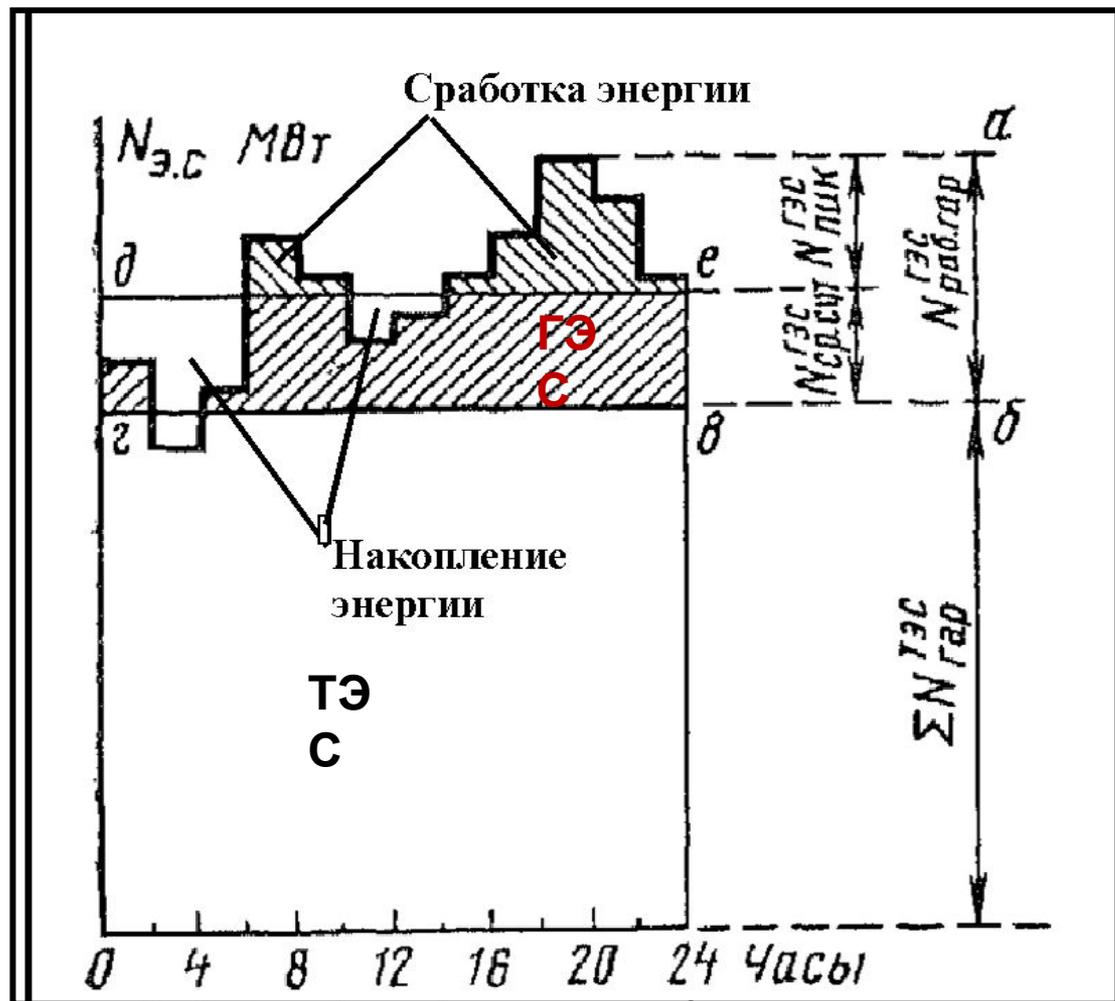
- График нагрузки энергосистемы:
 N_c – мощность энергосистемы



Участие электростанций в суточном графике нагрузки энергосистемы



Суточное регулирование мощности ГЭС: график нагрузки энергосистемы и ГЭС



Определение объема БСР

- Полезный объем БСР определяется по формуле, м³:

- $V_{\text{плз}} = 367,2 \text{Э} / (H \eta_{\text{гэс}})$,

где Э - суточная сработка электроэнергии, кВт·ч;
H – напор, м; $\eta_{\text{гэс}}$ – КПД ГЭС.

- Полный объем БСР

- $V_{\text{пол}} = V_{\text{плз}} + V_{\text{м}}$,

$V_{\text{м}}$ – мертвый объем; используется для создания необходимой глубины для водоприемника

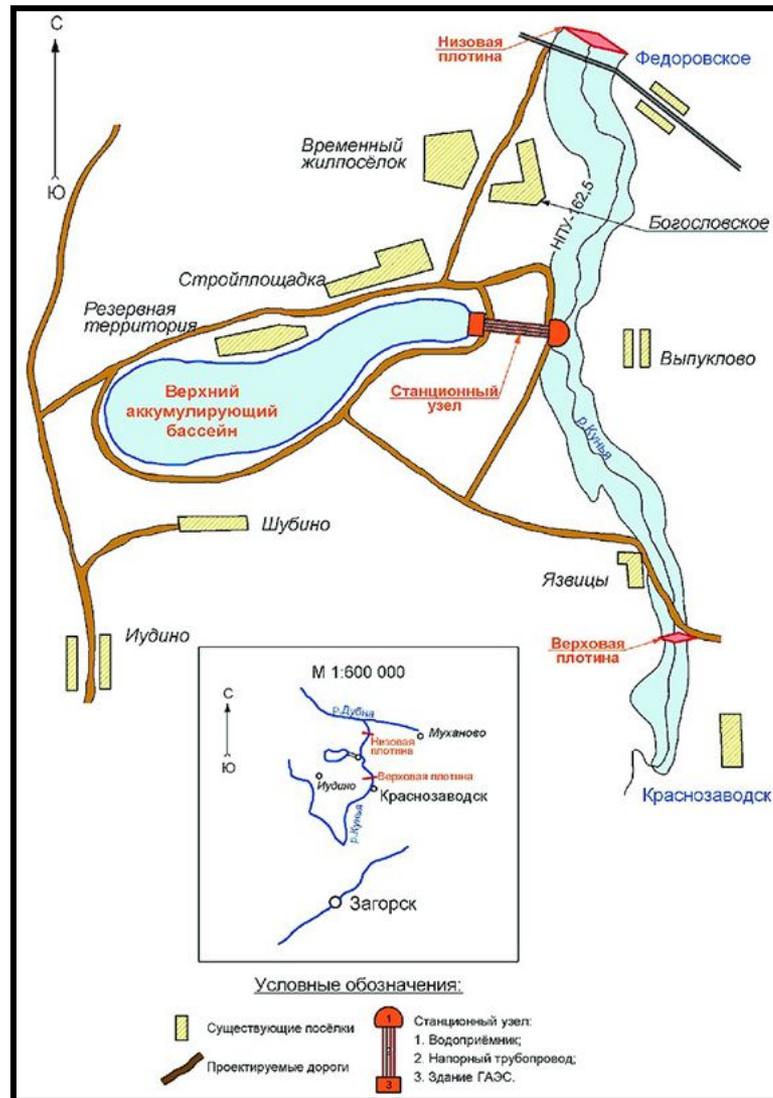
Бассейн суточного (недельного) регулирования (Зарамагская ГЭС)



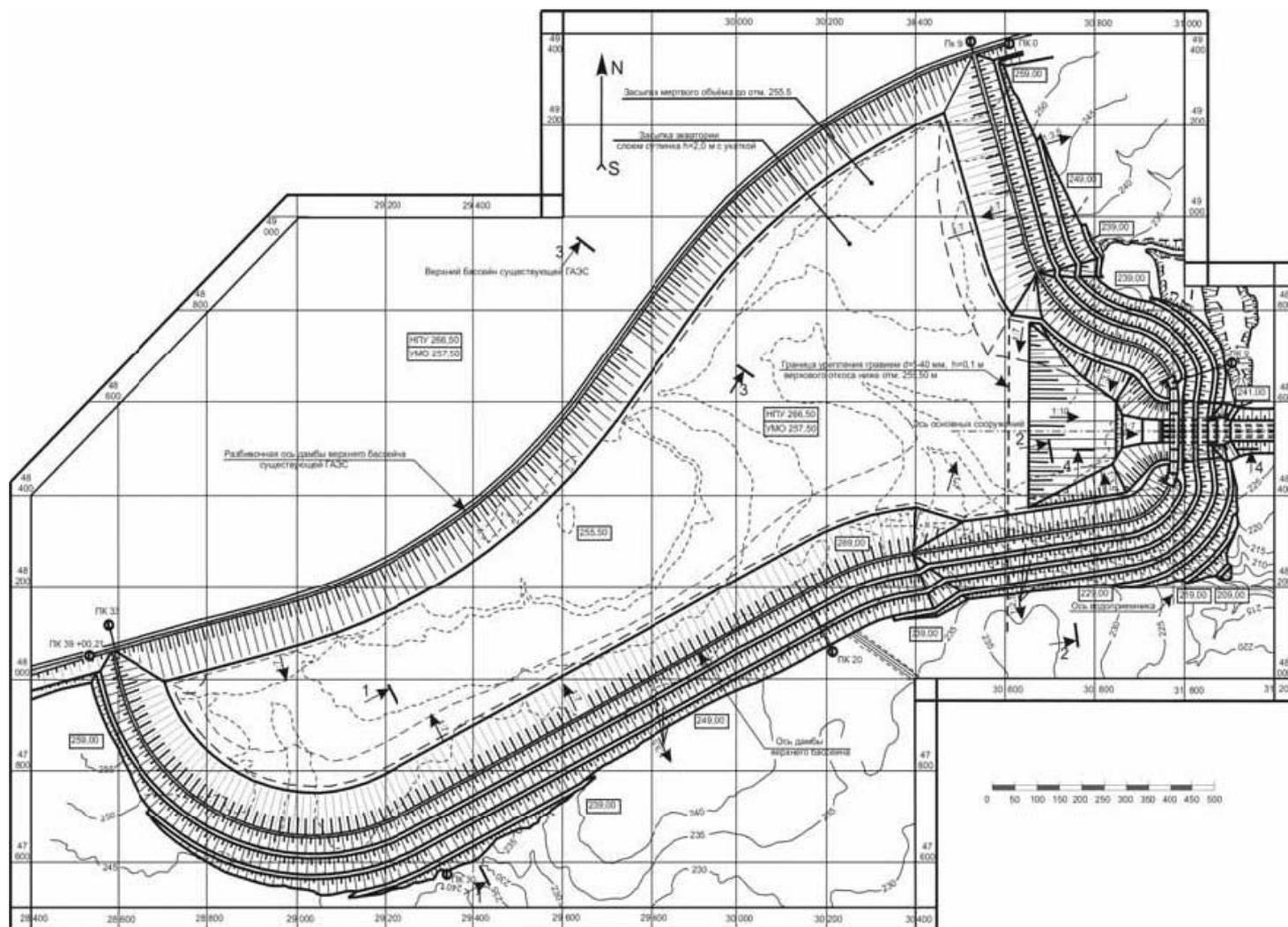
Зарама́гские гидроэлектроста́нции

- Зарама́гские гидроэлектроста́нции — гидроэнергетический комплекс на реке Ардон в Алагирском районе Северной Осетии, состоящий из двух взаимосвязанных гидроэлектростанций — действующей Головной ГЭС и строящейся Зарамагской ГЭС-1. Строительство комплекса было начато в 1976 году, его окончание намечено на 2017 год. Мощность ГЭС-1 составляет 342 МВт, расчетный напор 619 м.

Верхний бассейн ГАЭС

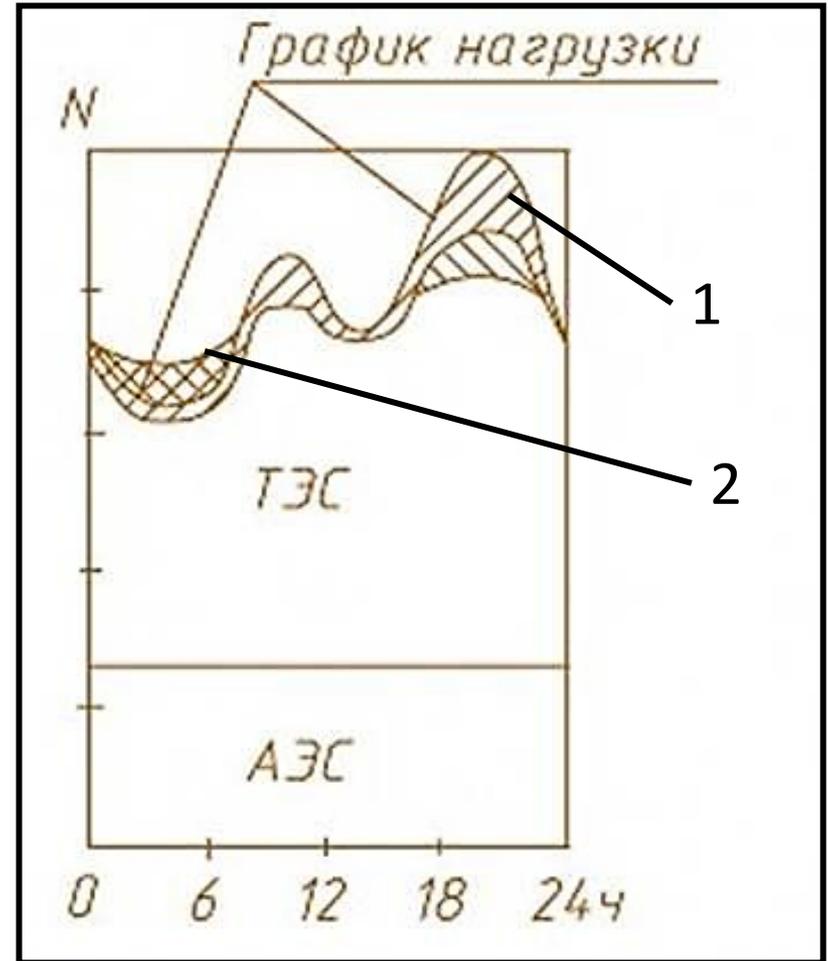


Верхний бассейн Загорской ГАЭС-1



Работа ГАЭС в графике нагрузки

- 1- турбинный режим; площадь – суточная выработка ГАЭС - Э.
- 2 – насосный режим



Объем верхнего бассейна ГАЭС

- Полезный объем верхнего бассейна определяется по формуле, м³:
 - $V_{\text{плз}} = 367,2 \text{Э} / (H \eta_{\text{гаэс}})$,
 - где Э - суточная выработка, кВт·ч; H – напор в турбинном режиме, м; $\eta_{\text{гаэс}}$ – КПД в турбинном режиме.
 - Полный объем бассейна
 - $V_{\text{пол}} = V_{\text{плз}} + V_{\text{м}'}$
- $V_{\text{м}}$ – мертвый объем.

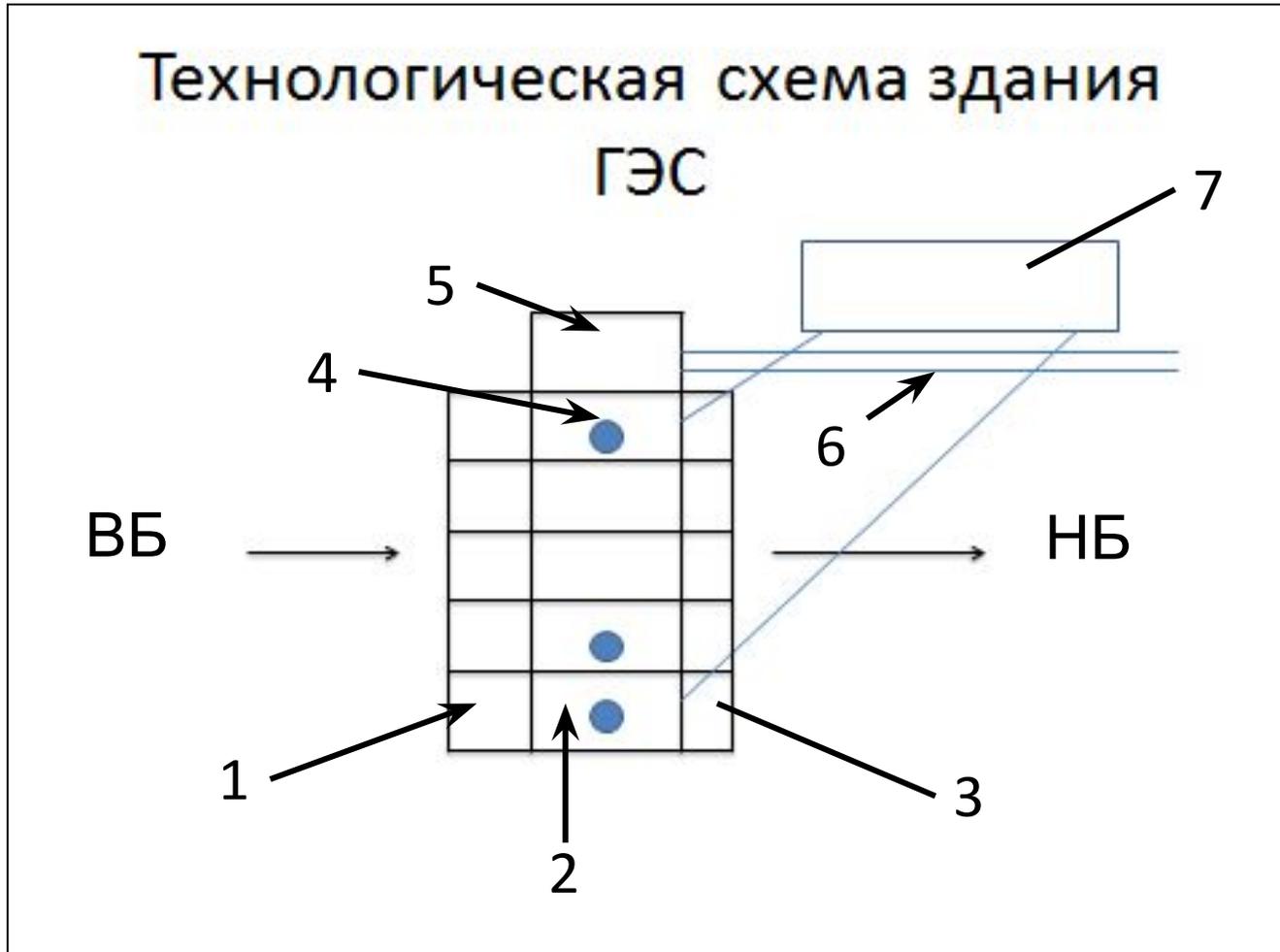
Нижний бассейн ГАЭС

- Часто нижний бассейн выполняется в виде водохранилища на реке; приток воды в нижний бассейн компенсирует потери на испарение и фильтрацию.
- Именно так устроен нижний бассейн Загорской ГАЭС – водохранилище на реке Кунья.

Бассейн ПЭС

- Бассейн ПЭС - речной эстуарий или часть морской акватории, отсеченная напорными сооружениями приливной гидроэлектростанции с целью использования энергии морских приливов.

Здания ГЭС



Классификация зданий ГЭС-1

- По установленной мощности: малые $N_{у} \leq 10$ МВт; средние $10 \leq N_{у} \leq 1000$ МВт; большие $N_{у} > 1000$ МВт.
- По напору: низконапорные $H \leq 10$ м; средненапорные $10 \leq H \leq 100$ м; высоконапорные $H > 100$ м.
- По сопротивлению давлению воды: русловые; приплотинные; деривационные.

Русловые здания ГЭС

- Русловые здания ГЭС – это здания, сопротивляющиеся сдвигу от давления воды ВБ за счет силы трения между зданием и основанием. Сила трения:

- $F_{\text{тр}} = f_{\text{тр}} P,$

- где $f_{\text{тр}}$ – коэффициент трения, равный $\text{tg}\varphi$; P – вес здания ГЭС за вычетом взвешивающего и фильтрационного давления, иначе – сумма вертикальных сил; φ – угол внутреннего трения грунта основания.

Устойчивость руслового здания ГЭС

Устойчивость здания обеспечивается при выполнении условия (СП 58.13330.2012)

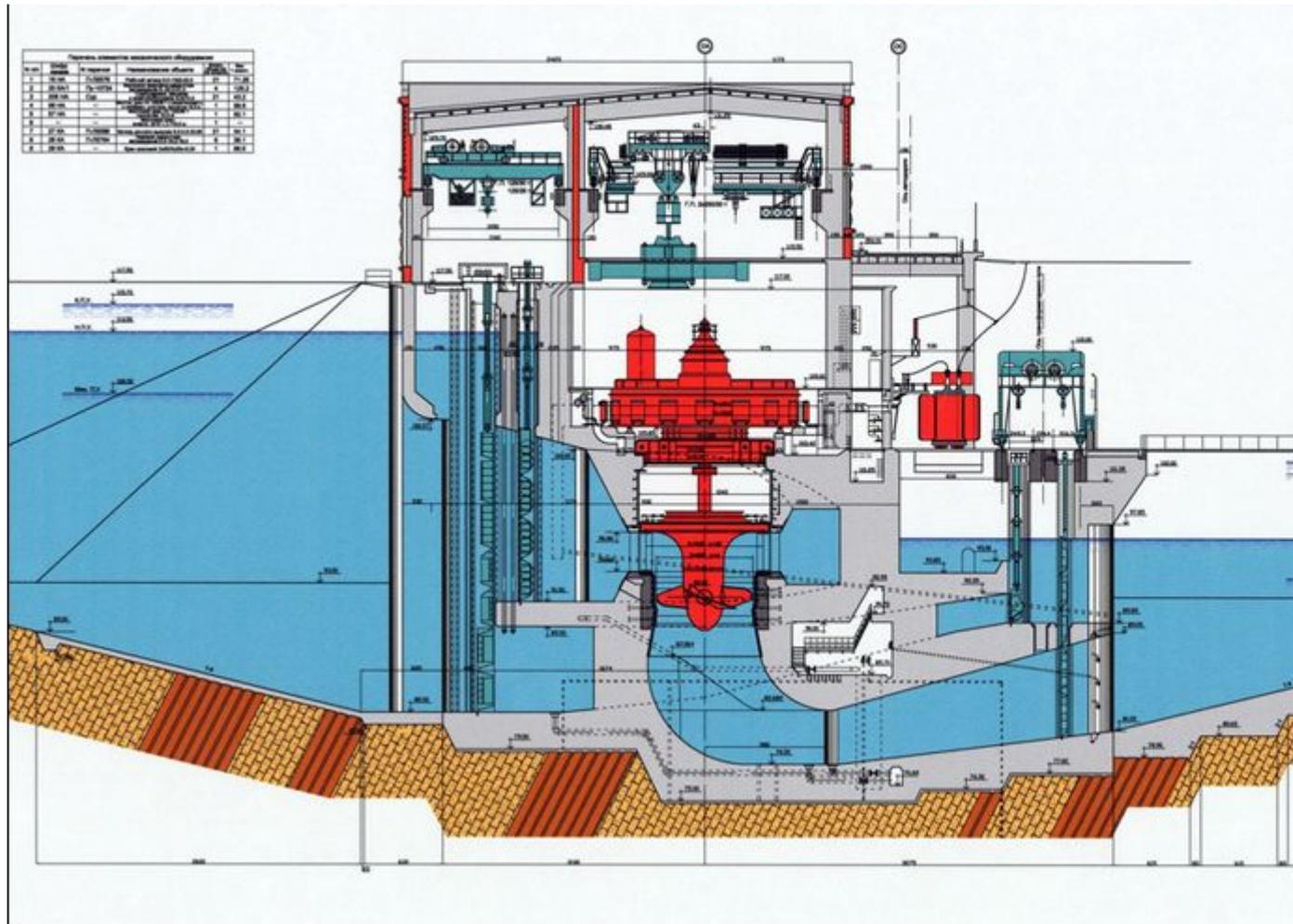
$$\gamma_{lc} F \leq \frac{R}{\gamma_n},$$

где γ_{lc} - коэффициент сочетания нагрузок; F - расчетное значение обобщенного силового воздействия (в том числе и давление воды), иначе сумма горизонтальных сил; γ_n - коэффициент надежности по ответственности сооружения; R - расчетное значение обобщенной несущей способности, в данном случае $R=P$.

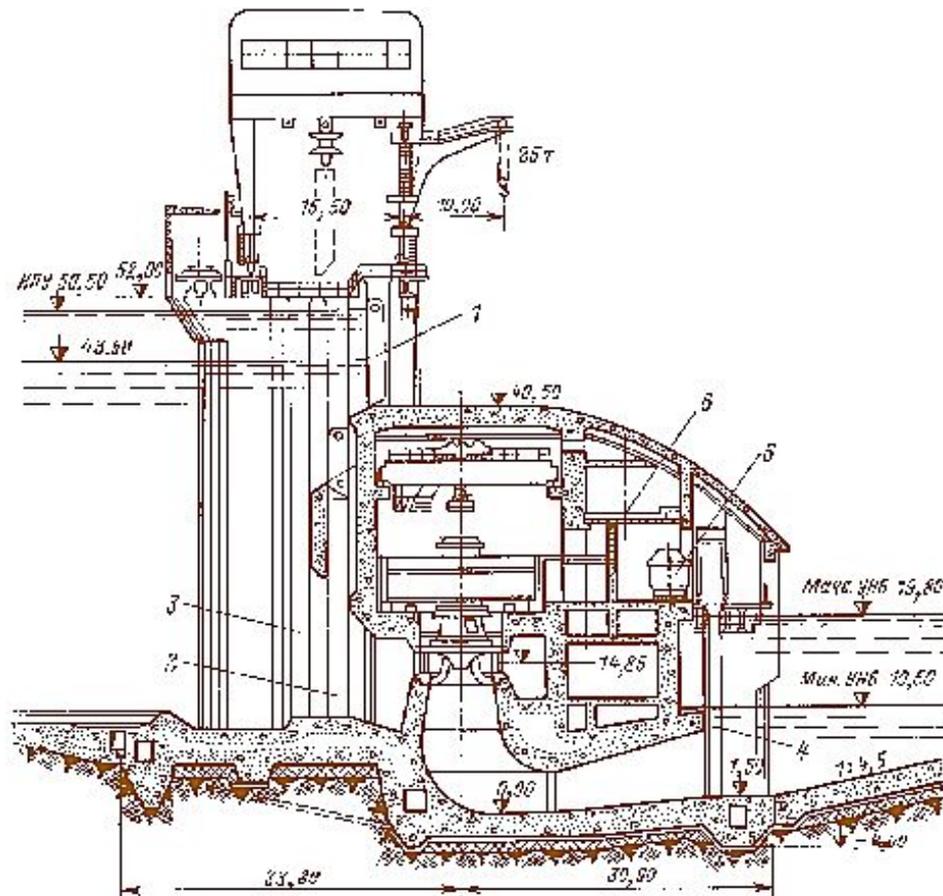
Классификация зданий ГЭС-2

- По типу машинного зала: закрытые; открытые; полукрытые.
- По отношению к поверхности земли: поверхностные; подземные; полуподземные; засыпанные.
- По совмещению функций: несовмещенные; совмещенные; водосливные.
- С вертикальными агрегатами, с горизонтальными агрегатами.

