

ОБОРУДОВАНИЕ ГИДРОСООРУЖЕНИЙ И ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

271101.65 Строительство
уникальных зданий и
сооружений

Основная литература

- 1. Гидроэлектрические станции/под редакцией В.Я. Карелина и Г.И. Кривченко. - М.: Энергия, 1987.
- 2. Гидротехнические сооружения (речные): учебник для вузов: в 2 ч. /Л. Н. Рассказов и др. - М.: Изд-во АСВ, 2011.
- 3. Журнал «Гидротехническое строительство».
- 4. Подбор гидроэнергетического и вспомогательного оборудования ГЭС. Методическая разработка/Янченко А. В. – Н. Новгород: НАСИ, 1991

1. Общие сведения об оборудовании ГТС и ГЭС

Оборудование можно разделить на:

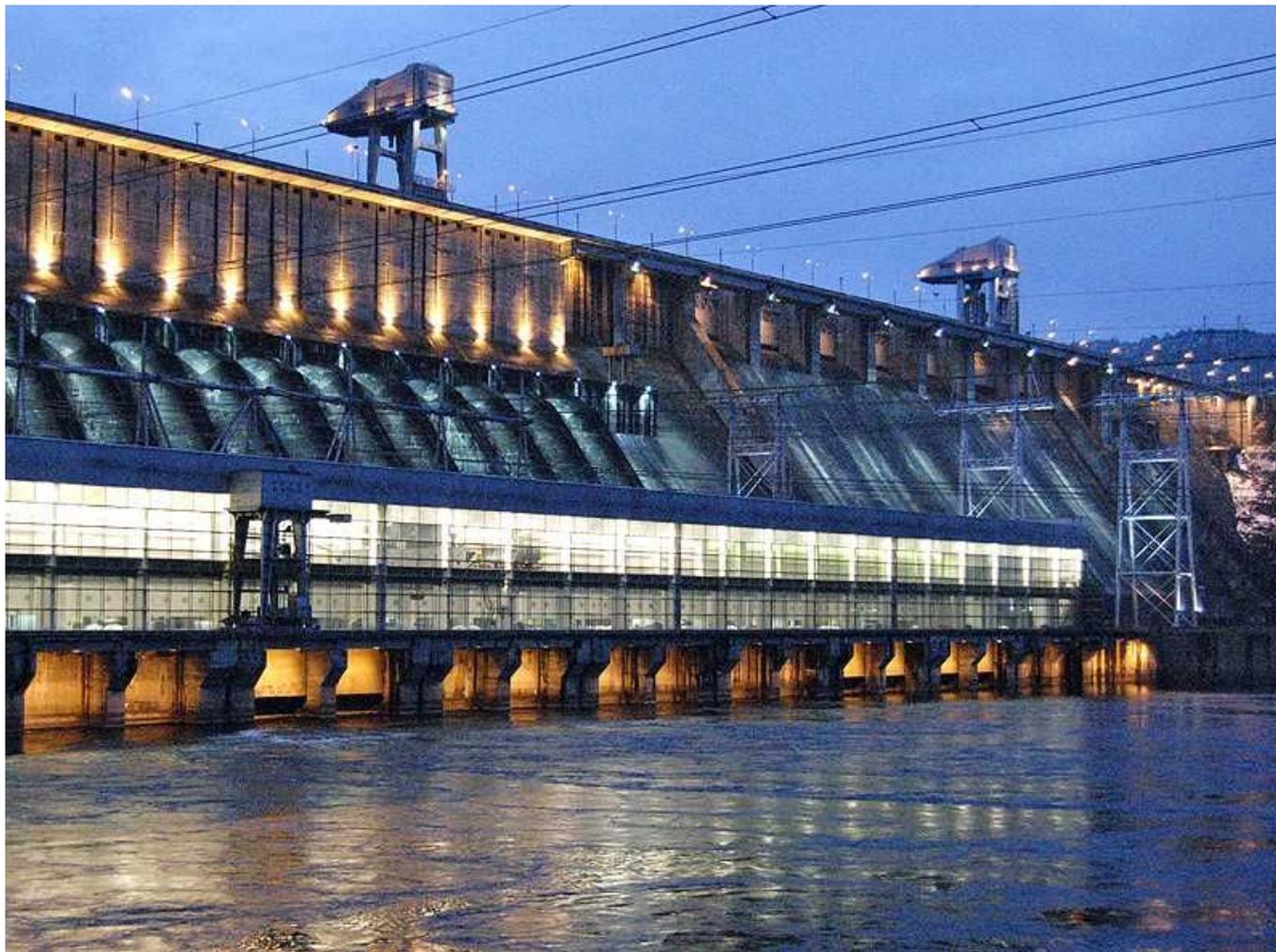
- основное технологическое,
- вспомогательное технологическое,
- электрическое,
- механическое,
- подъемно-транспортное.

Конкретные типы и виды оборудования зависят от назначения и функций ГТС и ГЭС.

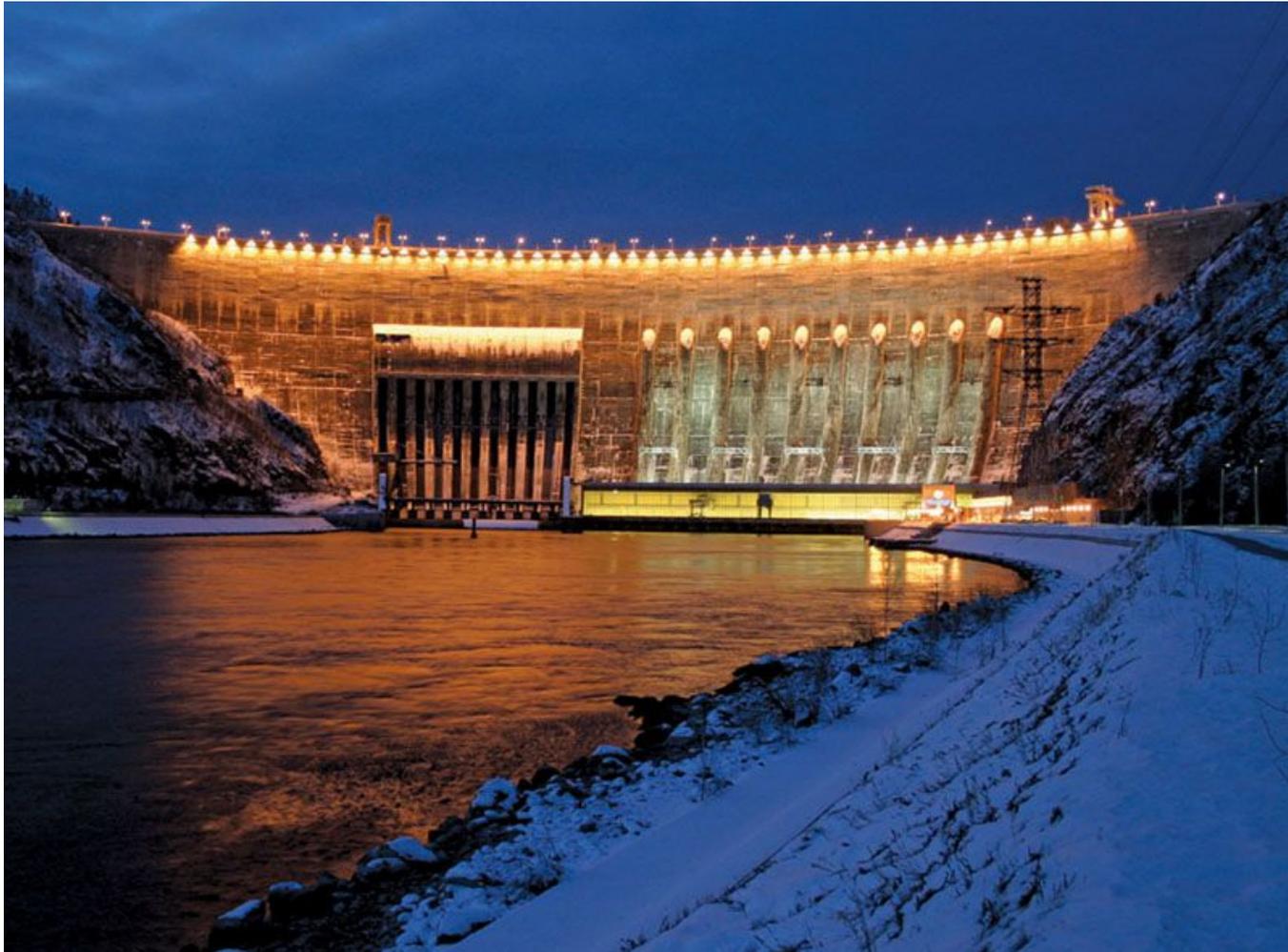
Оборудование плотины на р. Немане



Богучанская ГЭС на р. Ангаре



Саяно-Шушенская ГЭС на р. Енисее



ГЭС Три ущелья, р. Янцзы



Судоподъемник Красноярской ГЭС на р. Енисее



Dmitriy Chistoprudov | 28-300.ru Photo Agency

Козловые краны на водосливной плотине



2. ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ МАШИНЫ-1

3. ГИДРОТУРБИНЫ

Классы турбин:

- реактивные;
- активные.

Типы турбин:

реактивные – осевые (поворотные-лопастные ПД (Каплана); пропеллерные (Пр)); радиально-осевые (Френсиса) РО; диагональные Д и др.

активные – ковшовые К (Пельтона); поперечно-струйные (Банки); наклонно-струйные (Тюрго); свободно-поточные (СП)

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ МАШИНЫ-2

Насосы

По характеру силового воздействия, а следовательно, и по виду рабочей камеры различают насосы **динамические и объемные**. В динамическом насосе силовое воздействие на жидкость осуществляется в проточной камере, постоянно сообщаемой с входом и выходом насоса. В **объемном насосе** силовое воздействие на жидкость происходит в рабочей камере, периодически изменяющей свой объем и попеременно сообщаемой со входом и выходом насоса.

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ МАШИНЫ-3

Насосы

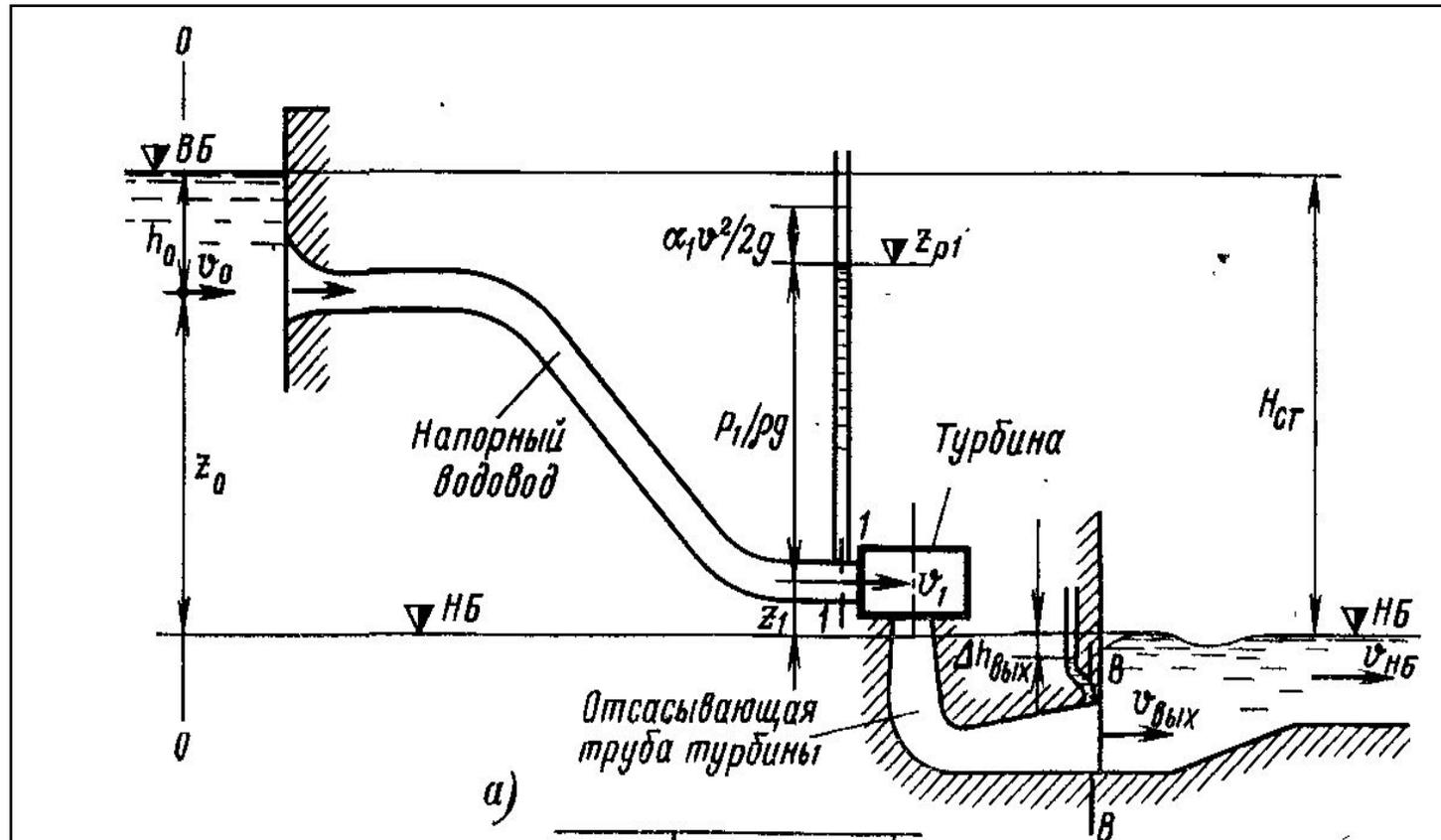
- К динамическим насосам относятся:
 - 1) **лопастные:** а) *центробежные*; б) *осевые*;
 - 2) **электромагнитные**;
 - 3) **насосы трения:** а) *вихревые*; б) *шнековые*;
- в) *дисковые*; г) *струйные* и др.

- К объемным насосам относятся:
 - 1) **возвратно-поступательные:** а) *поршневые* и *плунжерные*; б) *диафрагменные*;
 - 2) **крыльчатые**;
 - 3) **роторные:** а) *роторно-вращательные*; б) *роторно-поступательные*.

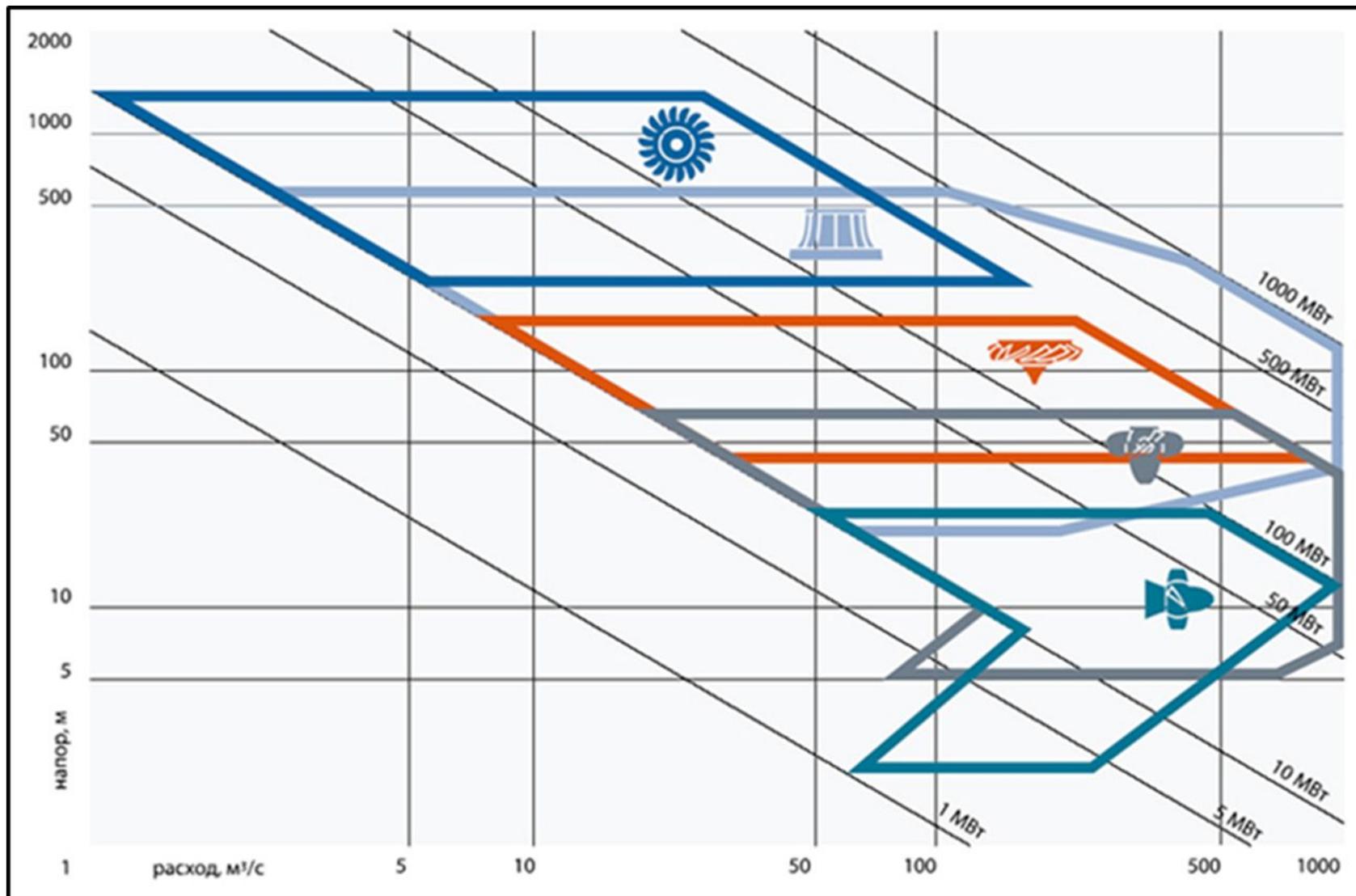
ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ МАШИНЫ-4

- **Обратимые гидромашины (ГМ)**
- Это гидромашины, которые работают и как турбины, и как насосы.
- Обратимые ГМ применяются на ГАЭС.
- При работе ГАЭС как ГЭС обратимые ГМ эксплуатируются как гидротурбины.
- При работе ГАЭС как НС обратимые ГМ эксплуатируются как гидронасосы.

Схема установки турбины на ГЭС



Область применения гидравлических турбин



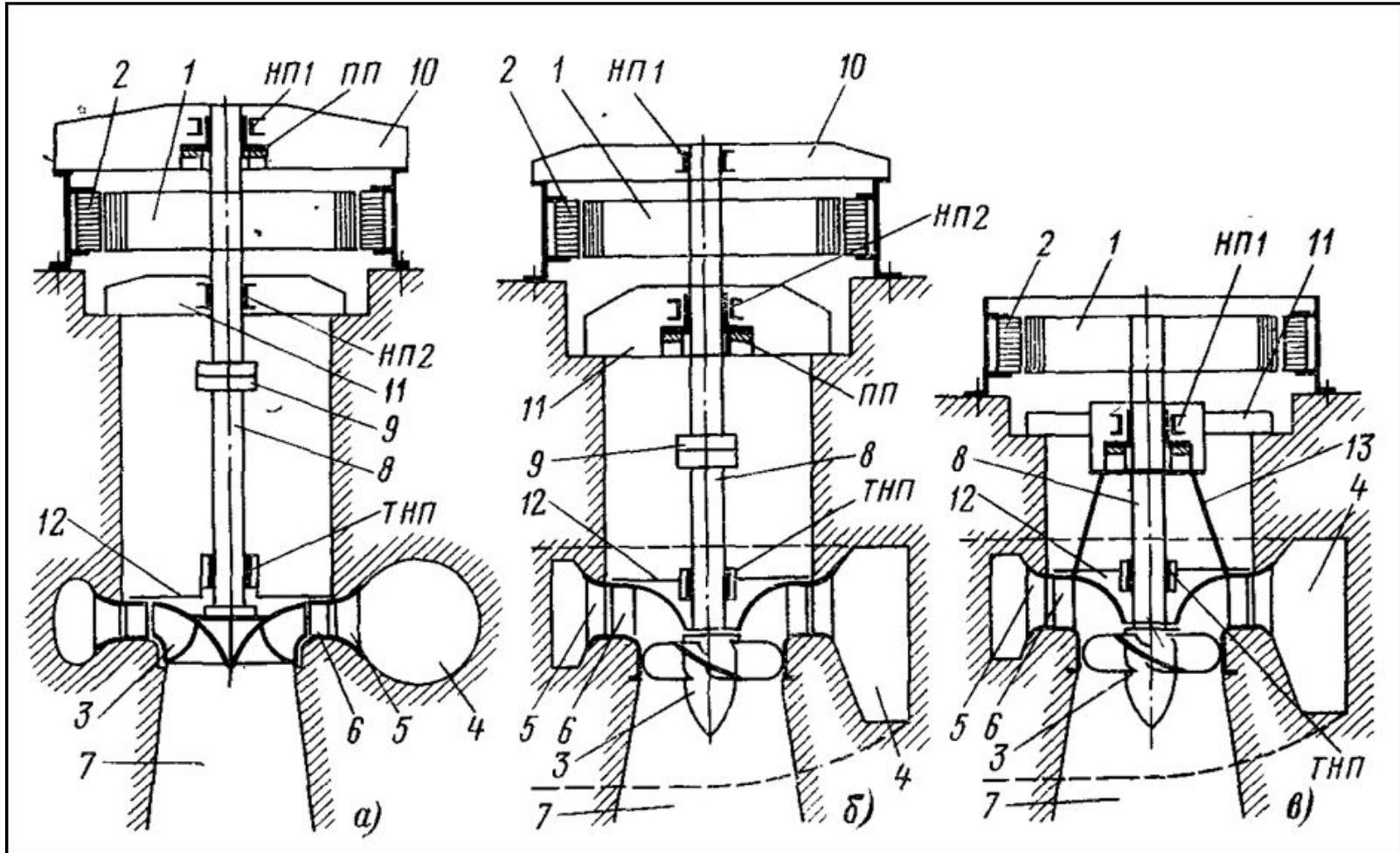
КОНСТРУКЦИИ ГИДРОТУРБИН

- Турбина состоит из следующих элементов:
- – рабочего колеса (ротора турбины);
- – статора турбины (неподвижной части);
- – устройства, подводящего к турбине воду;
- – устройства, отводящего от турбины воду;
- – устройства для изменения расхода воды;
- – системы управления работой турбины.
- Турбины являются частью гидроагрегата.
- Гидроагрегат – это совокупность гидромашины и элетромашины.
- На ГЭС гидроагрегат состоит из гидротурбины и гидрогенератора; на ГАЭС – из насосотурбины и двигателя-генератора; на НС – из насоса и электродвигателя.

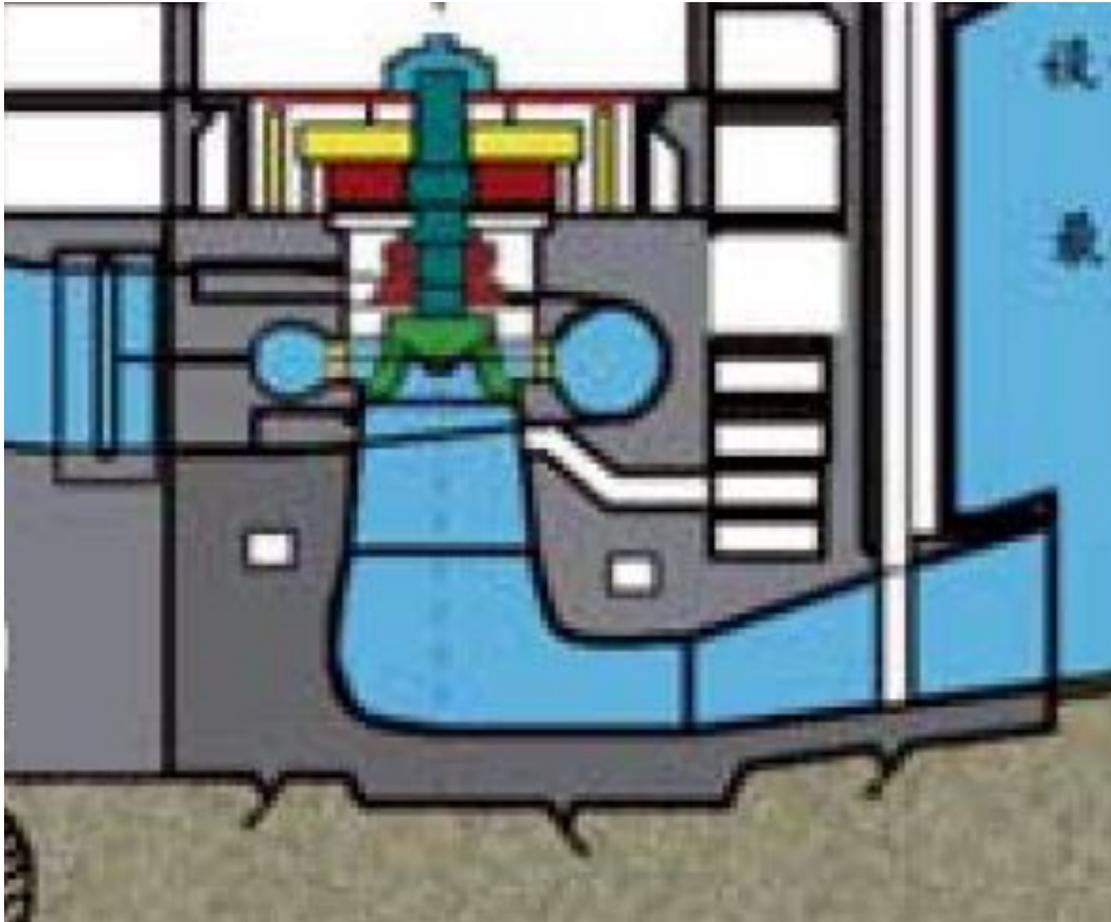
Вертикальный гидроагрегат



Схемы гидроагрегатов с реактивными турбинами



Компоновка гидроагрегата – разрез вдоль тока воды

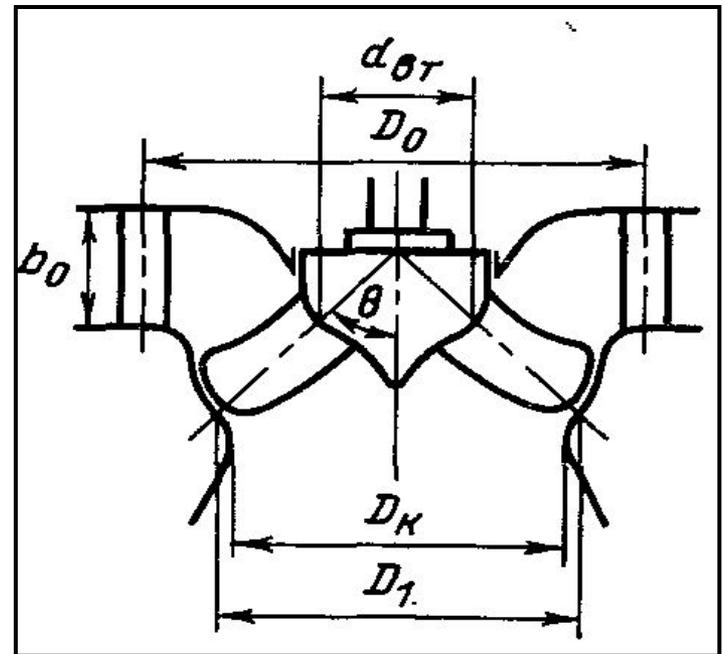
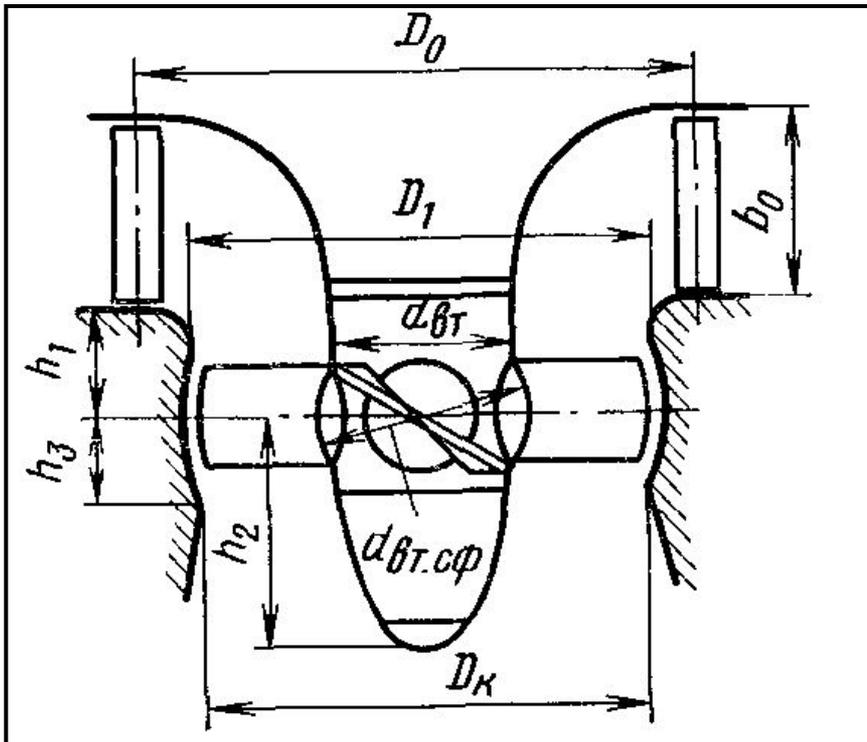


Схемы гидроагрегатов (условные обозначения)

1 – ротор генератора; 2 – статор генератора; 3 – рабочее колесо; 4 – турбинная камера; 5 – колонны статора турбины; 6 – лопатки направляющего аппарата; 7 – отсасывающая труба; 8 – вал; 9 – фланец вала; 10 – верхняя крестовина; 11 – нижняя крестовина; 12 – крышка турбины; 13 – опорная конструкция; НП – направляющий подшипник; ПП – подпятник; ТНП – турбинный направляющий подшипник

Реактивные гидротурбины

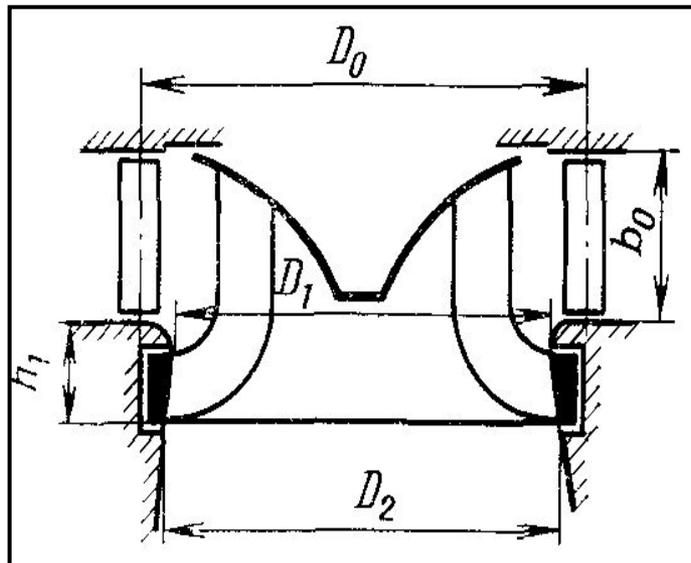
Поворотно-лопастная ПЛ



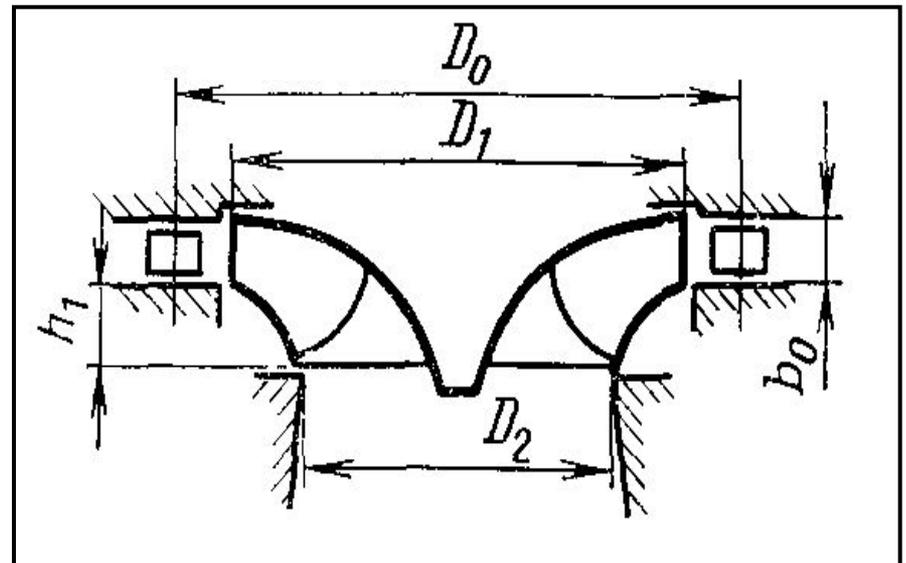
Реактивные гидротурбины

- Радиально-осевые РО

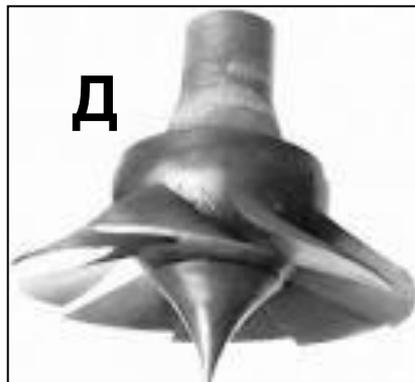
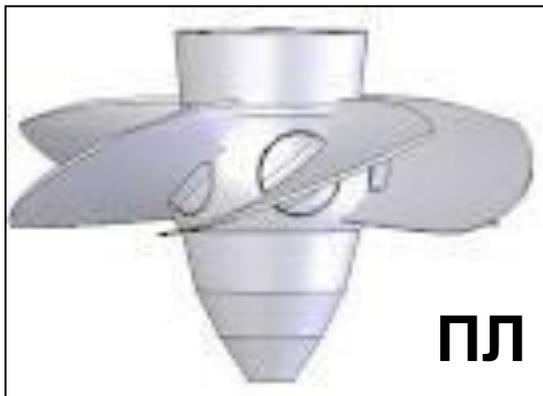
$$D_2 \geq D_1$$



$$D_2 \leq D_1$$



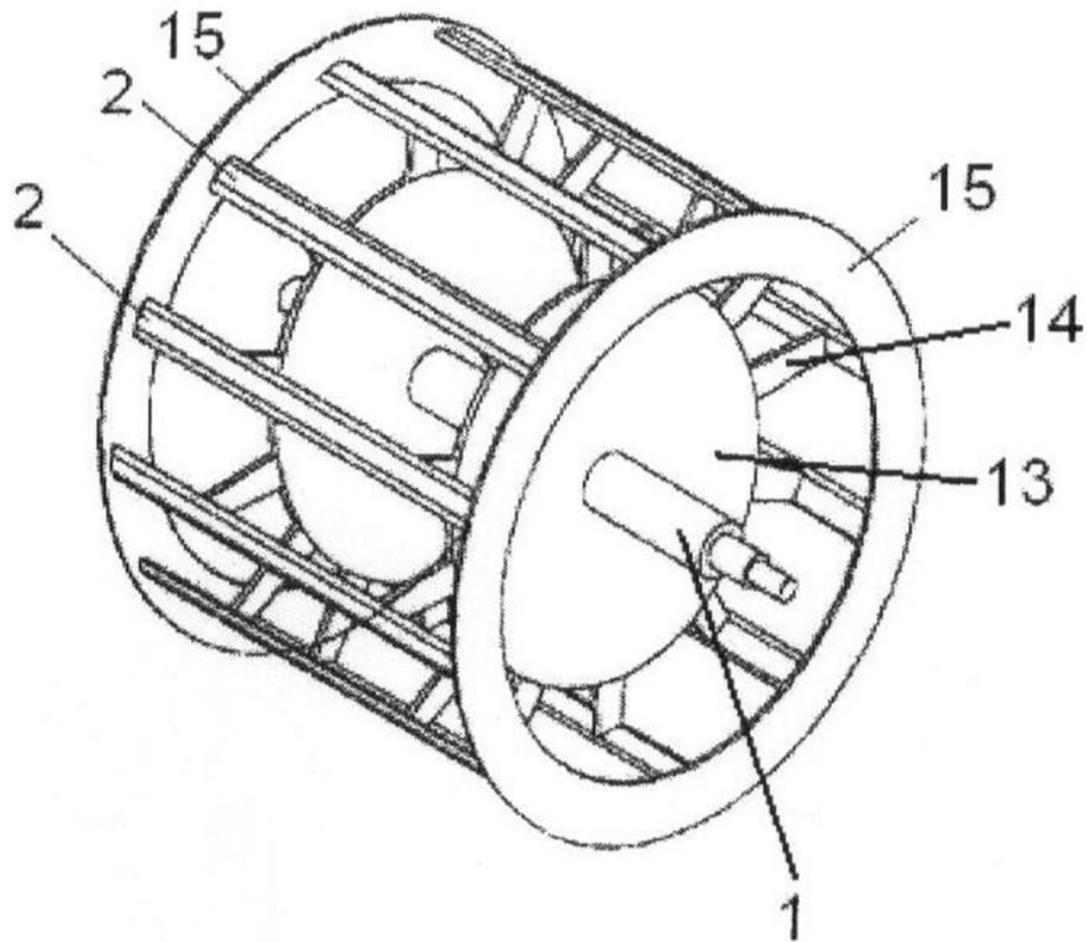
РАБОЧИЕ КОЛЕСА



Турбина с турбинной камерой и отсасывающей трубой

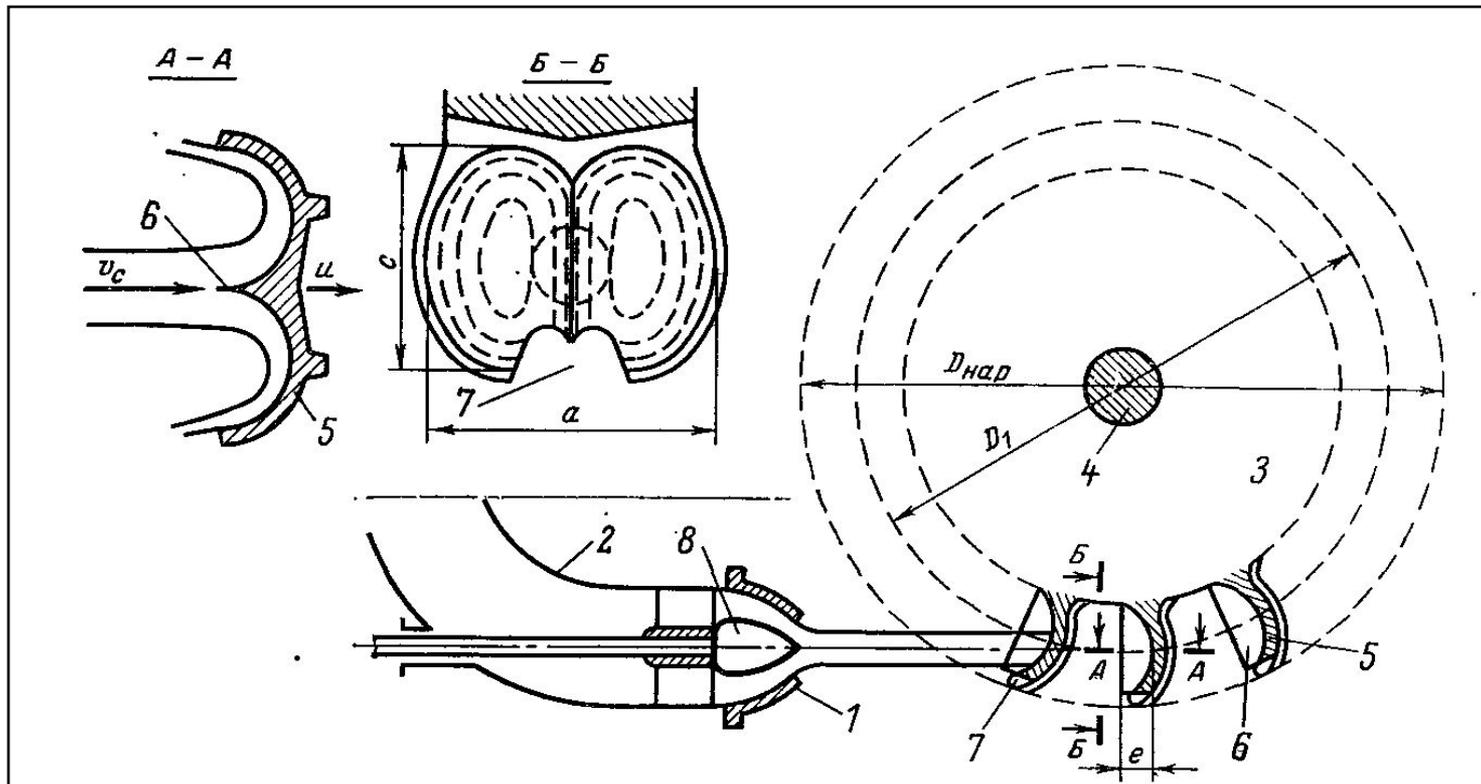


Ортогональная турбина



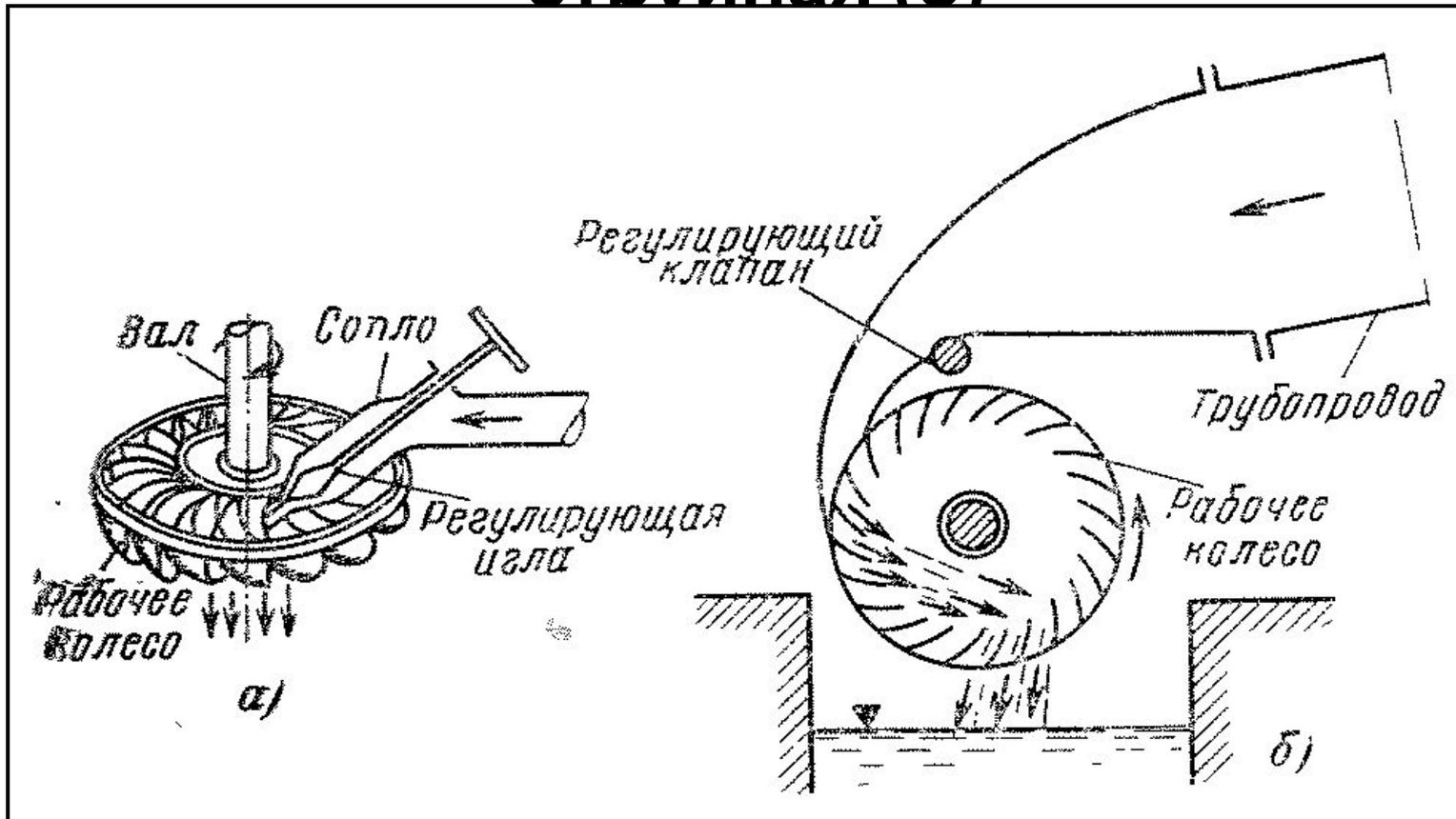
Активные гидротурбины

- Ковшовая К



Активные гидротурбины

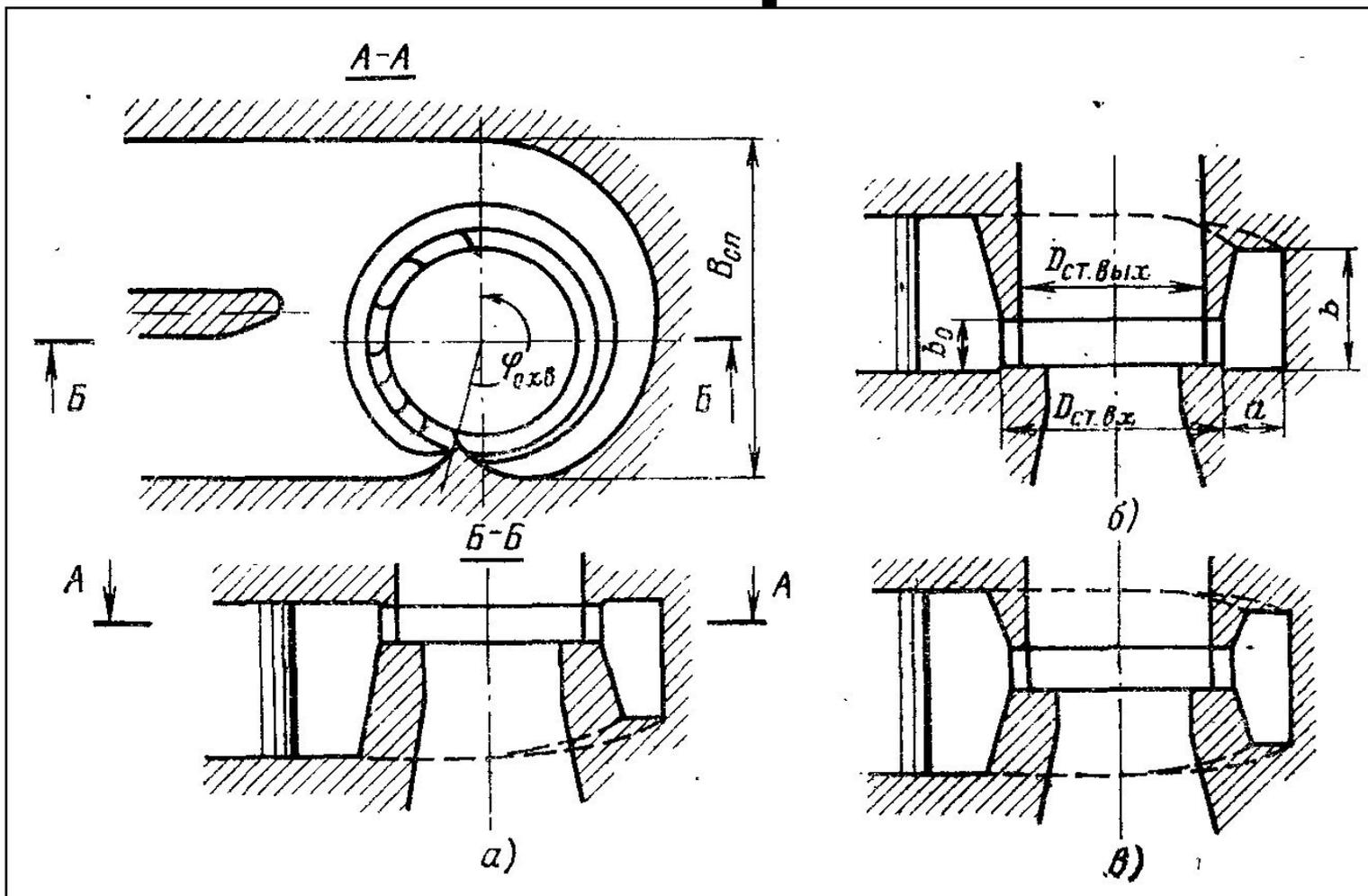
Наклонно-струйная (а) и поперечно-струйная (б)



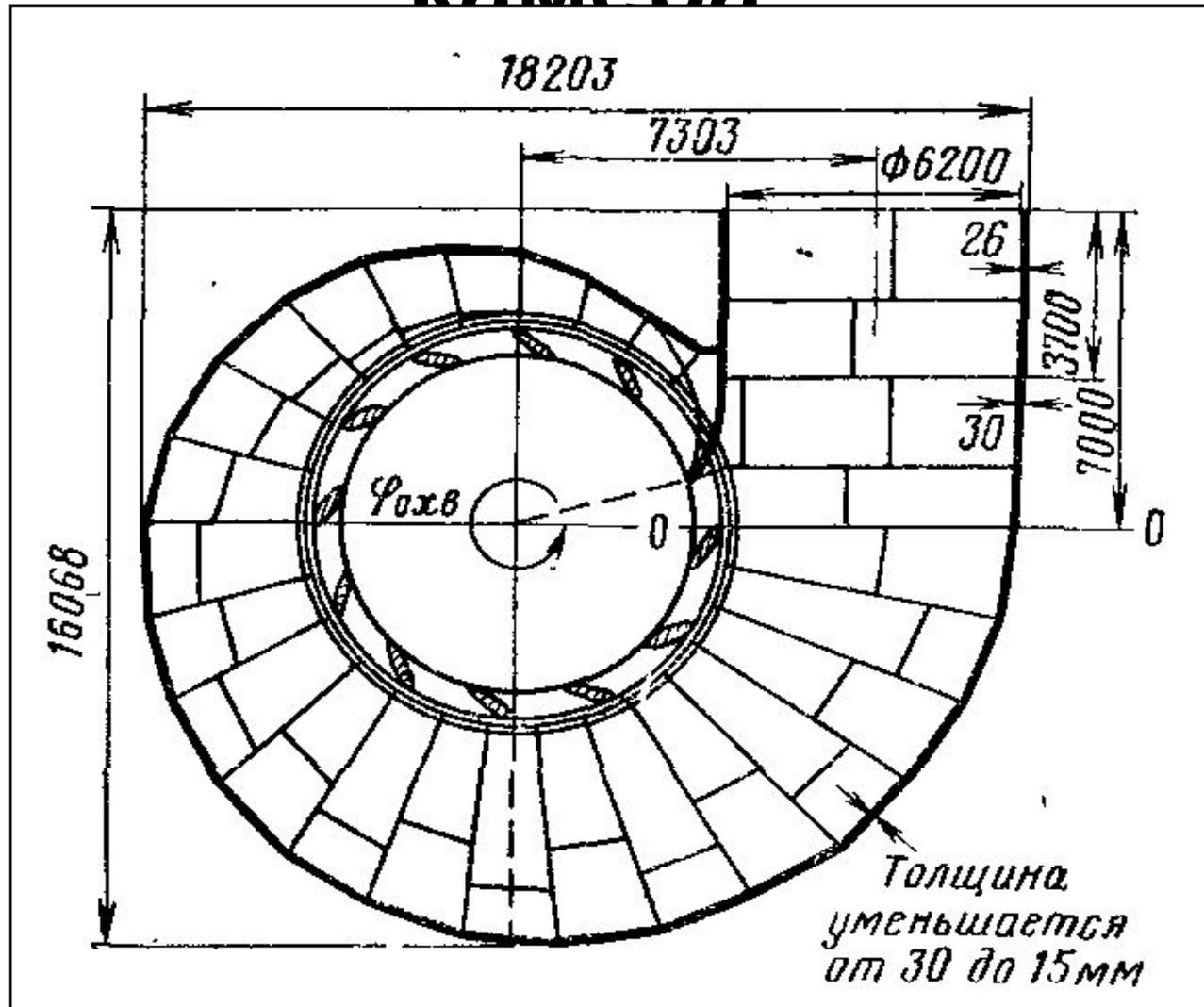
Турбинные камеры

- Назначение: подвод воды к рабочему колесу.
- Виды: открытая (безнапорная); закрытые – прямоугольная; кожуховая; спиральная; прямоточная.
- Конструкция: по материалам – бетонная; железобетонная; стальная; сталежелезобетонная

Бетонная спиральная камера



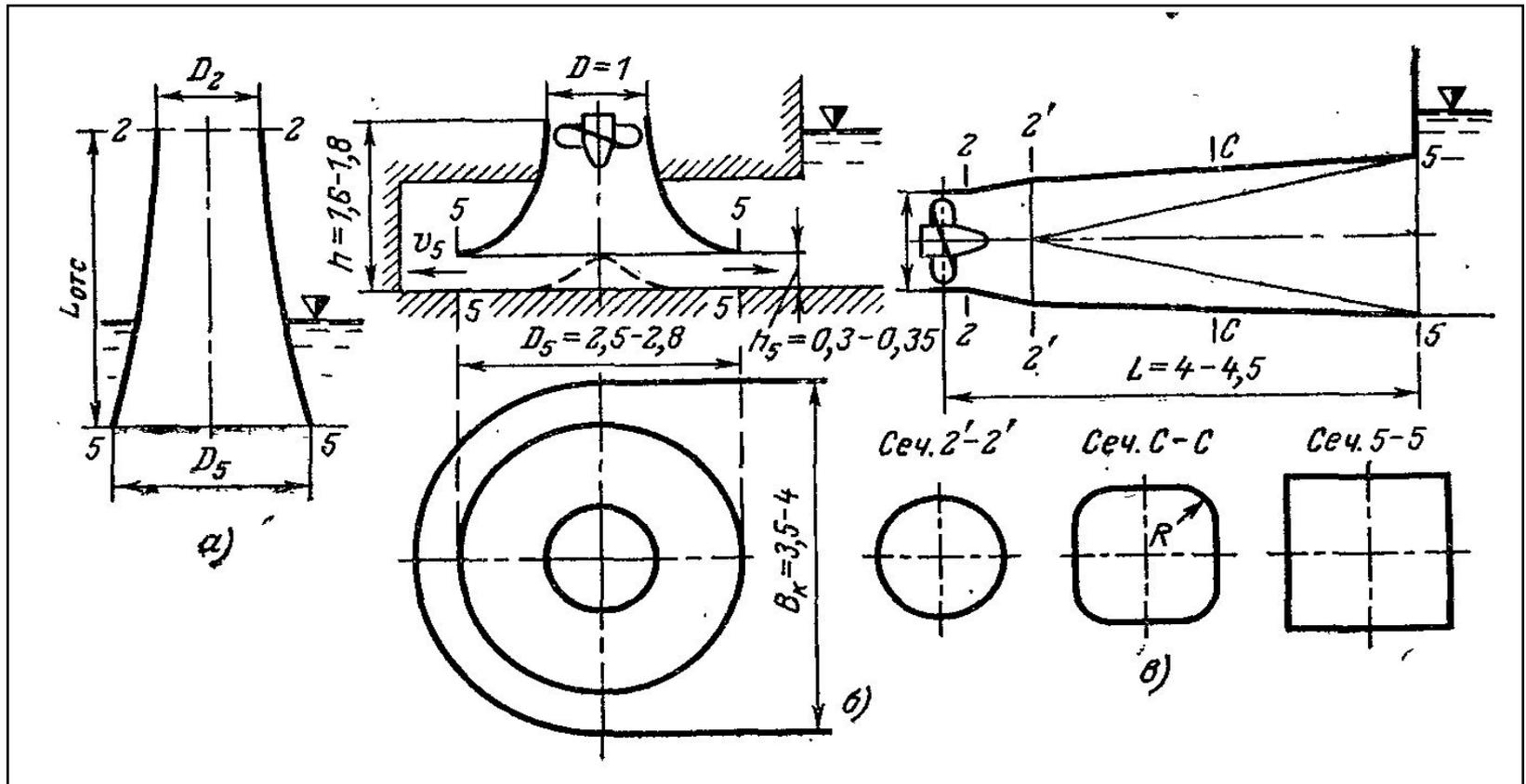
Металлическая спиральная камера



Отсасывающие трубы реактивных турбин

- Назначение: отвод воды от рабочего колеса в нижний бьеф.
- Виды: прямоосная; раструбная; изогнутая.