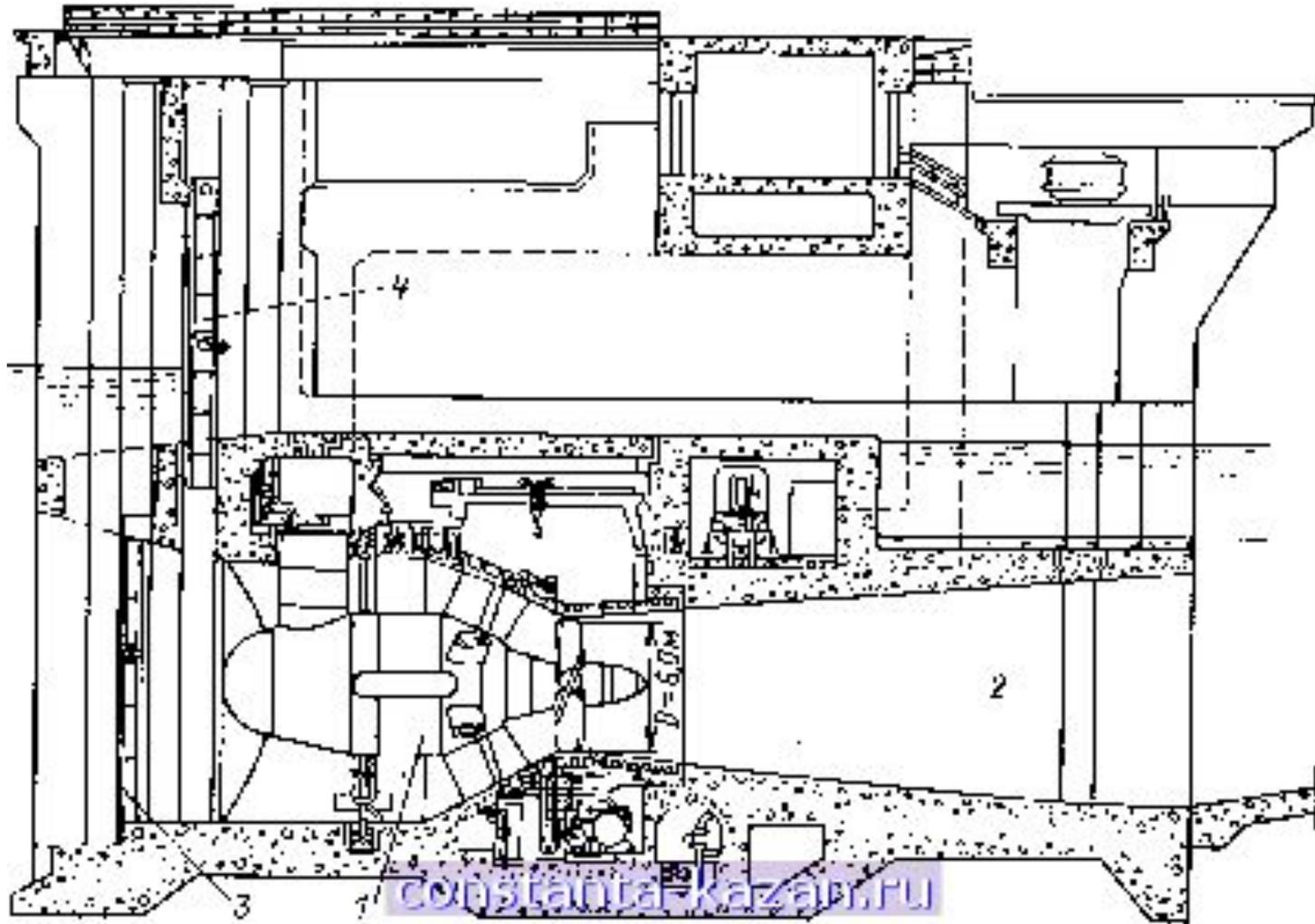
Русловое совмещенное здание ГЭС



Водосливное здание ГЭС (русловое)



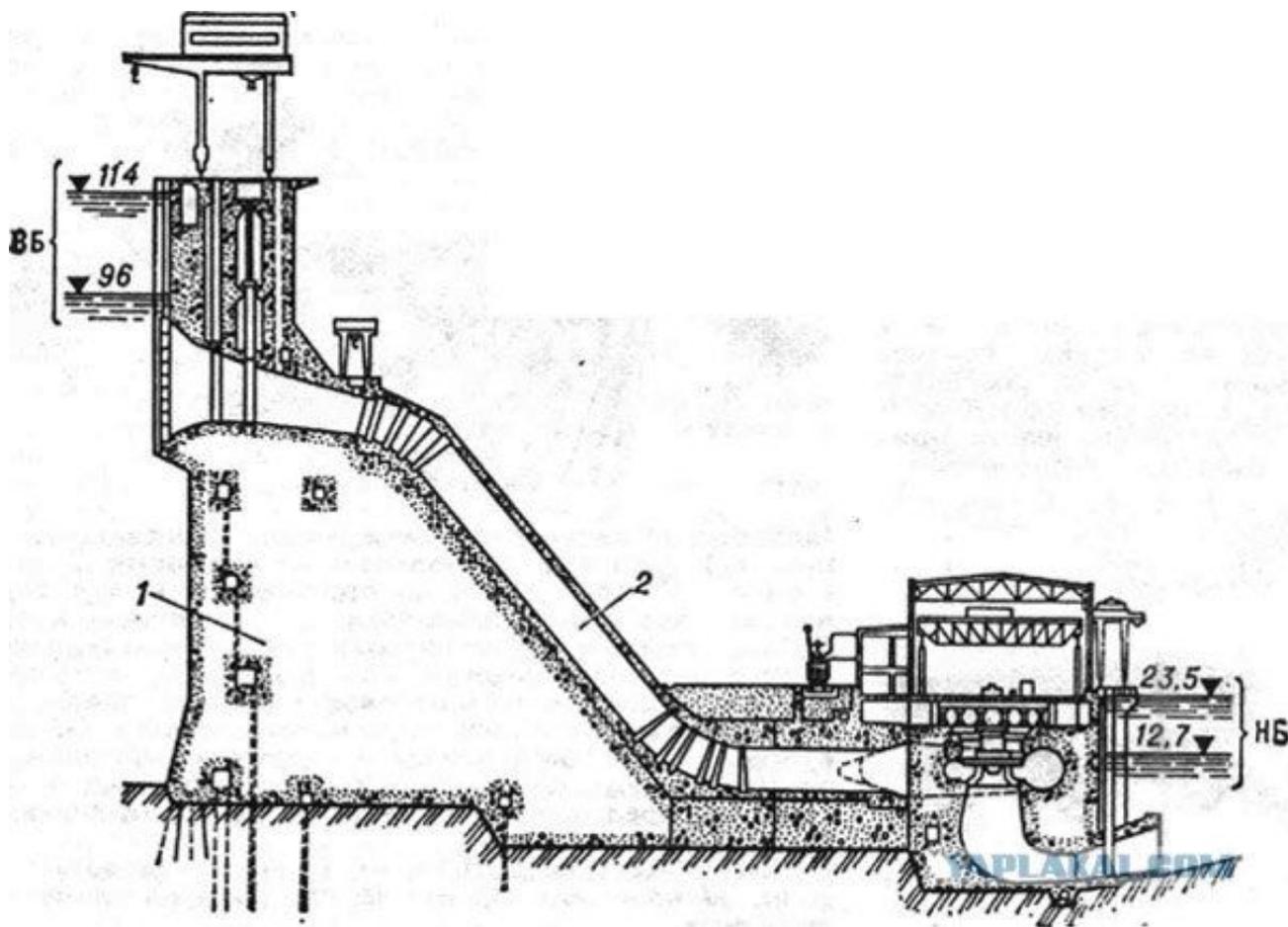
Здание ГЭС с горизонтальными агрегатами



Приплотинные здания ГЭС

- Приплотинные здания ГЭС – это здания, когда устойчивость обеспечивается плотиной перед зданием ГЭС. Такая плотина называется **станционной**.
- Приплотинные здания ГЭС различают: за щитовой стенкой (здание примыкает к плотине) и отдельно стоящие.

Приплотинное здание ГЭС (защитной стенкой)

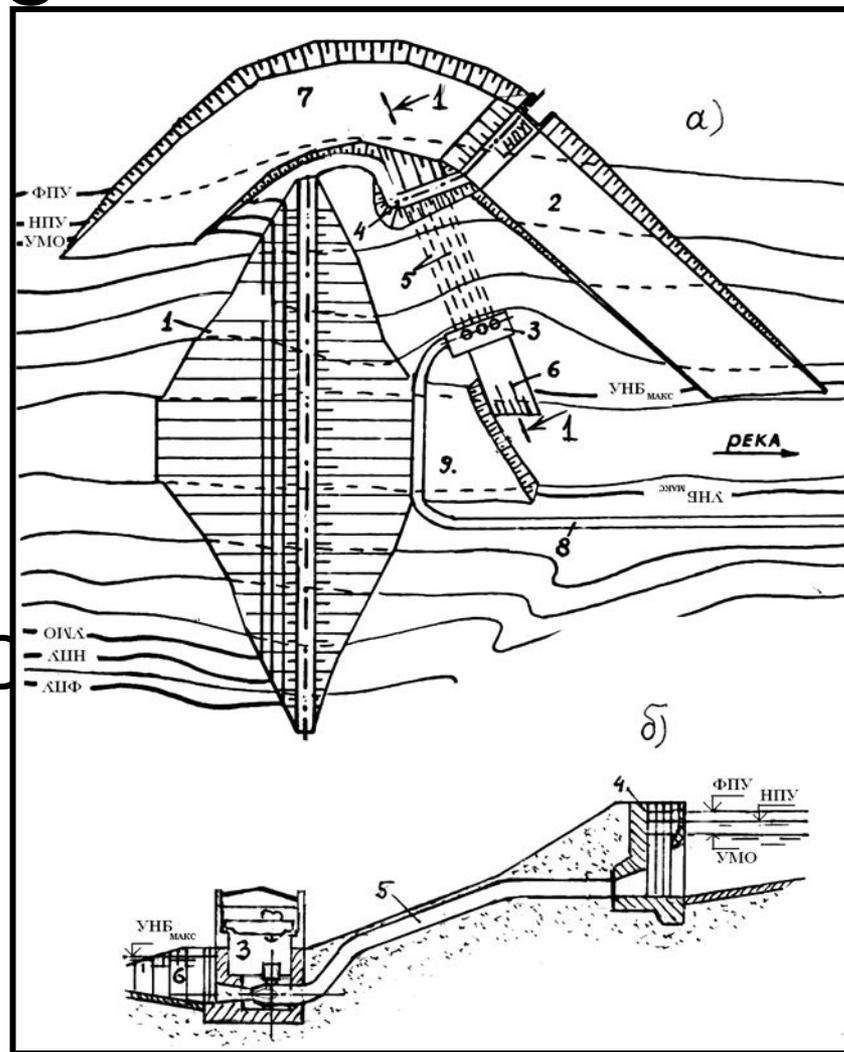


Приплотинное отдельно стоящее здание ГЭС

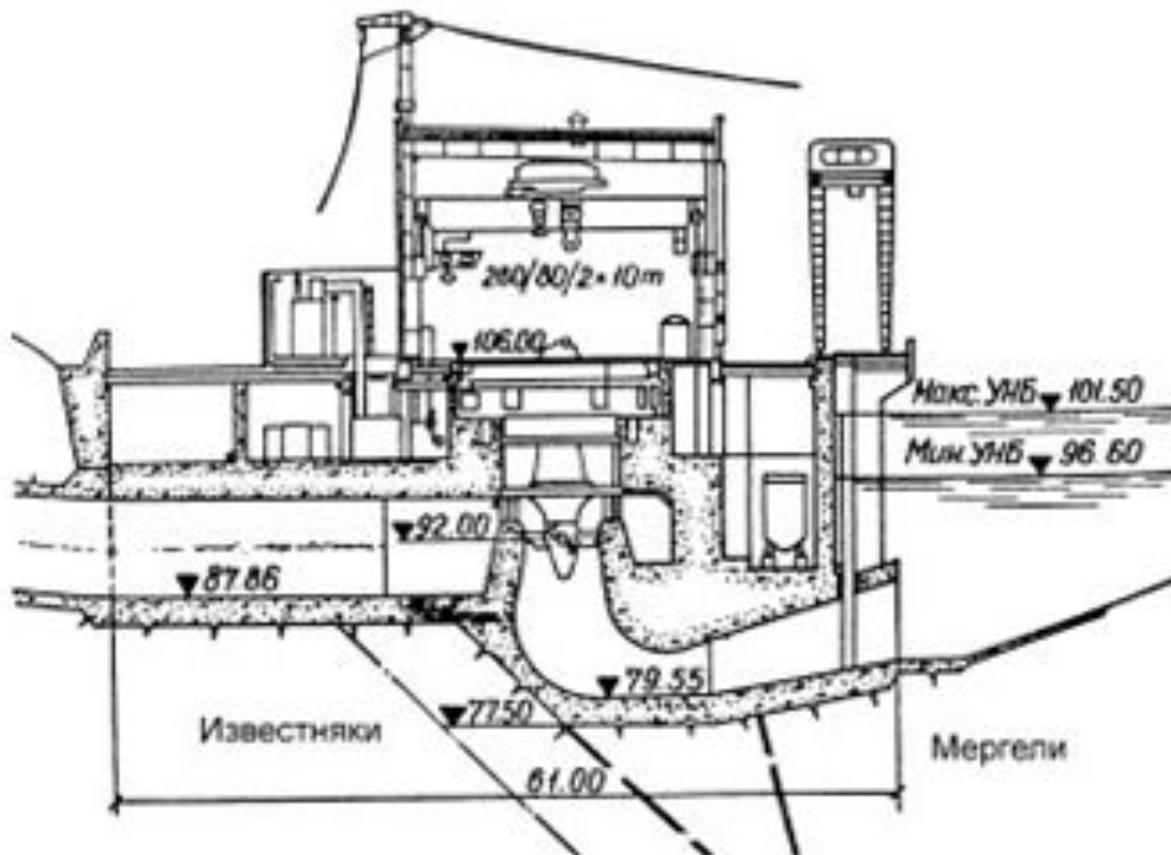
- 1-глухая плотина
- 2-отводящий канал
- 3-здание ГЭС
- 4-водоприемник
- 5-турбинные

тоннели

- 6-отводящий канал ГЭС
- 7-подводящий канал
- 8-дорога на МП



Деривационное здание ГЭС



Полуоткрытое и открытое здания ГЭС

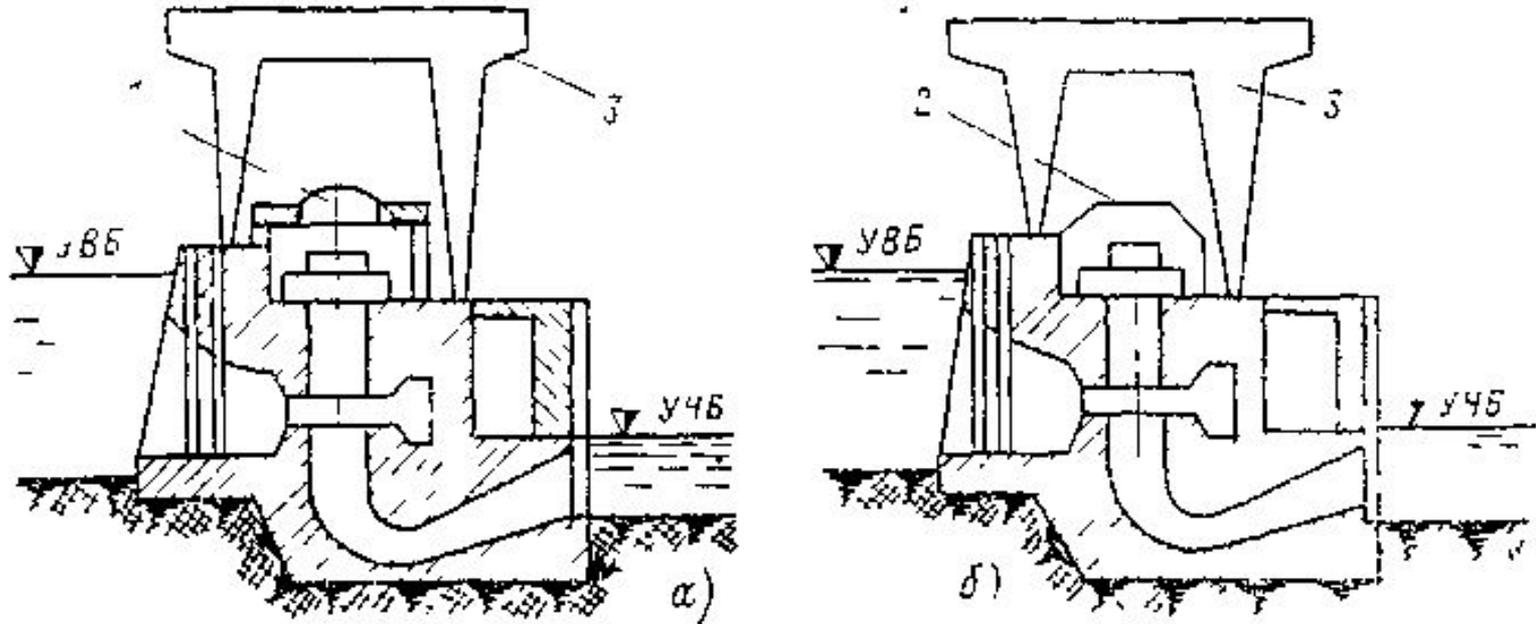


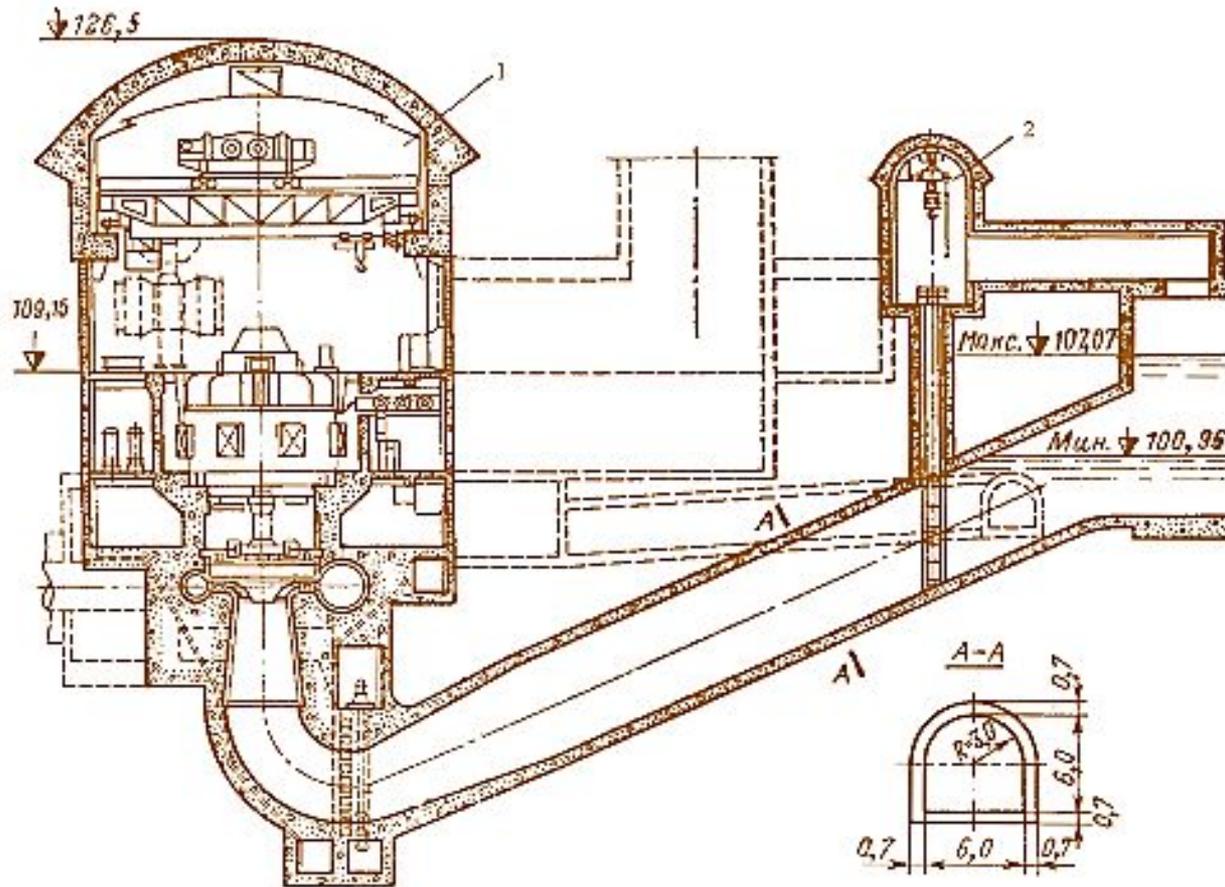
Рис. 10.13 Здания ГЭС с наружным расположением кранового оборудования. Полуоткрытый (а) и открытый (б) типы здания ГЭС

1 — съемная крышка 2 — индивидуальный колпак 3 — козловой кран

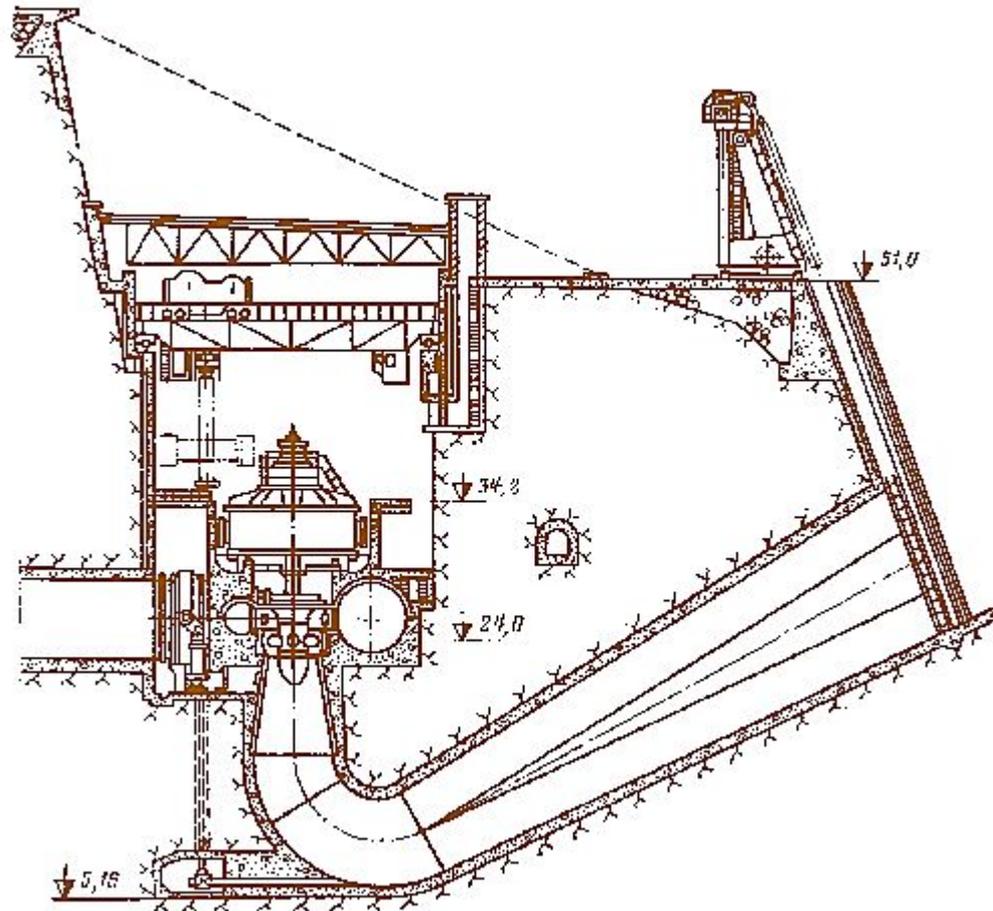
Подземные и полуподземные здания ГЭС

- Подземные – здания, выполненные подземными работами.
- Полуподземные – здания, часть которых выполнена подземными работами, другая часть – открытыми работами.

Подземное здание ГЭС



Полуподземное здание ГЭС

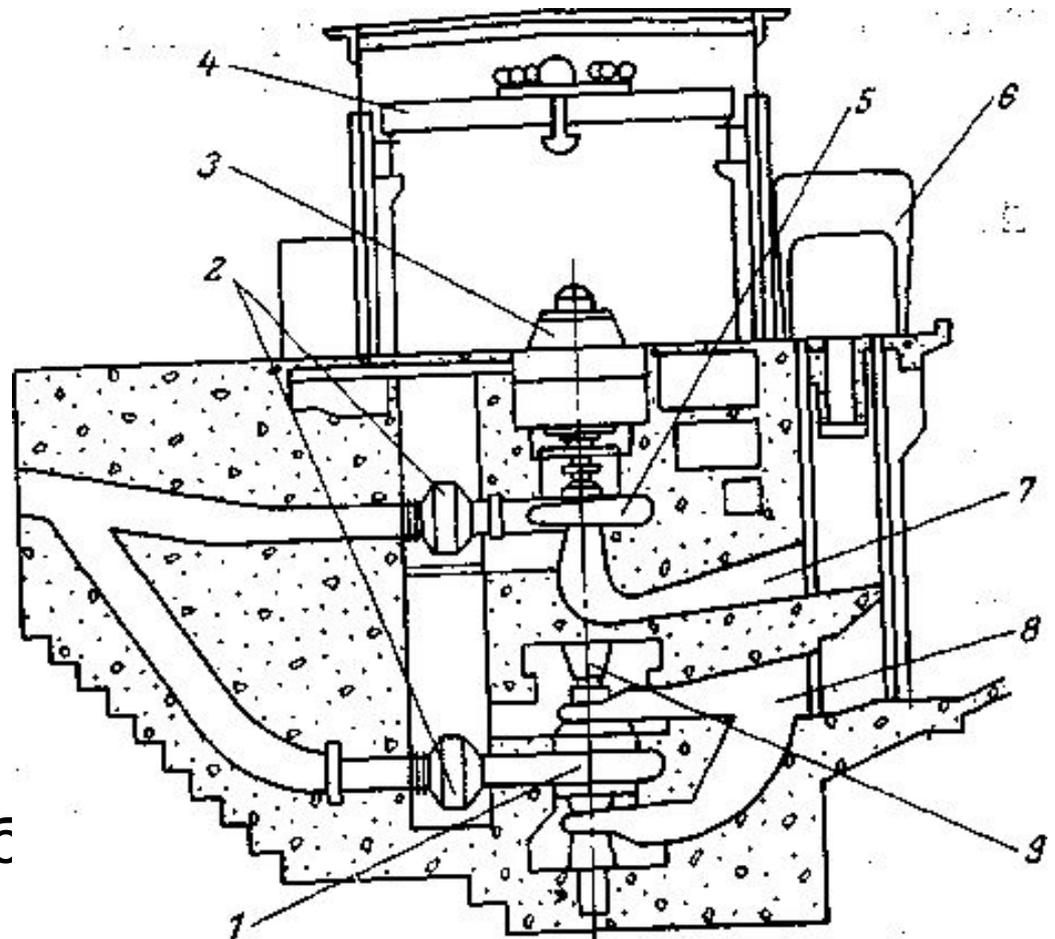


Здания ГАЭС

- Различают:
- 4-машинное здание, имеет отдельные насос с двигателем и турбину с генератором (сейчас практически не применяют);
- 3-машинное, имеет двигатель-генератор и отдельные насос и турбина на одном валу;
- 2-машинное, имеет двигатель-генератор и обратимую гидромашину (турбина-насос)

3-машинное здание ГАЭС

- 1-насос
- 2-затвор
- 3-двигатель-генератор
- 4- кран машзала
- 5-турбина
- 6-кран НБ
- 7-отсасывающая труба
- 8-всасывающая труба

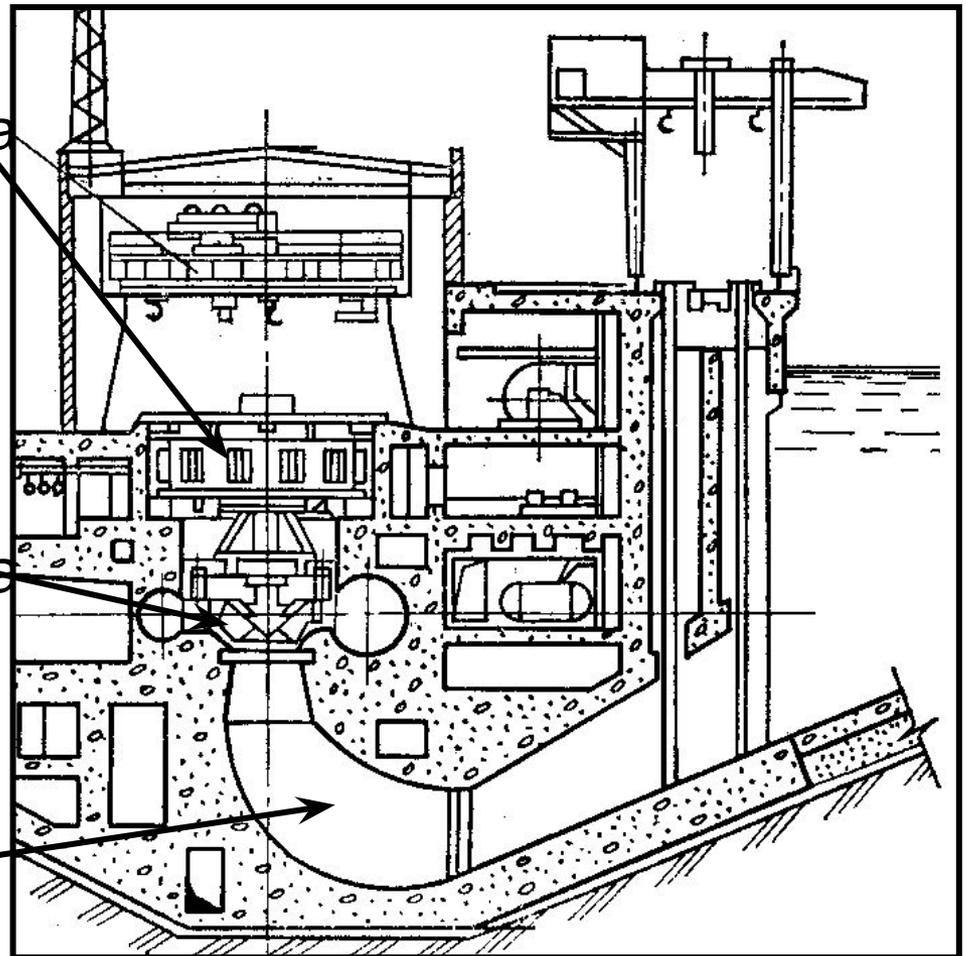


2-машинное здание ГАЭС

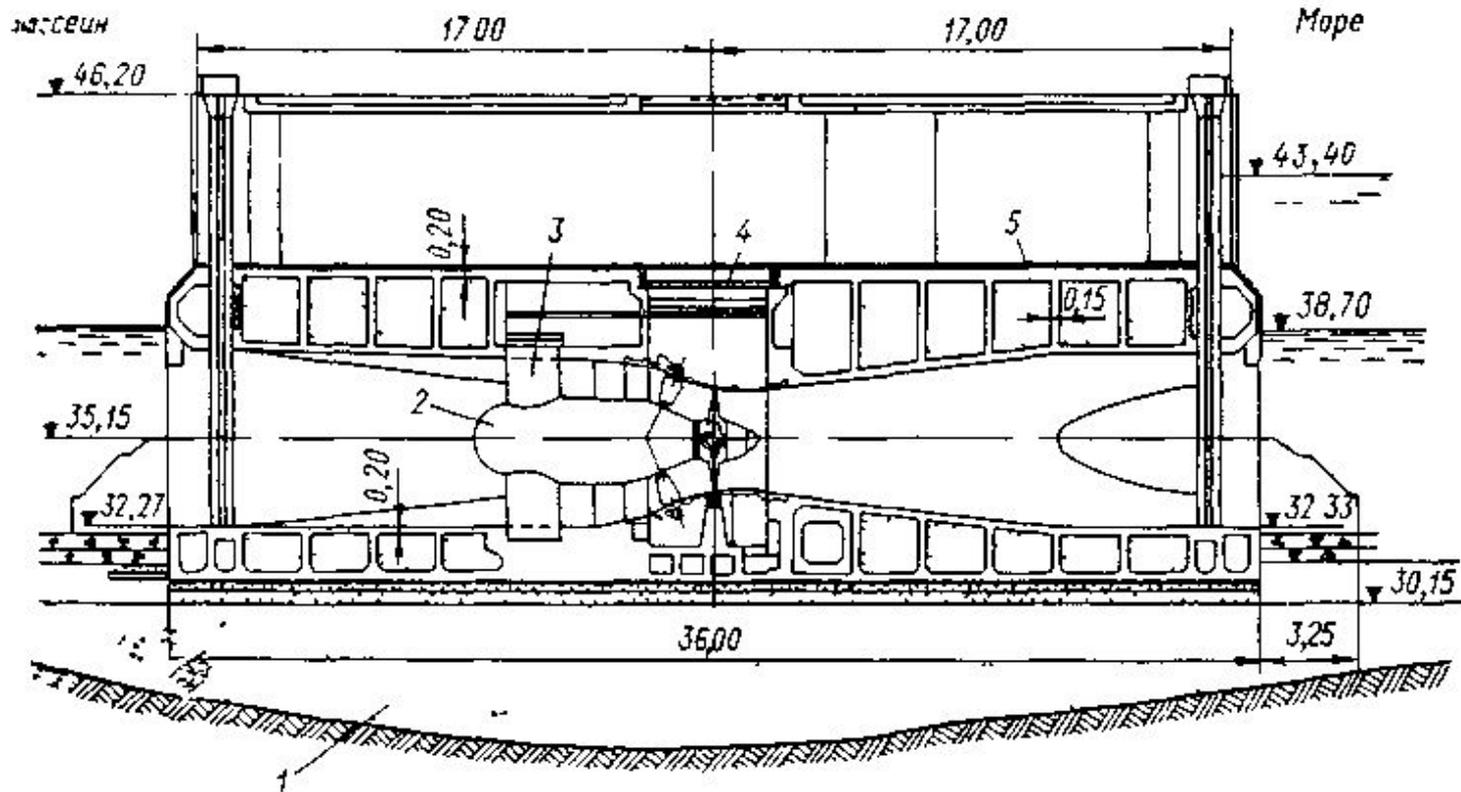
- Двигатель-генератор
(обратимая электрическая машина)

- Насос-турбина
(обратимая гидромашина)

Отсасывающая-
всасывающая труба



Здания ПЭС



- 1 — бетонная подготовка 2 — капсульный агрегат 3 — шахта (лаз) 4 — люк с герметической крышкой 5 — порог водослива
- 2 15 Поперечный разрез по водосливному зданию Кислогубской ПЭС. Уровни воды показаны в период работы турбин при пропуске воды из моря в бассейн

Гидроэнергетические объекты

- ГЭС (гидроузел, гидроэнергоузел) – совокупность сооружений и оборудования для производства электроэнергии за счет использования энергии воды.
- ГАЭС - совокупность сооружений и оборудования для производства электроэнергии за счет использования энергии воды и ее аккумуляирования.
- ПЭС - совокупность сооружений и оборудования для производства электроэнергии за счет использования энергии приливов и отливов.