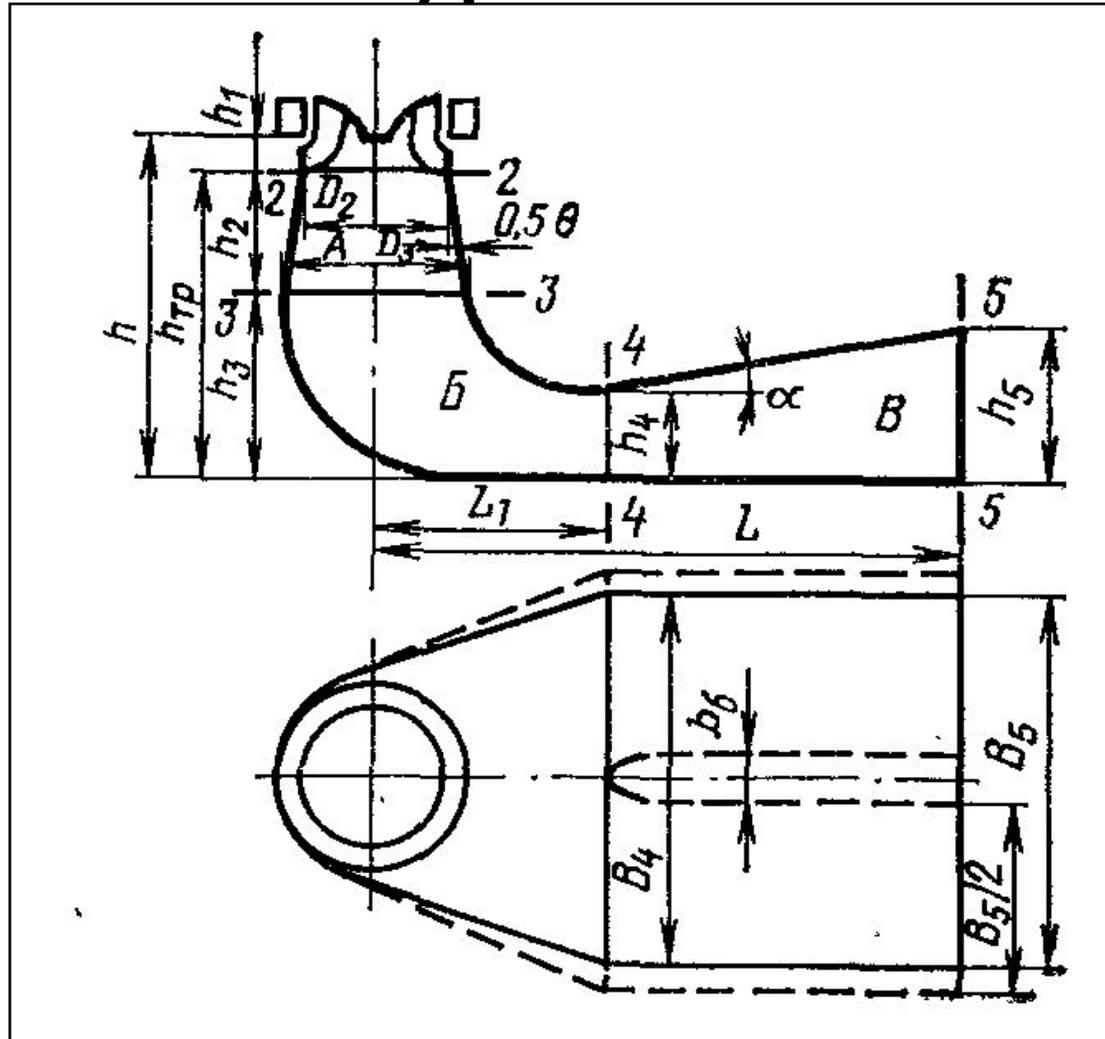
ОТСАСЫВАЮЩИЕ ТРУБЫ



Прямоосные отсасывающие трубы:

- а) коническая с криволинейной образующей; б) раструбная; в) для горизонтальных турбин

Изогнутая отсасывающая труба для вертикальной турбины



КАВИТАЦИЯ В ТУРБИНАХ

Кавитация (от [лат.](#) *cavitas* — пустота) — образование в жидкости полостей (пузырьков, или каверн), заполненных [паром](#). Возникает при разрыве жидкости вращающимся рабочем колесом

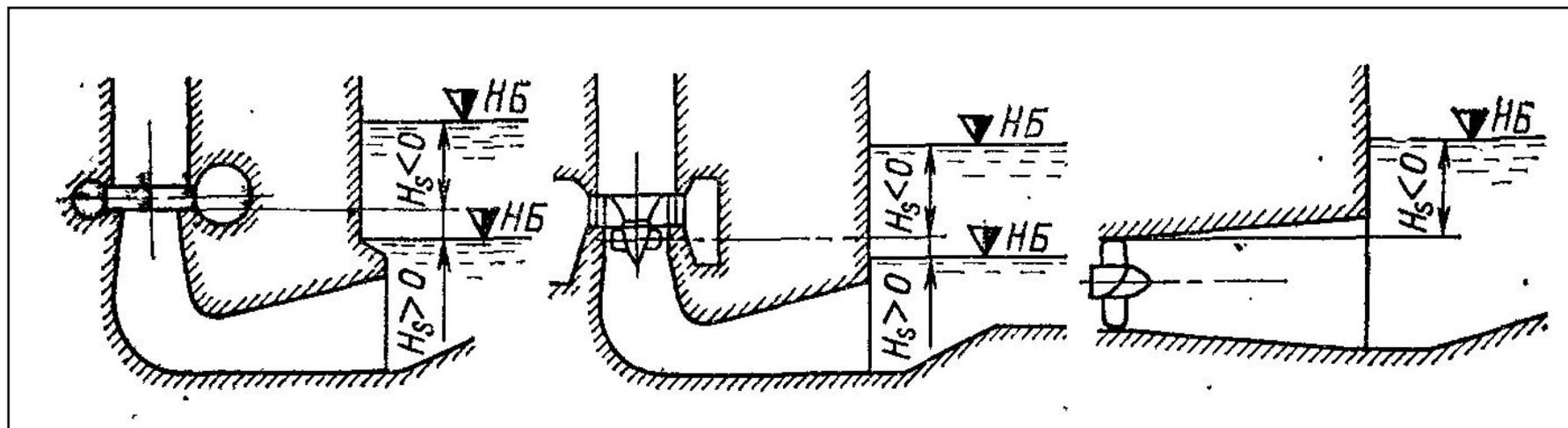
Отметка рабочего колеса

$$PK = \text{УНБ}_{\text{МИН}} + H_s,$$

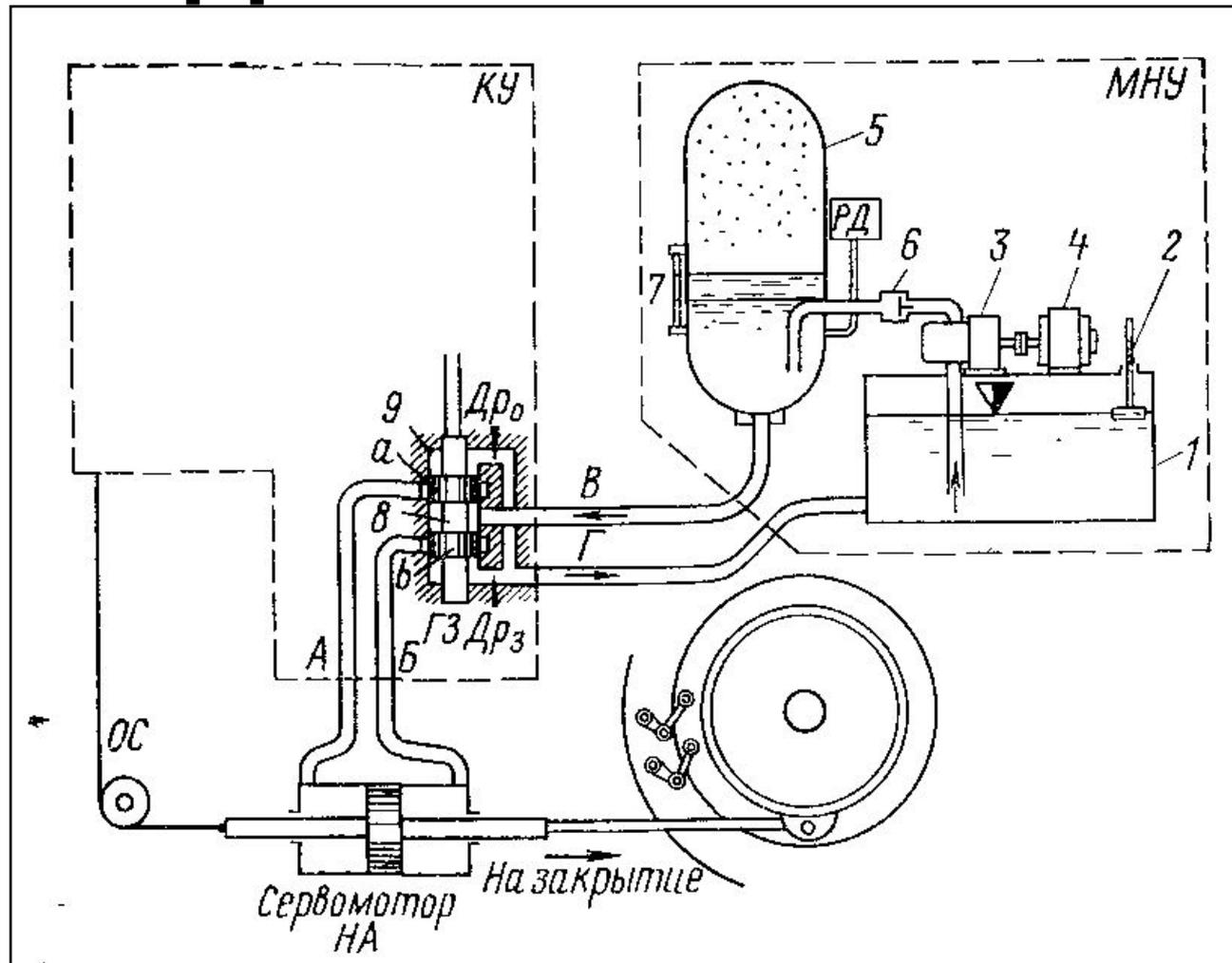
где $\text{УНБ}_{\text{МИН}}$ — минимальный уровень нижнего бьефа в месте установки

$$H_s \leq 10 - \frac{V}{900} - \sigma_T H.$$

Отсчет высоты отсасывания в различных турбинах



СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ГИДРОТУРБИНАМИ



Задачи системы регулирования

- Пуск турбины в работу
- Остановка агрегата
- Поддержание синхронной частоты вращения
- Выдача требуемой мощности
- Выдача мощности в соответствие с расходом и напором
- Защита агрегата в случае аварии

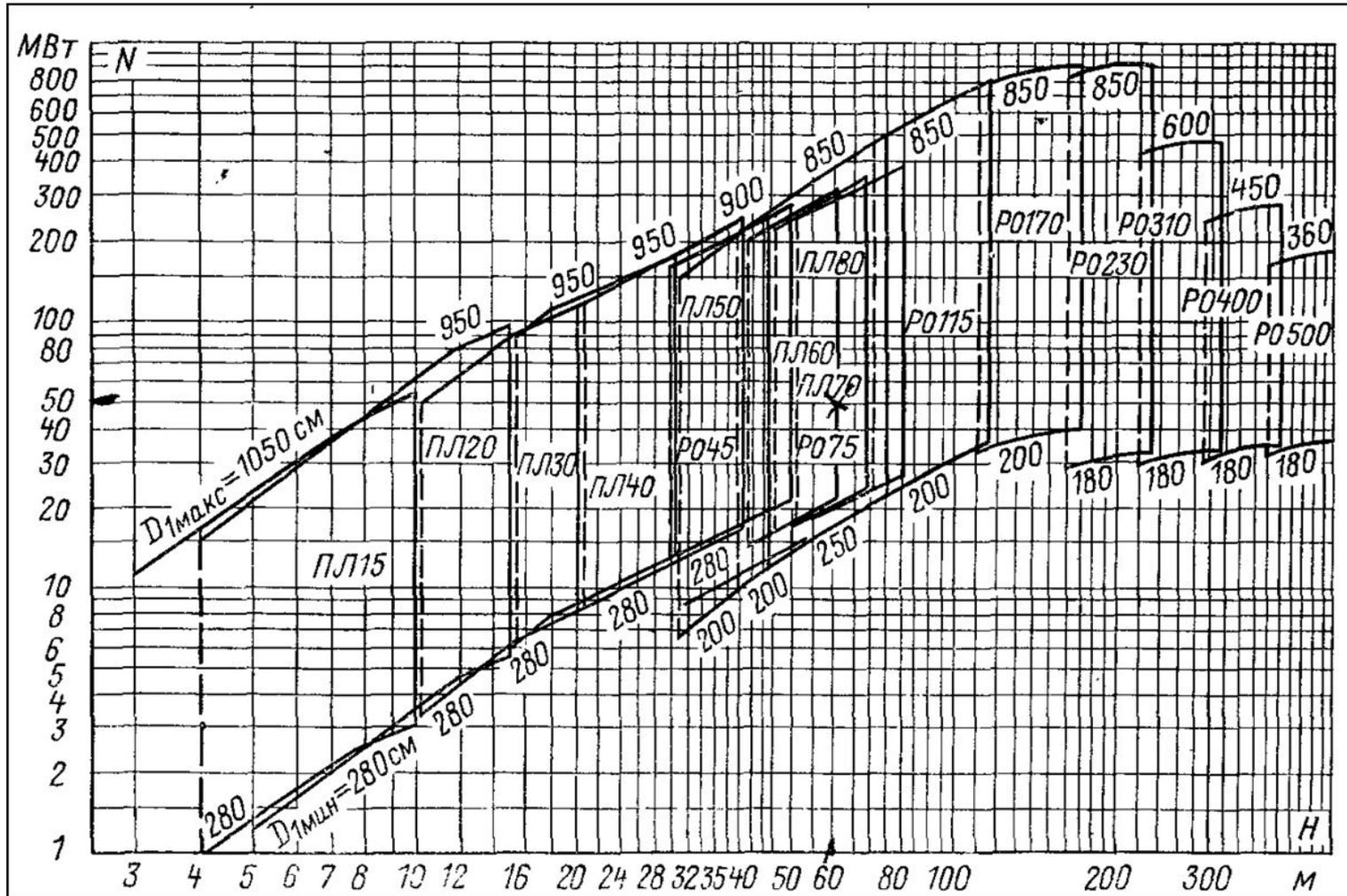
ПОДБОР ГИДРОТУРБИН

- Подобрать турбину – это:
- 1) определить вид турбины – активная, реактивная;
- 2) определить тип турбины – ПЛ, Д, РО, К и др.;
- 3) определить типоконструкцию – ПЛ20, Д60, РО230 и т. д.
- 4) подобрать стандартный диаметр РК – $D1$;
- 5) подобрать синхронную частоту вращения – n ;
- 6) определить высоту отсасывания – H_s ;
- 7) подобрать турбинную камеру и отсасывающую трубу.

Тип турбины

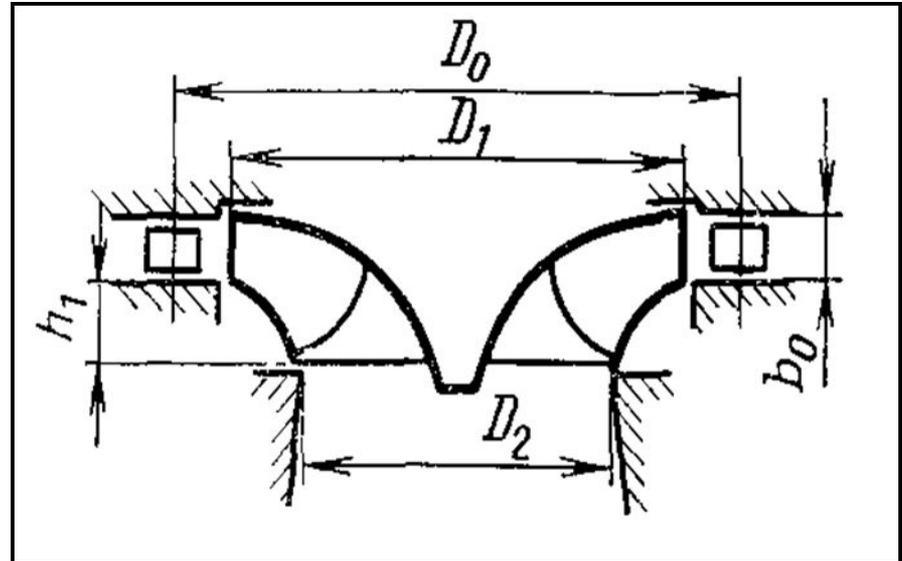
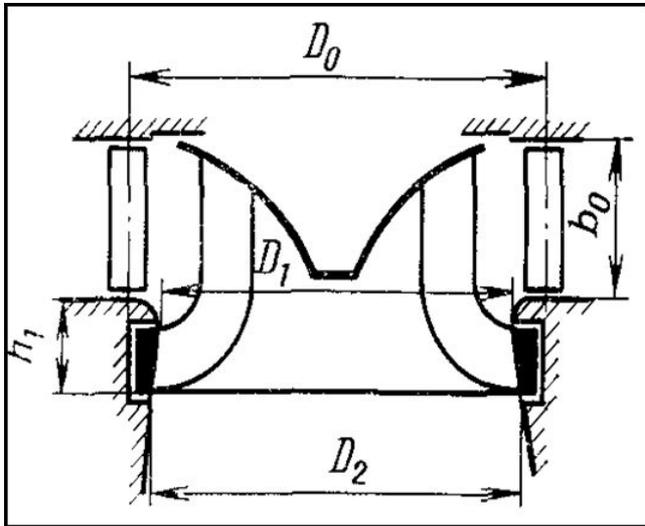
- Тип турбины определяется , главным образом, максимальным напором. В описании типа первые буквы обозначают систему турбины: ПЛ, Д, РО, К и т. д. Следующие цифры обозначают возможный максимальный напор, например, ПЛ-20; РО-75 и т. д.
- Далее указывается исполнение: В – вертикальное, Г – горизонтальное; затем буква, показывающая тип турбинной камеры: Б – бетонная, М – металлическая; последние цифры дают диаметр рабочего колеса в см.
- Таким образом, шифр турбины будет, например,
 - ПЛ-20ВБ-500 или РО-75ГМ-600.
- Мощность одной турбины: $N_{1Т} = N_y/z$,
где N_y – установленная мощность; z – количество турбин.

Номенклатура турбин ОАО «ЛМЗ»



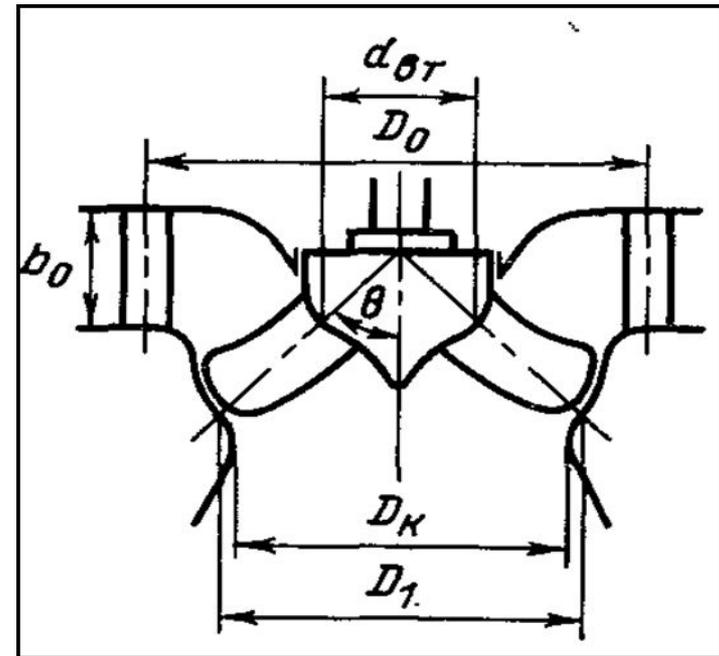
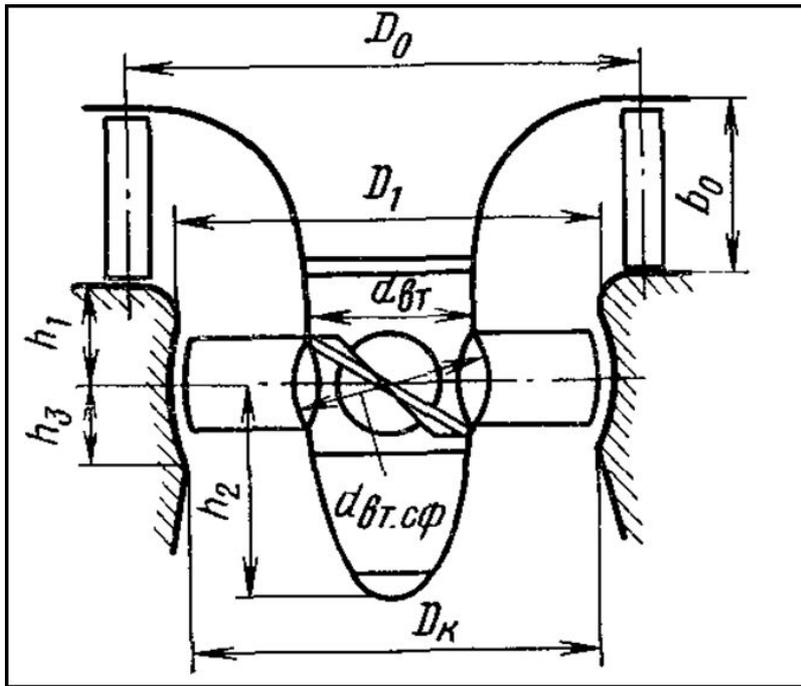
Проточная часть турбин-1

- По данным подбора вычерчивается проточная часть в виде (для РО):



Проточная часть турбин-2

- По данным подбора вычерчивается проточная часть в виде (для ПЛ и Д):



Определение отметки рабочего колеса

- Отметка рабочего колеса

$$PK = УНБ_{МИН} + H_s'$$

где $УНБ_{МИН}$ – минимальный уровень нижнего бьефа; высота отсасывания

$$H_s \leq 10 - \frac{V}{900} - \sigma_T H.$$

где σ_T – коэффициент кавитации, соответствующий выбранному приведенному расходу.

Определение выработки электроэнергии ГЭС

- Общая формула для выработки:

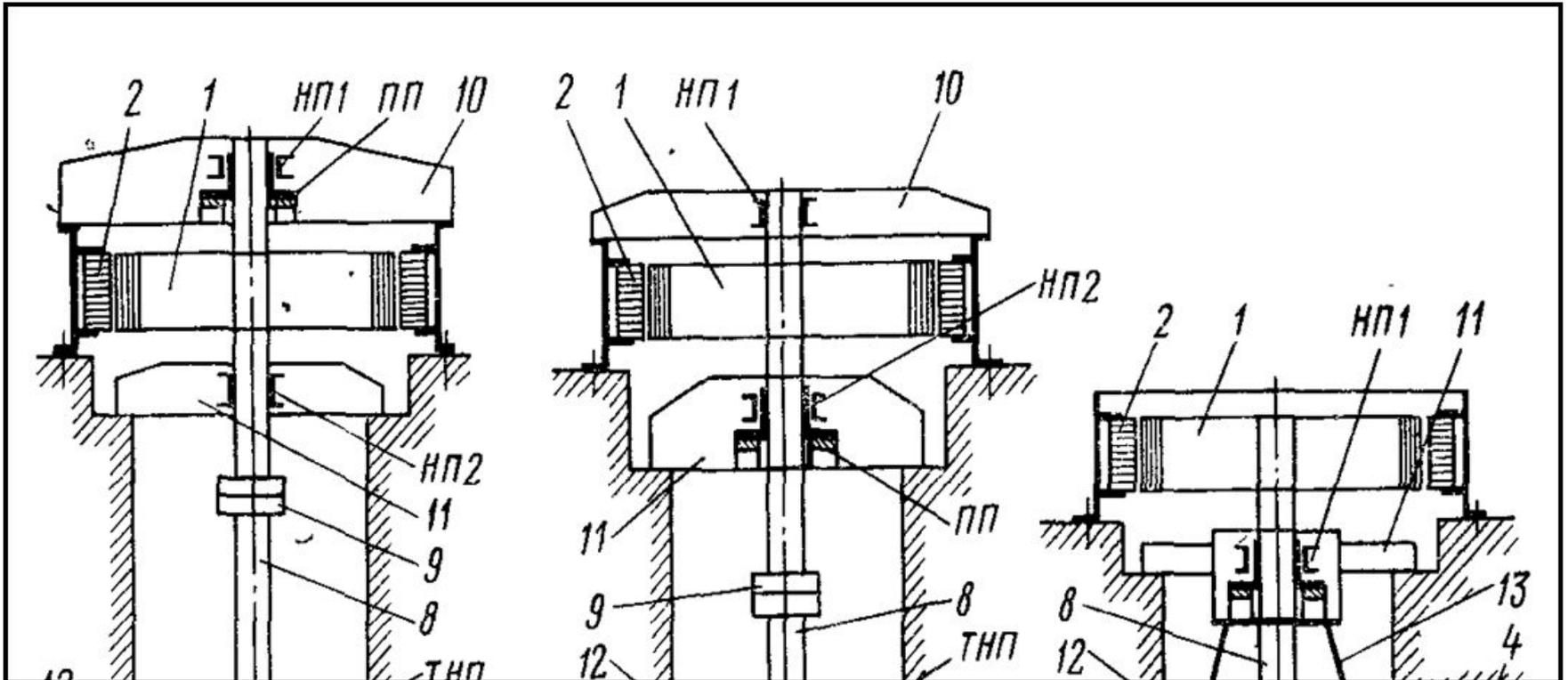
$$\mathcal{E} = \int_0^T N dt = \int_0^T 9,81 \eta Q H dt.$$

- Однако проинтегрировать не удастся из-за произвольной зависимости $N(t)$. Поэтому выработку определяют приближенно. Например, если принять $N(t) = \text{const} = N_{\text{ср}}$
 - $\mathcal{E} = N_{\text{ср}} T.$
- $N_{\text{ср}}$ – средняя мощность за период T .
- При определении \mathcal{E} за год: $\mathcal{E} = 8760 N_{\text{ср}}$, кВт·ч.

Гидрогенераторы

- Принцип работы
- Схема генератора
- Конструкция генератора – подвесного и зонтичного
- Охлаждение генератора

Схемы вертикальных гидрогенераторов



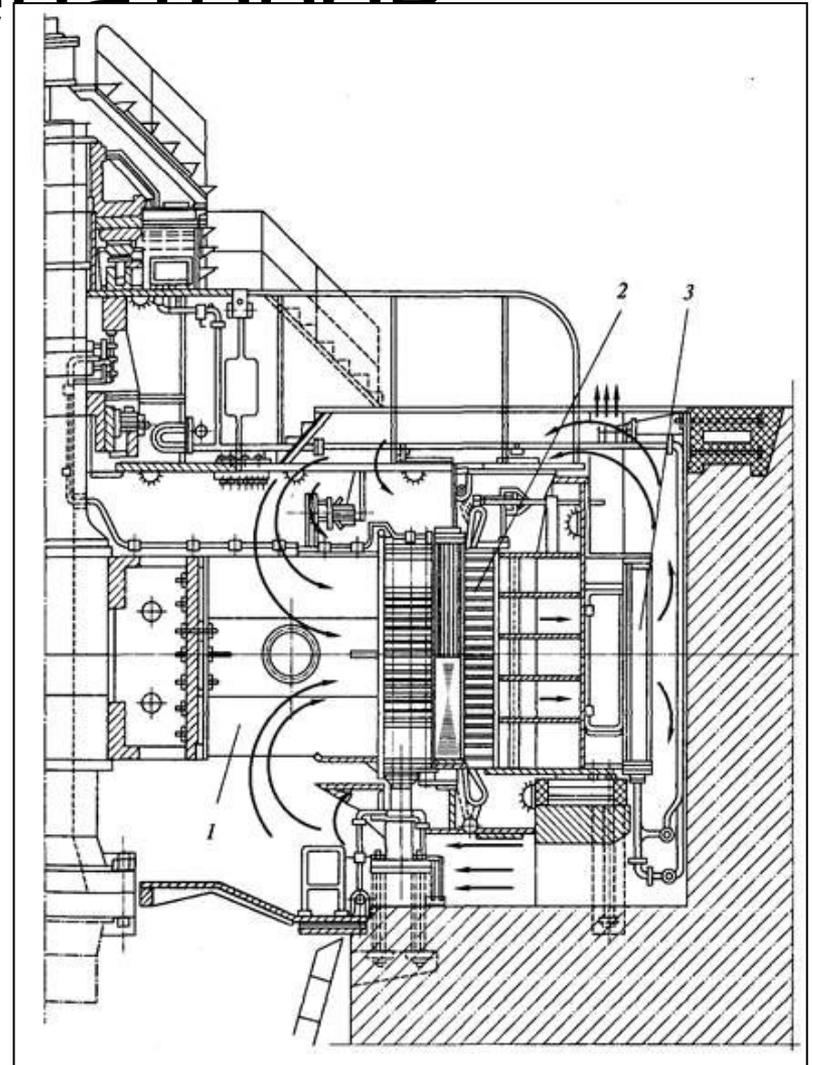
Подвесной

Зонтичный

Зонтичный с опорой на крышку турбины

Охлаждение гидрогенераторов

- 1-ротор;
- 2-статор;
- 3-охладитель



ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

- ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СХЕМА состоит из:
- Системы низкого (генераторного) напряжения
- Системы высокого напряжения (напряжения ЛЭП)
- Системы собственных нужд: для освещения, системы регулирования, двигателей насосов, компрессоров, для системы пожаротушения, вентиляции, кондиционирования

ПЕРЕДАЧА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ-1

- Передача электроэнергии осуществляется на большие расстояния, так как обычно потребители находятся достаточно далеко от источников электроэнергии – электростанций. Передача производится по воздушным (ВЛ) линиям – ЛЭП. Достаточно редко передача осуществляется кабельными (КЛ) линиям, под землей, так как такая передача дорога

Линия электропередач (воздушная)



ПЕРЕДАЧА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ-2

- Передача электроэнергии – это, прежде всего, передача мощности, определяемой формулой (для переменного тока):
 - $N=IU\cos\varphi$,
- где I – сила тока, А; U – напряжение, В; $\cos\varphi$ – коэффициент мощности, $\cos\varphi=0,7-0,9$.

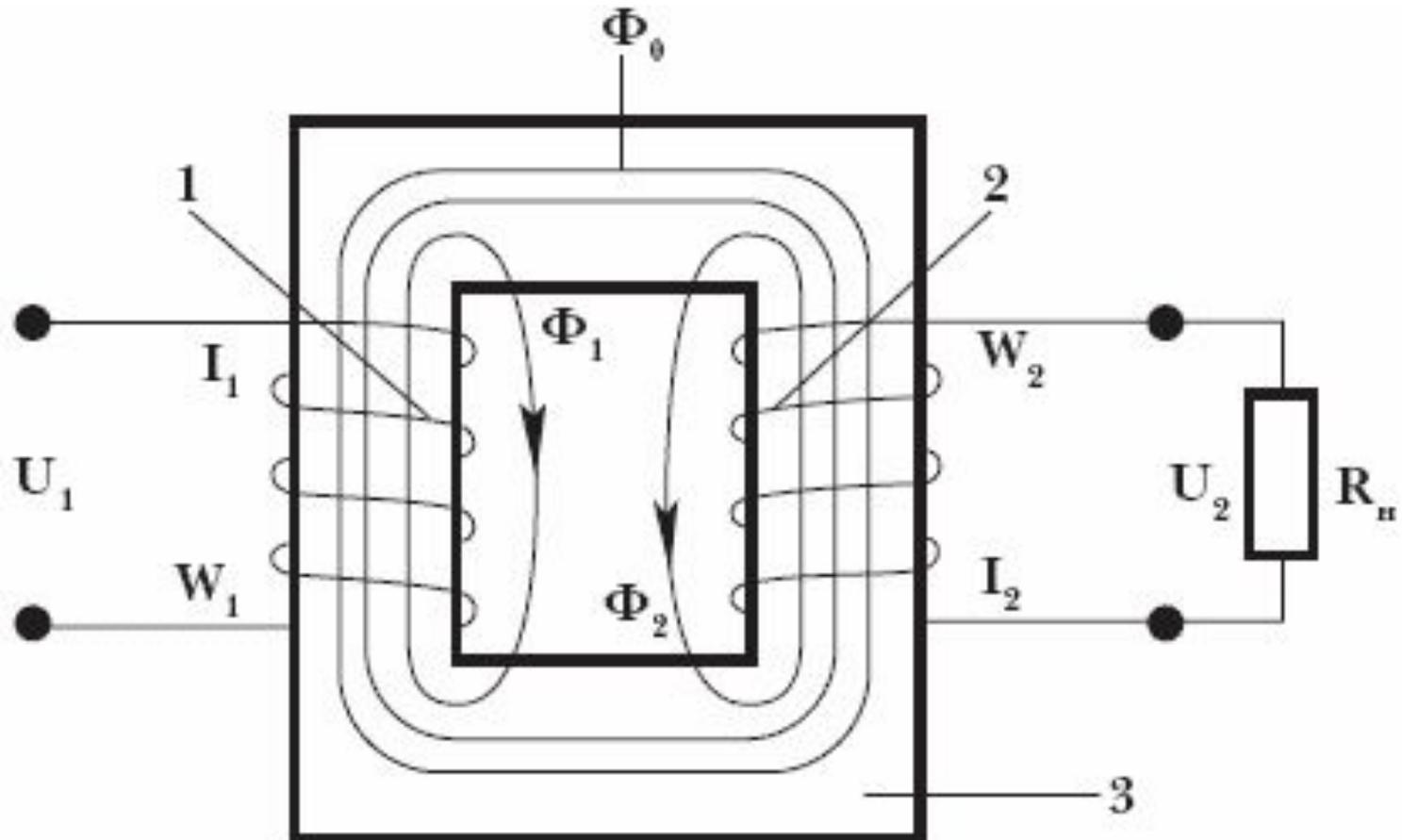
Варианты передачи электроэнергии

- Возможны два варианта передачи мощности:
- - небольшим напряжением U , таким, какое выдает генератор. При этом силой тока I будет большой; в этом случае потребуются провода большого сечения, т. е. большого веса, что потребует мощных опор.
- - большим напряжением, но малой силой тока; тогда сечения проводов и мощность опор будут сравнительно небольшими. Однако при этом потребуется повышение напряжения, для чего используются электрические трансформаторы для повышения напряжения.

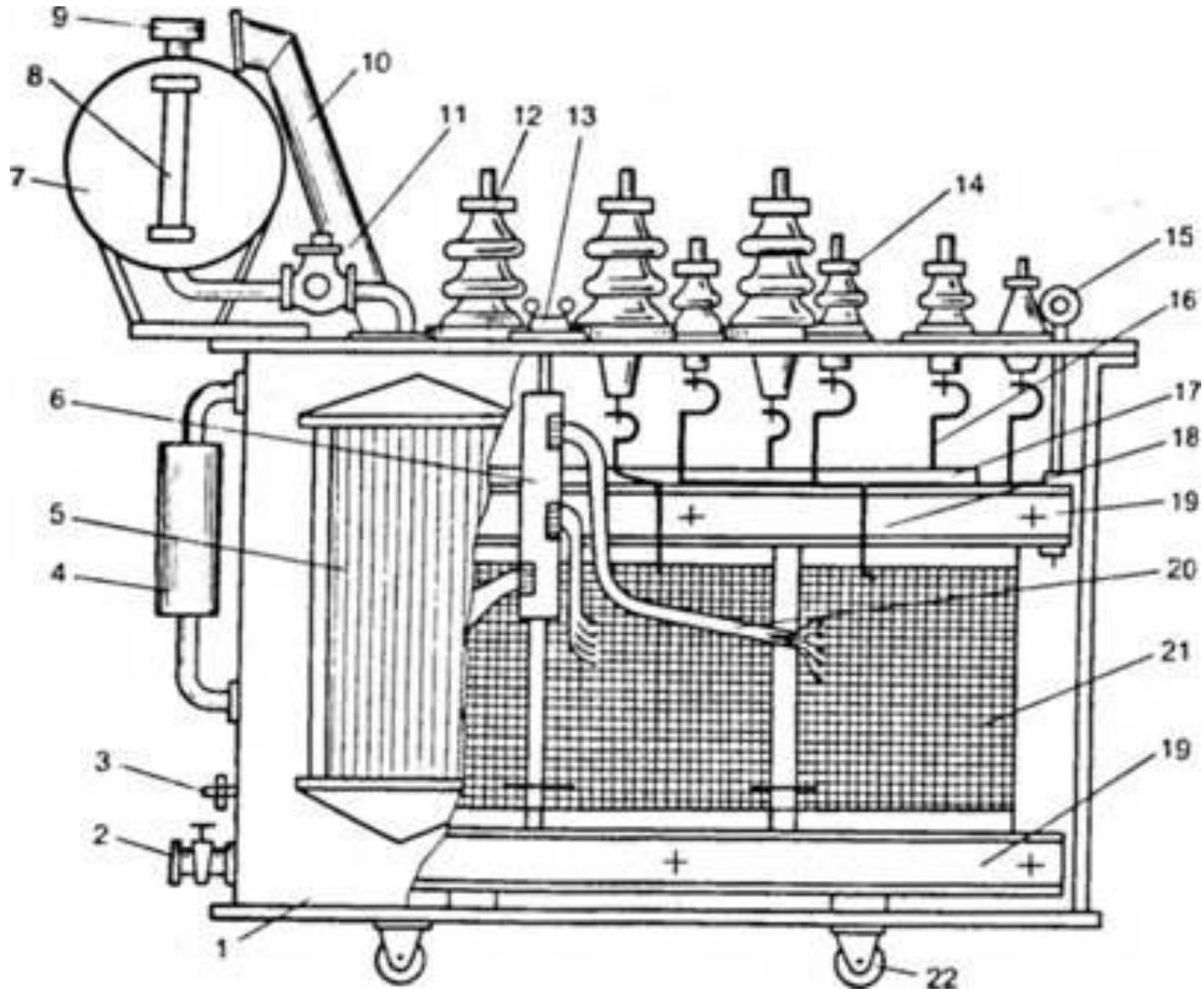
НАПРЯЖЕНИЕ ПЕРЕДАЧИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

- Передача производится по ЛЭП на высоком напряжении (110, 220, 330, 500, 750 кВ). Чем больше расстояние передачи, тем выше принимается напряжение.
- Напряжение гидрогенераторов 0,4, 6,3, 10, 20 кВ.

Схема трансформатора



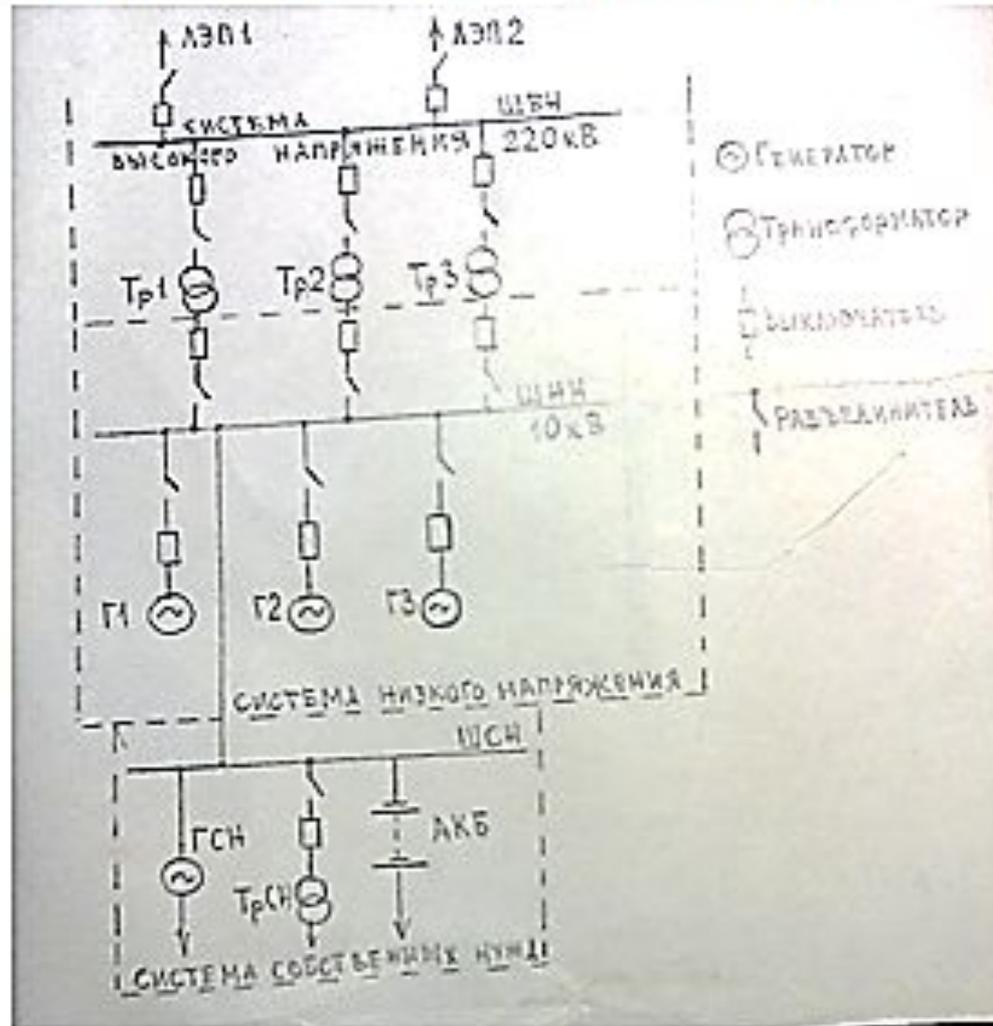
Конструкция трансформатора



Обозначения (для трансформатора)

- 1 — бак; 2 — вентиль; 3 — болт заземления; 4 — термосифонный фильтр; 5 — радиатор; 6 — переключатель; 7 — расширитель; 8 — маслоуказатель; 9 — воздухоосушитель; 10 — выхлопная труба; 11 — газовое реле; 12 — ввод ВН; 13 — привод переключающего устройства; 14 — ввод НН; 15 — подъемный рым; 16 — отвод НН; 17 — остов; 18 — отвод ВН; 19 — ярмовые балки остова (верхняя и нижняя); 20 — регулировочные ответвления обмоток ВН; 21 — обмотка ВН (внутри НН); 22 — каток тележки

Принципиальная электрическая схема ГЭС



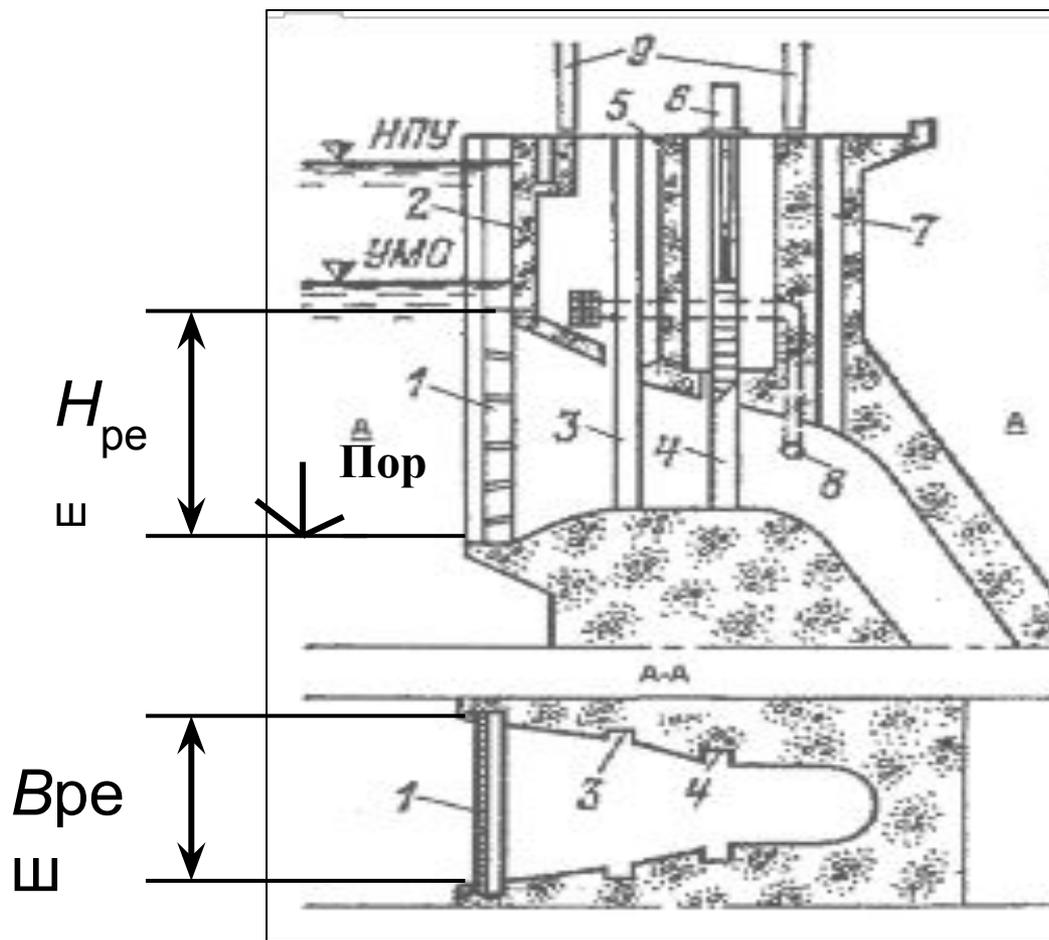
Состав электрической схемы

- Состав:
- система низкого (генераторного) напряжения (СНН);
- система высокого напряжения (СВН);
- система собственных нужд (ССН).
- СНН и ССН размещаются внутри здания ГЭС, СВН – вне здания, на открытом распределительном устройстве (ОРУ).

Открытое распределительное устройство



Размещение механического оборудования водоприемника



Обозначения

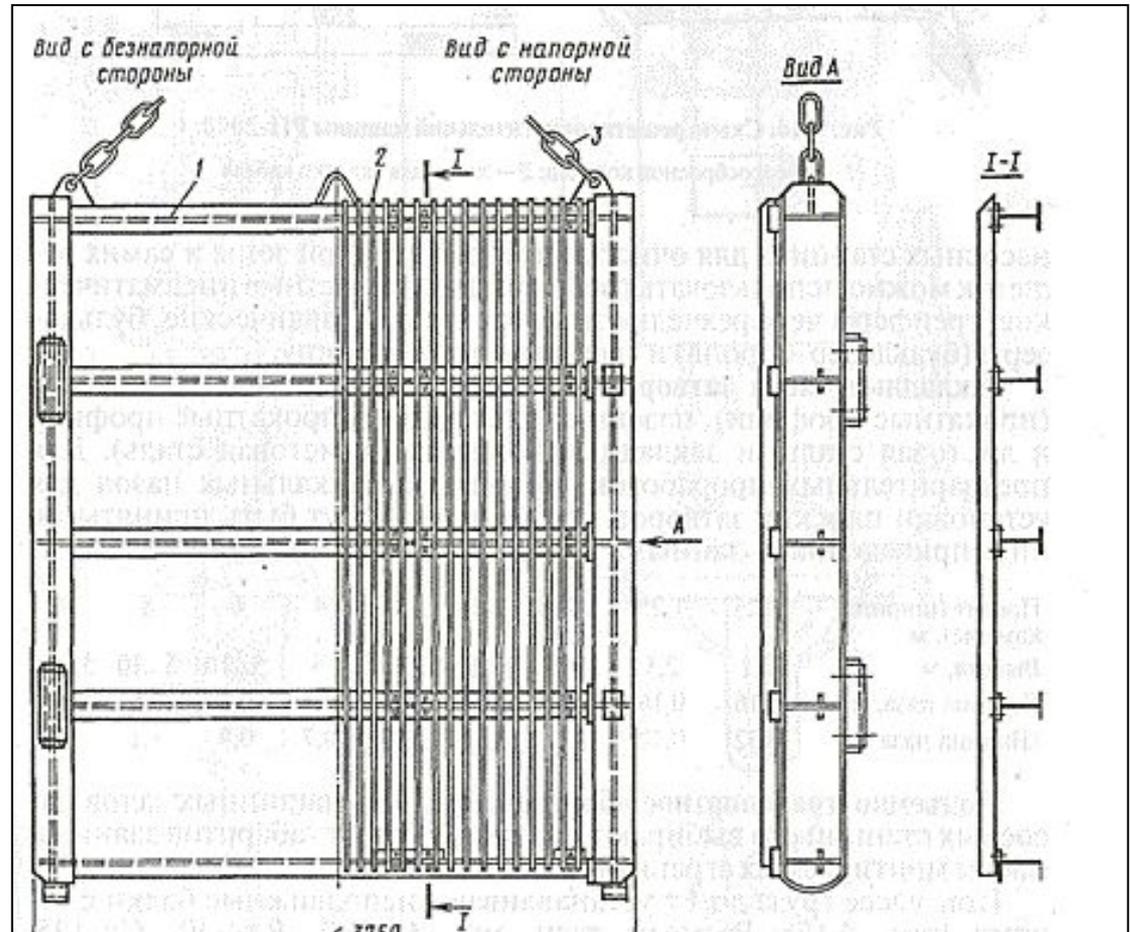
- Схема водоприемника: 1 – сороудерживающая решетка; 2 – забральная стенка; 3 и 4 – пазы ремонтного и аварийного затворов; 5 – промежуточная стенка; 6 – гидроподъемник; 7 – аэрационная труба; 8 – обводная труба (байпас); 9 – козловой кран (при использовании автомобильных кранов может отсутствовать)

Сороудерживающие решетки

- Решетки предназначены для задержания предметов, находящихся в глубине воды.
- Они представляют систему вертикальных стержней (стальных полос), закрепленных на раме.
- Расстояние между стержнями решетки следует принимать не более $D1/20$ для поворотно-лопастных, $D1/30$ – для радиально-осевых турбин ($D1$ – диаметр рабочего колеса).
- Для предотвращения обмерзания через решетку пропускают электроток небольшой силы (электрообогрев)

Конструкция решетки

- 1 – рама
- 2 – стержни
- 3 – подвеска



Размеры решетки

- Площадь решетки

$$F_{\text{реш}} = Q_{\text{реш}} / V_{\text{реш}},$$

где $Q_{\text{реш}}$ – расход воды через решетку, если на одну турбину одна решетка, расход равен расходу турбины; $V_{\text{реш}}$ – скорость воды через решетку, для возможности ее очистки $V_{\text{реш}} \leq 1,0-1,2$ м/с.