Основные характеристики электростанций

- К ним относят:
- мощность N , Вт, кВт, МВт, ГВт,
- выработка электроэнергии \mathcal{E} , кВт·ч,
- коэффициент полезного действия η .
- Так как мощность переменна, принято характеризовать установленной мощностью N_y — паспортная мощность установленных электрогенераторов.

Основные характеристики электростанций (продолжение)

- Выработка электроэнергии зависит от периода времени, за который выработка определяется.
- Поэтому принято характеризовать выработкой за год. Так как выработка по годам переменна, характеризуют средней за ряд лет (не менее 20 лет); такую величину называют средней многолетней выработкой электроэнергии за год.

Основные характеристики электростанций (продолжение)

- Коэффициент полезного действия электростанции определяют как

- $\eta = \frac{\mathcal{E}_{\text{плз}}}{\mathcal{E}_{\text{под}}}$,

где $\mathcal{E}_{\text{плз}}$ – полезная (отданная потребителям) электроэнергия; $\mathcal{E}_{\text{под}}$ – подведенная к электростанции энергия (воды, топлива, ядерной энергии).

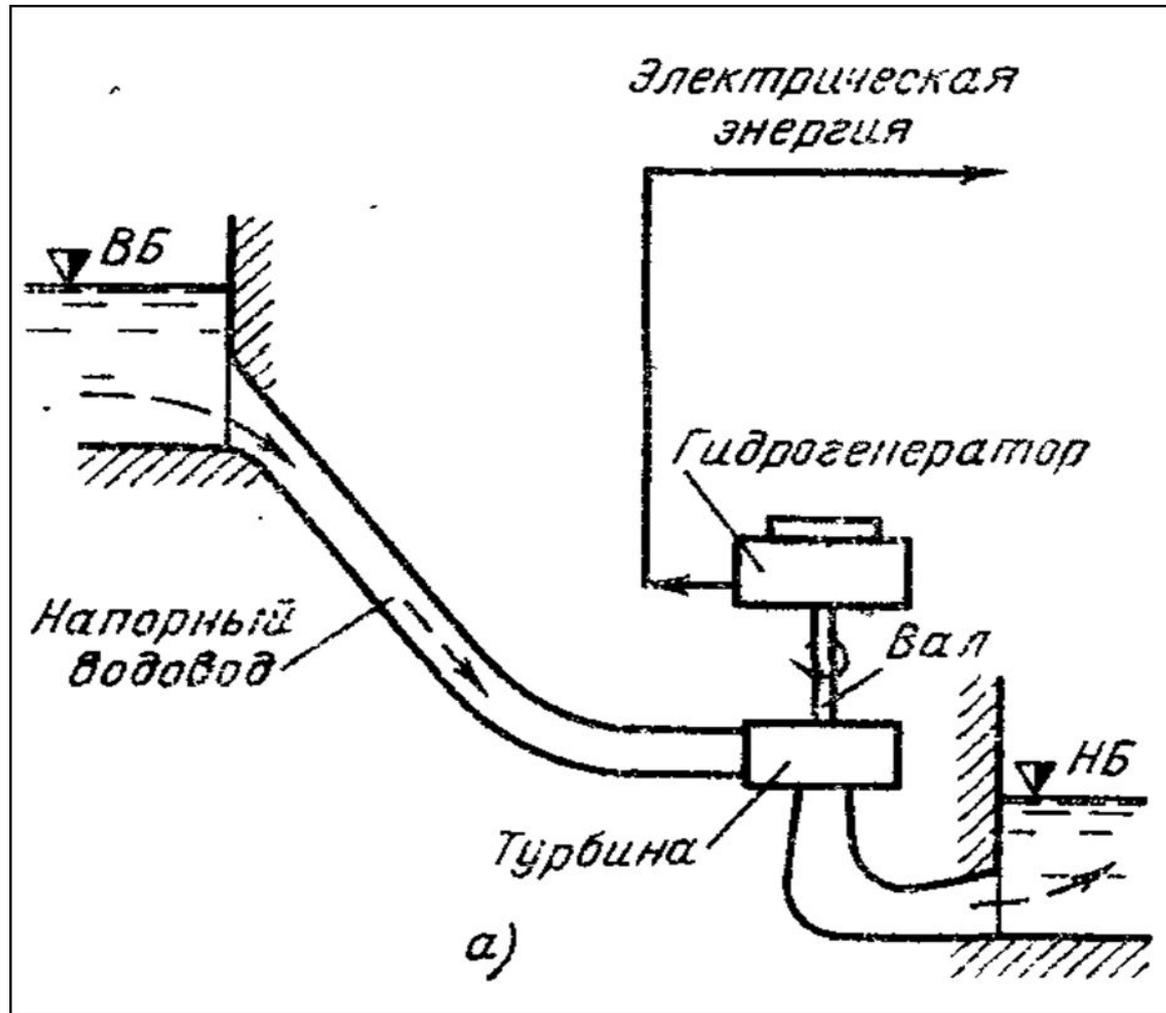
КПД тепловых электростанций

Тип ТЭС	Расшифровка	Электрический КПД	Топливо
КЭС (конденсационные)	вырабатывают электрическую энергию	33-35%	Уголь, газ, мазут, торф
ТЭЦ (теплоэлектроцентраль)	вырабатывают электроэнергию + тепло (расстояние передачи тепла не более 20-30 км);	35-38%	Уголь, газ, мазут, торф
ГРЭС	государственные районные электростанции	36-44%	Уголь, газ, мазут, торф
ПГУ	Парогазовые установки	50-65%	Газ
ГТЭС (ГТУ)	Газотурбинные электростанции	30-35%	Газ

КПД АЭС и ГЭС

- КПД АЭС составляет 40-44%;
- КПД крупных ГЭС – 92-94 %;
- КПД крупных ПЭС – 92-94 %;
- КПД ГАЭС=энергия в турбинном режиме, деленная на энергию в насосном режиме;
- КПД ГАЭС составляет около 75 %. Кроме того, можно различать КПД в турбинном режиме (как у ГЭС), в насосном режиме (как у насосных станций).

Принципиальная схема ГЭС



Мощность и выработка электроэнергии ГЭС

- Мощность ГЭС:

$$N=9,81\eta QH, \text{ кВт},$$

где η – КПД ГЭС, доли ед.; Q – расход ГЭС, м³/с; H – напор ГЭС, м.

$$H=УВБ-УНБ.$$

- Выработка электроэнергии:

$$\mathcal{E} = \int_0^T N dt = \int_0^T 9,81\eta QH dt.$$

Обычно определяют выработку за год, т. е. $T=1$ год=8760 ч.= $31,5 \cdot 10^6$ с. Выработку электроэнергии принято выражать в кВт·ч; тогда принимают $T=8760$ ч.

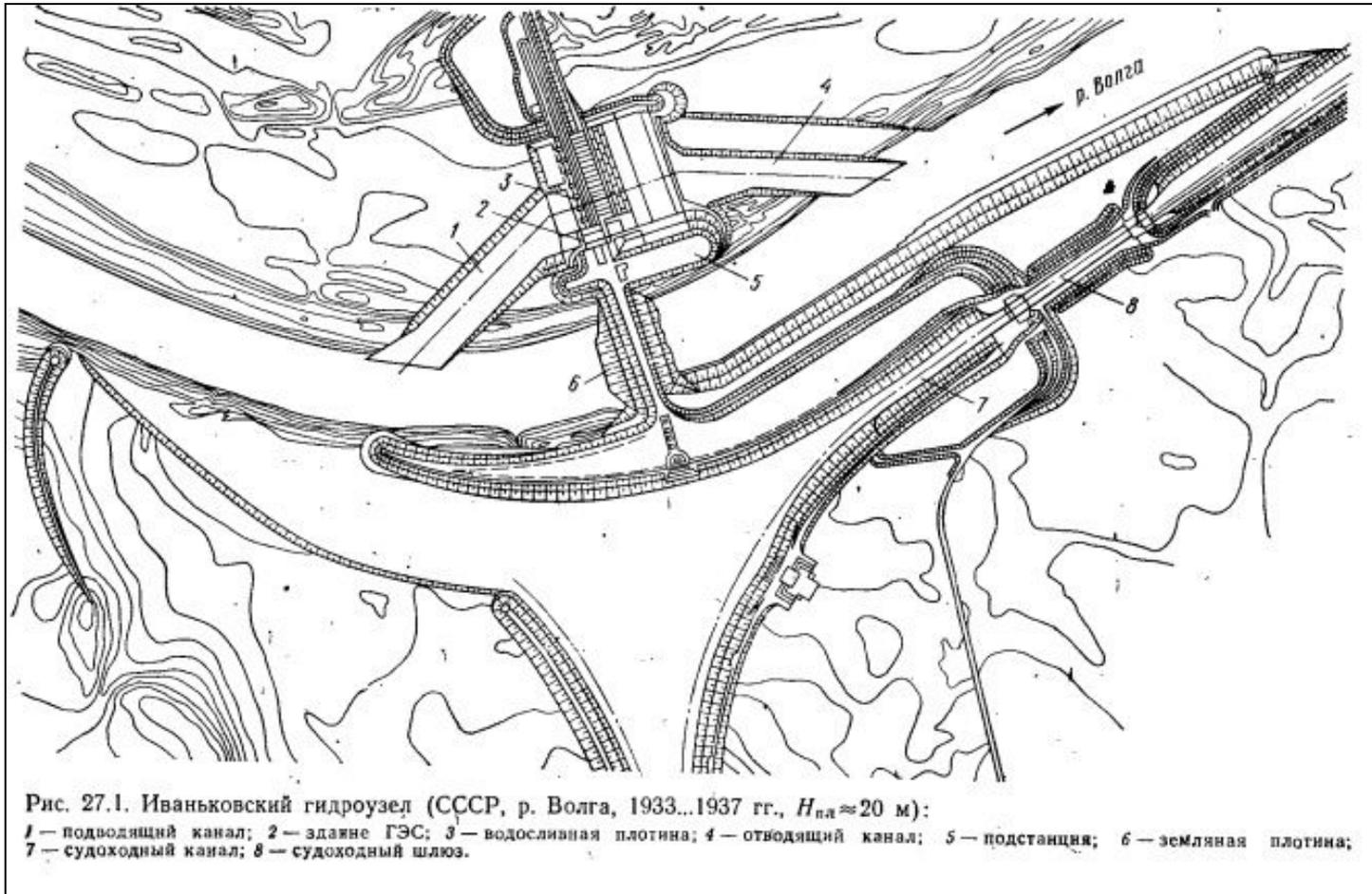
Классификация ГЭС

- По напору и мощности – аналогично зданиям ГЭС.
- По компоновке гидроузла: русловая, пойменная, смешанная компоновки.
- Русловая – когда бетонные сооружения располагаются в русле; пойменная - бетонные сооружения располагаются в пойме; смешанная – когда и в русле, и на пойме.

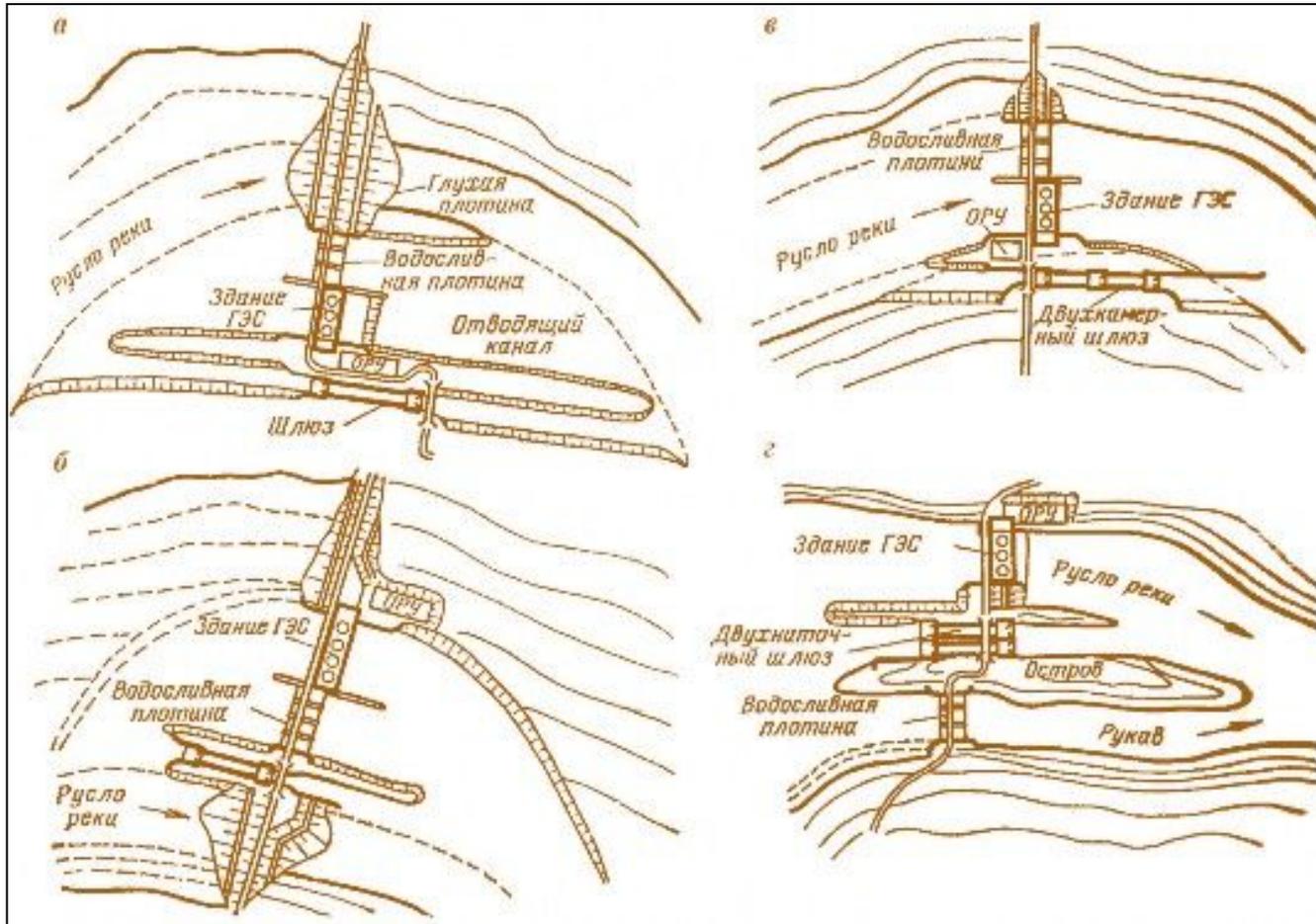
Саяно-Шушенская ГЭС (смешанная компоновка)



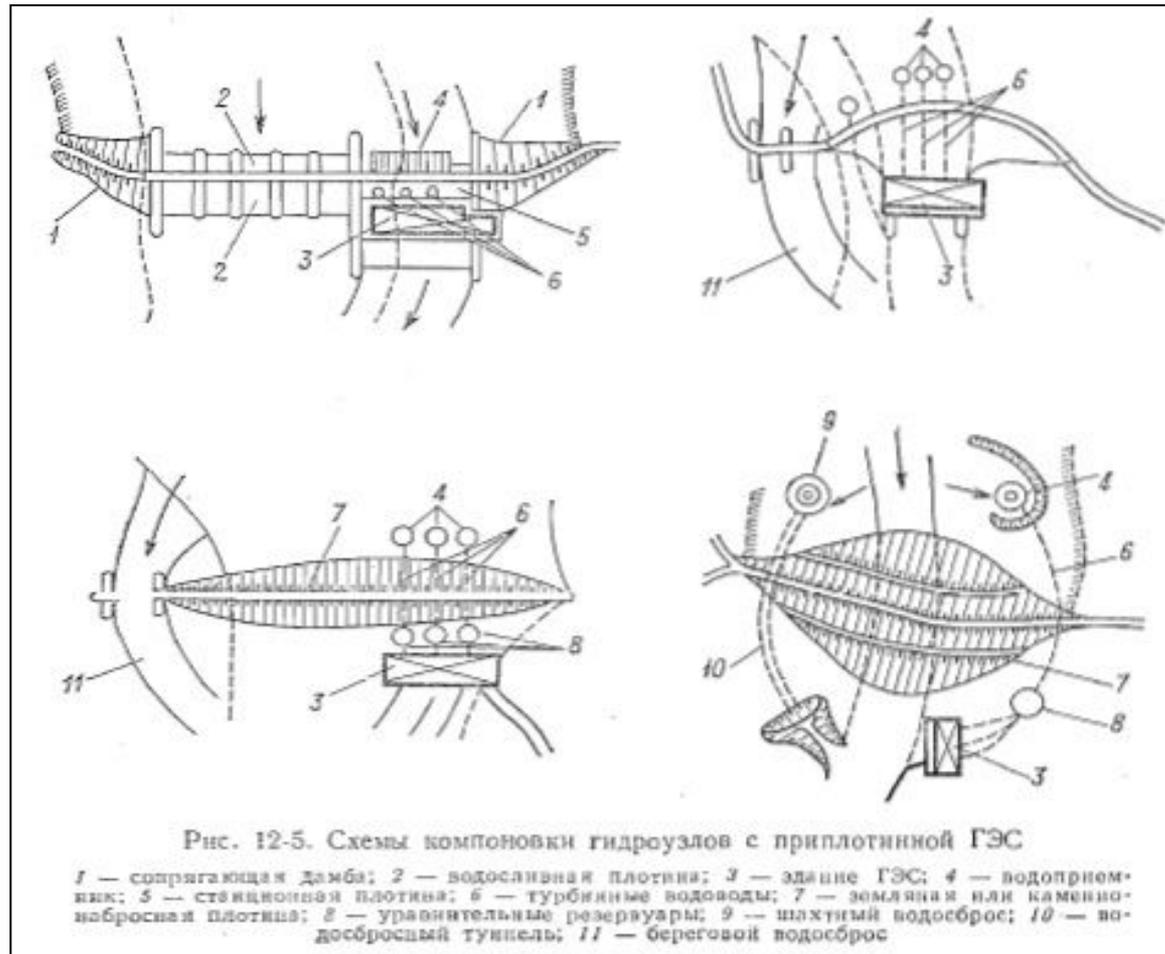
Пойменная компоновка



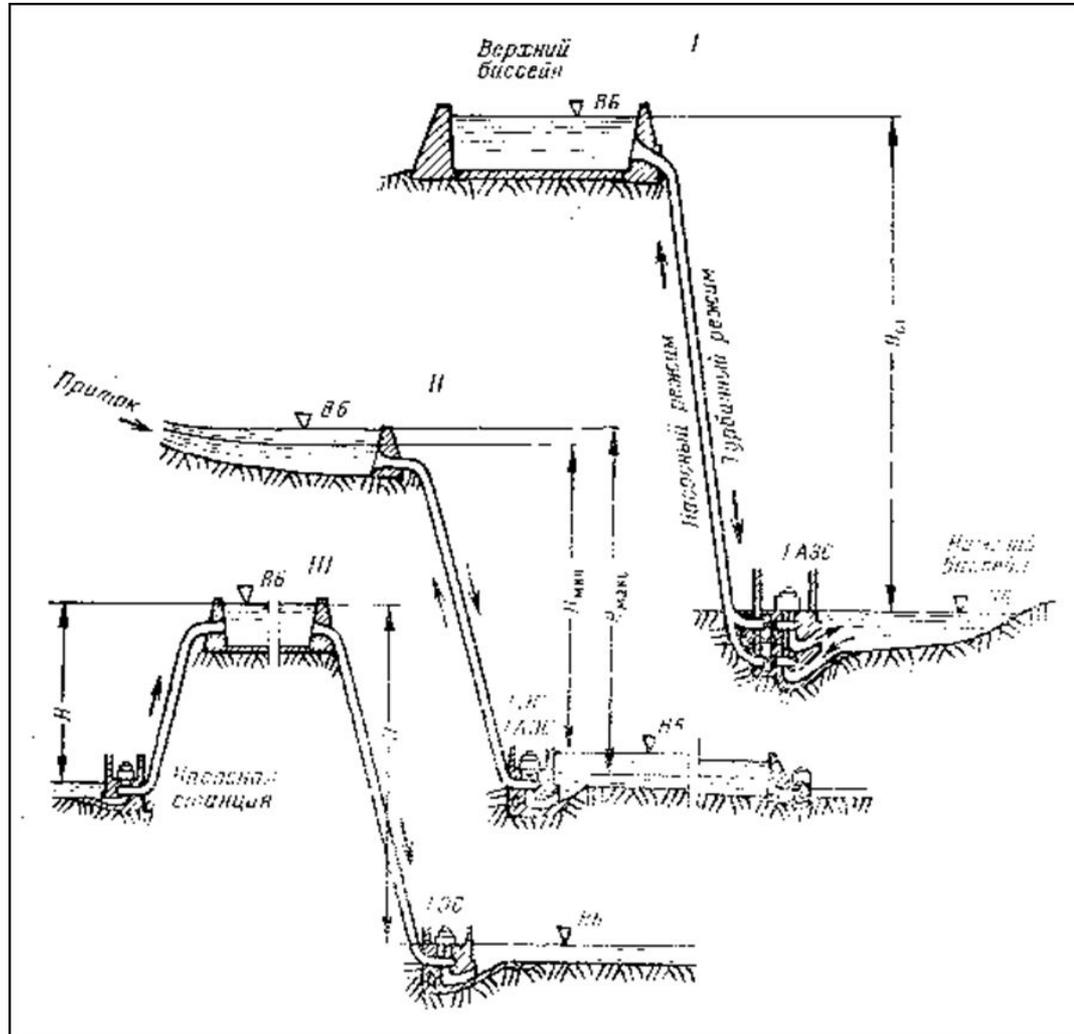
Компоновки с русловым зданием



Компоновки с приплотинным зданием



Принципиальные схемы ГАЭС



Энергетические параметры ГАЭС-1

- Мощность ГАЭС зависит от режима – турбинный или насосный.
- Мощность в турбинном режиме:

- $N_T = 9,81 \eta_T Q H$, кВт,

где η_T – КПД ГАЭС в турбинном режиме, доли ед.; Q – расход ГАЭС, м³/с; H – напор ГАЭС, м.

$$H = \text{УВБ} - \text{УНБ},$$

УВБ – уровень верхнего бассейна; УНБ – уровень нижнего бассейна.

Энергетические параметры ГАЭС-2

- Выработка электроэнергии:

$$\mathcal{E} = \int_0^T N_T dt = \int_0^T 9,81 \eta_T Q H dt.$$

- Мощность в насосном режиме (мощность двигателя):

- $N_H = 9,81 Q H / \eta_H$, кВт,

- η_H – КПД ГАЭС в насосном режиме.

- Потребление электроэнергии двигателем

$$\mathcal{E} = \int_0^T N_H dt = \int_0^T 9,81 Q H / \eta_H dt.$$

- Аналогичные формулы применимы и для обратимых гидроагрегатов.

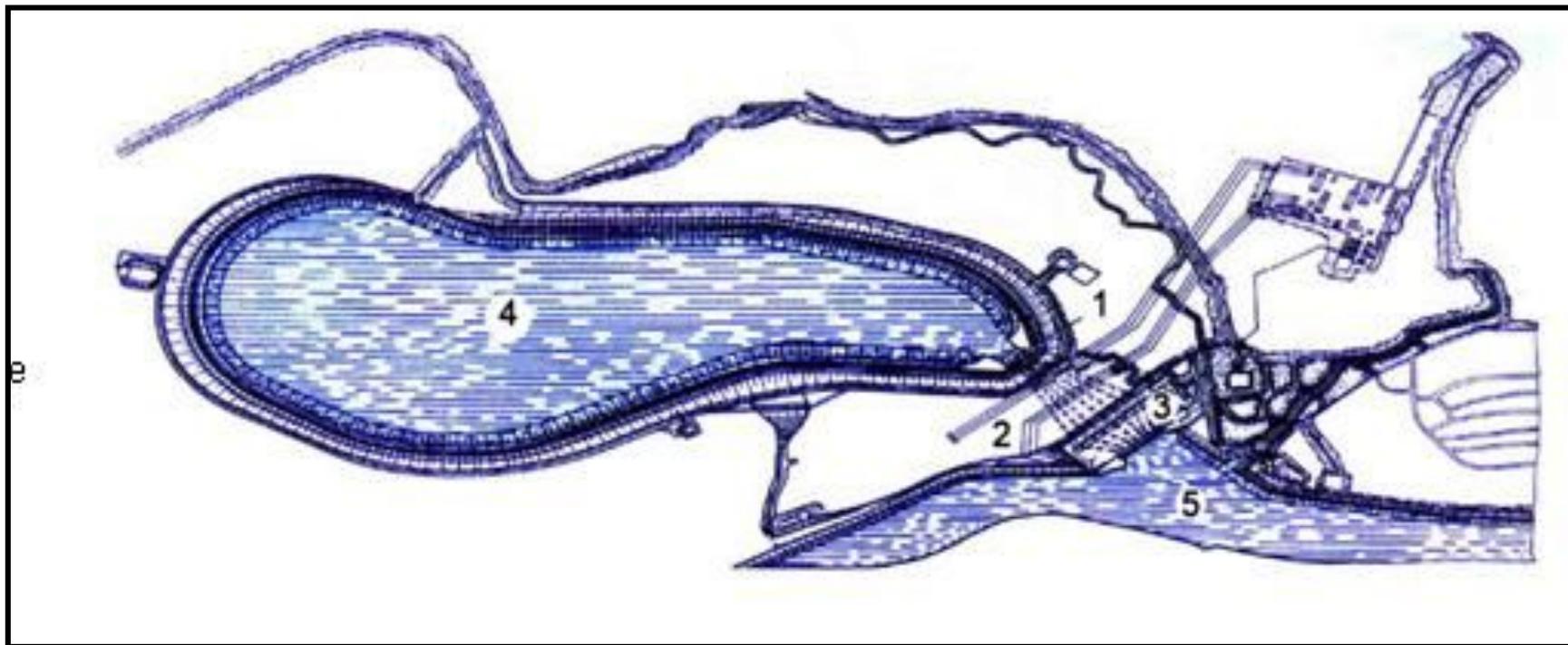
Классификация ГАЭС

- По схемам аккумулярования: ГАЭС простого аккумулярования, когда отсутствует приток воды в верхний бассейн (схема I); ГАЭС смешанного типа, или ГЭС-ГАЭС (схема II); ГАЭС в схеме переброске стока (схема III).
- По длительности цикла регулирования: суточного регулирования; недельного регулирования; сезонного регулирования

Загорская ГАЭС – вид с нижнего бассейна



Компоновка Днестровской ГАЭС (Украина). Начали строить в СССР в 1986 г. Не достроена

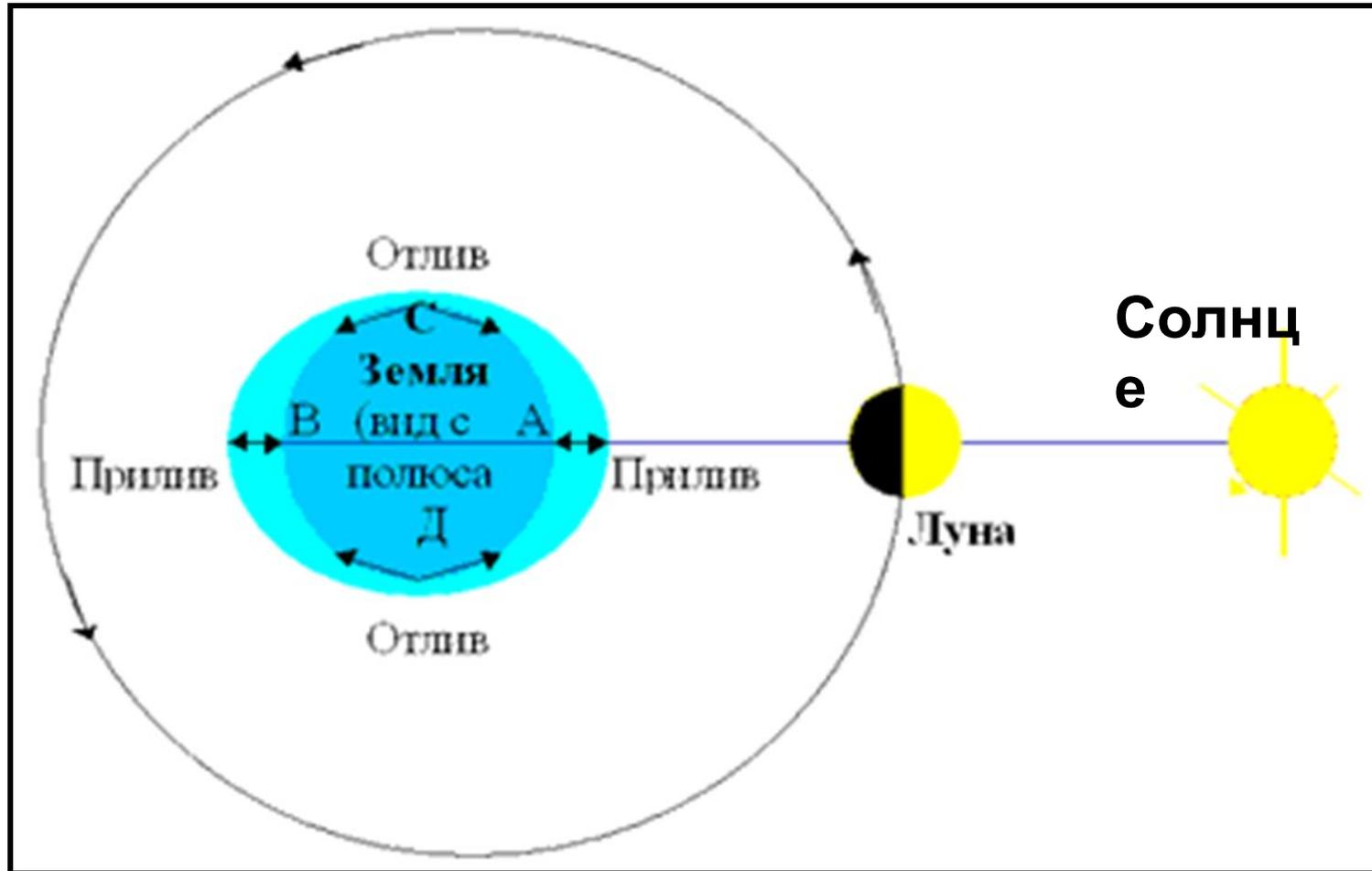


1- водоприемник; 2 – турбинные водоводы; 3 – здание ГАЭС; 4 – верхний и 5 – нижний бассейны

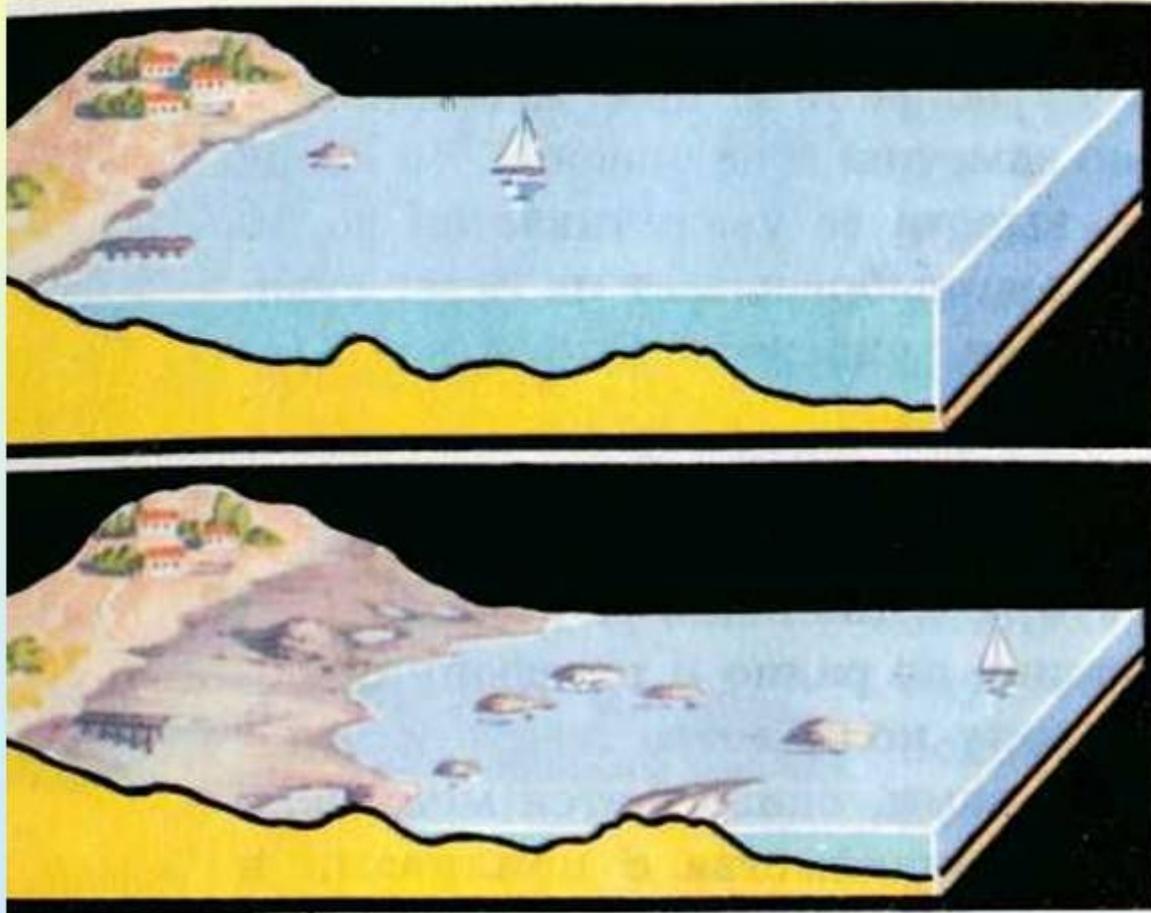
Принципиальная схема ПЭС



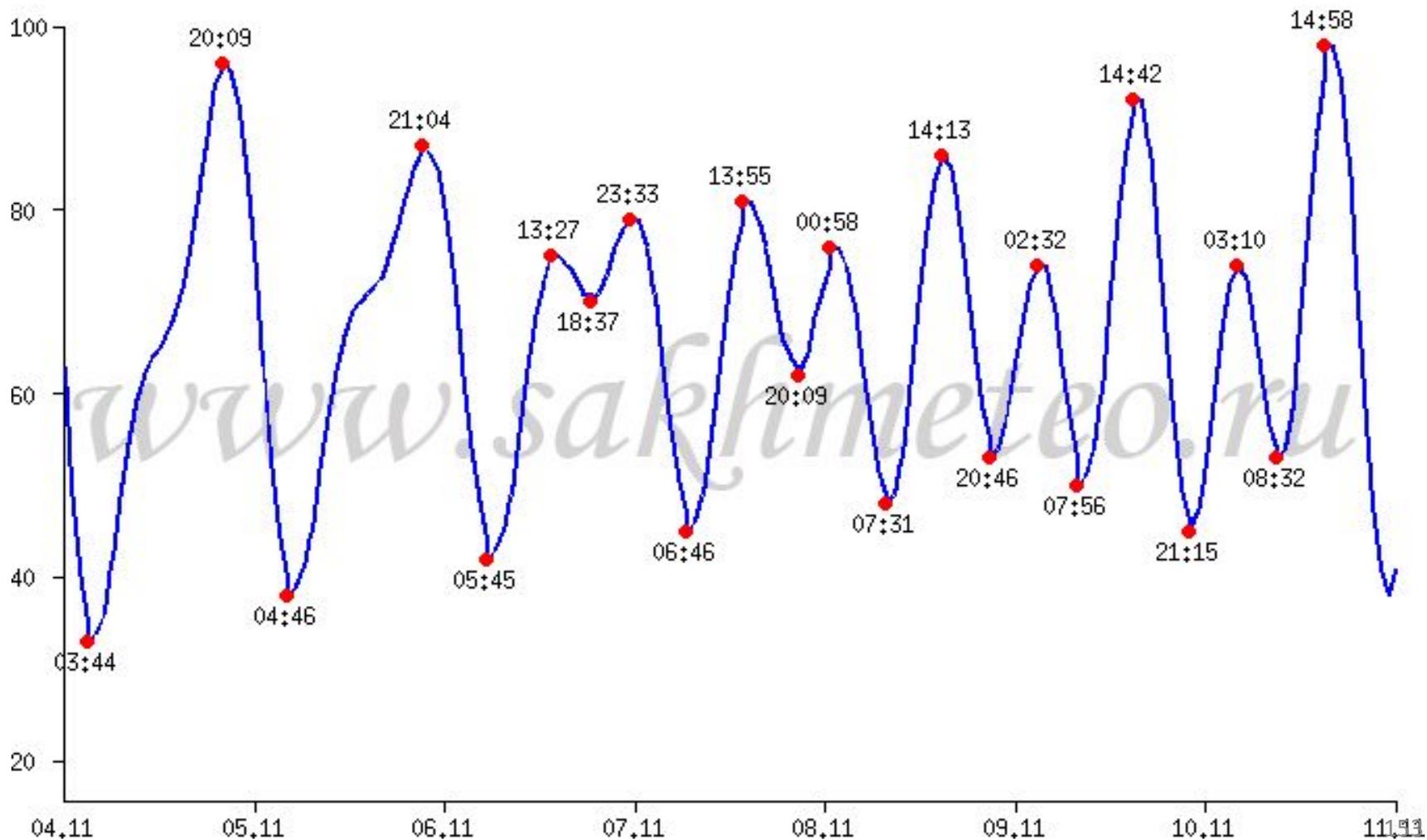
Схема прилива и отлива



Приливы и отливы



Приливы и отливы-порт Корсаков



Закономерности приливов

- Движение Луны вокруг Земли составляет лунный месяц. За это время Земля делает 29,53 оборота.
- Чаще всего наблюдается полусуточный прилив: за лунные сутки (24 ч 50 мин) максимум прилива наступает 2 раза через 12 ч 25 мин.
- В РФ - наибольшие приливы в Мезенском заливе Белого моря (10,2 м), в Пенжинской губе Охотского моря (11 м).

Мощность и выработка электроэнергии ПЭС

- Мощность ПЭС

- $N_{\Pi} = \eta_{\Pi} Q \rho_M g H = 9,81 \eta_{\Pi} \rho_M Q H$, Вт.

- Здесь η_{Π} – КПД ПЭС; ρ_M – плотность морской воды, $\rho_M = 1020-1030$ кг/м³; (для чистой речной воды плотность 1000 кг/м³).

- Расход зависит от скорости изменения УВ в бассейне:

- $Q = F |dz/dt|$

где F – средняя площадь бассейна; z – уровень воды в нем.

- При средней плотности $\rho_M = 1025$ кг/м³

- $N_{\Pi} = 10,06 \eta_{\Pi} Q H$, кВт.

- Выработка электроэнергии ПЭС:

$$\mathcal{E} = \int_0^T N_{\Pi} dt.$$

Кислогубская ПЭС, мощность 1,7 МВт



Классификация ПЭС

- ПЭС с одним бассейном: наиболее простая схема, однако имеет необходимость в частых сменах режимов работы оборудования.
- ПЭС с двумя бассейнами не имеет этого недостатка.

ПЭС с одним бассейном



ПЭС с двумя бассейнами



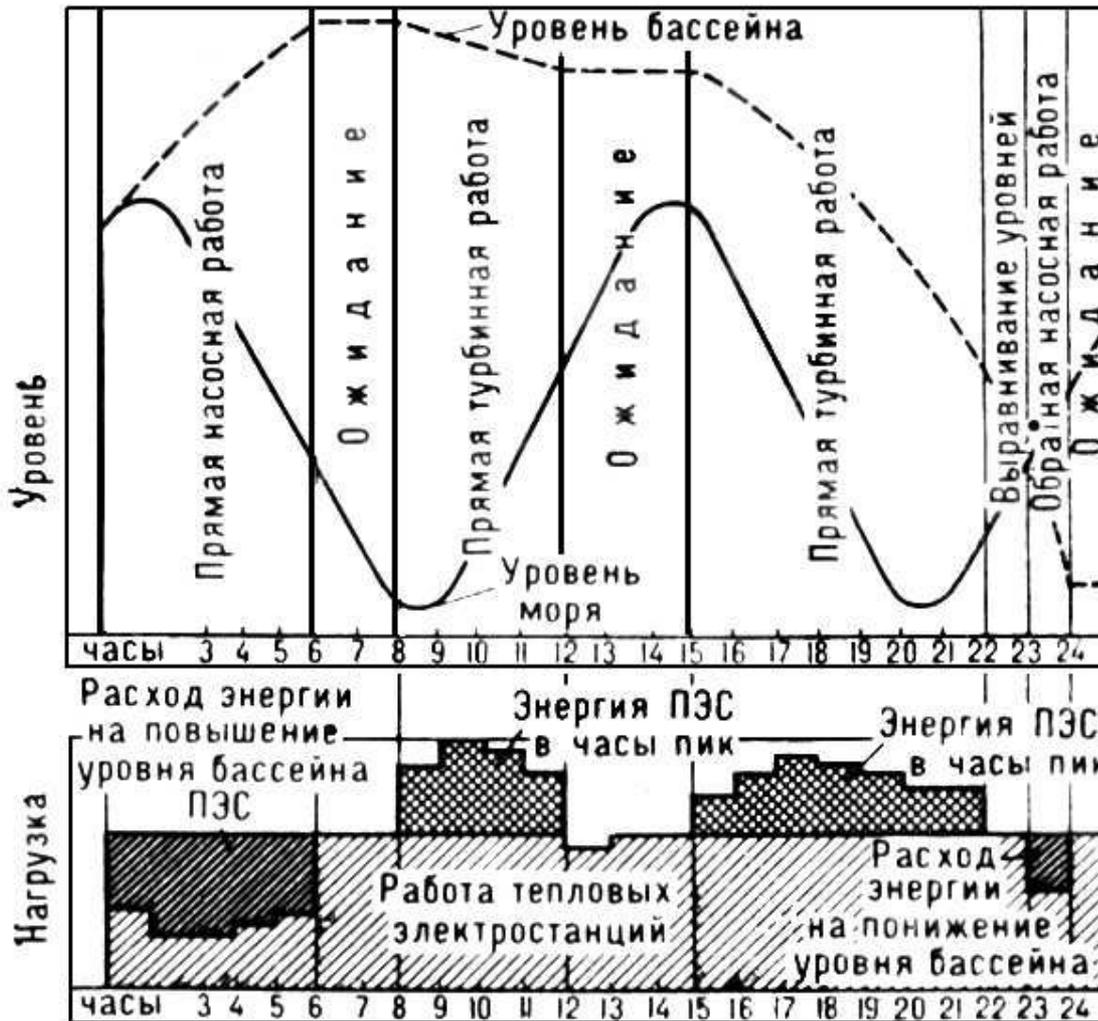
Работа ПЭС с двумя бассейнами

- 1 – здание ПЭС;
- 2 – дамба;
- 3 – водопропускное сооружение № 2;
- 4 – то же, № 1.
- Работа: турбины работают в одном направлении – из верхнего бассейна в нижний. Затворы 4 открываются в верхней части прилива для наполнения верхнего бассейна; затворы 3 открываются в нижней части отлива для опорожнения нижнего бассейна.

Циклы работы ПЭС

- Различают односторонний цикл, когда агрегаты работают, пропуская воду из бассейна в море.
- Двухсторонний цикл, когда агрегаты работают пропуская воду из моря в бассейн и из бассейна в море.
- Цикл с подкачкой. Когда напор между бассейном и морем мал, агрегаты включаются в насосный режим, подкачивая воду в бассейн или выкачивая из бассейна для понижения в нем уровня

Работа ПЭС с подкачкой



РАЗВИТИЕ ГИДРОЭНЕРГЕТИКИ РОССИИ

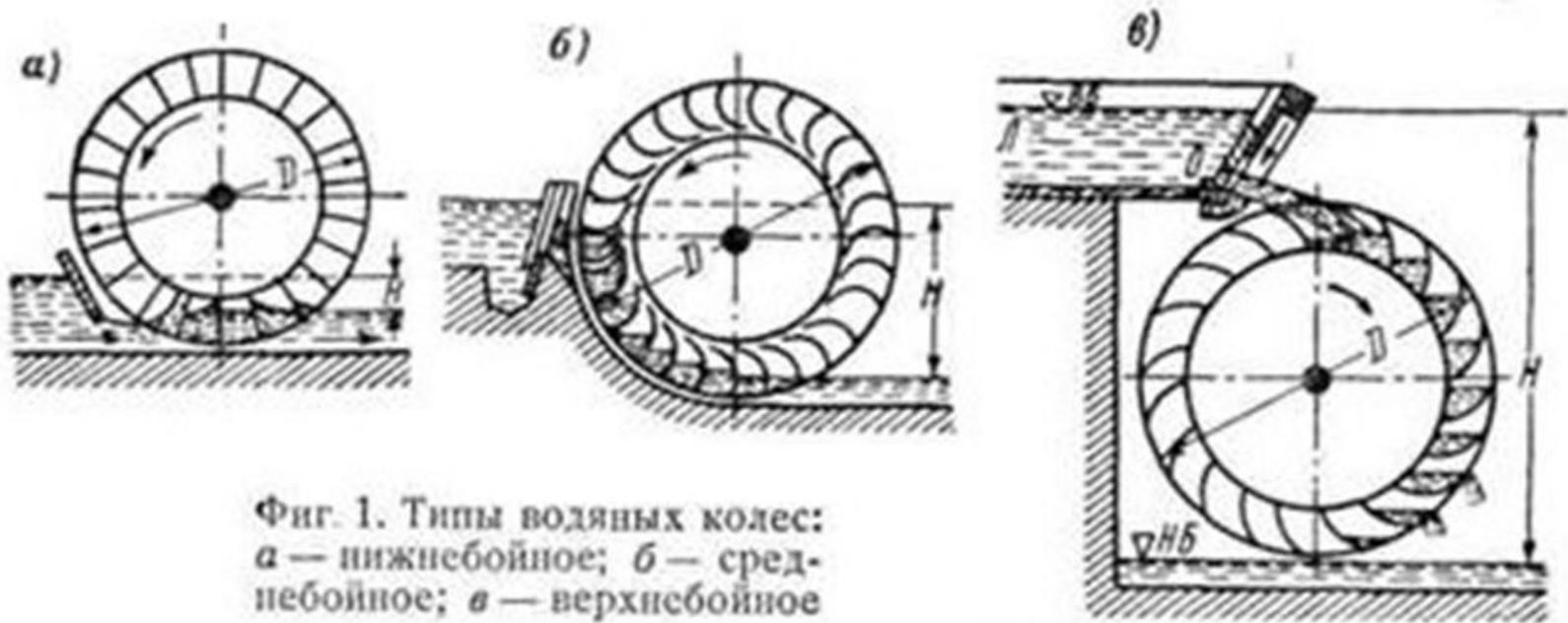
Первые ирригационные системы (искусственное орошение) возникли примерно в 3000-2500 гг. до н. э.

Использование воды как источника энергии началось двумя тысячелетиями позже, чем для ирригации. Первая **водноэнергетическая установка** – водоподъемное колесо (первичный двигатель с вращательным движением рабочего органа – **ротора** (колеса), преобразующий в механическую работу энергию подводимой воды), была впервые описана в конце первого века до н.э. римским инженером Ветрувием. Поначалу **водяное колесо** использовалось только в мукомольном деле. В средние века водяное колесо (в последствии гидротурбина) стало универсальной энергетической установкой. Великий математик и механик Леонард Эйлер в 1750-1754 гг. существенно усовершенствовал водяное колесо, расположив его горизонтально и поместив в камеру со специальным подводом воды, таким образом, создав прообраз

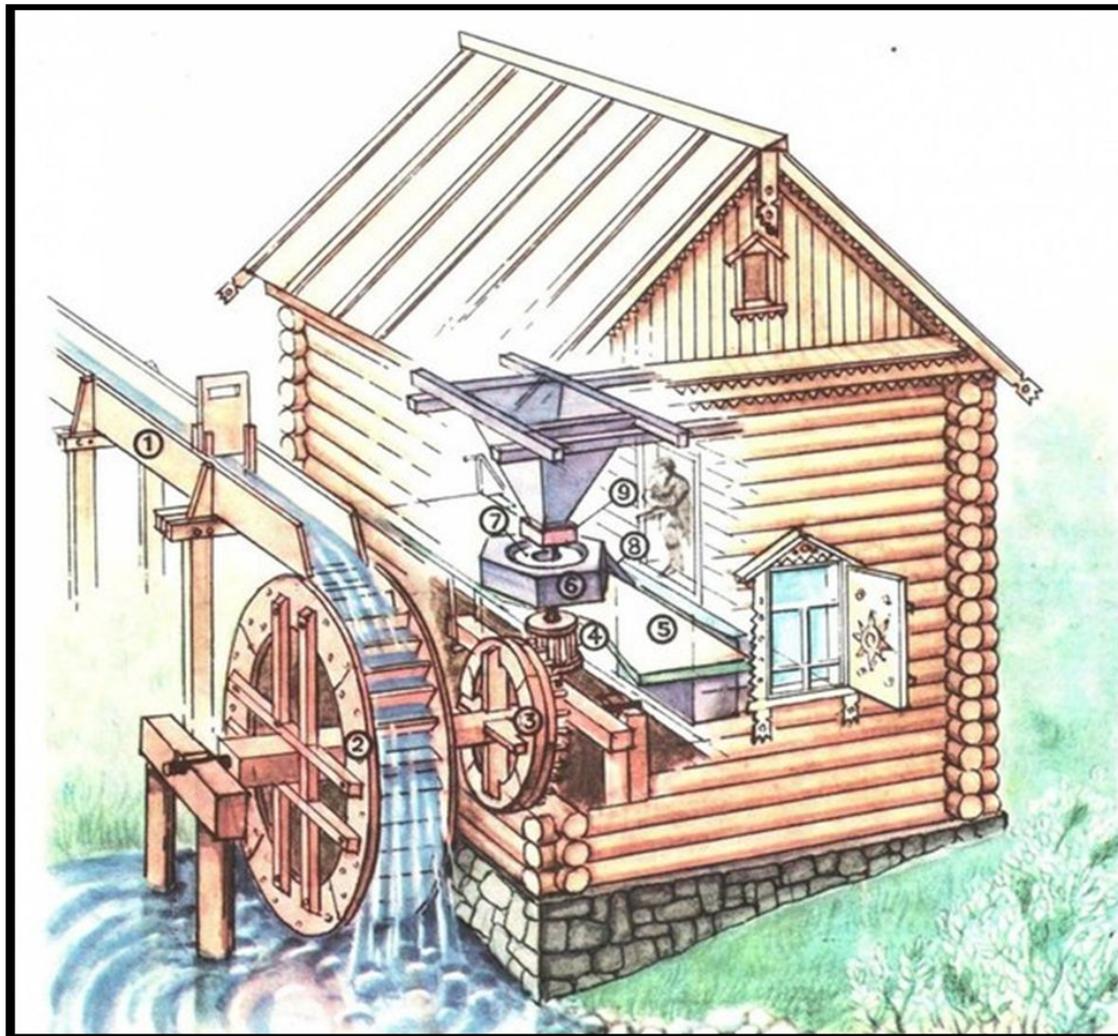
РАЗВИТИЕ ГИДРОЭНЕРГЕТИКИ РОССИИ (продолжение)

современной гидротурбины. Первые промышленные гидротурбины были изобретены лишь в XIX веке французскими инженерами Фурнейроном и Бурденом (1827 г.). Дальнейшее совершенствование конструкций гидротурбин связано с именами американских инженеров А.Пельтона и Д.Френсиса. В 1847 г. Френсис изобрел **радиально-осевую** (в рабочем колесе поток воды имеет сначала радиальное, а затем осевое направление), а в 1889 г. Пельтон – **ковшовую** гидротурбину (вода на лопасти (ковши) рабочего колеса поступает через сопла по касательной к окружности, проходящей через середину ковша). **Поворотнo-лопастная** гидротурбина (имеет двойное регулирование мощности одновременным поворотом лопаток направляющего аппарата и лопастей рабочего колеса) была изобретена австрийским инженером Капланом в 1920 г.

Водяное колесо



Водяная мельница



Первая ГЭС России

- Первая в России ГЭС была построена на территории, в то время входившей в Алтайский округ. Произошло это историческое событие в 1892 году на речке Березовка (приток Бухтармы), близ богатейшего Зыряновского рудника (ныне город Зыряновск, Восточный Казахстан). ГЭС была предназначена для шахтного водоотлива Зыряновского рудника, четыре турбины обеспечивали мощность в 150 кВт, и исправно снабжала энергией рудничные цеха.

ГЭС в Российской Империи

В России в 1913 г. действовали 78 гидростанций общей установленной мощностью 8,4 МВт, что составляло менее 1% суммарной мощности всех электростанций страны. В то же время в 10 наиболее развитых странах мира мощность ГЭС достигала 12000 МВт.

Самой крупной ГЭС России, построенной в 1910 г. на р.Мургаб, была Гиндукушская ГЭС мощностью 1,35 МВт. Она использовалась для электро-снабжения маслобойного, хлопко-очистительного и мыловаренного императорского имения .

(Река Мургаб протекает в Туркмении и Афганистане. Туркмения входила в Империю.)

Кроме того, в Империи имелись десятки тысяч водяных мельниц и установок общей мощностью около 990 тыс. л. с. (730 тыс. кВт=730 МВт).

По плану ГОЭЛРО

- ГОЭЛРО – государственный план электрификации России.
- Строительство мощных ГЭС началось после Октябрьской революции (25-26.10.1917 г.). В восстановительный период (20-е гг. XX в.) в соответствии с планом ГОЭЛРО (принят в декабре 1920 г.) были построены первые крупные ГЭС - Волховская и Земо-Авчальская ГЭС (Грузия). В годы первых пятилеток (1929-40) вступили в строй ГЭС – Днепровская (Украина), Нижнесвирская, Рионская (Грузия) и др.

К началу ВОВ

- К началу ВОВ 1941-45 гг. было введено в эксплуатацию 37 ГЭС общей мощностью более 1500 МВт. Во время войны было приостановлено строительство ряда ГЭС общей мощностью около 1000 МВт. Часть ГЭС общей мощностью около 1000 МВт оказалась разрушенной или демонтированной. Началось сооружение новых ГЭС малой и средней мощности на Урале (Широковская, Верхотурская, Алапаевская, Белоярская и др.), в Ср. Азии (Аккавакские, Фархадская, Саларская, Нижнебуэсуйские и др.), на Северном Кавказе (Майкопская, Орджоникидзевская, Краснополянская), в Азербайджане (Мингечаурская ГЭС), в Грузии (Читахевская ГЭС) и в Армении (Гюмушская ГЭС). К 1945 г. в СССР мощность всех ГЭС, вместе с восстановленными, достигла 1250 МВт, а годовая выработка электроэнергии - 4,8 млрд. кВт·ч.