- Высота решетки:

$$H_{\text{реш}} = F_{\text{реш}} / B_{\text{реш}},$$

где $B_{\text{реш}}$ – ширина решетки, равная ширине блока агрегата за вычетом толщины бычков.

Отметка порога водоприемника

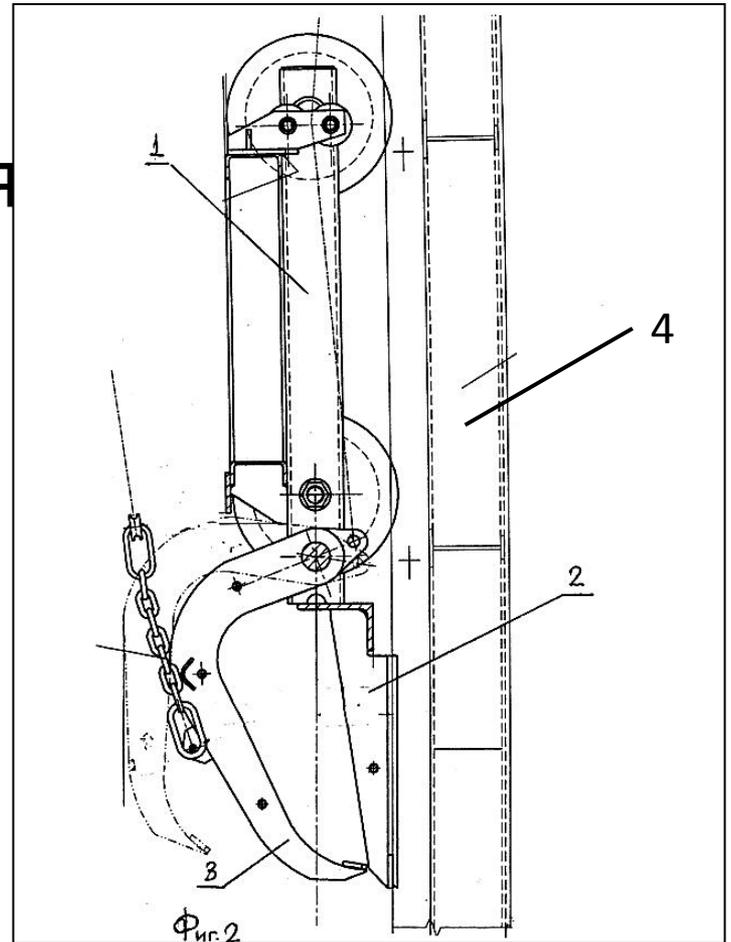
- Отметка порога водоприемника определяется как:

- $$\text{Пор} \leq \text{УМО} - H_{\text{реш}} - H_{\text{зап}}$$

где $H_{\text{реш}}$ – высота решетки; $H_{\text{зап}}$ – запас против образования водной воронки перед решеткой.

Машина для очистки сороудерживающей решетки

- 1 – тележка
- 2 – неподвижные зубья
- 3 – подвижные зубья
- 4 – стержень решетки



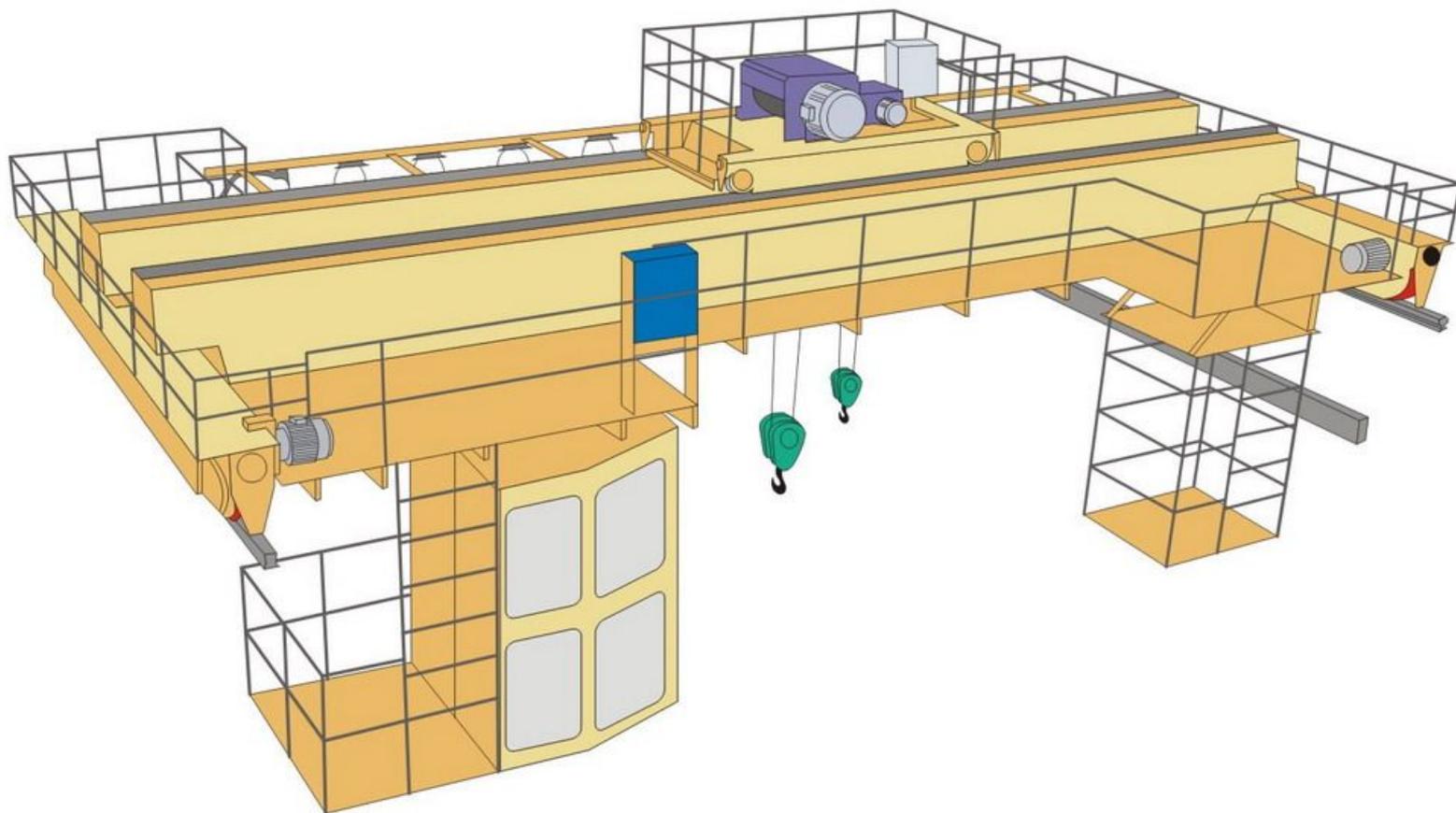
Затворы водоприемника

- Ремонтные – предназначены для ремонта и осмотра элементов проточного тракта турбин, а также других затворов. Опускают и поднимают в неподвижной воде. Ремонтные затворы – 1 затвор на 3-4 турбины.
- Аварийные – для быстрого перекрытия воды, поступающей на турбину. Опускаются в движущейся воде, т. е. при наличии трения между затвором и пазами. Поэтому они должны иметь большой вес или опускаться принудительно. Эти затворы расположены в каждой турбине.
- Аварийно-ремонтные – объединяют функции двух первых.

Подъемно-транспортное оборудование

- Стационарное – лебедки, гидроподъемники
- Нестационарные – краны: козловые, мостовые и др.

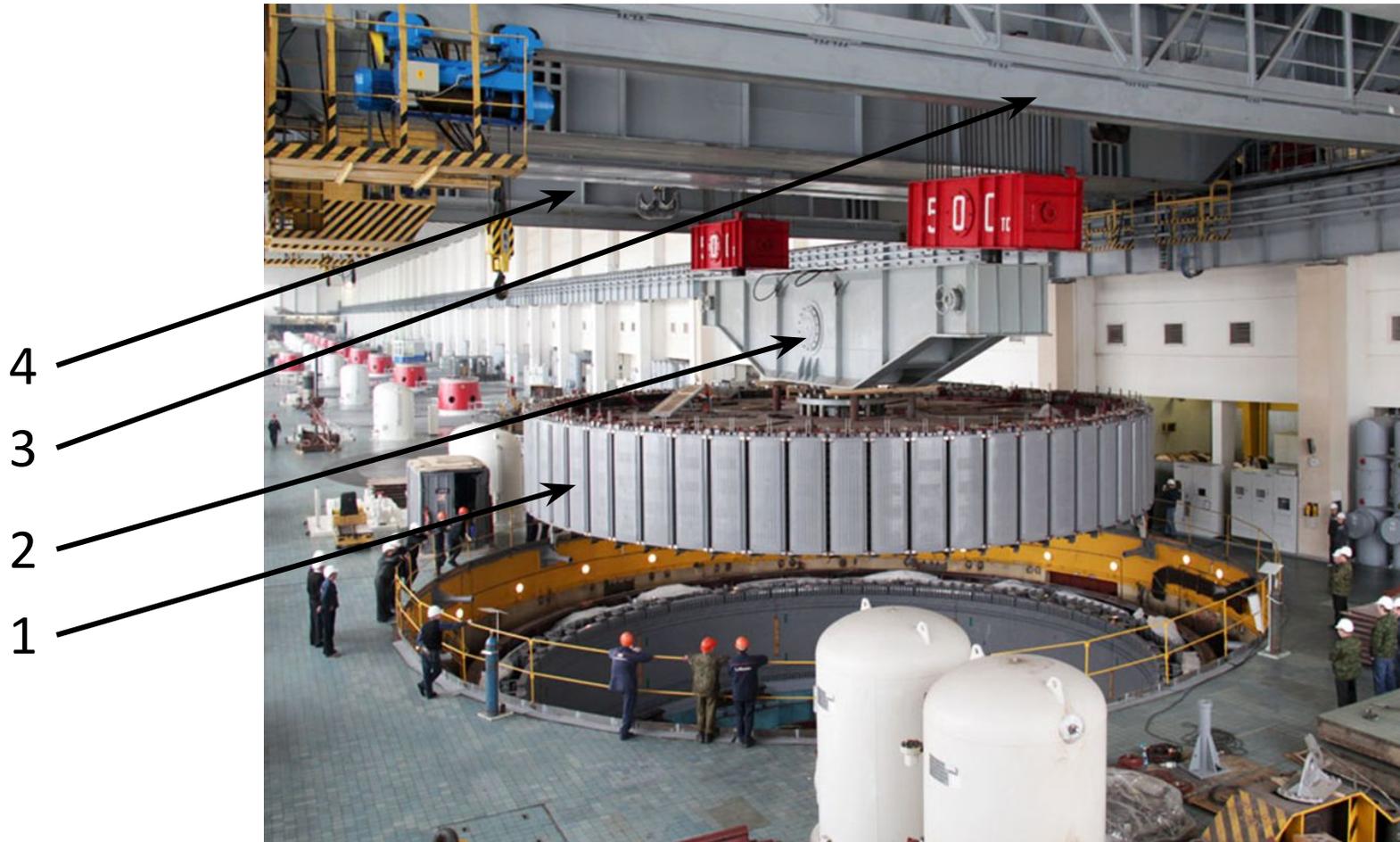
Мостовой кран



Краны машинного зала здания ГЭС

- Устанавливают один или два крана. 2 крана позволяют уменьшить высоту машзала.
- Грузоподъемность определяется весом наиболее тяжелой части агрегата – рабочего колеса или ротора генератора.
- При одном кране его грузоподъемность равна весу этой части.
- При двух кранах наиболее тяжелую часть монтируют с помощью траверсы – специальной балки. Тогда грузоподъемность каждого крана равна половине веса тяжелой части плюс половина веса траверсы. Вес траверсы – примерно 10 % веса тяжелой части.

Монтаж ротора генератора двумя мостовыми кранами



Обозначения к монтажу ротора

- 1 – ротор генератора
- 2 – траверса
- 3 – 1-й мостовой кран
- 4 – 2-й мостовой кран

Траверса Бурейской ГЭС



Козловые краны

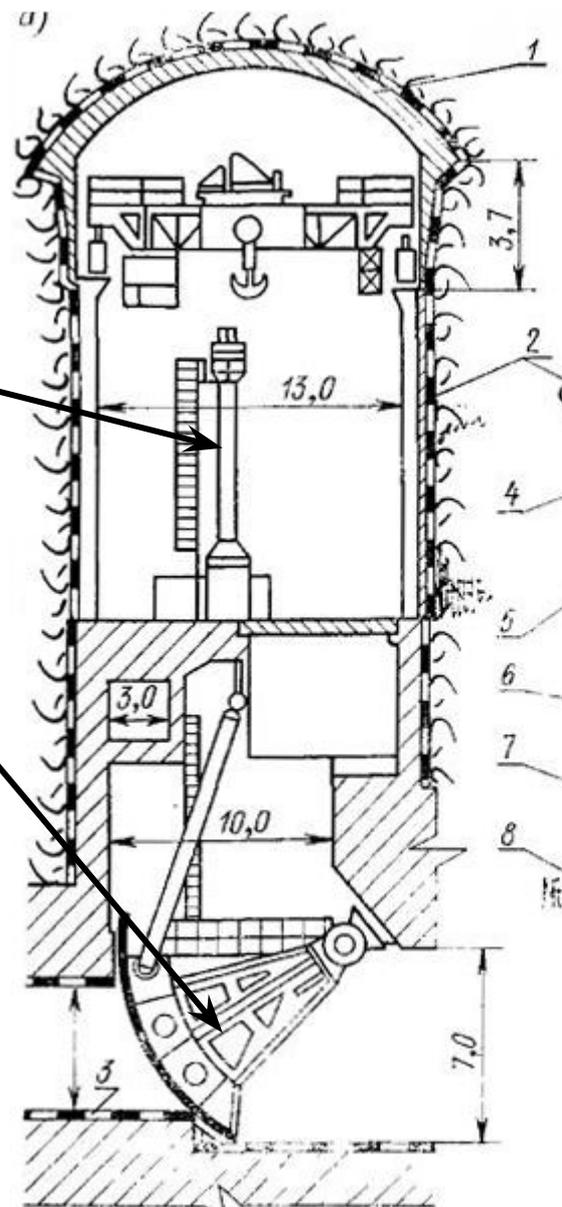


Лебедки



Гидроподъемник

- Гидроподъемник
- Затвор сегментный



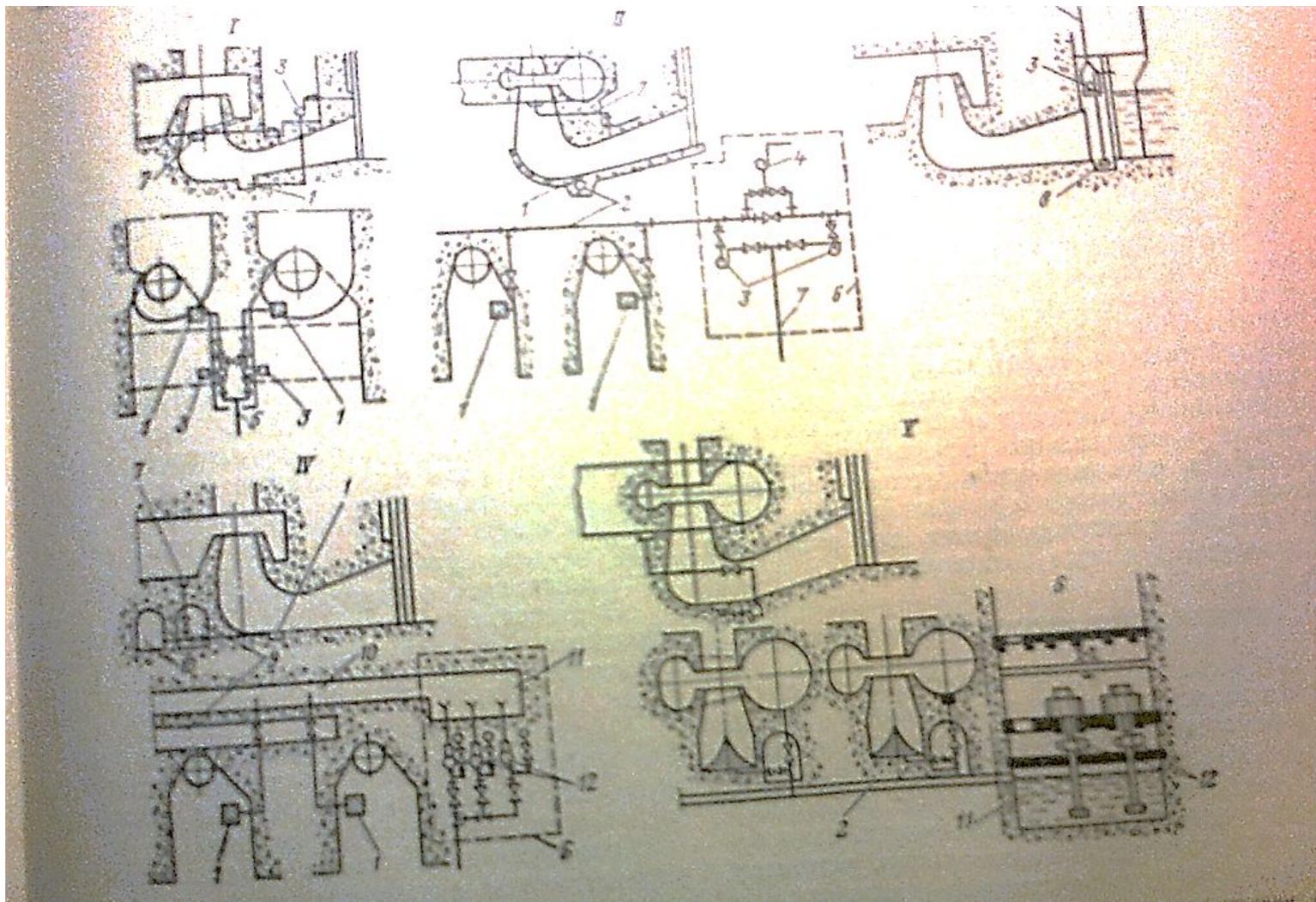
Вспомогательное оборудование ГЭС

- Система осушения проточной части агрегата.
- Масляное хозяйство, его назначение и структура.
- Пневматическое хозяйство. Использование сжатого воздуха в здании ГЭС.
- Система техводоснабжения

Система осушения проточной части агрегата

- Осушение необходимо для осмотра и ремонта турбинных камер, рабочих колес, отсасывающих труб и др.
- Часть воды (выше УНБ) сливается самотеком, остальная должна удаляться принудительно. Длительность удаления должна быть не более 4-8 ч.
- Кроме того, должна удаляться профильтрованная вода (непрерывно).

Схемы осушения проточной части агрегата



Обозначения

- I – насосы на каждый агрегат
- II - общая насосная станция
- III – схема с переносным насосом
- IV – слив воды в потерну, далее в насосную станцию
- V – слив воды в коллектор, далее в насосную станцию

Масляное хозяйство

- Предназначено для приемки свежего масла, хранения его, хранения отработанного масла.
- Используются 2 сорта масла: турбинное (для смазки); изоляционное (трансформаторное). Смешивание недопустимо. Сорта хранятся в разных емкостях.

Пневматическое хозяйство

- Сжатый воздух используется для торможения генератора, отжатия воды из камеры рабочего колеса, для пневматического инструмента, а также для поддержания полынни у водоприемников и затворов.
- Для создания запаса сжатого воздуха устанавливают компрессоры. Сжатый воздух хранится в ресиверах (сосудах).

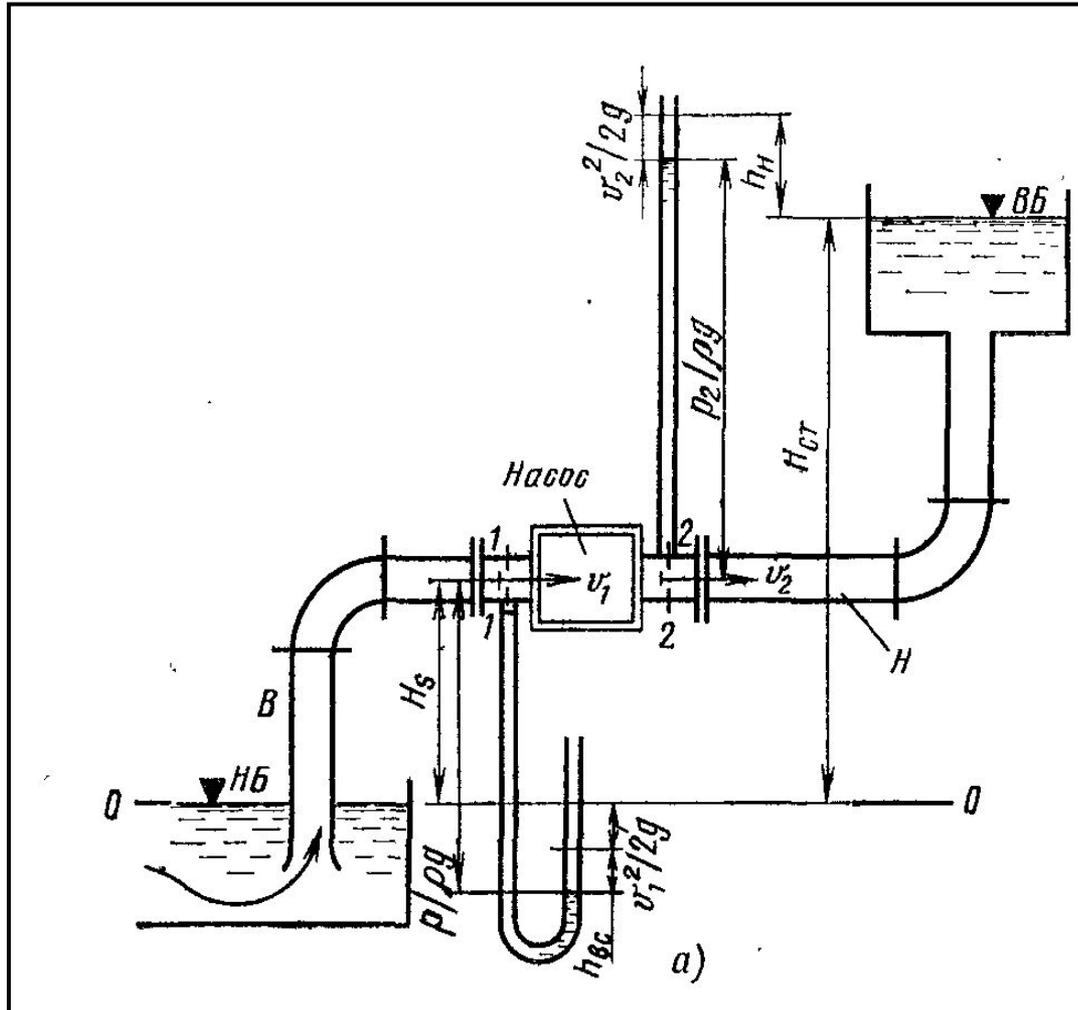
Техническое водоснабжение

- Используется для охлаждения генераторов, больших компрессоров, трансформаторов.
- Вода забирается насосами из нижнего бьефа, очищается фильтрами.
- Вода используется также для пожаротушения.

ВИДЫ НАСОСОВ

- Общие сведения о насосах приведены ранее.
- Динамические – перекачивают воду непрерывно.
- Объемные – перекачивают воду прерывисто.
- В дисциплине рассматриваются только динамические насосы как наиболее применяемые на ГТС и ГЭС. Насосы приводятся в действие электромоторами

ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА НАСОСНОЙ УСТАНОВКИ

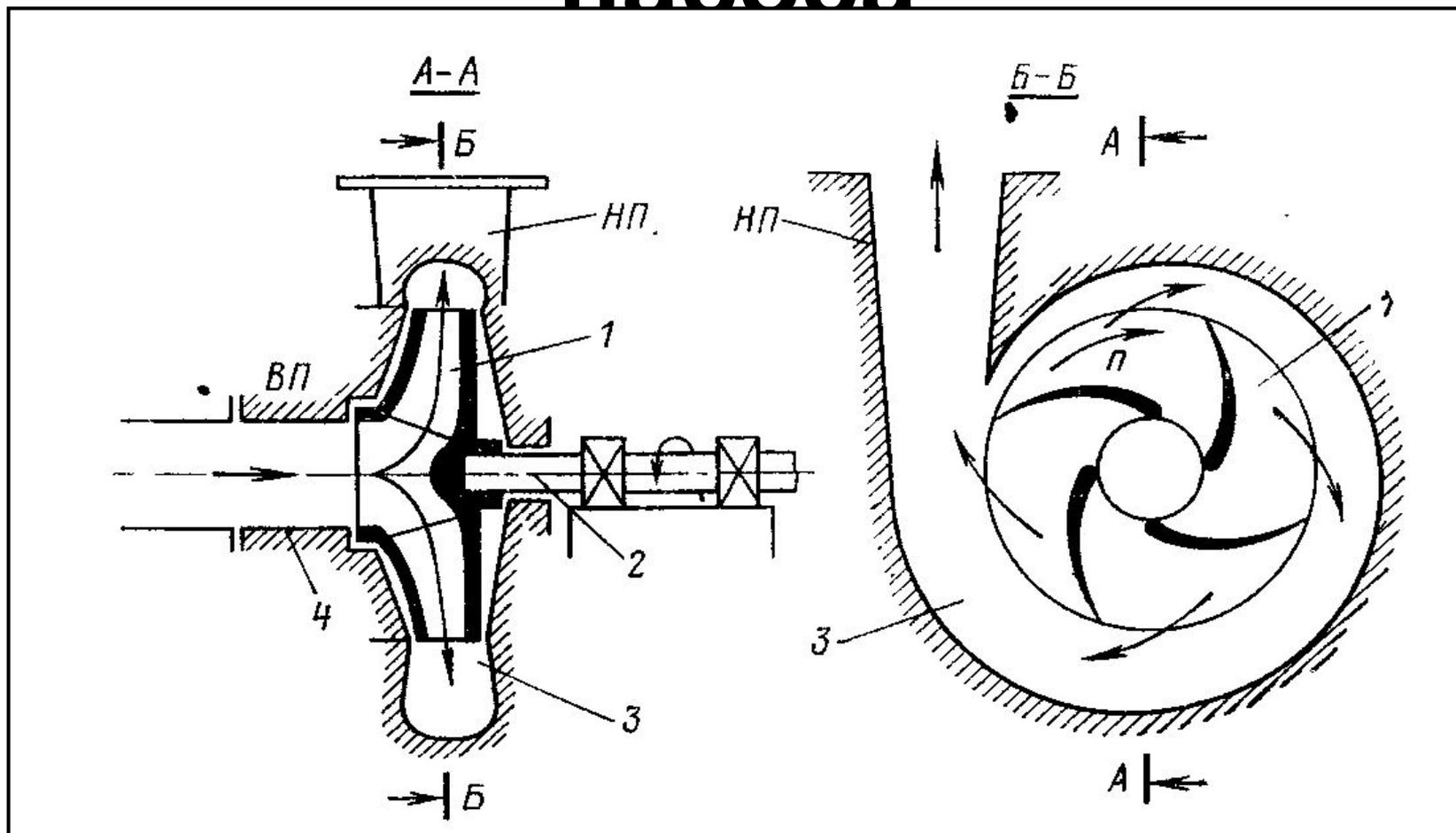


Насосная станция

- Двигатель
Насос



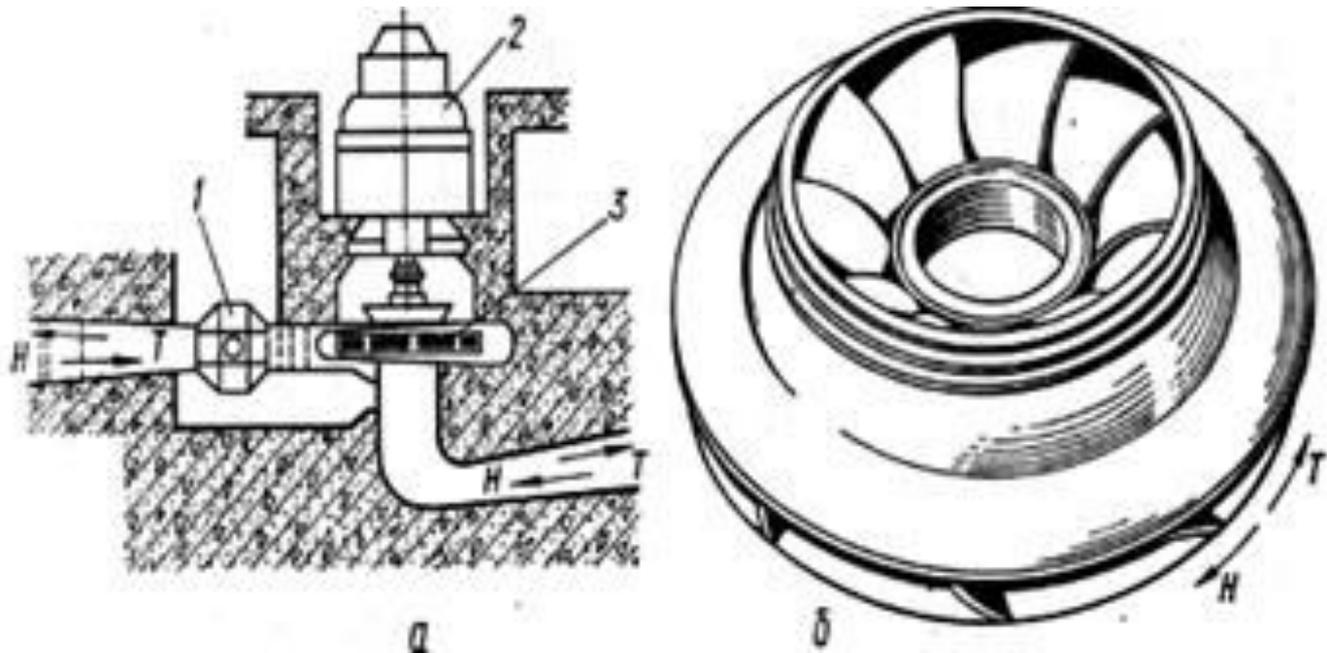
Схема центробежного насоса



Обратимые гидромашины

- Обратимые гидромашины могут выполняться, как и реактивные гидротурбины, осевыми, диагональными и радиально-осевыми.
- Тип определяется напором и конструкцией ГАЭС.