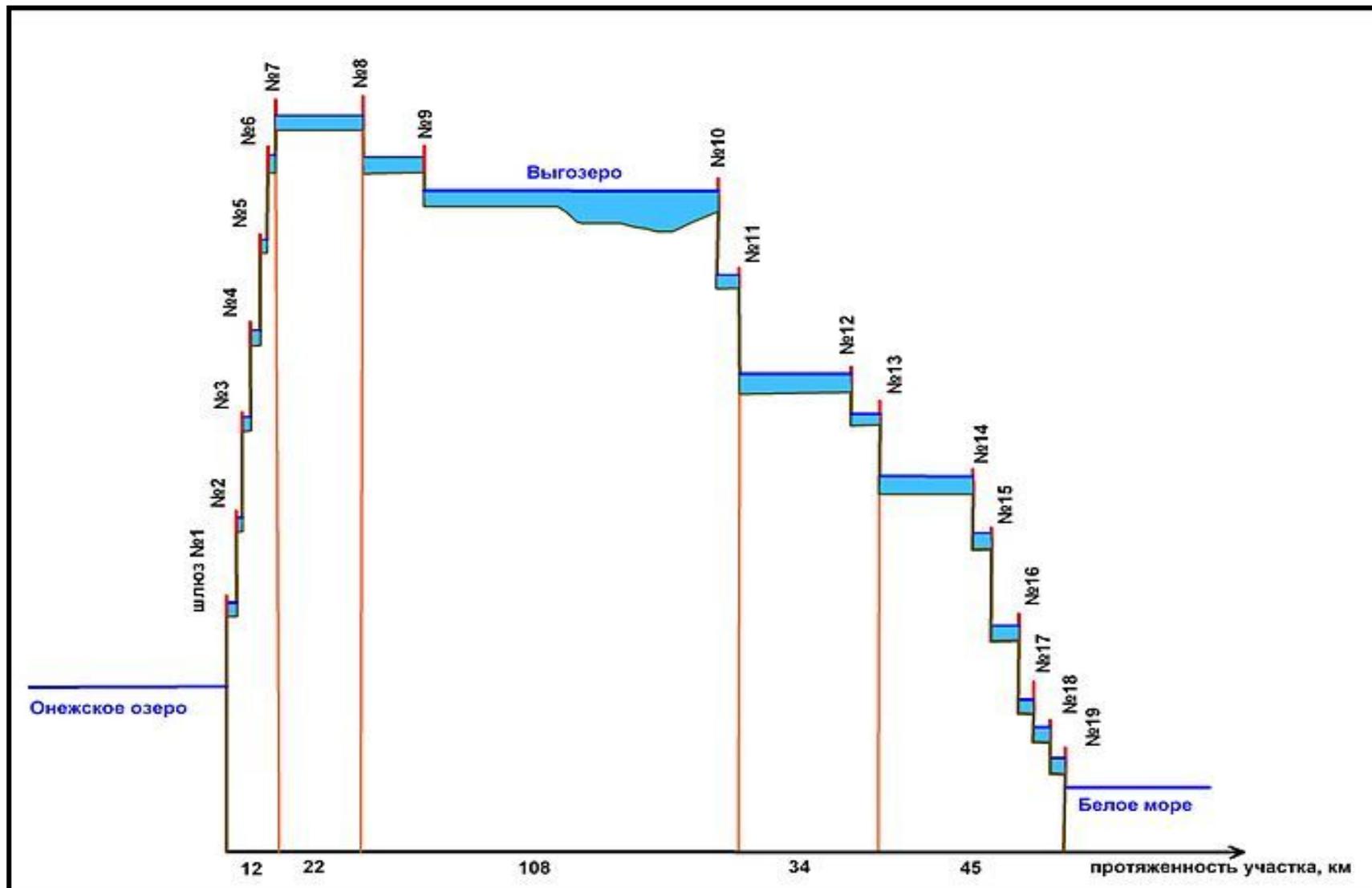
Беломорско-Балтийский канал

- Беломорско-Балтийский канал, соединяющий Белое море с Онежским озером и имеющий выход в Балтийское море и к Волго-Балтийскому водному пути.
- Построен между 1931 и 1933 гг. Открыт 2 августа 1933 г. Строительство велось силами заключённых ГУЛАГа.
- Общая протяжённость канала — 227 км.

Карта Беломорско-Балтийского канала



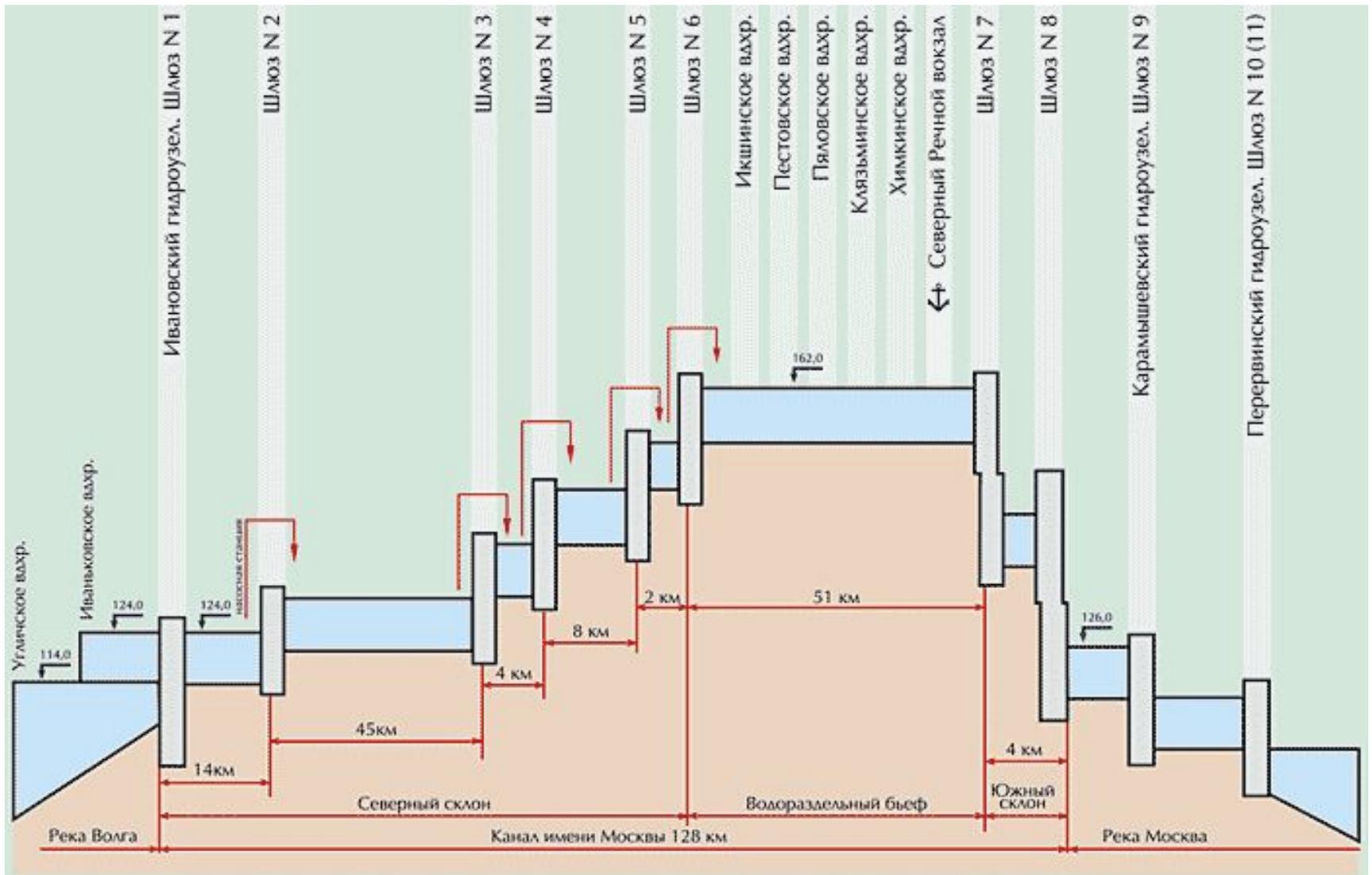
Профиль Беломорско-Балтийского канала



Канал им. Москвы

- В 1932-37 гг. построен канал им. Москвы. Соединяет р. Москву с р. Волгой. Предназначен для водоснабжения г. Москвы и судоходства. При строительстве канала возведено семь ГЭС, в том числе Ивановская ГЭС (на р. Волге), из водохранилища которой и начинается канал.
- В 1940 г. пущена в эксплуатацию Угличская ГЭС – вторая ступень Волжского каскада. В 1935 г. началось строительство Рыбинской ГЭС – третьей ступени этого каскада.

Профиль канала им. Москвы



ГЭС на канале им. Москвы

- Ивановская, мощность 30 МВт,
- Сходненская, 30 МВт,
- Карамышевская, 3,6 МВт,
- Перервинская, 3,52 МВт,
- Пироговская, 0,28 МВт,
- Акуловская, 0,15 МВт,
- Листвянская, 0,3 МВт

После ВОВ

В начале 50-х гг. развернулось строительство крупных ГЭС на р. Волге у гг. Горького, Куйбышева и Волгограда, Каховской и Кременчугской ГЭС на Днепре, а также Цимлянской ГЭС на Дону. Волжские ГЭС им. В. И. Ленина (Жигулевская) и им. 22-го съезда КПСС (Волгоградская) стали первыми из числа наиболее мощных ГЭС в СССР и в мире. Во 2-й пол. 50-х гг. началось строительство Братской ГЭС на р. Ангаре и Красноярской ГЭС на р. Енисее. С 1946 по 1958 гг. в СССР были построены и восстановлены 63 ГЭС общей мощностью 9600 МВт. За семилетие (1959-65) было введено 11400 МВт новых ГЭС и суммарная мощность ГЭС достигла 22200 МВт. К 1970 в СССР продолжалось строительство 35 ГЭС (суммарной мощностью 32 000 МВт), в т. ч. 11 ГЭС единичной мощностью свыше 1000 МВт: Саяно-Шушенская, Красноярская, Усть-Илимская, Нурекская, Ингурская, Саратовская, Токтогульская, Нижнекамская, Зейская, Чиркейская, Чебоксарская.

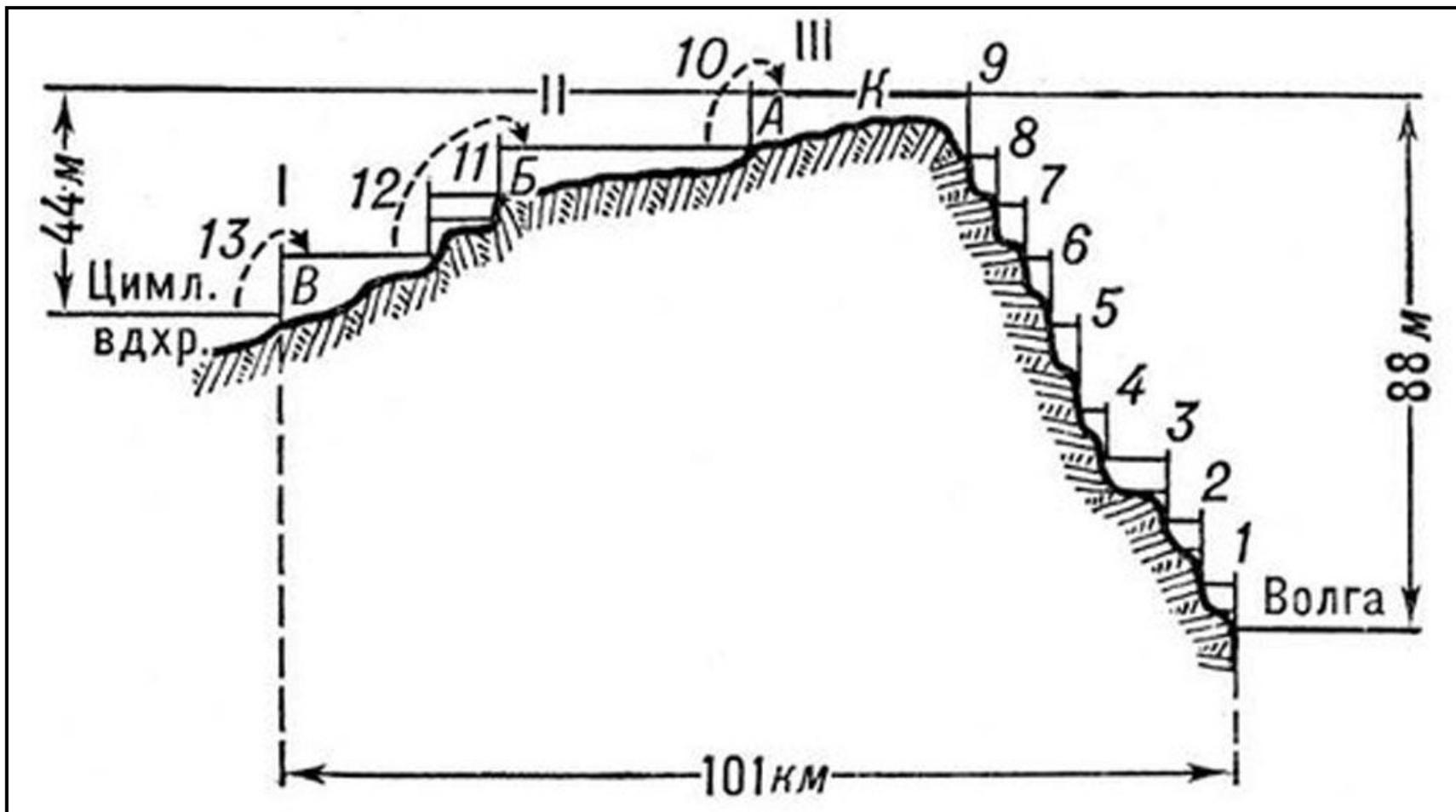
Волго-Донской канал

- Волго-Донской судоходный канал имени В. И. Ленина соединяет Волгу у Волгограда с Доном у города Калач-на-Дону. Общая протяжённость канала — 101 км. Из них 45 км проходит по водохранилищам. Глубина — не менее 3,5 м.
- Построен в 1952 г.

План Волго-донского канала



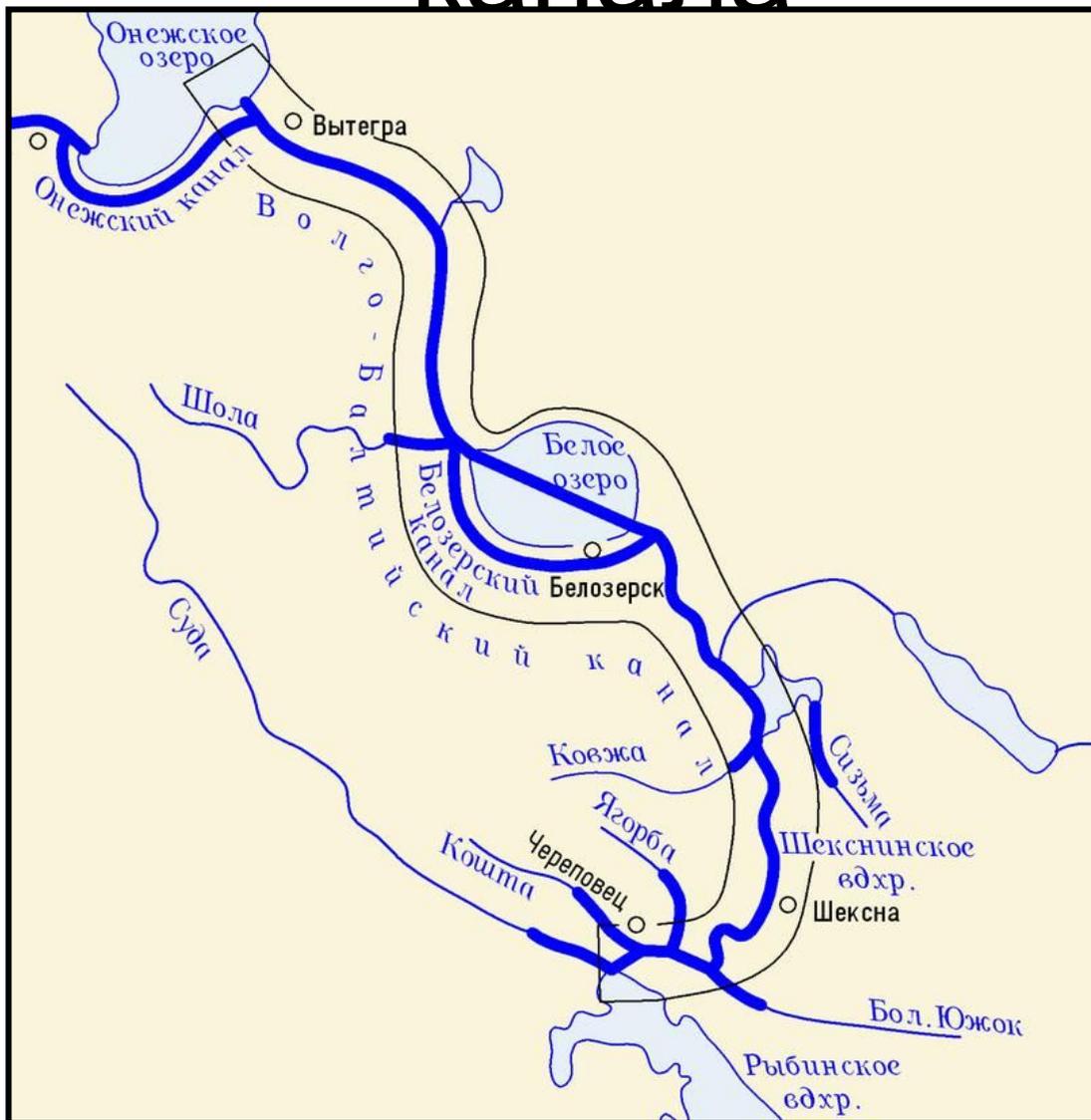
Профиль Волго-Донского канала



Волго-Балтийский канал

- Канал введён в постоянную эксплуатацию 27 октября 1964 г. Он соединяет Онежское озеро с Рыбинским водохранилищем, длина канала от устья реки Вытегра до селения Торово 368 км.

План Волго-Балтийского канала



Москва – порт пяти морей

- 128-км канал им. Москвы соединил Москву-реку с Волгой, а через нее - с Белым (через Беломорканал) , Балтийским (через Волго-Балтийский канал) и Каспийским морями. А сооружение Волго-Донского канала открыло путь из столицы еще к двум морям - Азовскому и Черному.

Карта пяти морей




Южный речной порт


Северный речной вокзал


Западный речной порт

МОСКВА ПОРТ ПЯТИ МОРЕЙ

НАГРАЖДАЕТСЯ _____
ЗА ПОСЕЩЕНИЕ ТАЙНИКОВ ИГРЫ «ГЕОКЭШИНГ»,
РАСПОЛОЖЕННЫХ НА РЕКАХ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ,
А ТАКЖЕ НА ПОБЕРЕЖЬЯХ АЗОВСКОГО, БАЛТИЙСКОГО,
БЕЛОГО, КАСПИЙСКОГО И ЧЕРНОГО МОРЕЙ.



www.geocaching.ru

№ _____
Дипломный менеджер
Сухонов М. Б. (Инструктор) _____

1980-90-е годы

В середине 1980-х гг. усилились требования к охране окружающей среды, в частности, защите территорий от затоплений и подтоплений и других негативных влияний гидротехнического строительства.

В связи с этим были пересмотрены планы развития гидростроительства, в том числе и крупных ГЭС. При этом были отменено возведение таких ГЭС, как Средне-Енисейская (р. Енисей), Туруханская (р. Нижняя Тунгуска, правый приток Енисея), Катуньская (р. Катунь, приток Оби) и др.

В дальнейшем строительство крупных ГЭС было признано нецелесообразным. В последствие в стране возник экономический кризис, при котором крупные инвестиции стали не возможны. Позже СССР поразил политический кризис, приведший к распаду страны.

Сейчас крупные ГЭС не строятся. Возводятся средние и малые ГЭС.

Крупнейшие ГЭС мира

- **1. Три ущелья** —ГЭС в Китае на реке Янцзы, самая большая гидроэлектростанция в мире. Мощность 22,40 ГВт (2012 г.).
- **2. Итайпу** —ГЭС на реке Парана в Бразилии. Мощность 14 ГВт.
- **3. ГЭС имени Симона Боливара или “Гури”** —ГЭС в Венесуэле на реке Карони. Мощность 10,30 ГВт.
- **Саяно-Шушенская** на р. Енисее (РФ). Мощность 6 ГВт. Самая большая в России.

РусГидро

- ПАО «РусГидро» — российская энергетическая компания, **владелец большинства гидроэлектростанций страны**, одна из крупнейших российских генерирующих компаний по установленной мощности станций и третья в мире гидрогенерирующая компания после Hydro-Québec и Eletrobrás. Полное наименование — Публичное акционерное общество «Федеральная гидрогенерирующая компания — РусГидро». Зарегистрирована в Красноярске, штаб-квартира находится в Москве.

РусГидро (продолжение)

- В России «РусГидро» принадлежит 61 гидроэлектростанция и две гидроаккумулирующие электростанции (ГАЭС), три геотермальные станции (ГеоТЭС) на Камчатке, Калмыцкая ВЭС, единственная в России приливная электростанция, а также плотины Иркутской, Братской и Усть-Илимской ГЭС. Также компания является собственником 90 % акций ЗАО «Международная энергетическая корпорация» (Севано-Разданский каскад из семи ГЭС в Армении), совместно с ОАО «Электрические станции» реализует проект строительства каскада Верхне-Нарынских ГЭС в Киргизии. Общая установленная мощность активов компании — 36,5 ГВт.

Количество ГЭС РФ

Диапазон, МВт	Количество	Общая мощность, МВт
Более 1000	14	31505
100-1000	37	9076
10-100	52	2052
Менее 10	116	149
Итого	219	48782

ГАЭС РФ

Название	Мощность, турб/насос	Место расположения
Загорская-1	1200/1320	С. Богородское
Загорская-2	Строится	С. Богородское
НС 1-5 – Сходненская ГЭС и Листвянская ГЭС	30,7/101	Канал им. Москвы
Кубанская	15,9/19	Кубанское водохранилище

Размещение крупных ГЭС



Строящиеся ГЭС РФ

- [Загорская ГАЭС -2](#)
- [Малые ГЭС Северной Осетии](#)
- [Ирганайская ГЭС](#) (р. Сулак)
- [Гоцатлинская ГЭС](#) (р. Аварское Койсу, приток Сулака)
- [Зарамагские ГЭС](#) (р. Ардон)

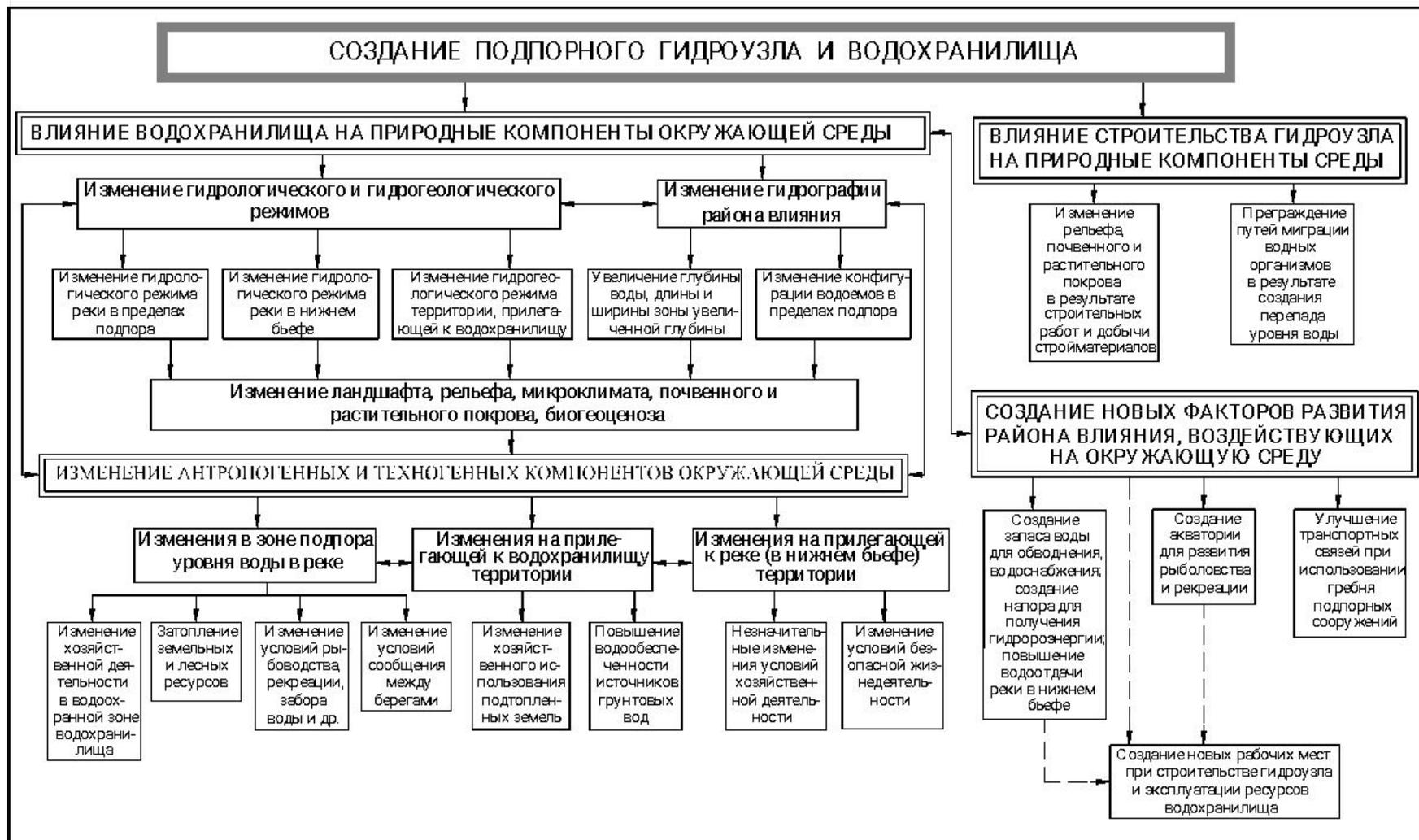
Строящиеся ГЭС РФ (продолжение)

- [Малые ГЭС Дагестана](#): Курминская ГЭС, Магарская ГЭС, Ахтынская ГЭС-2, Цудахарская ГЭС, Рутульская ГЭС, Суйгутская ГЭС, Тиндинка ГЭС, Темирор ГЭС, Мазадинка ГЭС .
- [Малые ГЭС Кабардино-Балкарии](#)
- [Малые ГЭС Карачаево-Черкесии](#)
- [Усть-Среднеканская ГЭС](#) (р. Колыма)
- [Белопорожская ГЭС](#) (р. Кемь)
- [Вилюйская ГЭС-III \(Светлинская, р. Вилюй\)](#)
- [Нижнебурейская ГЭС](#) (р. Бурья)

Белопорожские ГЭС-09.10.2016

- Компания «Норд Гидро» уже 8 лет развивает малую гидроэнергетику в России. В России компания строит 9 малых ГЭС общей мощностью порядка 160 МВт, 4 из которых расположены в Карелии. Один из первоочередных проектов – Белопорожская ГЭС-1 мощностью 24,9 МВт и Белопорожская ГЭС-2 мощностью 24,9 МВт. Ввод в эксплуатацию запланирован на 2019 год.
- [АО «Норд Гидро»](#). Юридический адрес: 186792, Республика Карелия, г. Сортавала, ул. Советская, д. 24
- Почтовый адрес: 199155, г. Санкт-Петербург, переулок Декабристов, д. 20, литер А
- Телефон: +7 (812) 319-36-32 Факс: +7 (812) 319-36-31 (доб. 506), +7 (812) 244-46-37 (доб. 506). Электронная почта: info@nord-hydro.ru

ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ И ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА



Влияние на атмосферный воздух

- Повышение загрязнения атмосферы образуется при строительстве гидроузлов.
- Влияние на микроклимат прибрежной зоны: весной и летом прилегающая суша охлаждается, осенью – отепляется.
- Увеличение испарения; повышение влажности воздуха.
- Увеличение скорости ветра над водохранилищем, изменение его направления.

Влияние на водные ресурсы

- В верхнем бьефе: изменение режима УВ; образование потерь на фильтрацию и дополнительных потерь на испарение; возникновение временных потерь на льдообразование; замедление скорости течения; увеличение высоты ветровых волн; отложение наносов (заиление); зарастание высшей водной растительностью; изменение химического состава вод; евтрофикация вод : увеличение мутности, образование сине-зелёных водорослей, повышение кислотности вод, неприятный вкус; изменение сроков ледостава и увеличение толщины льда.

Влияние на водные ресурсы

- В нижнем бьефе: уменьшение поступления наносов, размыв русла и берегов; изменение режима УВ; образование незамерзающей полыньи; изменение режима расходов воды из-за регулирования стока

Влияние на территорию

- В верхнем бьефе: волновая переработка берегов, отступление бровки берега вглубь территории, затопление земель, полей, лесов; подтопление земель (повышение УГВ); перенос, вынос, снос объектов инфраструктуры (населенных пунктов, промышленных и сельхозпредприятий, линий передач, дорог и т. п.); переселение.
- В гидроузле: изъятие земель под сооружения гидроузла, базу строительства

Характеристика затоплений

- По данным Кадастра водохранилищ РФ и стран ближнего зарубежья в настоящее время затоплено около 6,0 млн. га приречных территорий, на которых были расположены 3,0 млн. га сельхозугодий, 5 тыс. сельских и 106 городов и поселков с общей численностью населения более 1 млн. человек. В зону затопления попало около 1 тыс. км железных и 5 тыс. км автодорог, 1200 промпредприятий и других объектов народного хозяйства.

Структура земель, затопленных водохранилищами РФ, %

Природная зона	Сельскохозяйственные земли		Леса и кустарники	Прочие земли	
	Всего	Пашня, многолетние насаждения, усадьбы			Сенокосы и пастбища
Тундра и лесотундра	4,5	0,0	0,5	40,7	58,8
Лесная зона, в т. ч. леса	30,9	9,9	21,0	45,7	23,4
хвойные	20,6	8,2	12,4	49,8	29,6
лиственные	48,8	12,8	36,0	38,4	12,8
Лесостепи	52,8	20,1	32,7	31,7	15,5
Степи	55,1	12,1	43,0	27,6	17,3
Горные зоны	46,3	14,4	31,9	36,6	18,1

Затопление лесов





www.dikarem.net

Влияние на ихтиофауну

- В водохранилище: изменение видового состава рыб; затопление естественных нерестилищ; болезни и замор рыб из-за ухудшения качества воды; гибель рыбы в турбинах.
- В нижнем бьефе: уменьшаются площади нерестилищ; ухудшаются условия обратного ската отнерестившихся рыб и молоди.
- В гидроузле: преграждение рыбам пути к своим нерестилищам.

Положительные эффекты гидроэнергетики

- Главный эффект: снижение объемов сжигания топлива ТЭС.

В этой связи: уменьшение объемов добычи, переработки и транспортировки топлива, а также изъятия земель под топливодобычу;

снижения объемов сжигания кислорода; уменьшение массы выбросов в атмосферу и сбросов в воды загрязняющих веществ.

Снижение объемов сжигания топлива ТЭС

- Средний расход топлива ТЭС:
 - 323 г у. т./кВт·ч.
- у. т. – условное топливо (теплота сгорания 7000 ккал/кг).
- При выработке электроэнергии Саяно-Шушенской ГЭС $\mathcal{E}_0 = 22$ млрд. кВт·ч/год экономия топлива за год составит:
 $22 \cdot 10^9 \cdot 323 = 7106 \cdot 10^9$ г = $7,1 \cdot 10^9$ кг = $7,1 \cdot 10^6$ т = 7,1 млн т.
-

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГИДРОЭНЕРГЕТИКИ

- Основными экономическими характеристиками ГЭС являются:
- единовременные затраты, называемые также капитальными затратами или вложениями;
- текущие затраты, называемые также затратами на эксплуатацию.

ЗАТРАТЫ ЕДИНОВРЕМЕННЫЕ

- ЗАТРАТЫ ЕДИНОВРЕМЕННЫЕ - однократно осуществляемые **капитальные вложения** в основные фонды и оборотные средства на строительство новых или реконструкцию существующих объектов строительства.

ТЕКУЩИЕ ЗАТРАТЫ

ТЕКУЩИЕ ЗАТРАТЫ - расходы организаций, непосредственно **связанные с производством продукции, выполнением работ, оказанием услуг**, обусловленные технологией и организацией производства, включая материальные затраты и расходы на оплату труда работников, занятых производством продукции, выполнением работ и оказанием услуг, расходы по контролю производственных процессов и качества выпускаемой продукции, сопровождению и гарантийному надзору продукции и устранению недостатков, выявленных в процессе ее эксплуатации, и др.

Состав текущих затрат

- Текущие затраты состоят из нескольких видов расходов (в общепроизводственные расходы входят заработная плата, оплата топлива, амортизационные отчисления и др.).
- Амортизационные отчисления – затраты на капитальный ремонт и реновацию (обновление основных фондов).

Состав сметной документации на строительство

- Глава 1. Подготовка территории строительства.
- Глава 2. Основные объекты строительства (гидроузел).
- Глава 3. Объекты подсобного и обслуживающего назначения.
- Глава 4. Объекты энергетического хозяйства.
- Глава 5. Объекты транспортного хозяйства и связи.
- Глава 6. Наружные сети и сооружения.
- Глава 7. Благоустройство и озеленение территории.
- Глава 8. Временные здания и сооружения.
- Глава 9. Прочие работы и затраты.
- Глава 10. Содержание службы заказчика-застройщика.
- Глава 11. Подготовка эксплуатационных кадров.
- Глава 12. Проектные и изыскательские работы, авторский надзор.

Определение затрат

- Капитальные затраты при проектировании конкретной ГЭС определяются путем составления сметной документации, имеющей значительный объем и трудоемкость.
- Затраты на эксплуатацию определяются также специальными расчетами.

Упрощенное определение затрат

- На предварительных стадиях проектирования, обычно при обосновании целесообразности создания ГЭС, используют упрощенные способы определения затрат, например, по аналогам или статистическим данным.

Упрощенное определение капитальных затрат в ГЭС

- Капитальные затраты упрощенно могут быть определены по формуле:

- $K_{\text{ГЭС}} = k_N N_y$,

где k_N – удельные капитальные затраты, руб./кВт, долл./кВт; N_y – установленная мощность, кВт.

- Удельные капитальные затраты k_N принимаются по аналогам или статданным.

Упрощенное определение эксплуатационных затрат в ГЭС

- Эксплуатационные затраты упрощенно определяются как

- $I_{\text{ГЭС}} = \alpha_{\text{ГЭС}} K_{\text{ГЭС}}$, руб./год, долл./год,

где $\alpha_{\text{ГЭС}}$ – доля эксплуатационных затрат от капитальных затрат, 1/год.

$\alpha_{\text{ГЭС}}$ оценивается по аналогичным ГЭС.

Определение затрат в ТЭС

- Для оценки эффективности ГЭС ее показатели сравнивают с показателями ТЭС:

- Капитальные затраты упрощенно могут быть определены по формуле:

$$K_{\text{ТЭС}} = k_N N_y.$$

- Эксплуатационные затраты упрощенно определяются как:

$$I_{\text{ТЭС}} = I_{\text{пост}} + I_{\text{топл}},$$

$I_{\text{пост}}$ – постоянные затраты; $I_{\text{топл}}$ – затраты на топливо.

Определение затрат в ТЭС (продолжение)

- Постоянные затраты
 - $I_{\text{ТЭС}} = \alpha_{\text{ТЭС}} K_{\text{ТЭС}}$, руб./год, долл./год.
- Затраты на топливо:
 - $I_{\text{топл}} = 1,1b z_{\text{топл}} \mathcal{E}_{\text{ТЭС}}$,

где b – удельный расход топлива, т у. т./кВт·ч; $z_{\text{топл}}$ – удельные затраты на топливо, руб./(т у. т.); у. т. – условное топливо.

Удельные показатели на уровне 2015 г.

Вид электро- станции	Удельные капитальные затраты, руб./кВт	Доля эксплуатац- онных затрат, 1/год	Удельный расход топлива, т у. т./кВт·ч	Удельные затраты на топливо, руб./(т у. т.)
ГЭС	157000	0,03	—	—
ТЭС	66000	0,1	$0,32 \cdot 10^{-3}$	25000

Оценка эффективности ГЭС

- Оценка эффективности может осуществляться по нескольким критериям:
 - - чистый доход ЧД,
 - - срок окупаемости T_{OK} и др.

Оценка эффективности по чистому доходу (ЧД)

- ГЭС считается эффективной, если выполняется условие

$$\bullet \text{ ЧД} = T_{\text{АН}} (\Phi_{\text{ГЭС}} - I_{\text{ГЭС}}) - K_{\text{ГЭС}} > 0,$$

где $T_{\text{АН}}$ – период анализа, годы; $\Phi_{\text{ГЭС}}$ – годовой экономический эффект, руб./год; $I_{\text{ГЭС}}$ – годовые эксплуатационные затраты, руб./год; $K_{\text{ГЭС}}$ – капитальные затраты, руб.

- Основной экономический эффект – снижение затрат на топливо ТЭС, работающих параллельно ГЭС, т. е. в энергосистеме:

$$\bullet \Phi_{\text{ГЭС}} = 1,1 b z_{\text{топл}} \mathcal{E}_{\text{ГЭС}},$$

где $\mathcal{E}_{\text{ГЭС}}$ – среднемноголетняя годовая выработка электроэнергии ГЭС.

Оценка эффективности по сроку окупаемости

- ГЭС считается эффективной, если выполняется условие

$$T_{\text{ок}} = K_{\text{ГЭС}} / (\Phi_{\text{ГЭС}} - I_{\text{ГЭС}}) \leq T_{\text{тр}},$$

где $T_{\text{тр}}$ – требуемый срок окупаемости.

- Требуемый срок окупаемости назначается заказчиком ГЭС.
- В пределе

$$T_{\text{тр}} \leq T_{\text{АН}}.$$

- Период анализа включает время проектирования, строительства и предполагаемый срок эксплуатации. Исходя из продолжительности жизни и опыта, период анализа принимают не более 40-50 лет.

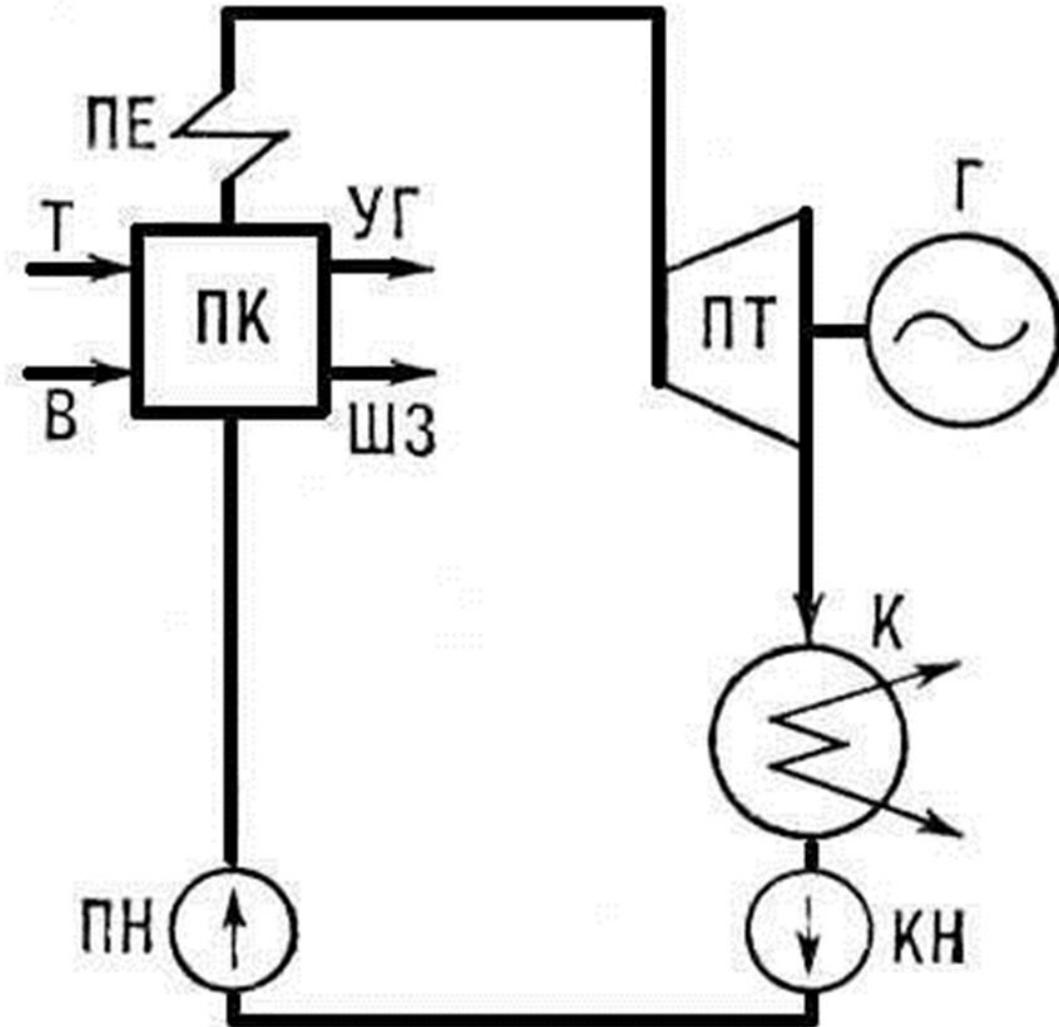
Выбор вариантов ГЭС

- Если варианты имеют одинаковые установленную мощность и выработку электроэнергии, выбор производится по капитальным затратам, - лучший с меньшими затратами. Капзатраты могут отличаться из-за разных сооружений: например, вариант с грунтовой плотиной и вариант с бетонной плотиной.
- При разных мощности и выработке выбор варианта может осуществляться по ЧД: лучший вариант – вариант, имеющий больший ЧД; или по T_{OK} : лучший вариант – вариант, имеющий меньший T_{OK} .

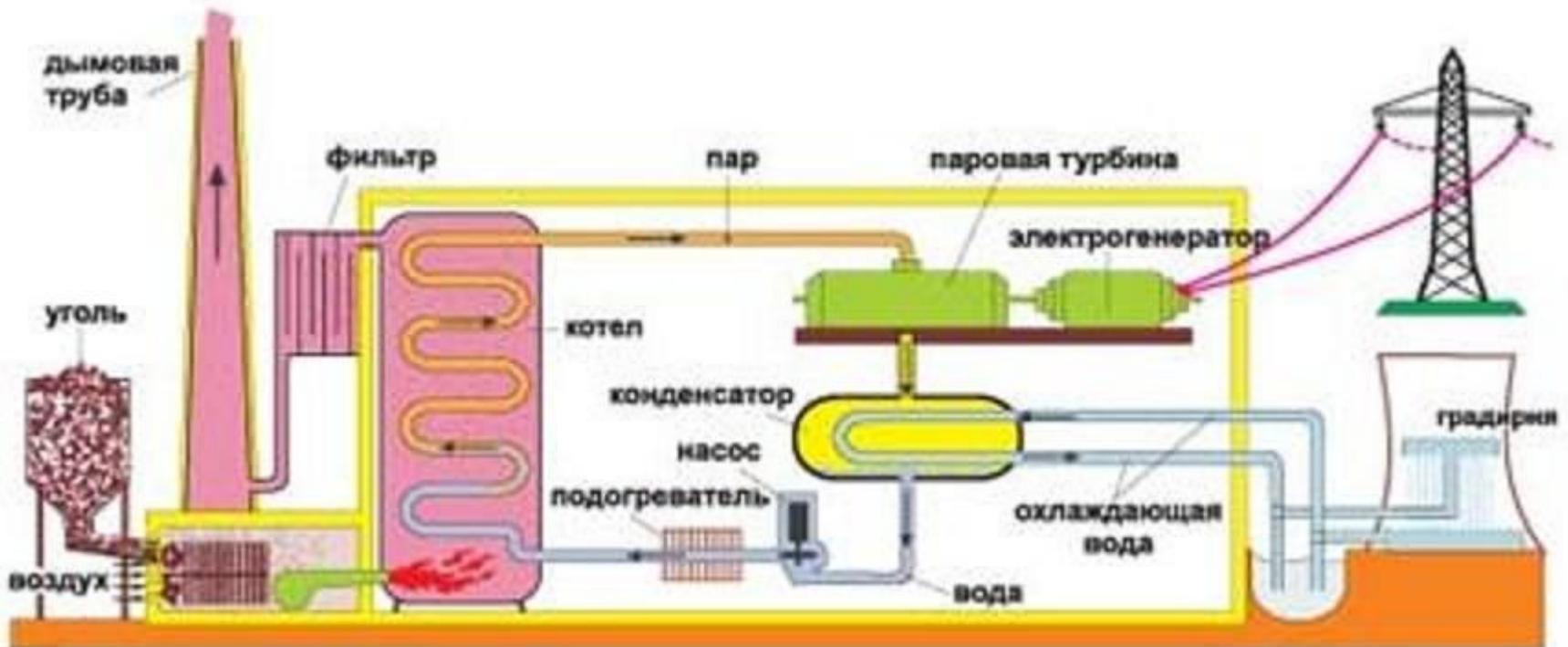
Тепловые электрические станции (ТЭС)

- ТЭС – электростанция, вырабатывающая электроэнергию за счет энергии сжигаемого топлива.
- Основные виды топлива: природный газ, уголь, мазут, дизельное топливо.
- Виды ТЭС: КЭС, ТЭЦ, ЦЭС, ГРЭС, ПГУ

Принципиальная схема КЭС



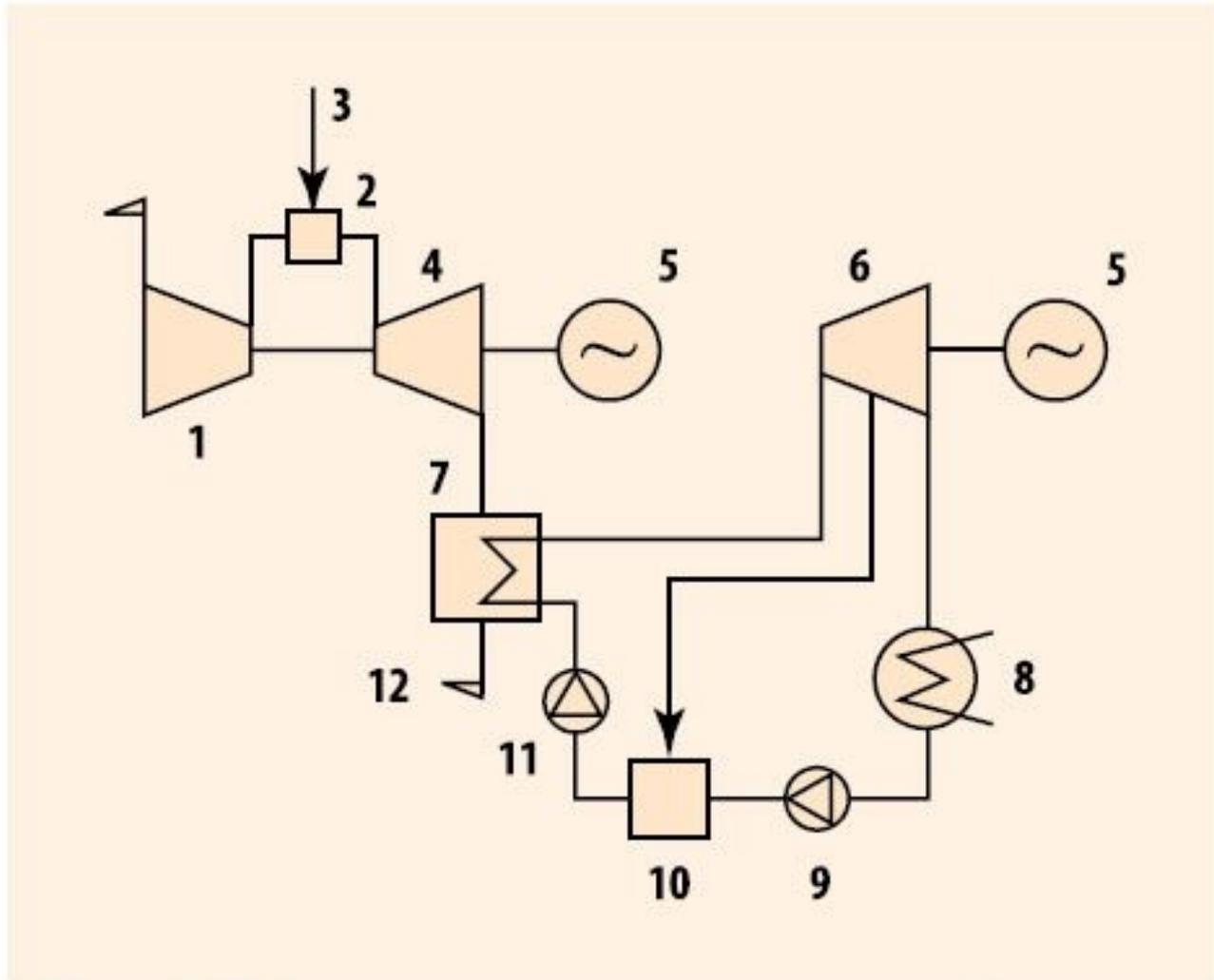
Элементная схема ТЭС



ПАРОТУРБИННАЯ ТЭС



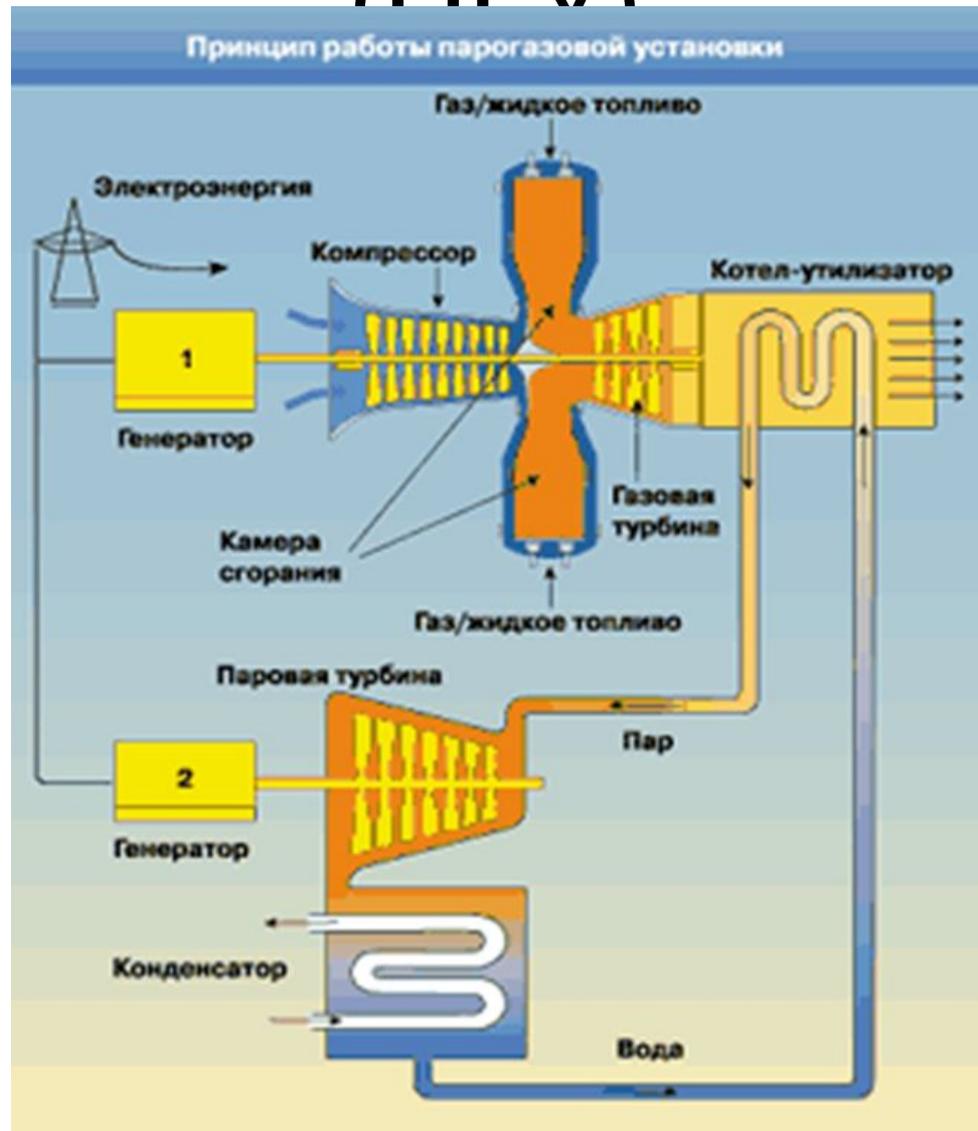
Принципиальная схема ПГУ



Принципиальная схема ПГУ (обозначения)

(1 — компрессор; 2 — камера сгорания; 3 — топливо; 4 — газовая турбина; 5 — электрический генератор; 6 — паровая турбина; 7 — котел-утилизатор; 8 — конденсатор паровой турбины; 9 — конденсатный насос; 10 — регенеративный подогреватель в паровом цикле; 11 — питательный насос котла-утилизатора; 12 — дымовая труба).

ПАРОГАЗОВАЯ УСТАНОВКА (ПГУ)



Принцип действия ТЭС

- В топку подается топливо (уголь или газ или мазут) и воздух, которое горит. Тепло горения поступает в паровой котел, в котором по системе труб прокачивается вода. Вода превращается в пар с температурой около 500 град. и давлением примерно 500 атм. Пар направляется в турбину, которая передает вращение электрогенератору, вырабатывающего эл. ток.
- Отработанный пар с турбины поступает в конденсатор, через который по системе труб прокачивается холодная вода. Пар в конденсаторе конденсируется (превращается в воду); вода из конденсатора закачивается обратно в котел.
- Охлаждающая вода в конденсаторе нагревается, поэтому ее направляют на охлаждающие устройства, например, градирни.
- Продукты сгорания (дым) выбрасываются в трубу. Твердые (зола, шлак, сажа) смываются в накопители.

Влияние ТЭС на окружающую среду-1

- Производство электроэнергии на ТЭС сопровождается потреблением огромного количества топливных ресурсов (газа, мазута, угля). При этом происходит существенное загрязнение окружающей среды отходами энергетического цикла в виде беспорядочных выбросов и сбросов (дым, сточные воды, уходящее тепло), твердых отходов (шлак, зола, шламы), побочных эффектов. Кроме топливных ресурсов, изымаются земли, атмосферный кислород, вода.

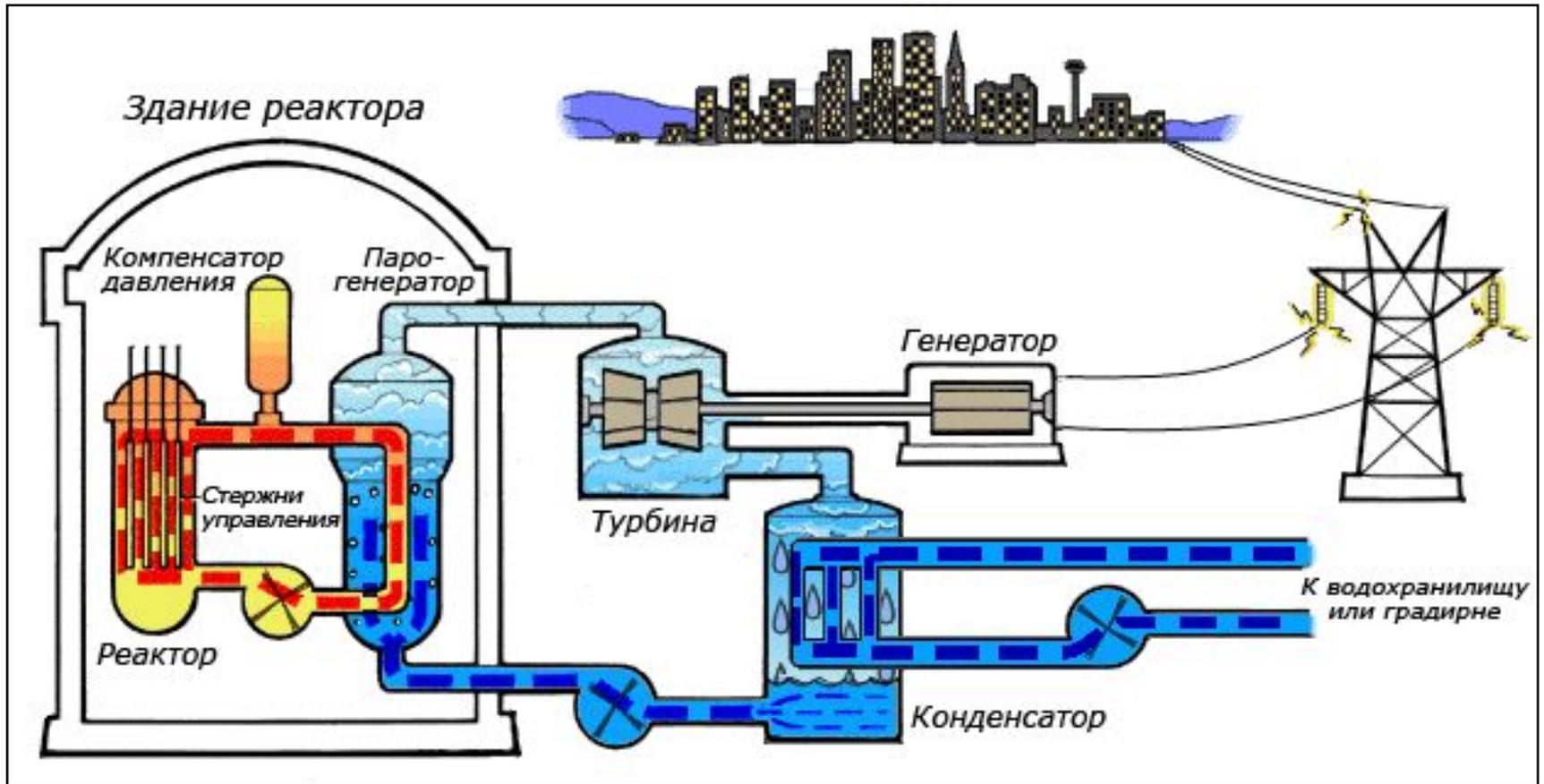
Влияние ТЭС на окружающую среду (продолжение)-2

- Добыча топлива сопровождается нарушениями поверхности и изъятием земель, что приводит к отрицательным воздействиям на почву, ухудшению качества или потере плодородного слоя. При добыче топлива происходит загрязнение водной среды сточными водами, воздушной среды пылью и газами добывающей техники, взрывных работ, при погрузке и транспортировке твердого топлива, при его самовозгорании.

Атомные электростанции (АЭС)

- АЭС - электростанция, в которой атомная (ядерная) энергия преобразуется в электрическую. Генератором энергии на АЭС является атомный реактор. Тепло, которое выделяется в реакторе в результате цепной реакции деления ядер некоторых тяжёлых элементов, преобразуется в электроэнергию. АЭС работает на ядерном горючем (в основном ^{233}U , ^{235}U , ^{239}Pu). При делении 1 г изотопов урана или плутония высвобождается 22 500 кВт·ч, что эквивалентно энергии, содержащейся в 2800 кг условного топлива.

Схема двухконтурной АЭС на водо-водяном энергетическом реакторе



Принцип действия АЭС

- В реакторе происходит деление радиоактивного топлива (уран, плутоний и др.), при этом выделяется тепло. Количество тепла регулируется стержнями, которые ускоряют или замедляют цепную реакцию. Через реактор прокачивается вода, которая нагревается, но из-за большого давления остается водой.
- Перегретая вода направляется в парогенератор, вода в котором превращается в пар (из-за понижения давления). Пар поступает в турбину, которая передает вращение электрогенератору, вырабатывающему эл. ток.
- Отработанный пар с турбины поступает в конденсатор, через который по системе труб прокачивается холодная вода. Пар в конденсаторе конденсируется (превращается в воду); вода из конденсатора закачивается обратно в парогенератор.
- Охлаждающая вода в конденсаторе нагревается, поэтому ее направляют на охлаждающие устройства, например, градирни.

Действующие АЭС России

- 1. **Балаковская.** Расположена рядом с городом Балаково, Саратовской области. Состоит из 4 блоков ВВЭР-1000, введённых в эксплуатацию в 1985, 1987, 1988 и 1993 гг.
- 2. **Белоярская .** Расположена в городе Заречный, в Свердловской области. На станции были сооружены 3 энергоблока. В настоящее время единственным действующим энергоблоком является 3-й энергоблок с реактором БН-600 электрической мощностью 600 МВт, пущенный в эксплуатацию в апреле 1980 г.