Схема обратимой ГМ



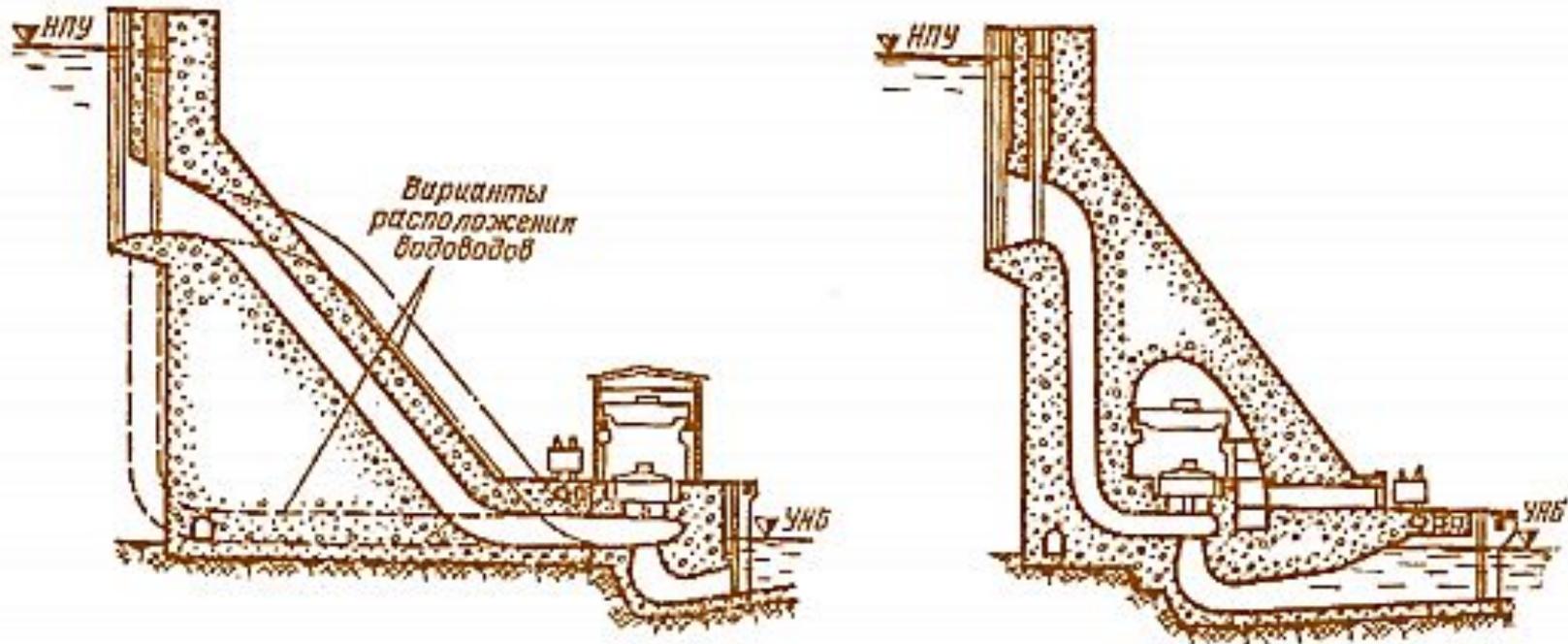
- а) 1 – затвор; 2 – обратимый генератор-двигатель; 3 – обратимая ГМ; б – рабочее колесо

Станционные водоводы

- Станционные трубопроводы можно разделить на три группы:
- заделанные трубопроводы включают стальные облицовки в бетонном массиве плотин, сталежелезобетонные трубопроводы на их низовых гранях, стальные облицовки с железобетонной обделкой шахт и туннелей;
- открытые (не заделанные) трубопроводы, выполняемые в большинстве случаев на опорах;
- засыпанные трубопроводы, выполняемые в траншеях и засыпаемые грунтом.

Станционные водоводы

- Водоводы приплотинных зданий ГЭС



Сталежелезобетонные водоводы Саяно-Шушенской ГЭС



ОБОРУДОВАНИЕ ГТС

- Состав оборудования ГТС:
механическое, гидравлическое,
электрическое и др. Рассматривать
будем только механическое
оборудование, к которому относятся:
 - Затворы,
 - Закладные части,
 - Подъемно-транспортные механизмы.

Литература

- 1. Гидротехнические сооружения (речные). В 2-х частях. Учебник для вузов. /Л. Н. Рассказов и др. – М.: АСВ, 2011.

Классификация затворов-1

- **По местоположению отверстия:**
 - Поверхностные,
 - Глубинные.
- **По функциям:**
 - Основные (эксплуатационные) и ремонтные,
 - Аварийные,
 - Строительные.
- **По режиму работы:**
 - Регулирующие,
 - Не регулирующие.

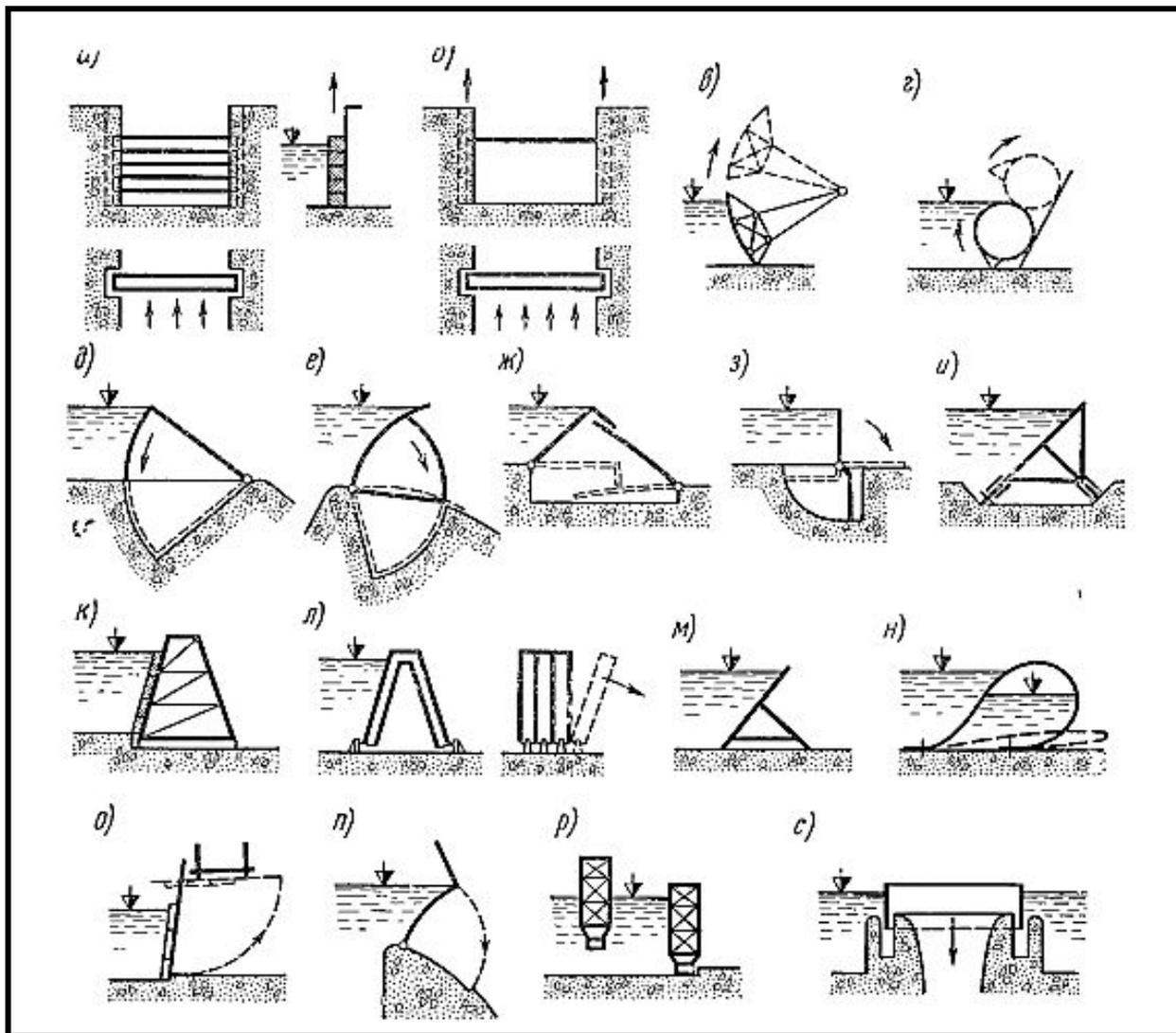
Классификация затворов-2

- **По материалам затвора:**
- Стальные,
- Из алюминиевых сплавов,
- Железобетонные.
- Деревянные,
- Тканевые.
- **По способу передачи воспринимаемого давления:**
- Поверхностные – на быки и устои,
- Поверхностные – на порог сооружения,
- Глубинные – через опорно-ходовые части на сооружение,
- Глубинные – через корпус затвора на сооружение.

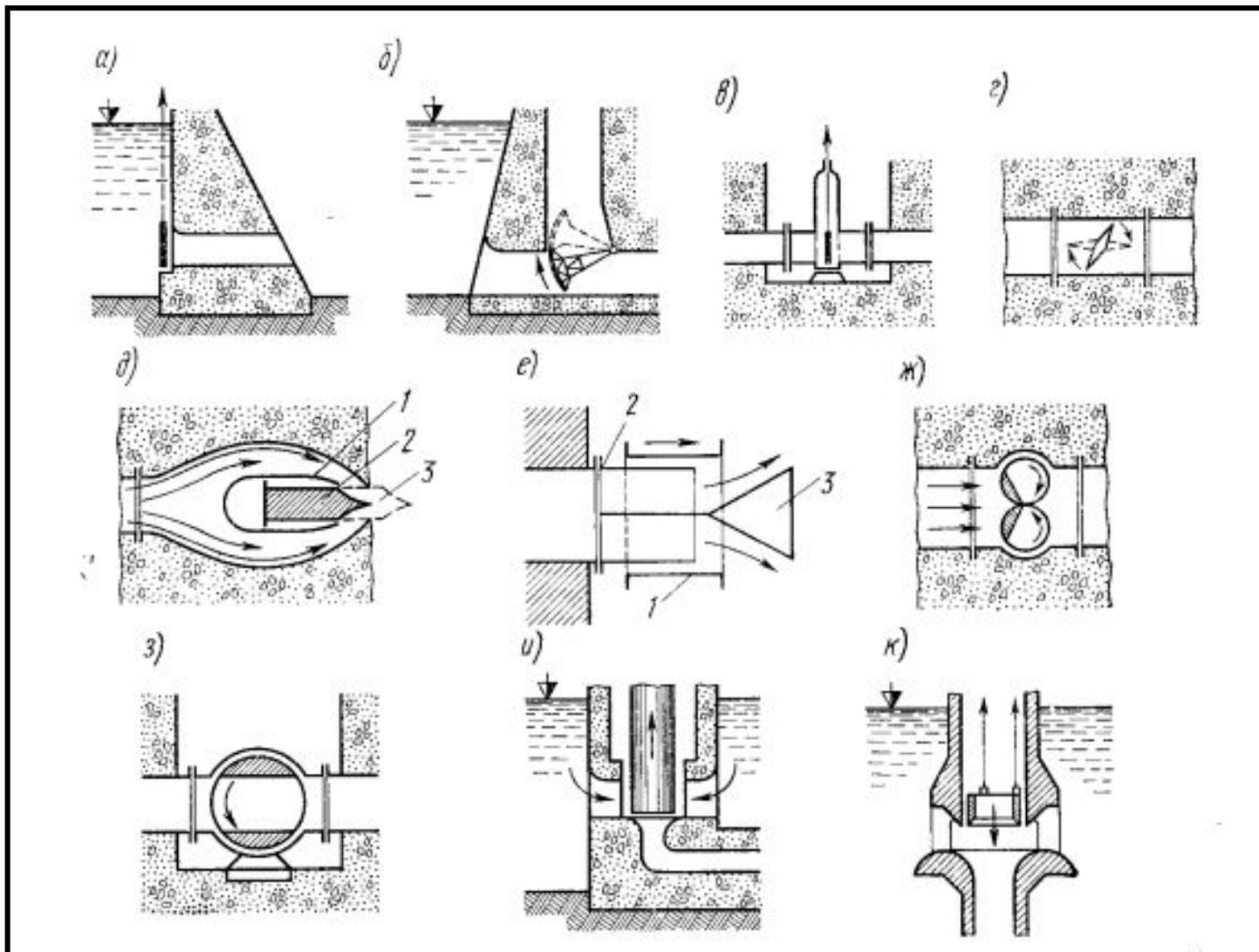
Классификация затворов-3

- **По конструкции:**
- Поверхностные – плоские (щиты), балочные (шандоры), сегментные, вальцовые, секторные, крышевидные, клапанные, откатные, с поворотными фермами, поворотные рамы, подкосные, мягкие, плавучие (батопорты).
- Глубинные – плоские, сегментные, плоские задвижки, дисковые (дроссельные), игольчатые, конусные, поворотные цилиндрические, шаровые и др.

Типы поверхностных затворов



Типы глубинных затворов



Общие условия работы затворов

- Большинство затворов должны позволять пропускать через перекрываемые ими отверстия переменный расход. Это возможно при различной степени открытия затвора.
- **Открытие достигается:**
- Для поверхностных затворов – их опусканием, либо подъемом. Пропуск льда достигается только при опускании затвора.
- Для глубинных затворов – также подъемом либо поворотом.

Функции затворов

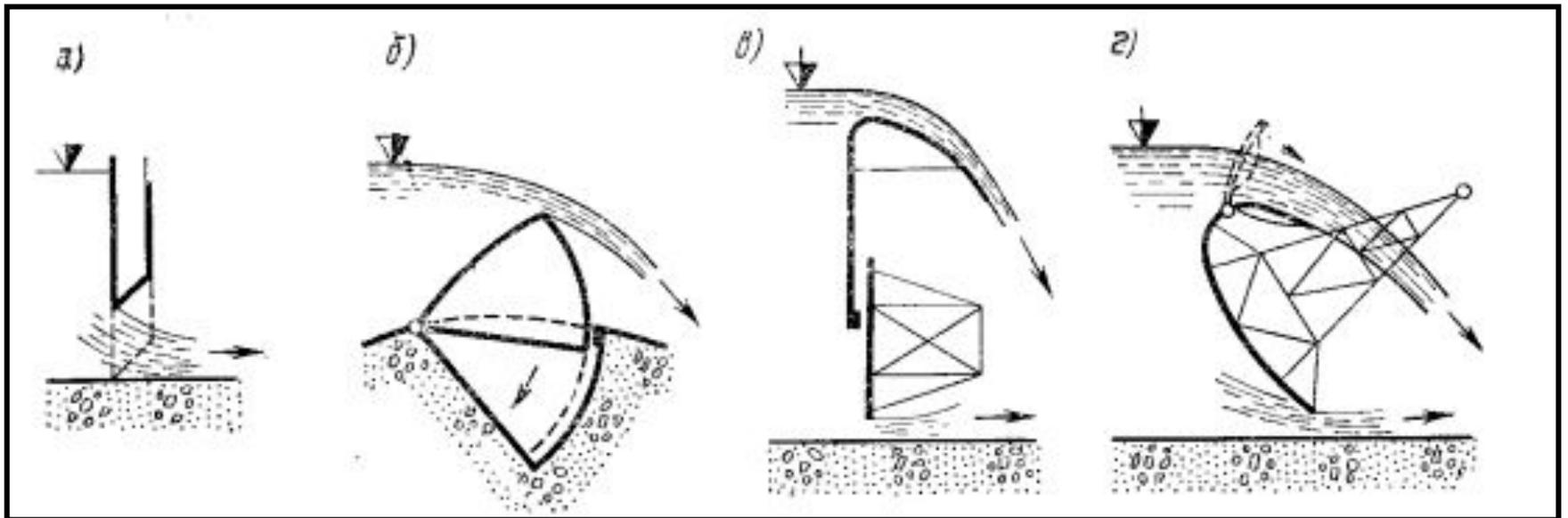
- Основными функциями затворов водопропускных сооружений являются:
- - поддержание заданного уровня воды в верхнем бьефе путем регулирования пропуска воды в нижний бьеф;
- - прекращение поступления воды через водозаборные сооружения путем полного закрытия их отверстий;
- - перекрытие отдельных отверстий в случае аварии или на время ремонта сооружения и гидросилового оборудования.

Требования к затворам

- Затворы водопропускных сооружений должны удовлетворять следующим основным требованиям:
 - - прочности и устойчивости конструкции в целом и ее отдельных узлов;
 - - водонепроницаемости затвора и мест сопряжений его с частями сооружений или мест сопряжений отдельных частей затвора;
 - - возможности свободного маневрирования в стоячей или текущей воде в зависимости от назначения затвора;
 - - возможности регулирования пропуска воды (при ее заборе или сбросе) при различных открытиях отверстий без нарушения нормальной работы затвора (для основных регулирующих затворов).

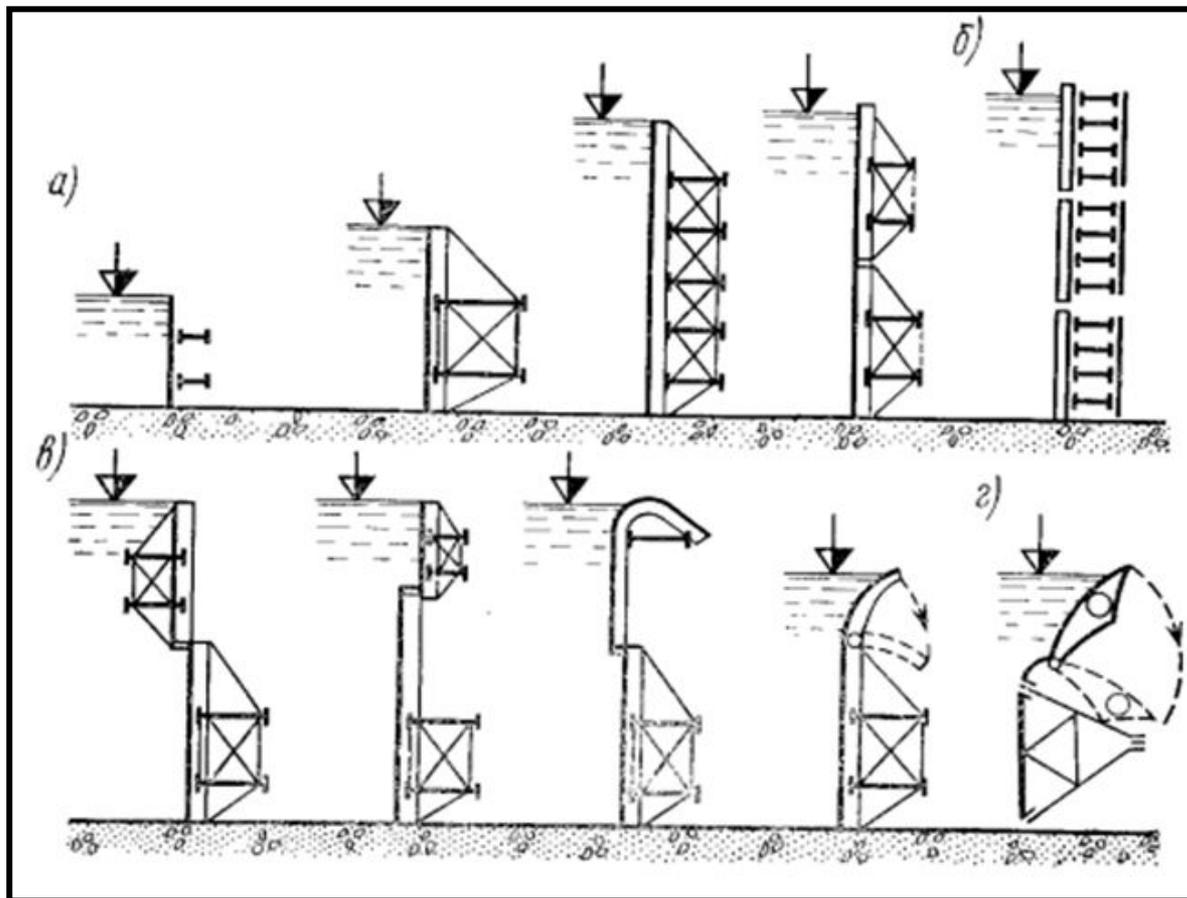
Пропуск воды с помощью поверхностных затворов

- а) подъемный затвор; б) опускной затвор;
- в) двойной затвор; г) затвор с клапаном