Действующие АЭС России (продолжение)

- 3. **Билибинская.** Расположена рядом с г. Билибино Чукотского автономного округа. Состоит из четырёх блоков ЭГП-6 мощностью по 12 МВт, введённых в эксплуатацию в 1974 (два блока), 1975 и 1976 гг.
- 4. **Калининская.** Расположена на севере Тверской области, на берегу озера Удомля и около одноимённого города. Состоит из четырёх энергоблоков, с реакторами типа ВВЭР-1000, электрической мощностью 1000 МВт, которые были введены в эксплуатацию в 1984, 1986, 2004 и 2011 гг.

Действующие АЭС России (продолжение)

- **5. Кольская.** Расположена рядом с г. Полярные Зори Мурманской области, на берегу оз. Имандра. Состоит из 4 блоков ВВЭР-440, введённых в эксплуатацию в 1973, 1974, 1981 и 1984 гг. Мощность станции — 1760 МВт.
- **6. Курская.** Расположена рядом с г. Курчатова Курской области, на берегу р. Сейм. Состоит из 4 блоков РБМК-1000, введённых в эксплуатацию в 1976, 1979, 1983 и 1985 годах. Мощность станции — 4 ГВт.

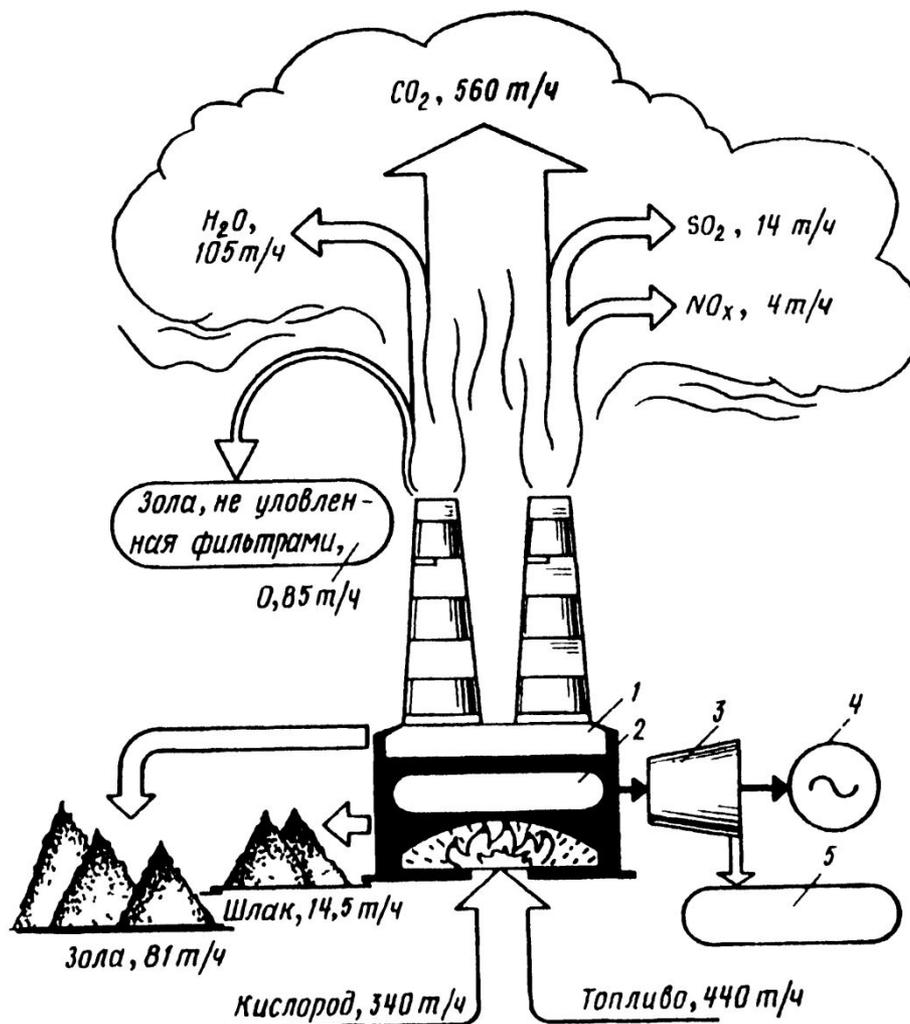
Действующие АЭС России (продолжение)

- **7. Ленинградская.** Расположена рядом с г. Сосновый Бор Ленинградской области, на побережье Финского залива. Состоит из 4 блоков РБМК-1000, введённых в эксплуатацию в 1973, 1975, 1979 и 1981 гг. Мощность станции — 4 ГВт.
- **8. Нововоронежская .** Расположена в Воронежской области рядом с г. Воронеж, на левом берегу р. Дон. Состоит из 3 блоков ВВЭР.
- **9. Ростовская.** Расположена в Ростовской области у г. Волгодонск. Мощность 1-го энергоблока составляет 1000 МВт, в 2010 г. подключен к сети второй энергоблок станции

Действующие АЭС России (продолжение)

- 10. **Смоленская.** Расположена у г. Десногорск Смоленской области. Станция состоит из трёх энергоблоков, с реакторами типа РБМК-1000, которые введены в эксплуатацию в 1982, 1985 и 1990 гг. В состав каждого энергоблока входят: один реактор тепловой мощностью 3200 МВт и два турбогенератора электрической мощностью по 500 МВт каждый.

Выбросы и сбросы ТЭС



Влияние АЭС на окружающую среду

- На АЭС как и на ТЭС, образуются три вида отходов – газообразные, жидкие, твердые. Радиоактивное загрязнение окружающей среды газообразными выбросами через вентиляционную трубу ничтожно. Вода, загрязненная низкоактивными (в радиационном отношении) веществами, проходит процесс дезактивации, большая её часть используется повторно. Сложнее решается проблема очистки и хранения высокоактивных жидких и твердых отходов, так как они не могут быть искусственно дезактивированы. Их радиоактивность устраняется только естественным путем, за счет радиоактивного распада, который может длиться сотни лет. водные объекты приводит к тепловому загрязнению последних.

Влияние АЭС на окружающую среду (продолжение-1)

- Жидкие отходы подвергают отверждению и захоронению в специальных контейнерах. Основными радиоактивными отходами АЭС являются отработавшие твэлы (тепловыделяющие элементы), содержащие уран и продукты его деления (плутоний). Твэлы также подлежат захоронению. Таким образом, радиоактивное загрязнение нормально работающей АЭС незначительно.
- Кроме того, отрицательному воздействию подвергаются территории добычи радиоактивных элементов.

Влияние АЭС на окружающую среду (продолжение-2)

- Однако аварии и неполадки на АЭС представляют чрезвычайную опасность, так как могут привести к тяжелейшим последствиям. Наиболее печальным примером является катастрофа на Чернобыльской АЭС 26.04.1986 г.
- АЭС потребляют большое количество воды – в 1,8-2 раза больше, чем ТЭС аналогичной мощности; вода в основном используется для охлаждения конденсаторов турбин, в связи с чем сброс этой воды в водные объекты приводит к тепловому загрязнению

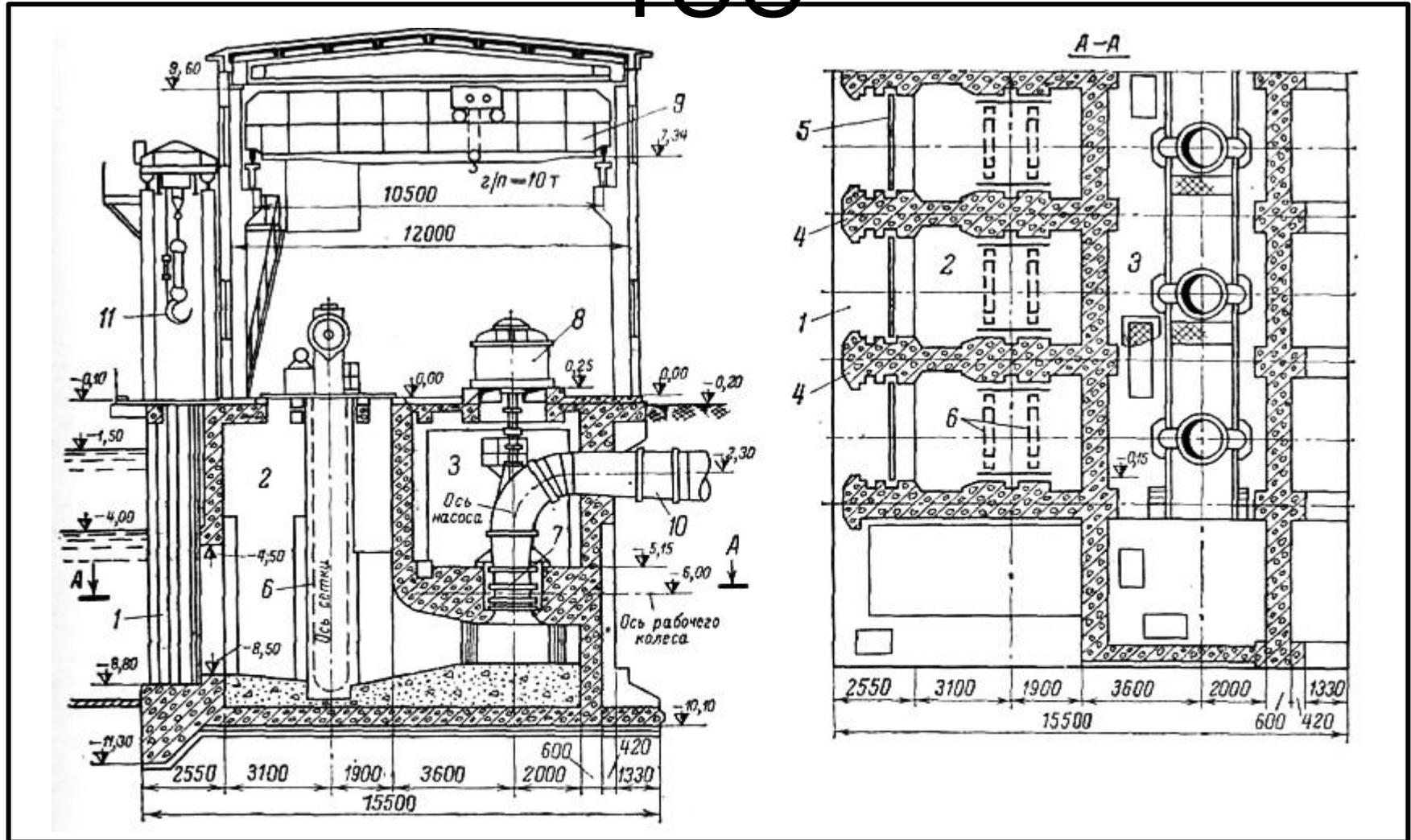
Гидротехнические сооружения ТЭС и АЭС

- Основными ГТС здесь являются насосные станции.
- Одни из них закачивают воду, другие прокачивают воду через конденсатор.
- На ТЭС, кроме того, накопители золы, шлака, сажи также являются ГТС. Их называют золошлакоотвалами и шламонакопителями.

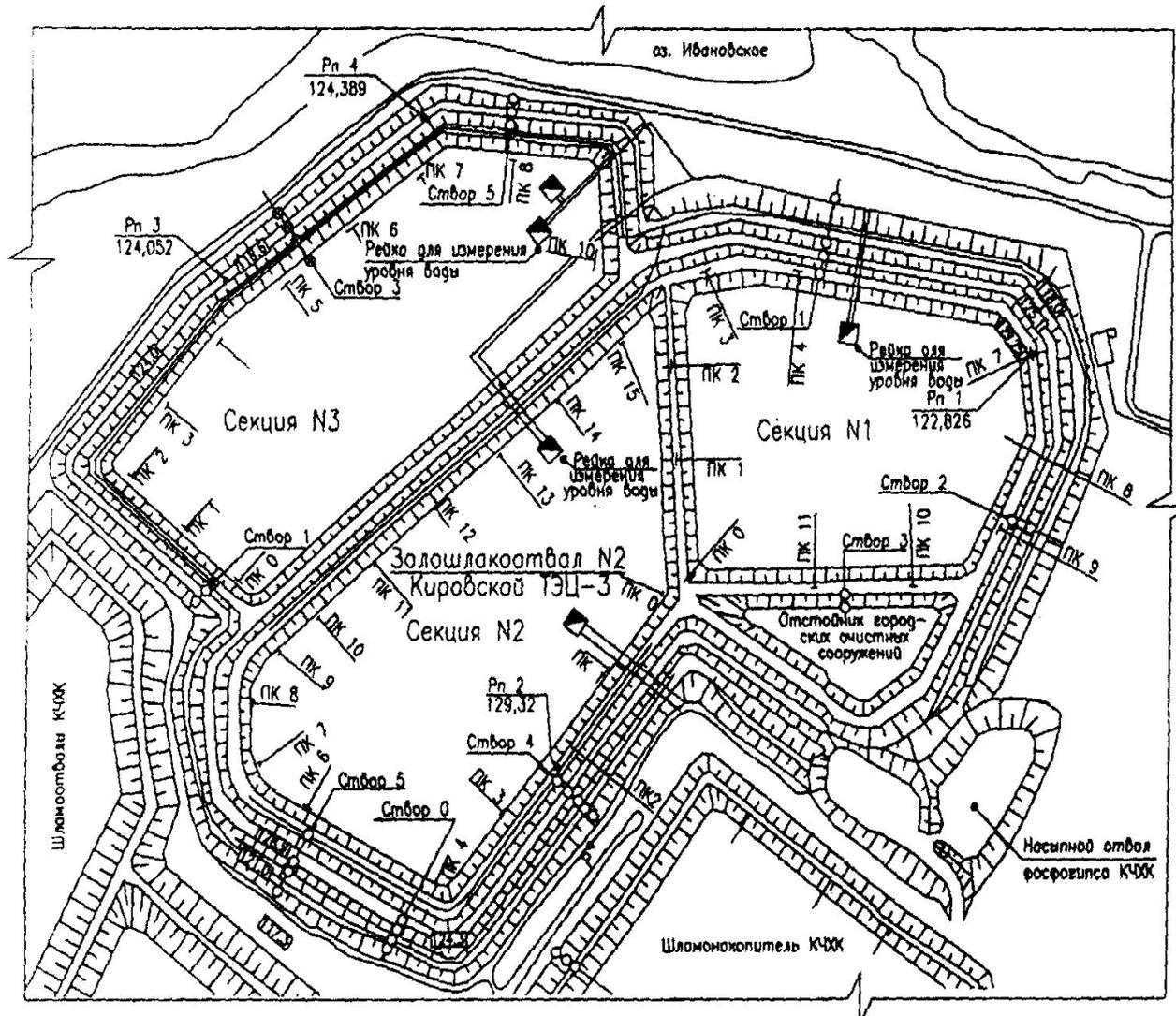
Блочная насосная станция (Балаковская АЭС, РФ)



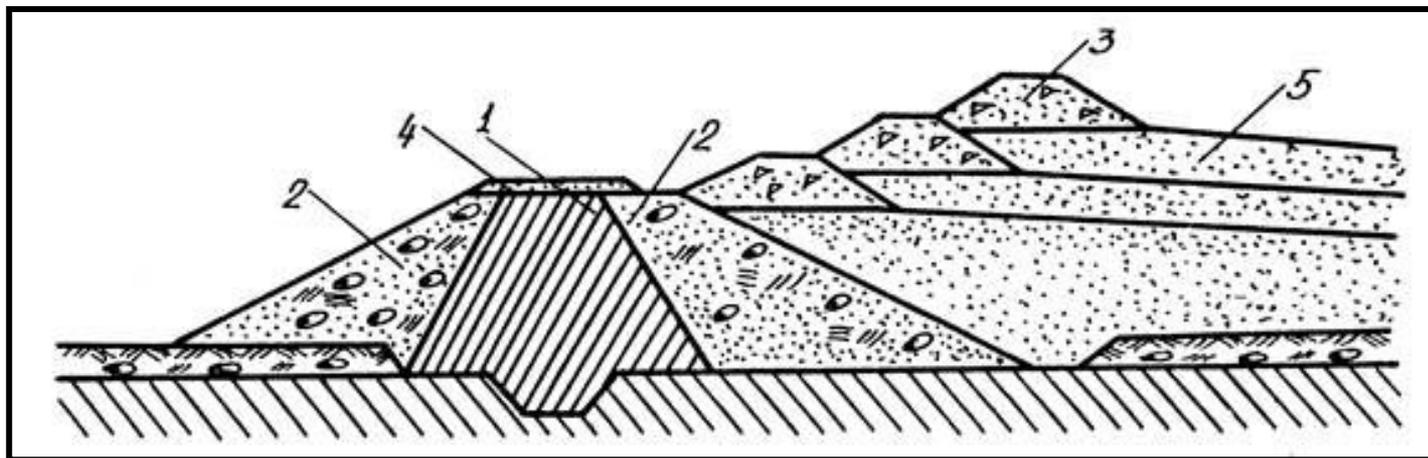
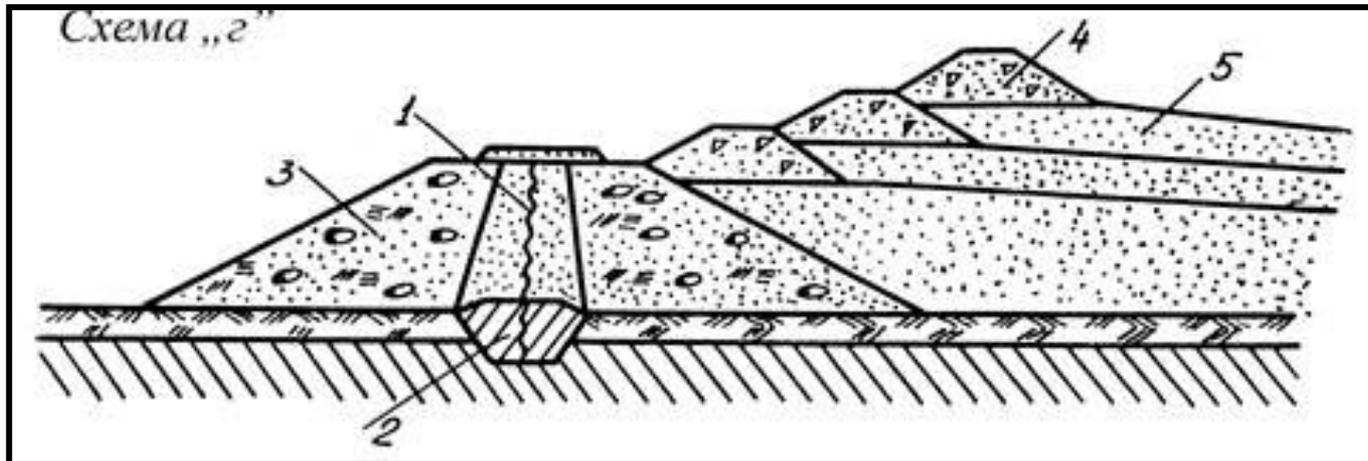
Береговая насосная станция ТЭС



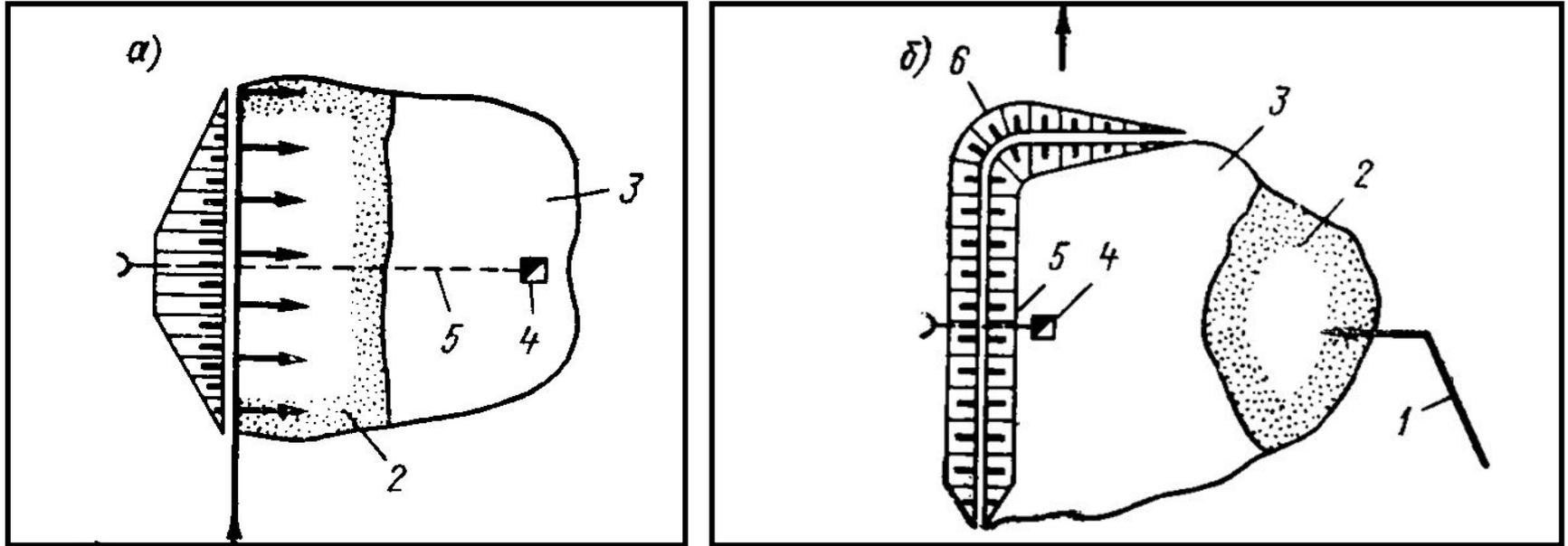
План золоотвала



Схемы дамб золоотвала



Схемы заполнения золоотвала



а — от дамбы к пруду; *б* — от берега к дамбе; *1* — отстойный пруд; *2* — отложения золошлакового материала; *3* — пульпопровод; *4* — водосбросной колодец; *5* — коллектор осветленной воды; *6* — ограждающая дамба.

Заполнение золошлакоотвала



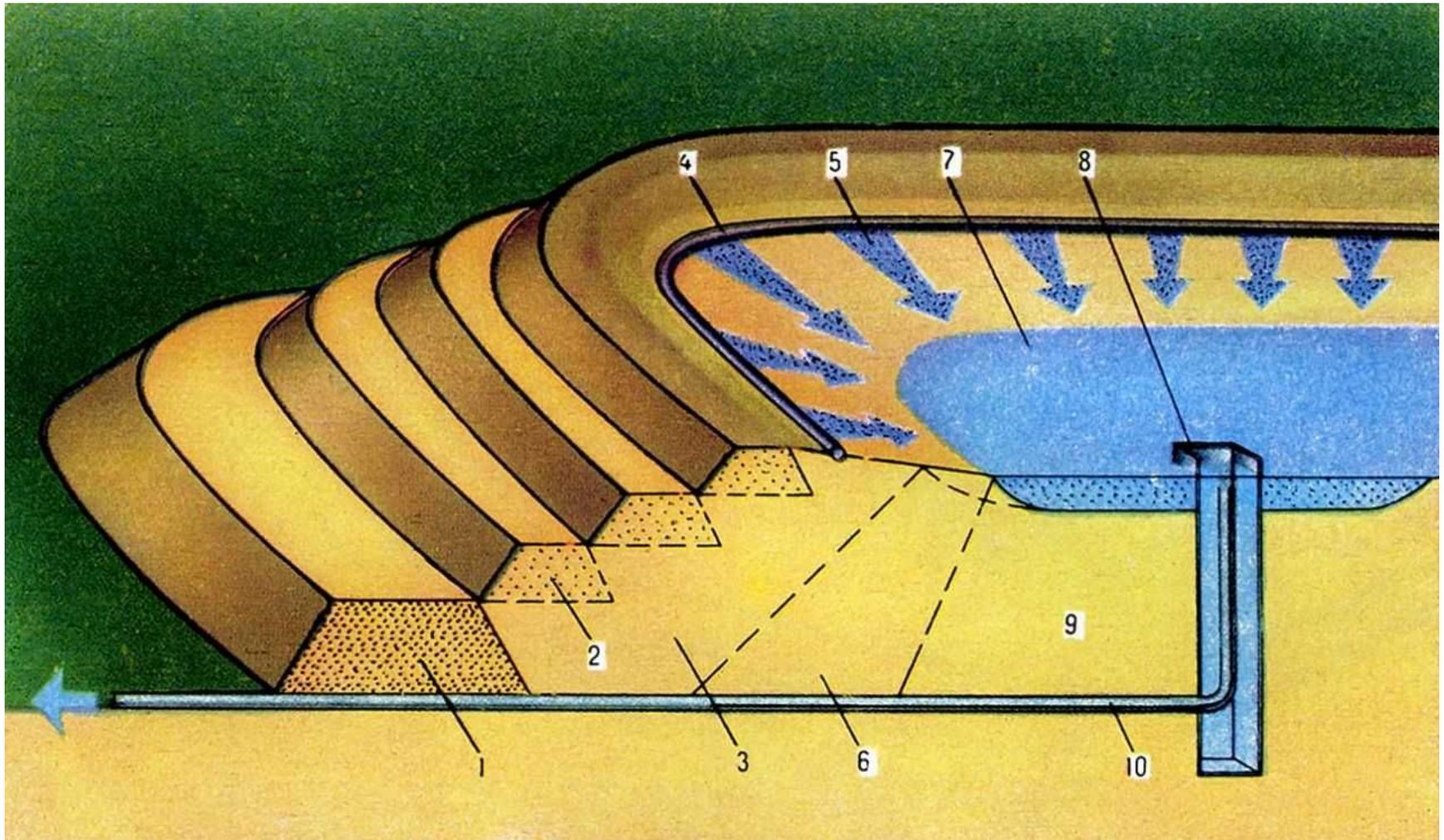
Гидрозолоудаление

- **Золоотвал** - место для сбора золы и шлака, образующихся при сжигании твёрдых топлив на ТЭС. Зола и шлак транспортируют, как правило, в виде пульпы (с помощью воды) по золопроводам. В З. происходит естественное осаждение золы и шлака, а осветлённая вода сбрасывается через шандорные колодцы в близлежащие водоёмы.
- **Гидрозолоудаление** - система удаления золы и шлака из топочной камеры и газоходов котельного агрегата водой. Одновременно осуществляется транспортирование золы и шлака на золоотвалы.

Шандорный колодец золотвапа



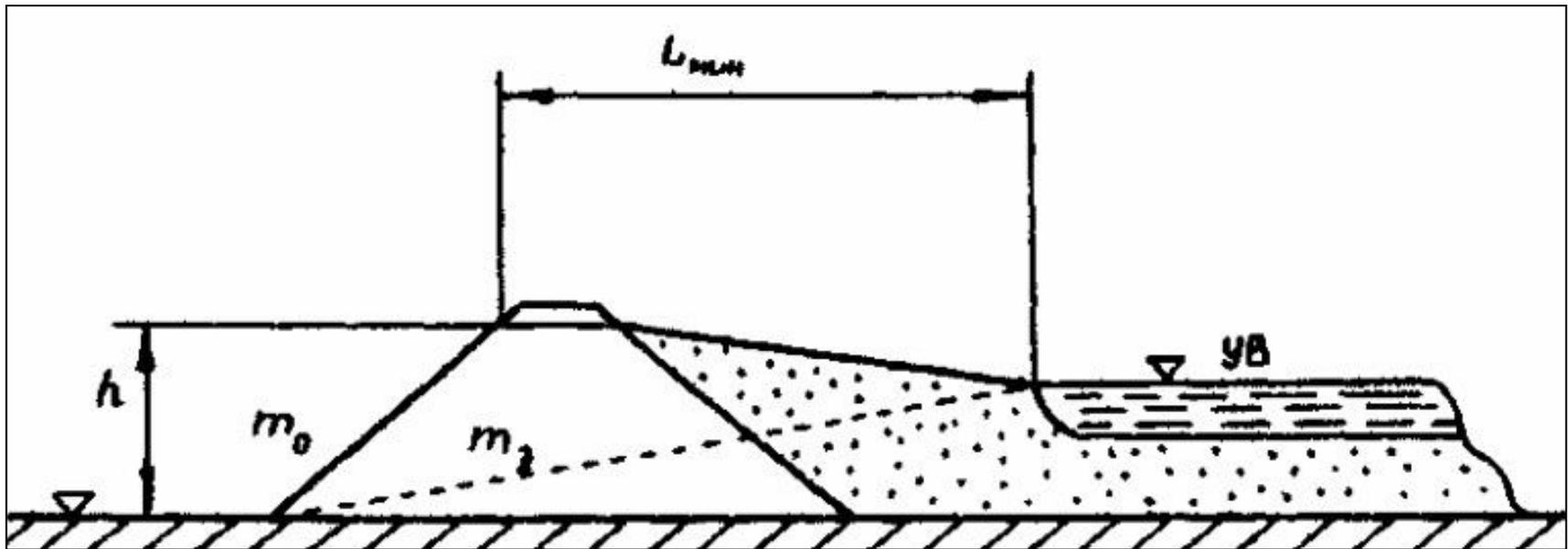
Схема заполнения золоотвала



Обозначения

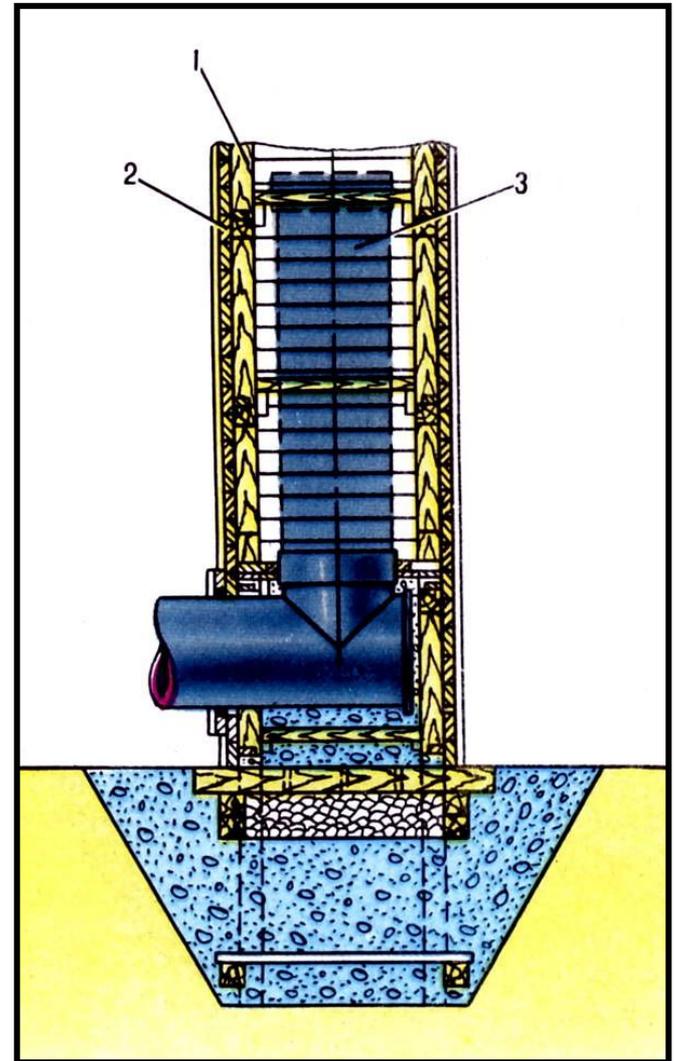
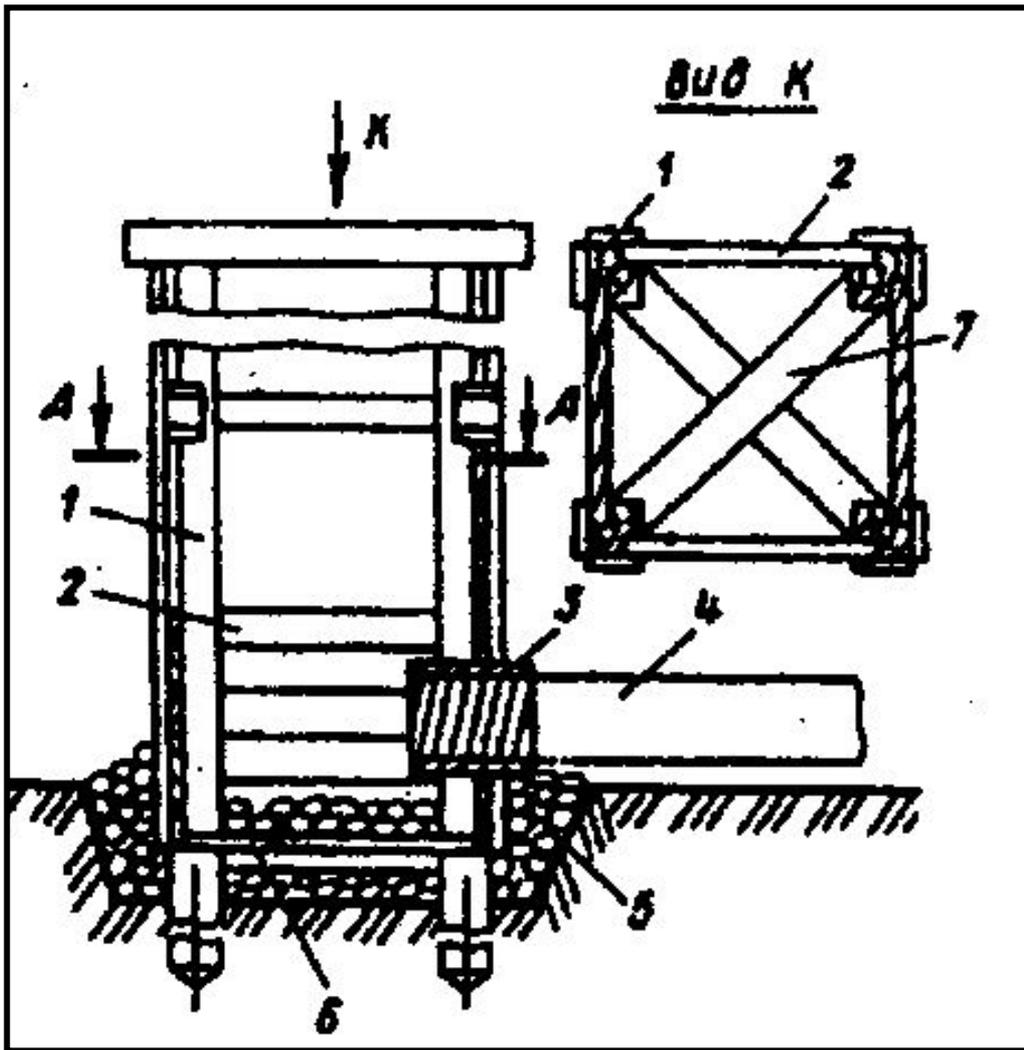
- 1 – первичная дамба; 2 – дамбы наращивания; 3 – основание; 4 – пульповод; 5 – выпуск из пульповода; 6 – зона фильтрации из пруда; 7 – пруд-отстойник; 8 – водосбросной колодец; 9 – отложившаяся зола; 10 – отводящая труба

Схема определения минимально допустимого расстояния от уреза отстойного пруда до бровки наружного откоса



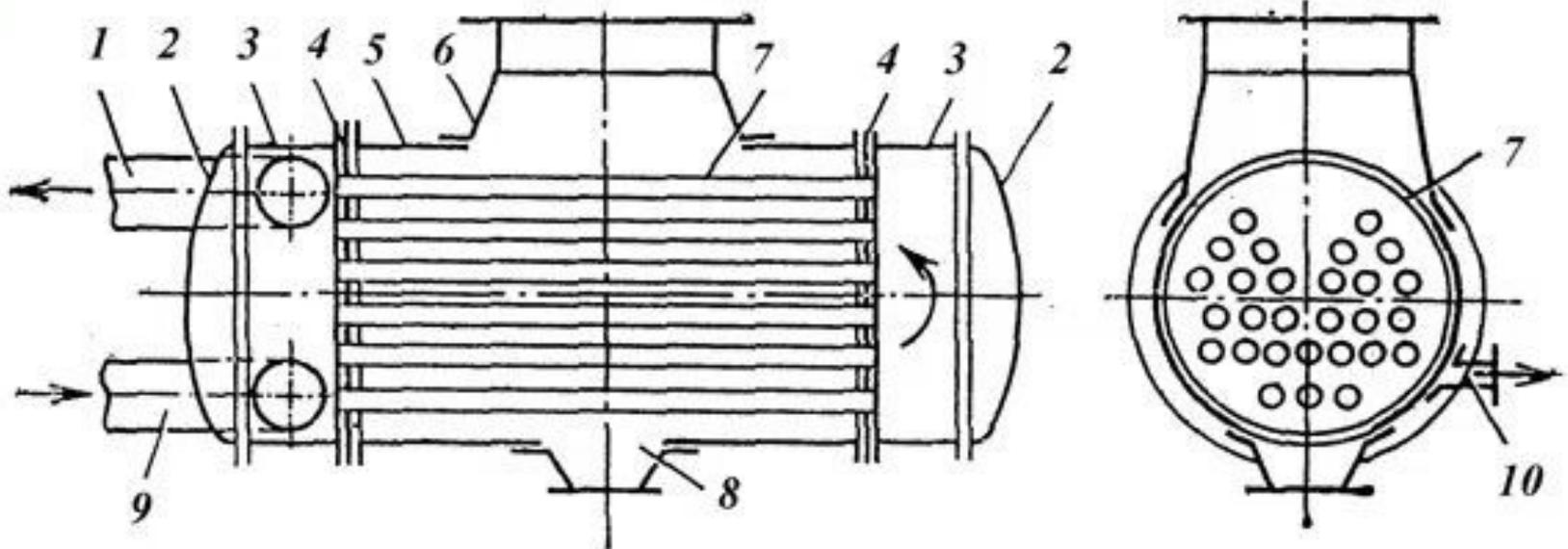
L_{min} - минимально допустимое расстояние от уреза пруда до наружного откоса отвала; h - высота от поверхности отложений золы до основания отвала; m_0 - среднее заложение наружного откоса отвала; $m_2 = 7 \dots 10$ - отношение горизонтальной проекции кривой депрессии к превышению уровня воды в пруде над основанием; УВ - уровень воды пруда; $L_{min} = h(m_0 - m_2)$

Конструкция шандорного колодца



Конденсатор ТЭС

- 1 – патрубок для выхода воды, 2 – крышка водяных камер, 3 – водяные камеры, 4 – трубные решетки, 5 – корпус конденсатора, 6 – пароприемная горловина, 7 – трубки, 8 – сборник конденсата, 9 – патрубок для подвода воды, 10 – патрубок для удаления воздуха.



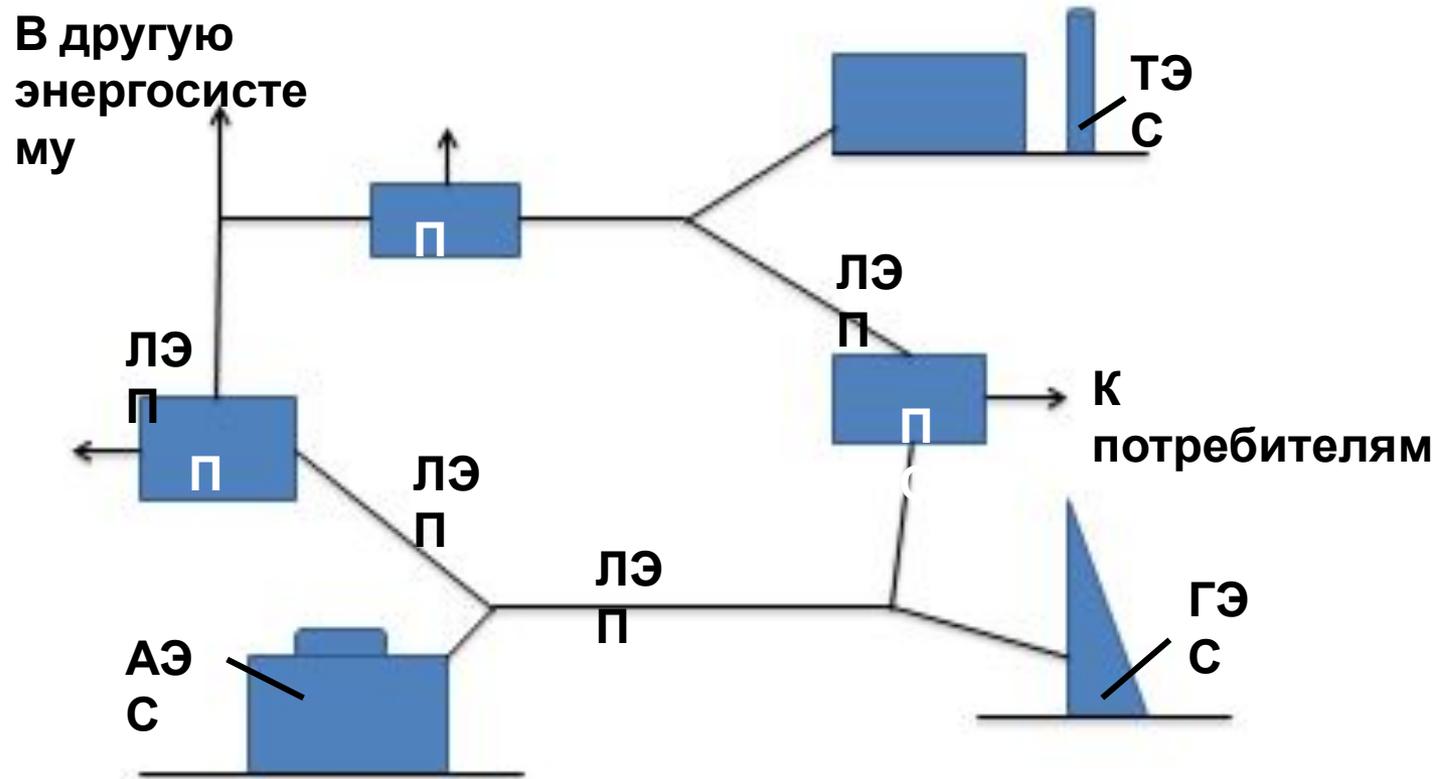
Энергосистема

- Энергосистема – это соединение электростанций между собой и потребителями. Соединение осуществляется с помощью ЛЭП.
- Различают локальные энергосистемы и объединенные энергосистемы. Последние состоят из нескольких локальных. Совокупность объединенных энергосистем составляет Единую энергосистему (ЕЭС).

Энергосистемы России



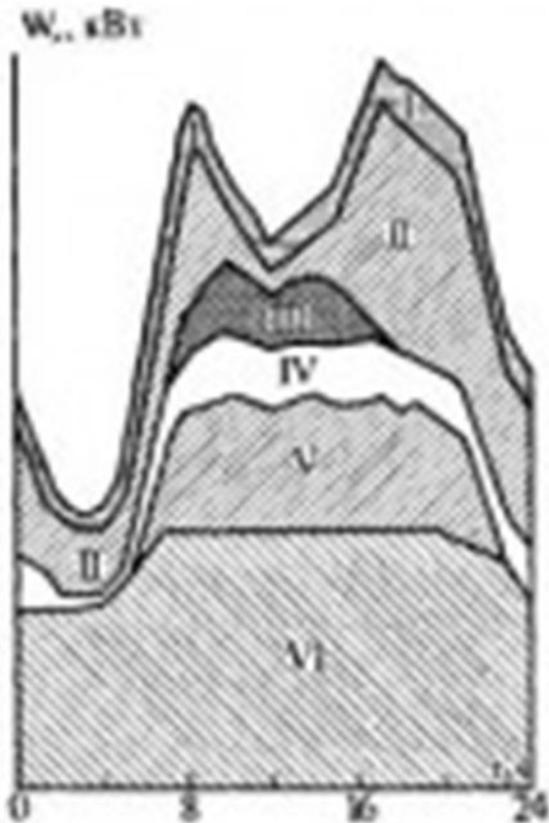
Принципиальная схема энергосистемы



Единая энергосистема России

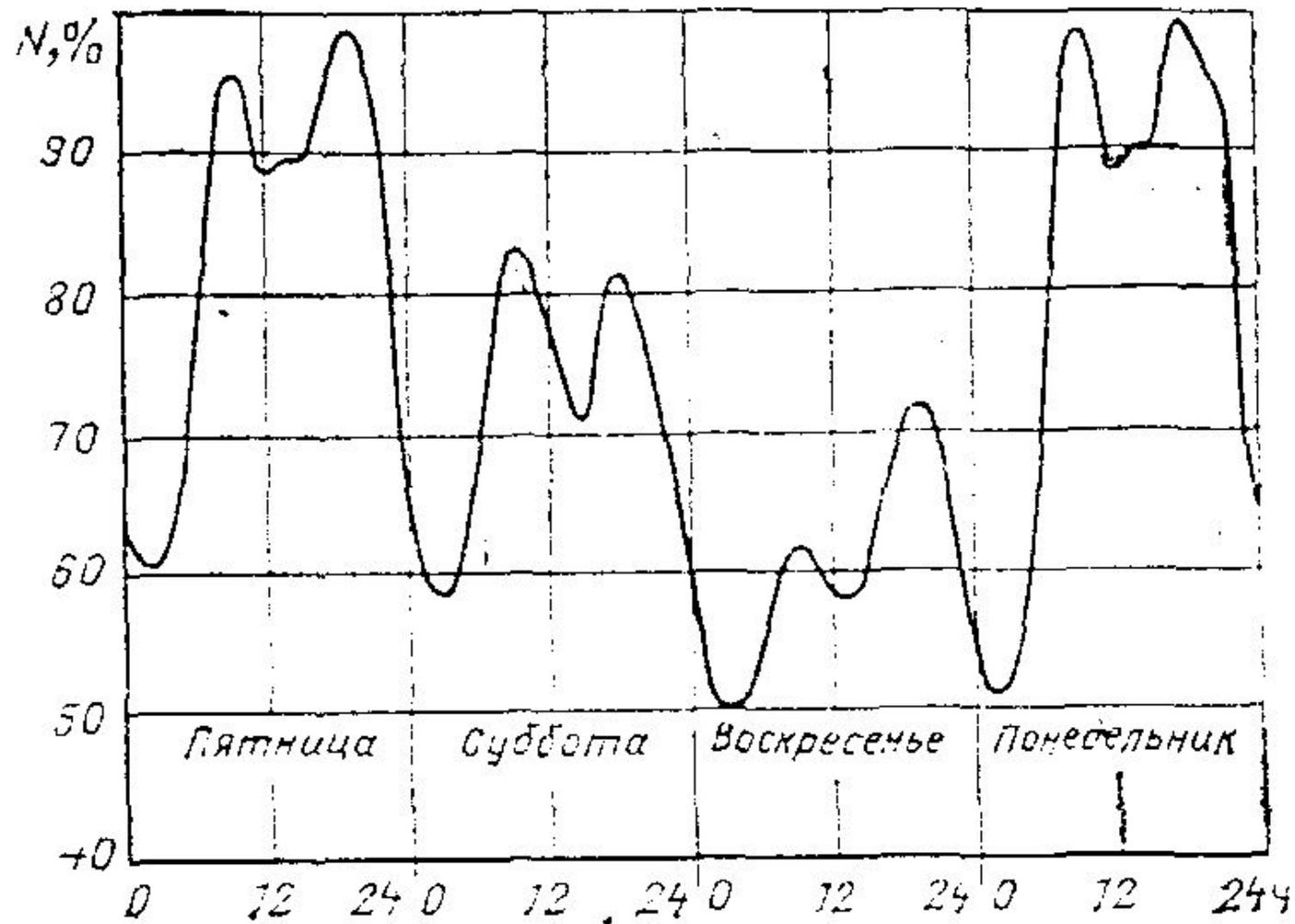
- В России шесть крупных Объединенных энергосистем (ОЭС) - Центра, Средней Волги, Урала, Северо-Запада, Северного Кавказа, Сибири, а также работающая пока самостоятельно ОЭС Востока (в нее входят Приморская, Хабаровская, Амурская энергосистемы и Южно-Якутский энергорайон), которая вскоре тоже будет включена в ЕЭС.

Графики нагрузки энергосистемы. Суточный график

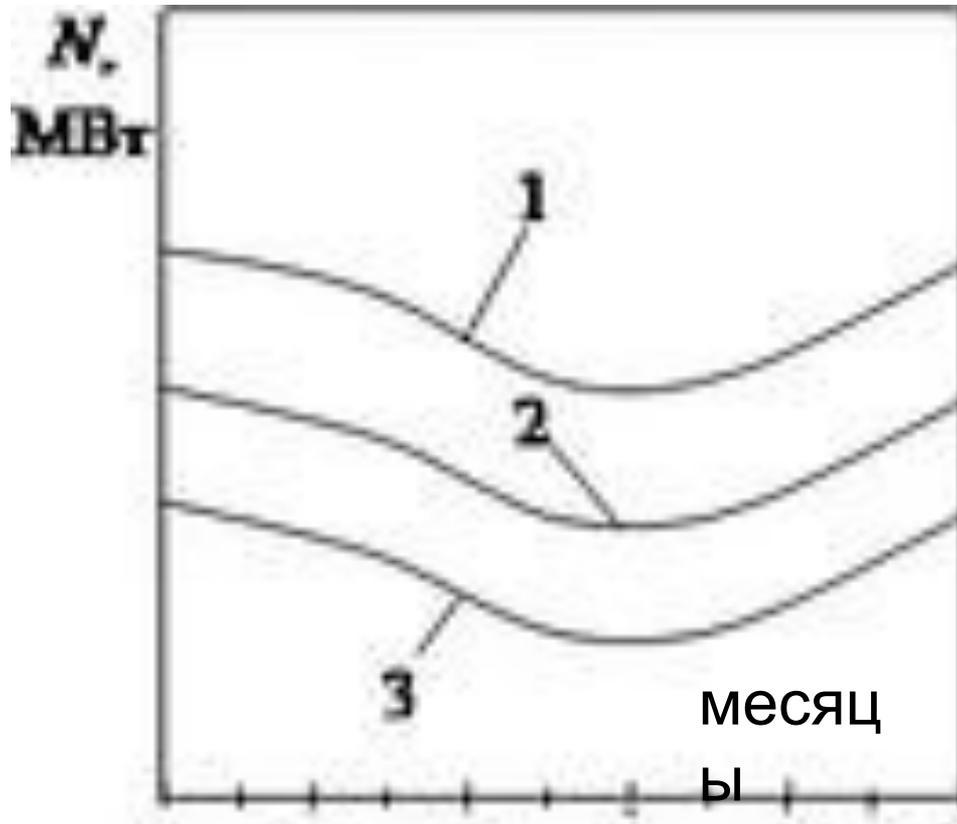


- I* — потери в собственных нуждах станции;
- II* — централизованная нагрузка;
- III* — единичные промышленные предприятия;
- IV* — электрифицированный транспорт;
- V* — крупные промышленные предприятия;
- VI* — мелкие промышленные предприятия.

Графики нагрузки в выходные дни

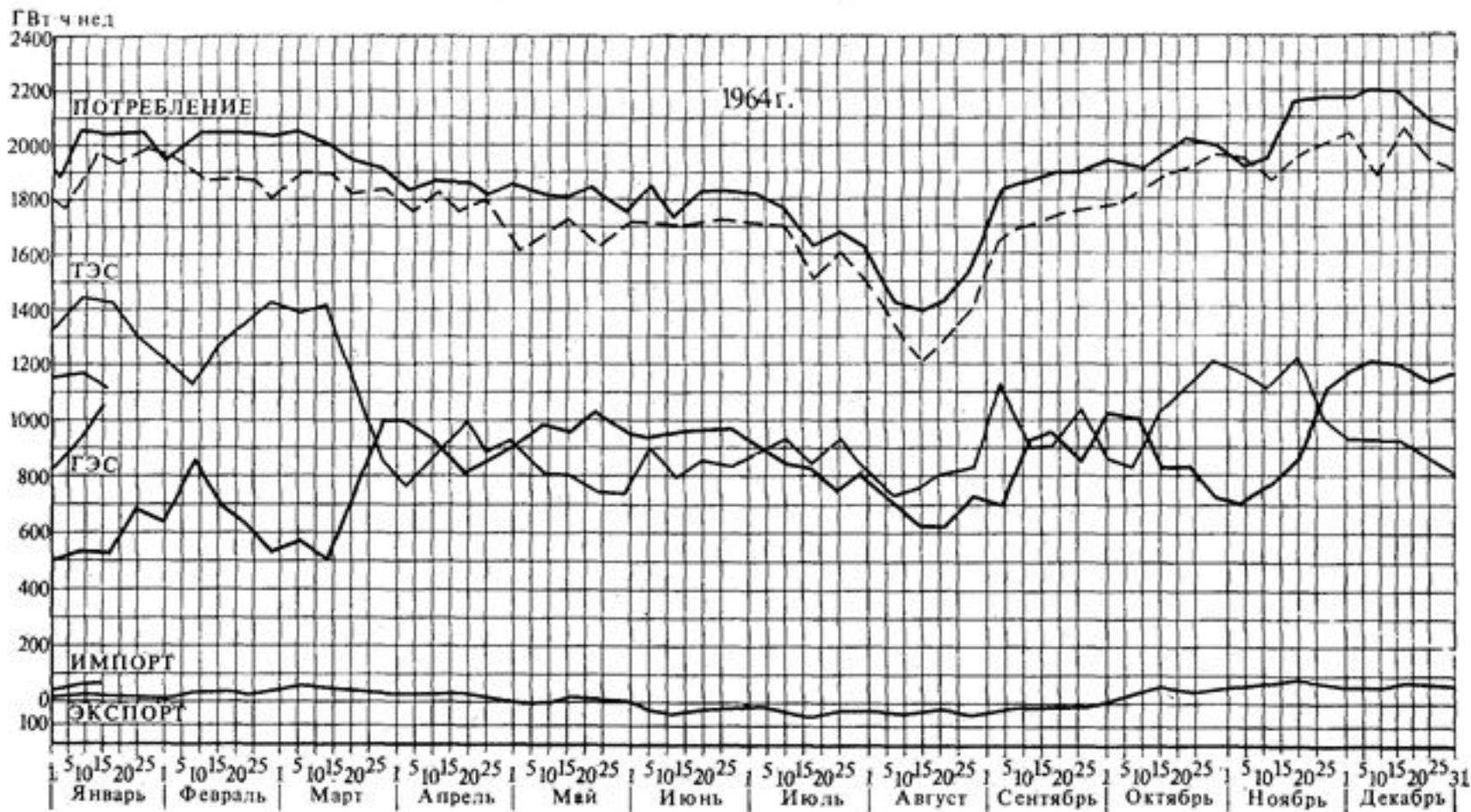


Годовые графики нагрузки



- 1 – максимальная;
- 2 – средняя;
- 3 - минимальная

Распределение нагрузки за год



ВОЛНОВЫЕ

ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

- **ВОЛНОВАЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ** - электростанция, расположенная в водной среде, целью которой является получение электроэнергии из **кинетической энергии волн**.
- **Принцип действия.** Волны, поступающие в трубу большого диаметра, вращают турбинные лопасти, которые приводят в движение генератор. Иногда действует иной принцип: волна, проходя через полую камеру, выталкивает сжатый воздух, заставляя турбину вращаться.

Волновая электростанция в РФ

В 2014 г. волновая электростанция была в экспериментальном порядке запущена на полуострове Гамова в Приморском крае. Испытания проходили в бухте Витязь на морской экспериментальной станции «Мыс Шульца».

Солнечные электростанции

- Солнечная ЭС – это сооружение, служащее преобразованию солнечной радиации в электрическую энергию. Способы преобразования солнечной радиации различны и зависят от конструкции электростанции.
- Наиболее распространены фотоэлектрические станции, где солнечные батареи напрямую преобразовывают солнечную энергию в электричество.

Орская СЭС (Оренбургская область)

- Строительство Орской СЭС, начавшееся в сентябре 2014 года, полностью завершено. С 1 декабря 2015 года она подает электроэнергию в Единую энергосистему страны.
- На Орской СЭС установлено порядка 200 тысяч солнечных панелей российского производства.
- Мощность Орской СЭС 25 МВт.

Вид солнечных батарей Орской СЭС

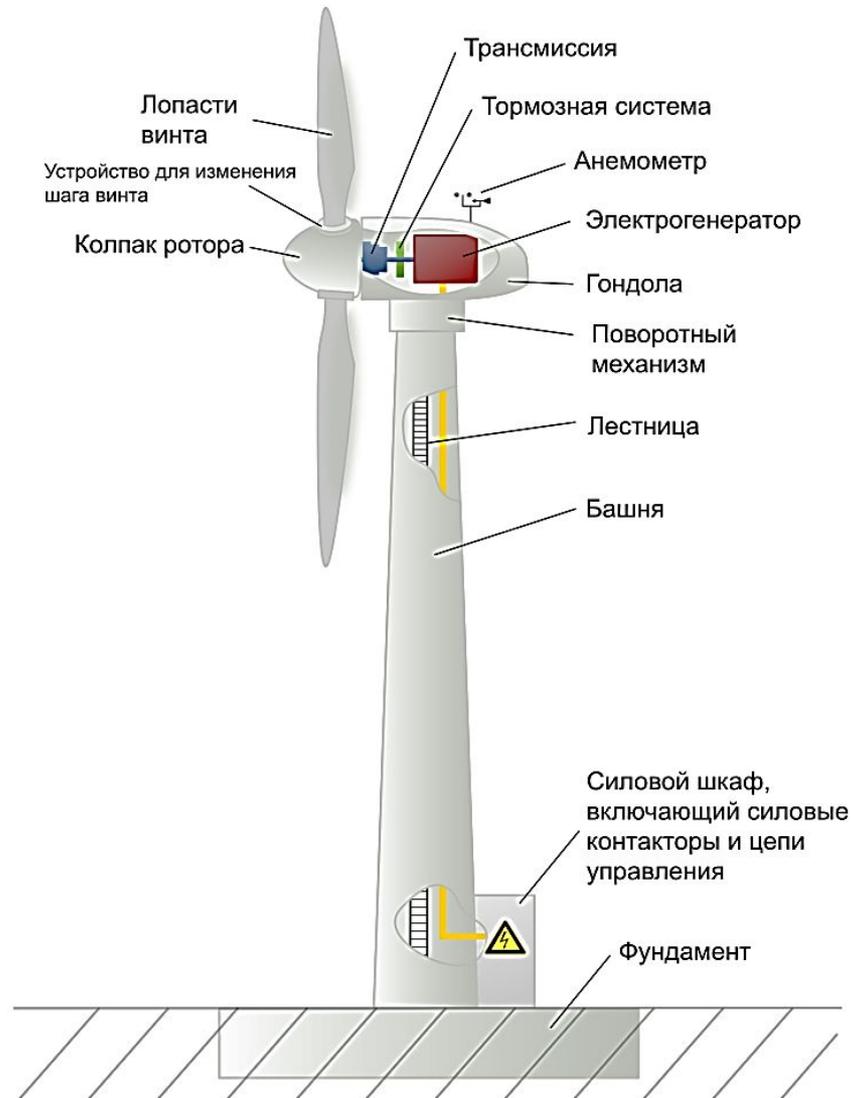


 Урал56.Ру

Ветровые электростанции

- Несколько ВЭУ, собранных в одном или нескольких местах и объединённых в единую сеть.
- Ветрогенератор (ветроэлектрическая установка или сокращенно ВЭУ) — устройство для преобразования кинетической энергии ветрового потока в механическую энергию вращения ротора с последующим её преобразованием в электрическую энергию.

Устройство ветрогенератора



Калмыкская ВЭС

- По состоянию на 2009 год на площадке установлена одна установка «Радуга» мощностью 1 МВт и выработкой от 3 до 5 млн кВт·ч.
- Среднегодовая скорость ветра в этом районе составляет около 7,5 метра в секунду.

Вид Калмыкской ВЭС