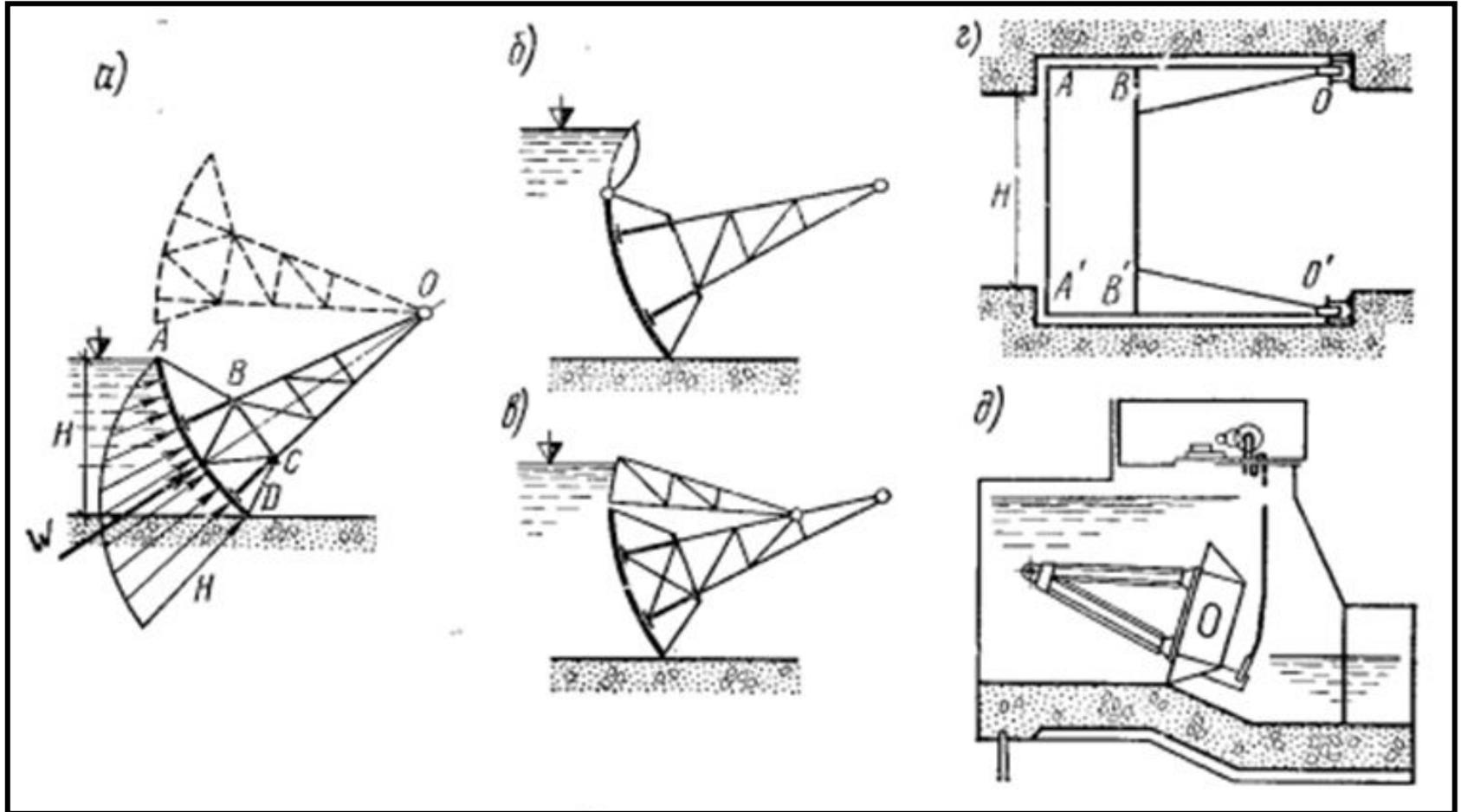


ПОВЕРХНОСТНЫЕ ЗАТВОРЫ

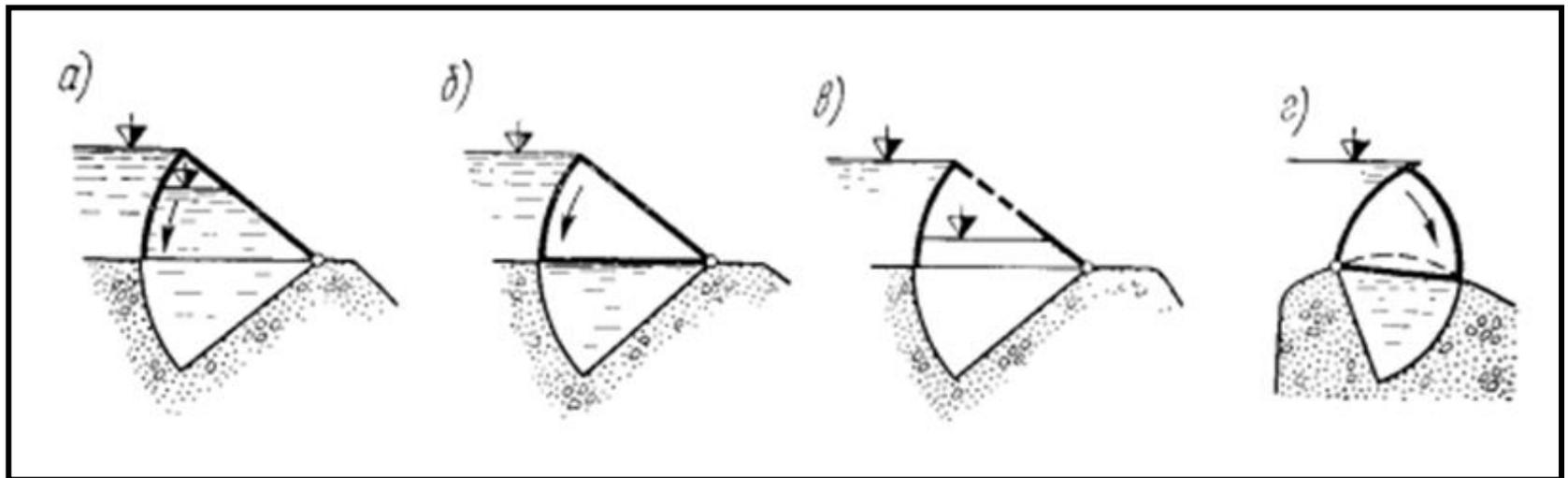
- ПЛОСКИЕ ЗАТВОРЫ (СХЕМЫ)



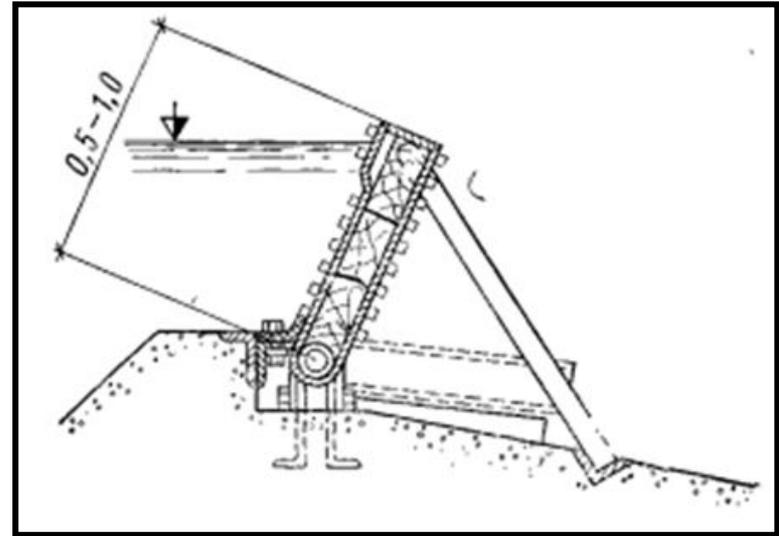
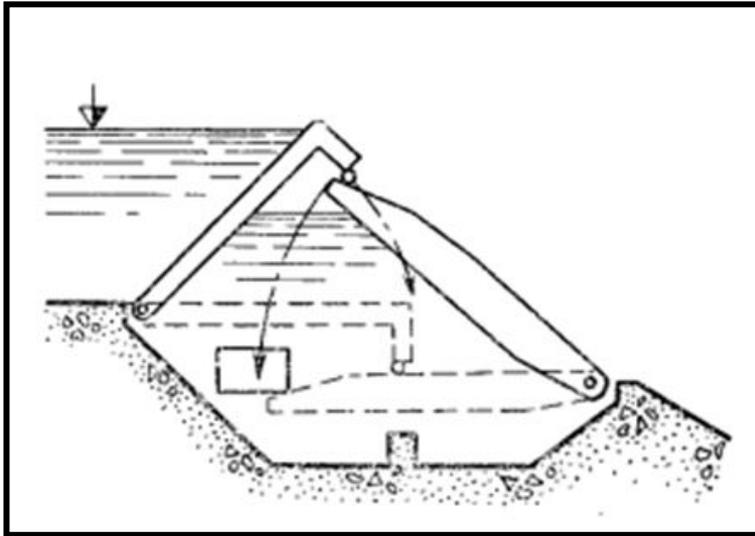
Схемы сегментных затворов



Схемы секторных затворов



Крышевидный и клапанный затворы



Сегментный затвор со стороны НБ



Плавающий затвор комплекса защитных сооружений С.-Петербурга от наводнений



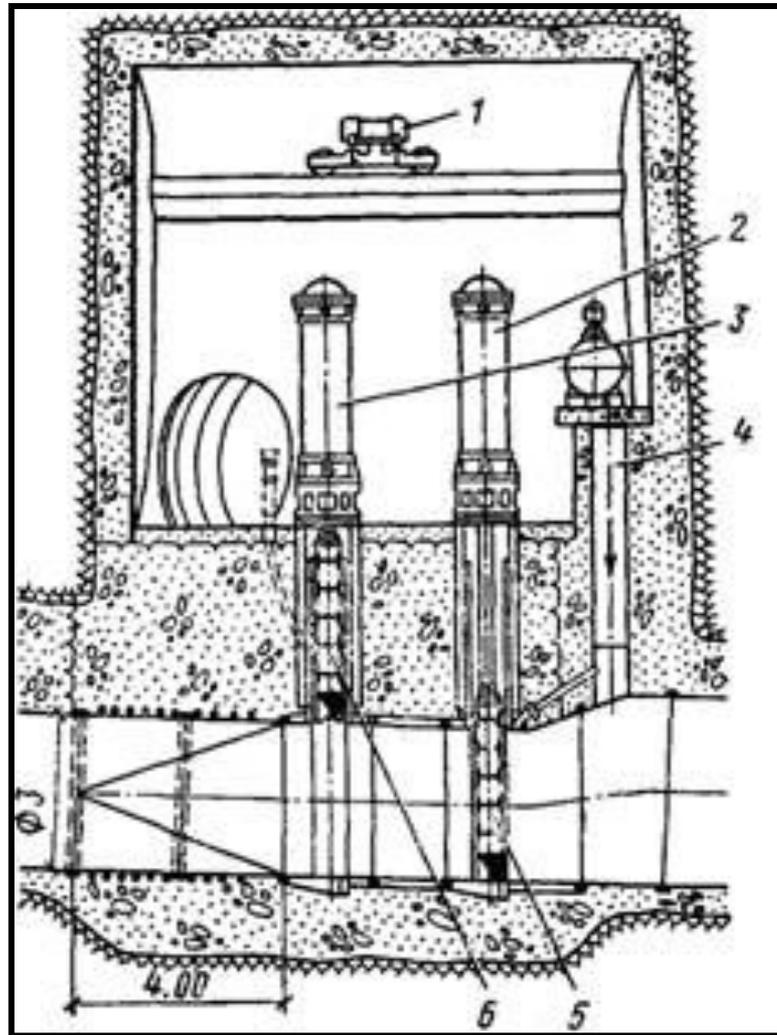
Ворота нижней головы шлюза



Плоский затвор с безнапорной стороны



Глубинный затвор водовода



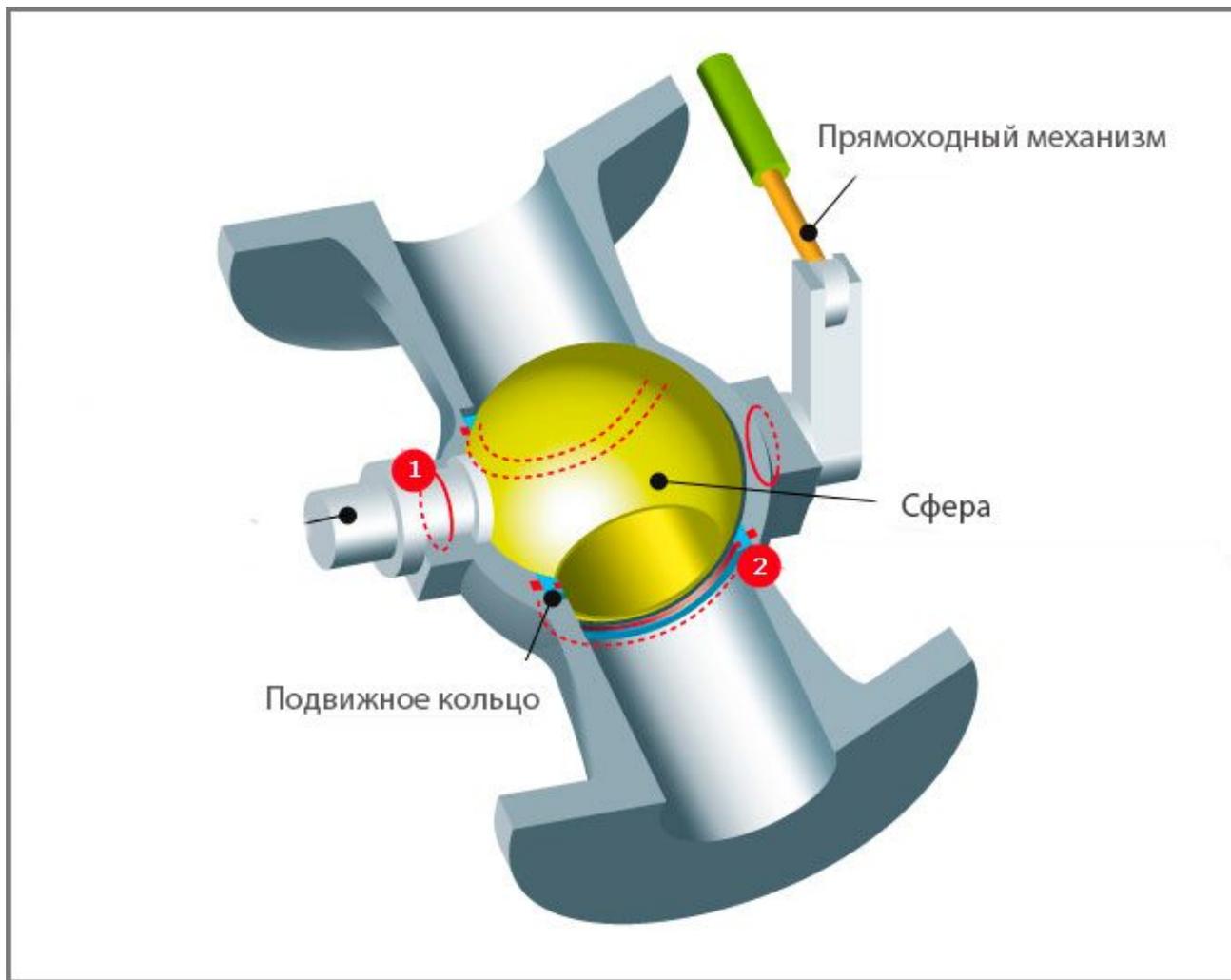
Задвижка поворотная



Шаровой затвор, вид сверху



Шаровой затвор в разрезе

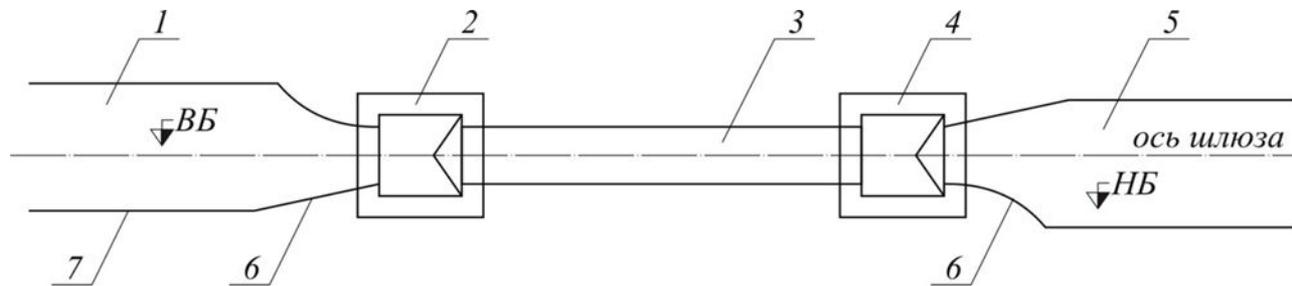


ОБОРУДОВАНИЕ СУДОХОДНЫХ ШЛЮЗОВ

- По назначению и условиям работы оборудование подразделяется на **основное**, предназначенное для непосредственного выполнения операций шлюзования, и **вспомогательное**, которое необходимо для нормальной эксплуатации основного оборудования. По условиям приведения его в действие – на гидромеханическое и электротехническое

СХЕМА СУДОХОДНОГО ШЛЮЗА

- Схема однокамерного шлюза



1 – верхний подходной канал; 2 – верхняя голова; 3 – камера шлюза; 4 – нижняя голова; 5 – нижний подходной канала; 6 – направляющие палы; 7 – причальная стенка.

Системы питания судоходных шлюзов

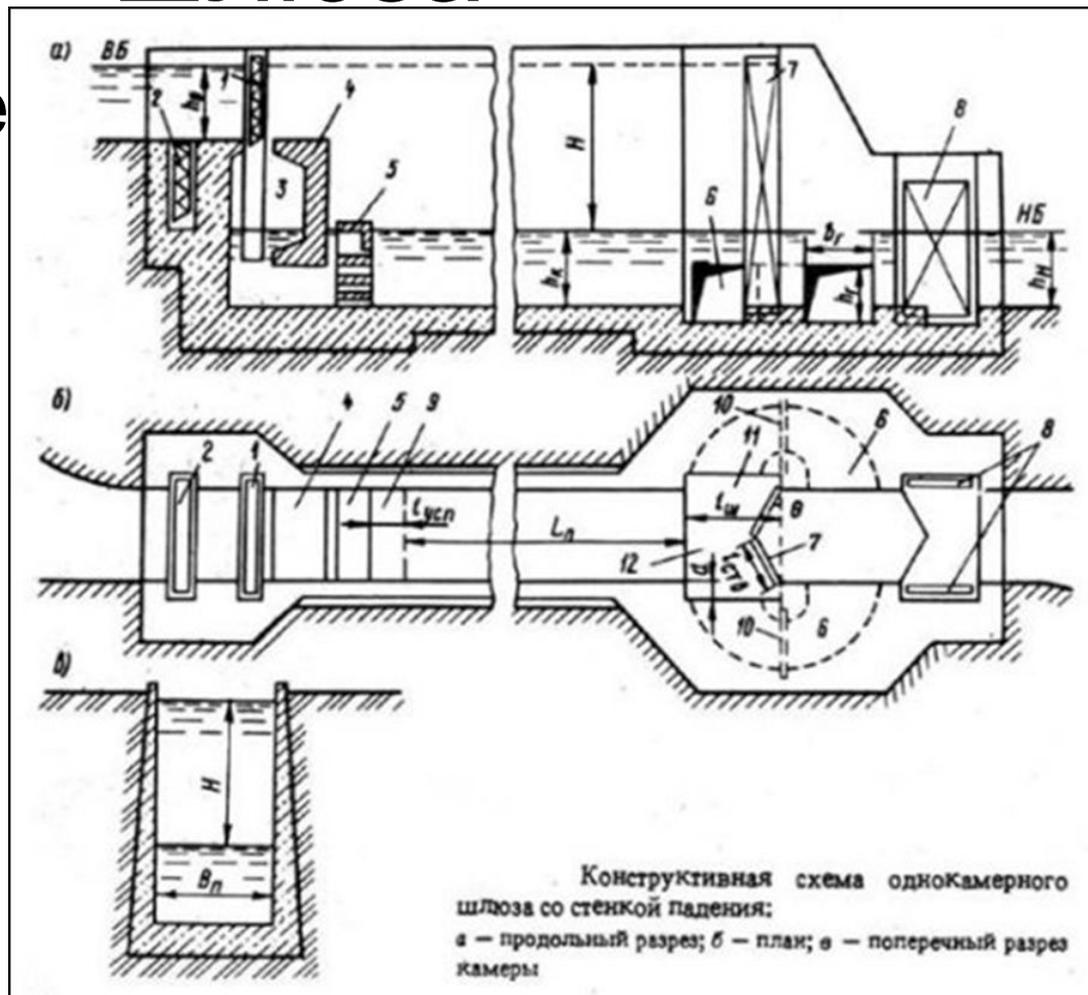
- Системы питания предназначены для наполнения или опорожнения камер при шлюзовании; они подразделяются:
- по способу подачи воды в камеру и выпуска из нее – на сосредоточенные и распределительные;
- по способу забора воды из верхнего бьефа и выпуска ее в нижний – на системы с забором и выпуском воды в подходных каналах шлюза и системы с боковым забором и выпуском воды вне подходных каналов;
- В сосредоточенных системах питания впуск воды в камеру и выпуск из нее производится в одном месте по длине камеры, чаще всего у верхней и нижней голов шлюза. В последнем случае такую систему питания называют **головной**.

Головная система питания

- Головные системы питания условно разделены на две группы: безгалерейные и с короткими обходными галереями. В безгалерейных системах наполнение и опорожнение камер может производиться через отверстия в воротах (клинкеты) или из-под ворот.
- В системах питания с короткими обходными галереями наполнение или опорожнение камер может производиться через водоводы, располагаемые в днищах или стенах голов шлюза.
- Безгалерейные системы наполнения (опорожнения) камер через отверстия в воротах (клинкеты) применялись, в основном, на шлюзах малого напора (до 5 м) и в гидравлическом отношении являлись несовершенными из-за отсутствия эффективных гасительных устройств.

Головная система питания шлюза

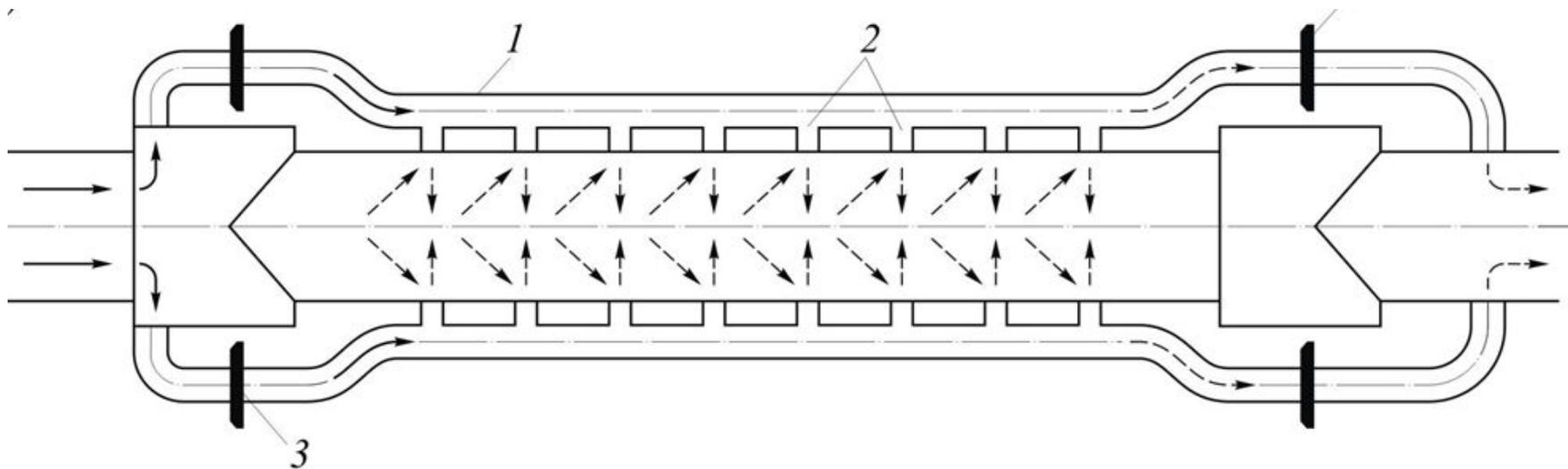
- Наполнение из-под щита и опорожнение через обходные галереи



Распределительная система питания

- Распределительные системы питания характеризуются тем, что подача воды и выпуск ее из камер производится через большое число отверстий (выпусков) из продольных галерей, расположенных в днище или стенах камеры. При этом выпуски могут занимать всю длину или часть камеры шлюза. Распределительные системы разделены на простые и сложные. Простые системы питания не обеспечивают равномерного распределения расхода воды по времени, т.к. в первые выпуски вода поступает раньше, чем в последующие, и это приводит к образованию в камере шлюза уклонов водной поверхности, ухудшающих условия стоянки шлюзуемых судов. Сложные системы питания, обеспечивающие равномерное распределение поступающего в камеру расхода воды на разных ее участках, иногда называют эквиинерционными.

Простая распределительная система питания шлюза



1 – водопроводная галерея; 2 – выпуски
(в стенах или днище камеры); 3 –
затвор;

Гидромеханическое оборудование шлюзов

- Относятся **ворота шлюзов, затворы водопроводных галерей**, приводные механизмы, подвижные и неподвижные причальные приспособления, предохранительные и амортизирующие устройства, приспособления для проводки судов через шлюзы, а к электротехническому – двигатели механизмов ворот и затворов водопроводных галерей, кабельное хозяйство, аппаратура и приборы сигнализации управления основным оборудованием и приборы эксплуатационного освещения.

Вспомогательное оборудование ШЛЮЗОВ

- К вспомогательному оборудованию относят насосы для откачки воды из камеры и отдельных частей шлюза, механизмы установки и подъема всего оборудования – краны, тали, тележки.

Ворота шлюзов

- В зависимости от назначения и условий работы ворота, располагаемые на головах, подразделяются на **основные** или **рабочие, ремонтные** и **аварийные**.
- **Основные** ворота перекрывают судоходные отверстия в головах шлюза. Они предназначены для выполнения операций по пропуску судов через шлюз и могут использоваться для наполнения и опорожнения камер.
- **Ремонтные** ворота устанавливаются перед основными и служат для изоляции шлюза от воды верхнего и нижнего бьефов. Они позволяют выполнять осмотр подводных частей сооружения и необходимый ремонт.
- **Аварийно-ремонтные** ворота располагаются на верхних головах перед основными воротами со стороны водохранилищ с большими объемами воды и служат не только для выполнения ремонтных работ в камере шлюза, но и для быстрого перекрытия судоходного отверстия в случае повреждения основных ворот.

Основные типы ворот шлюза-1

Рабочие: а – сегментные; б – откатные
(продольный разрез и план)

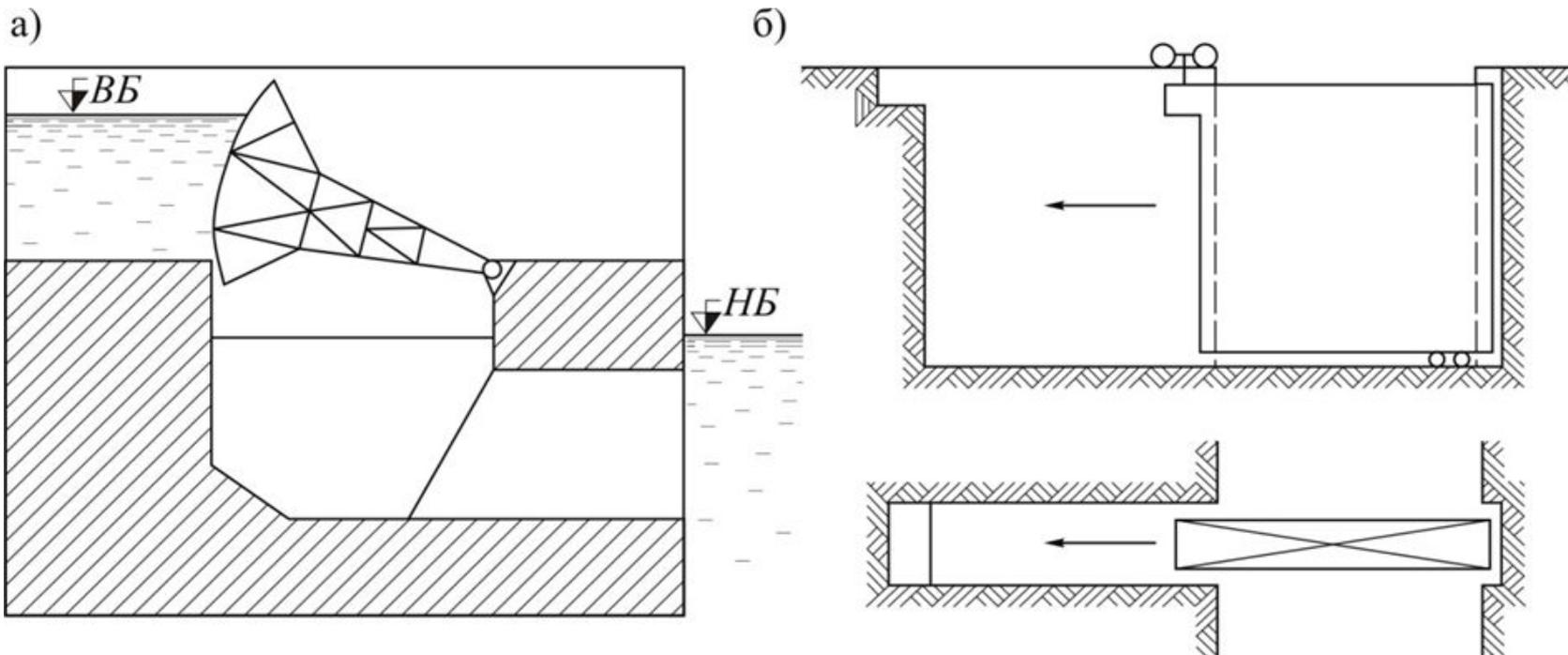
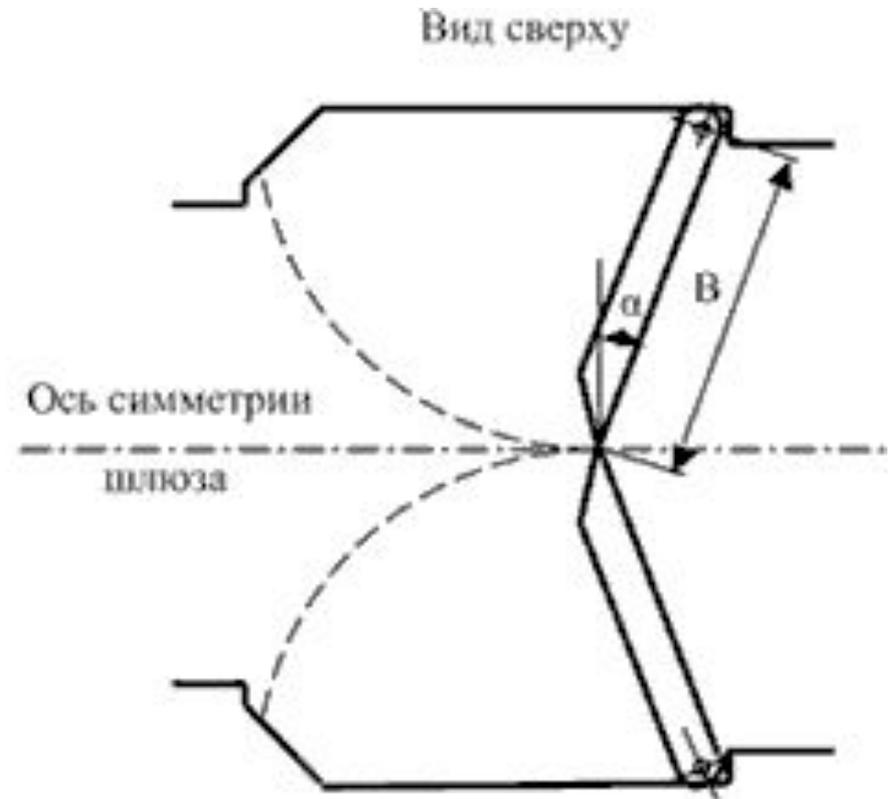
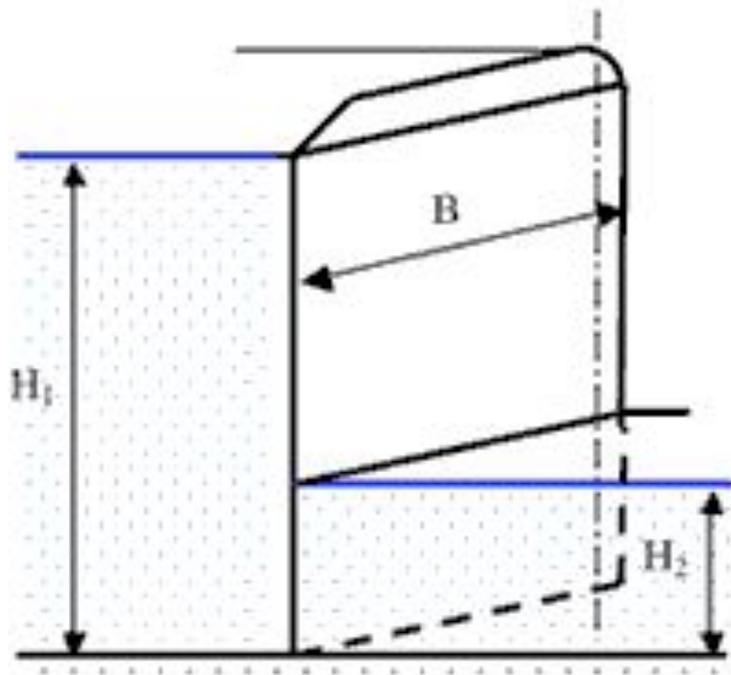
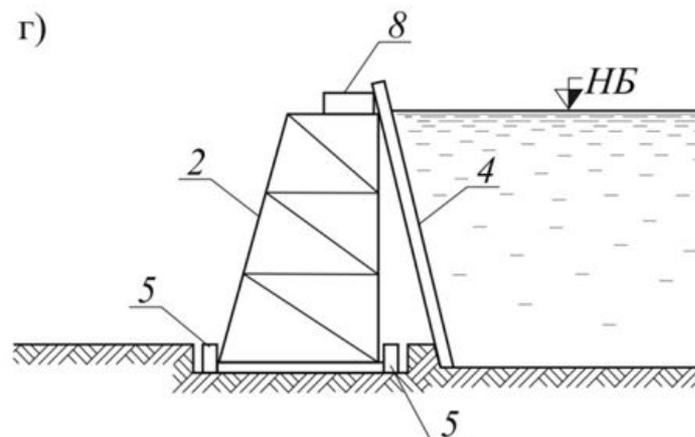
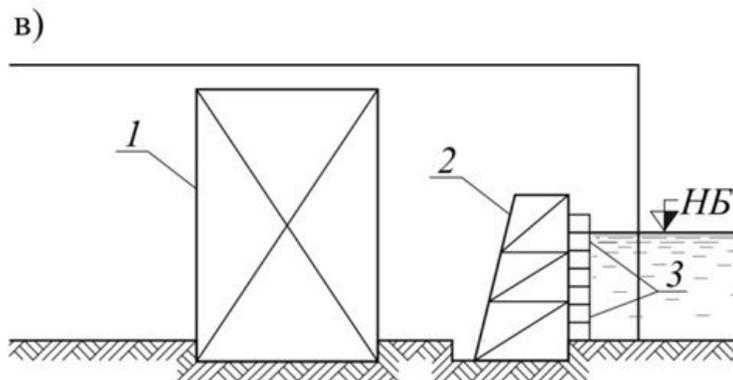


Схема двустворчатых ворот



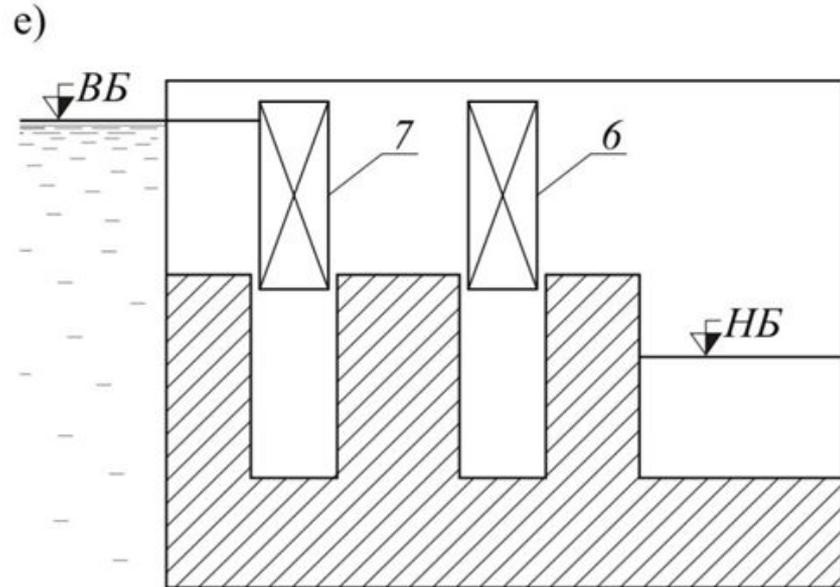
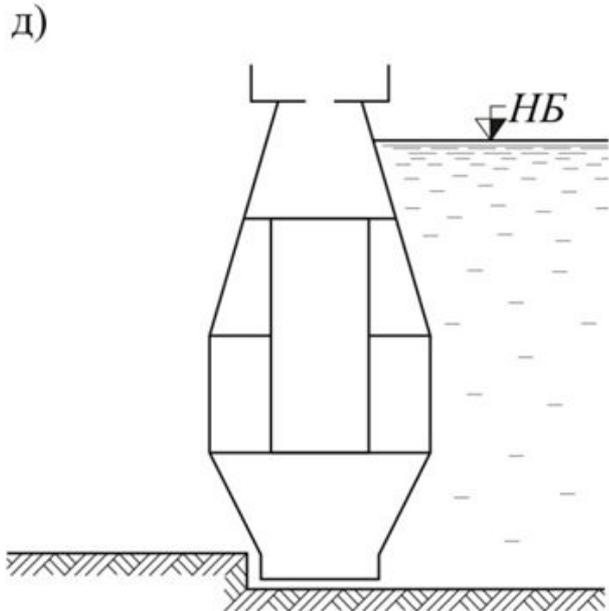
Основные типы ворот шлюза-2

Ремонтные затворы: *в* – шандорный; *г* – спицевой



Основные типы ворот шлюза-3

- Ремонтные затворы: *д* – плавучее ограждение – батопорт. Аварийные ворота: *е* – плоские опускаемые;



Основные типы ворот шлюза- обозначения

- *1 – основные ворота нижней головы; 2 – ферма; 3 – шандоры; 4 – спица; 5 – опорные шарниры; 6 – основные ворота верхней головы; 7 – аварийные ворота;*

Применение ворот шлюзов-1

- **Двустворчатые ворота** являются наиболее распространенным типом заграждения из-за простоты конструкций, доступности для осмотра и ремонта.
- **Шандорные затворы** применяются на шлюзах небольшой ширины и в конструктивном отношении представляют собой деревянные, металлические или железобетонные балки, называемые шандорами. Они укладываются горизонтально друг на друга в специальные пазы при помощи кранов и со стороны камеры поддерживаются промежуточными опорами (фермами).

Применение ворот шлюзов-2

- **Поворотные фермы** шарнирно закрепляются на днище головы и могут при помощи береговых лебедок подниматься в вертикальное положение, а пролеты между ними перекрываются спицами или щитами, опирающимися внизу на порог головы, а вверху – на балку-опору.
- **Батопорт** используется в качестве плавучего ремонтного заграждения и позволяет обслуживать одним затвором несколько шлюзов. Для установки заграждения в рабочее положение плавучая емкость при помощи насосов заполняется водой, а после завершения ремонтных работ вода откачивается, емкость всплывает и буксируется для организации ремонтных работ на другом шлюзе или в безопасное место для хранения.

Применение ворот шлюзов-3

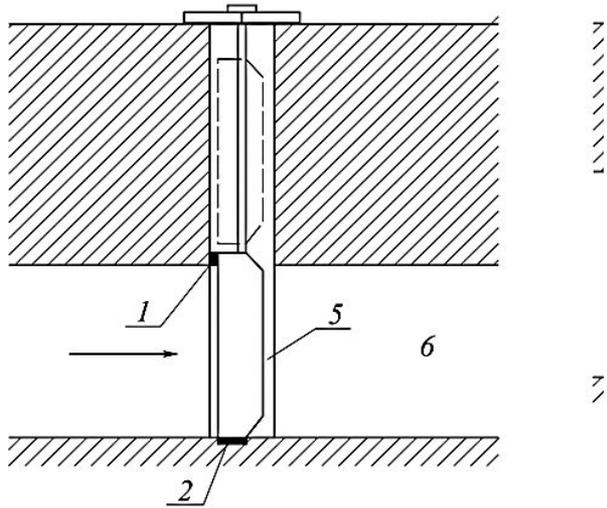
- Опускные ворота при нормальной работе шлюза находятся под водой в нише, а в случае аварии поднимаются в рабочее положение. Они применяются при наличии стенки падения достаточной высоты и при значительных глубинах на пороге, просты по конструкции, надежны в работе и экономичны.
- Откатные ворота могут быть одно- или двустворчатыми и представляют собой плоский или подкосные щиты, передвигающиеся по рельсам на колесных тележках. В нерабочем состоянии ворота размещаются в боковых нишах устоев верхней головы шлюза.

Затворы водопроводных галерей

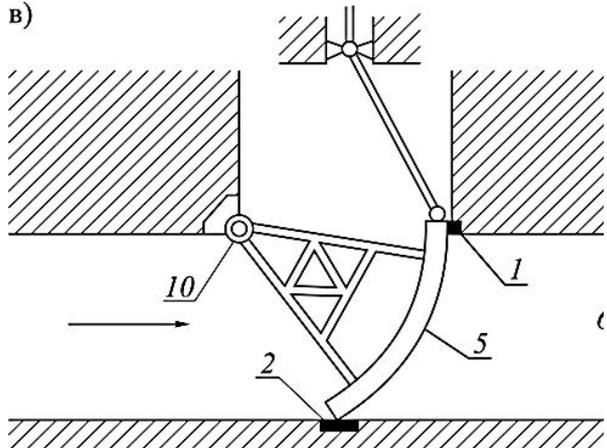
- Они регулируют поступление воды в камеру шлюза или ее истечение из камеры, обеспечивая при этом нормальные условия стоянки шлюзуемых и ожидающих шлюзования судов в подходных каналах. В случае возникновения аварийной ситуации затворы должны закрываться в потоке воды под любым возможным напором. В зависимости от назначения и условий работы затворы водопроводных галерей подразделяются на *основные* (рабочие) и *ремонтные*. Ремонтные затворы располагают слева и справа от рабочего. Наиболее широкое применение на шлюзах нашли *плоский, цилиндрический, сегментный и поворотный* затворы.

Плоский, цилиндрический и сегментный затворы

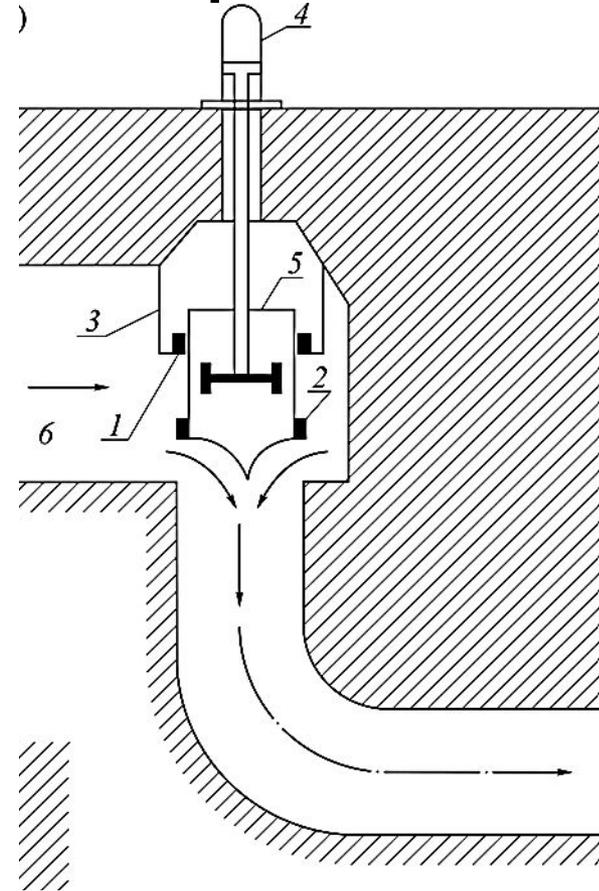
a)



b)

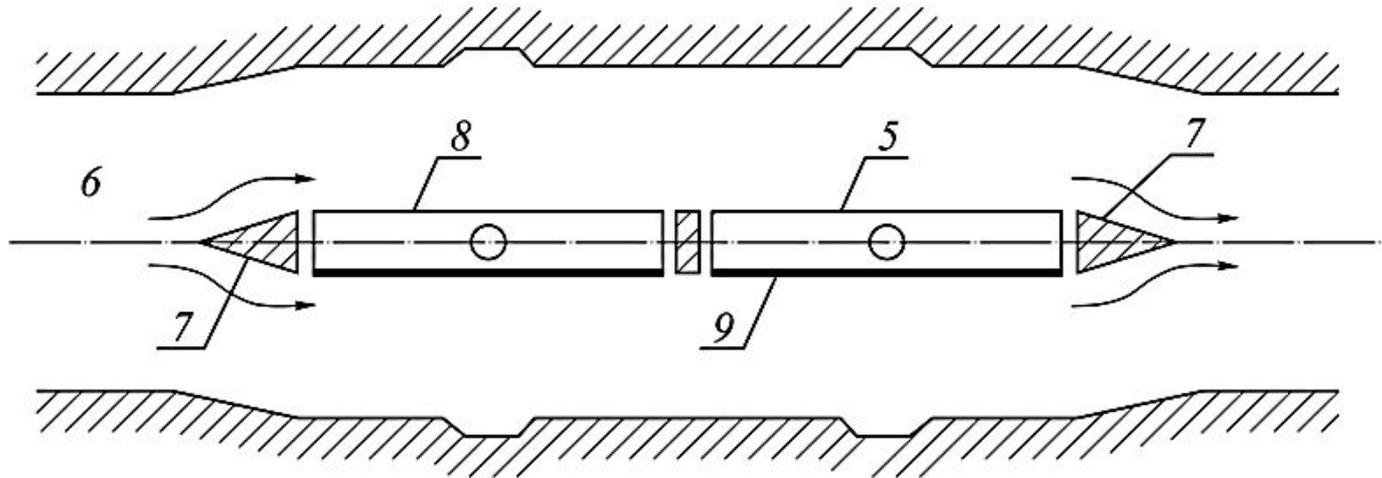


)



Поворотный затвор

г)



1 – верхнее уплотнение; 2 – нижнее уплотнение; 3 – неподвижная часть; 4 – гидроподъемник; 5 – основной затвор; 6 – водопроводная галерея; 7 – обтекатели потока; 8 – ремонтный затвор; 9 – уплотняющее кольцо; 10 – опорный узел.

Пазовые конструкции плоских скользящих затворов

- а) металлическая;
- б) сборная железобетонная

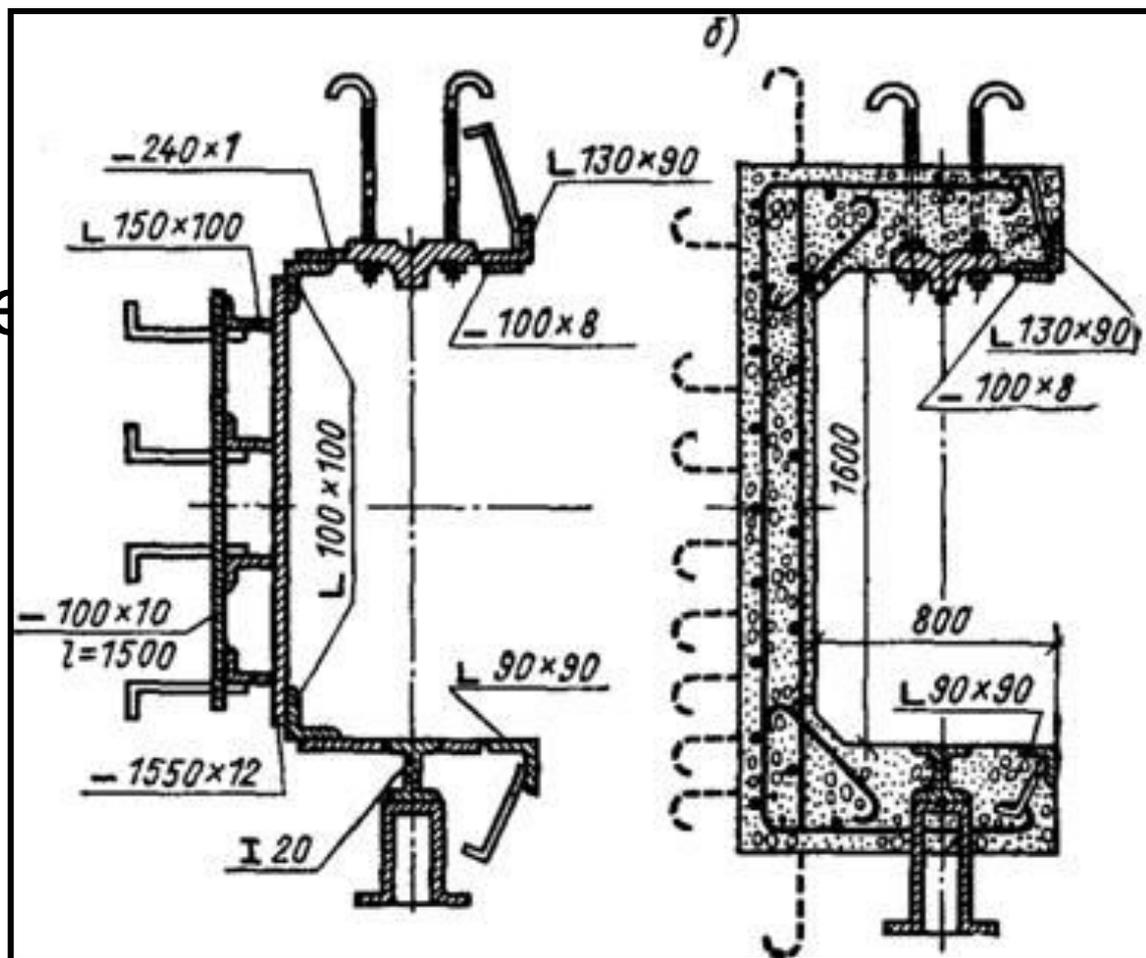


Схема бычков с пазами

а) неразрезного

б) разрезного

1 - паз ремонтного

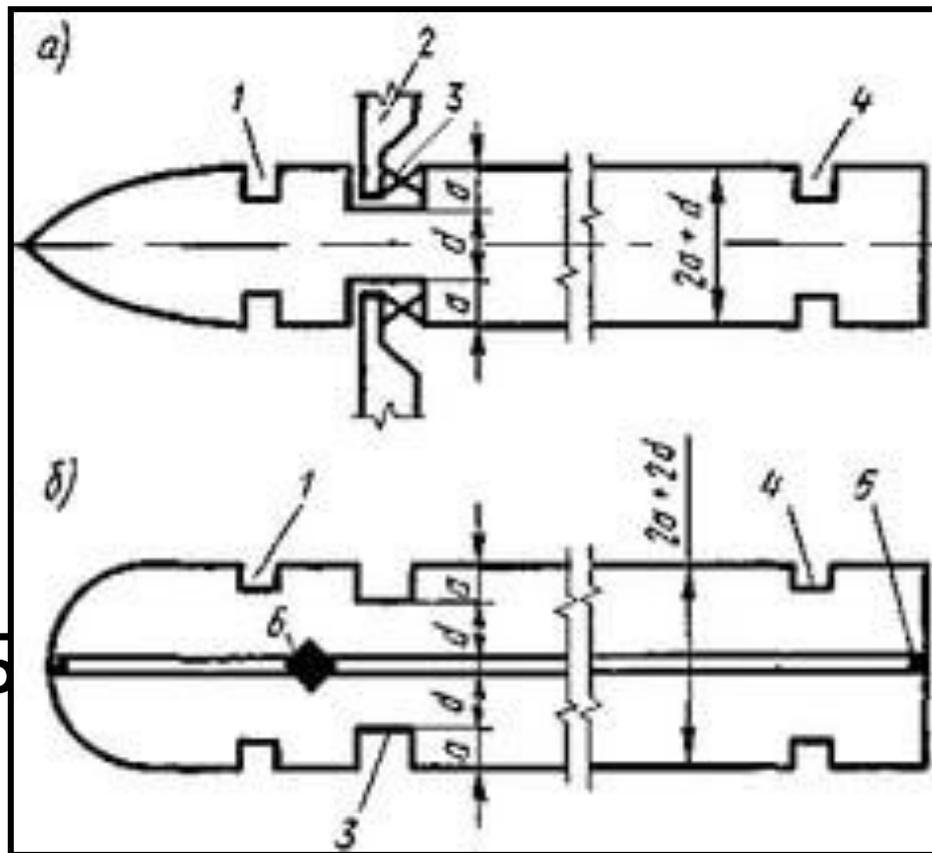
затвора; 2 – затвор;

3 – ходовая часть

затвора; 4 – паз с НБ

5 – поверхностное

уплотнение; 6 – главное уплотнение



Вес затвора (кН)

$$G_3 = (PL_{отв} a^{-1})^b,$$

где P — нагрузка на затвор, кН; $L_{отв}$ — ширина пролета в свету, м; b и a — коэффициенты; $b \approx 0,7$; для плоских поверхностных затворов колесных и скользящих $a = 20$ и 27 ; для глубинных $a = 39$ и 49 ; для сегментных поверхностных с прямыми и наклонными ногами $a = 25$ и 15 .

Усилие для подъема затвора

$$S_1 = K_1(G_3 + G_6) + K_2(T_{оп} + T_у) + W_{г.д.}$$

где K_1 — коэффициент перегрузки, учитывающий возможное отклонение расчетного веса затвора от фактического (за счет допусков в

прокате и др.); $K_1 = 1,1$; K_2 — коэффициент, учитывающий трение в обратных и боковых опорных устройствах и неточность вычисления сил трения; $K_2 = 1,2$; G_3 — вес затвора; G_6 — вес балласта (если для посадки он необходим); $T_{оп}$, $T_у$ — силы трения соответственно в опорно-ходовых частях и в боковых уплотнениях; $W_{г.д.}$ — сила, взвешивающая затвор при нижнем его положении.

Усилия для маневрирования затворами

Усилие посадки:

$$S_2 = K_1 G_2 - K_2 T_{\text{оп}} - K_2 T_y - \\ - W_{\text{г.д}} + W_{\phi},$$

где $K_1 = 0,9$ (при применении проката с минусовым допуском); $K_2 = 1,2$; W_{ϕ} — сила фильтрационного давления на нижнее уплотнение.

При $S_2 < 0$ сила ΔS дожима затвора или необходимый вес балласта:

$$\Delta S = G_0 \geq (K_1 G_2 - K_2 T_{\text{оп}} - K_2 T_y - \\ - W_{\text{г.д}} + W_{\phi}) / K_1.$$

Усилие посадки (продолжение)

Силы трения в опорно-ходовых частях и уплотнениях в скользящих опорах:

$$T_{\text{ов}} = Nf_0,$$

где N — главная нагрузка на затвор; f_0 — коэффициент трения скользящих опор (в покое, то есть в момент трогания);

в катковых опорах:

$$T_{\text{ов}} = Nf,$$

где $f \approx 0,1$;

Усилие посадки (продолжение)

в колесных опорах на скользящих втулках:

$$T_{\text{оп}} = N (\mu/R_k + f_{\text{в}} r_{\text{в}}/R_k),$$

где μ — коэффициент (плечо) трения качения; $\mu = 0,1$ см; R_k — радиус колес; $f_{\text{в}}$ — коэффициент трения скольжения оси по втулке; $r_{\text{в}}$ — радиус втулки;

в колесных опорах на роликовых подшипниках:

$$T_{\text{оп}} = N (\mu/R_k)(R_1/r + 1),$$

где R_1 — радиус внешней окружности качения ролика; r — радиус роликового подшипника;

Усилие посадки (продолжение)

в уплотнениях всего затвора:

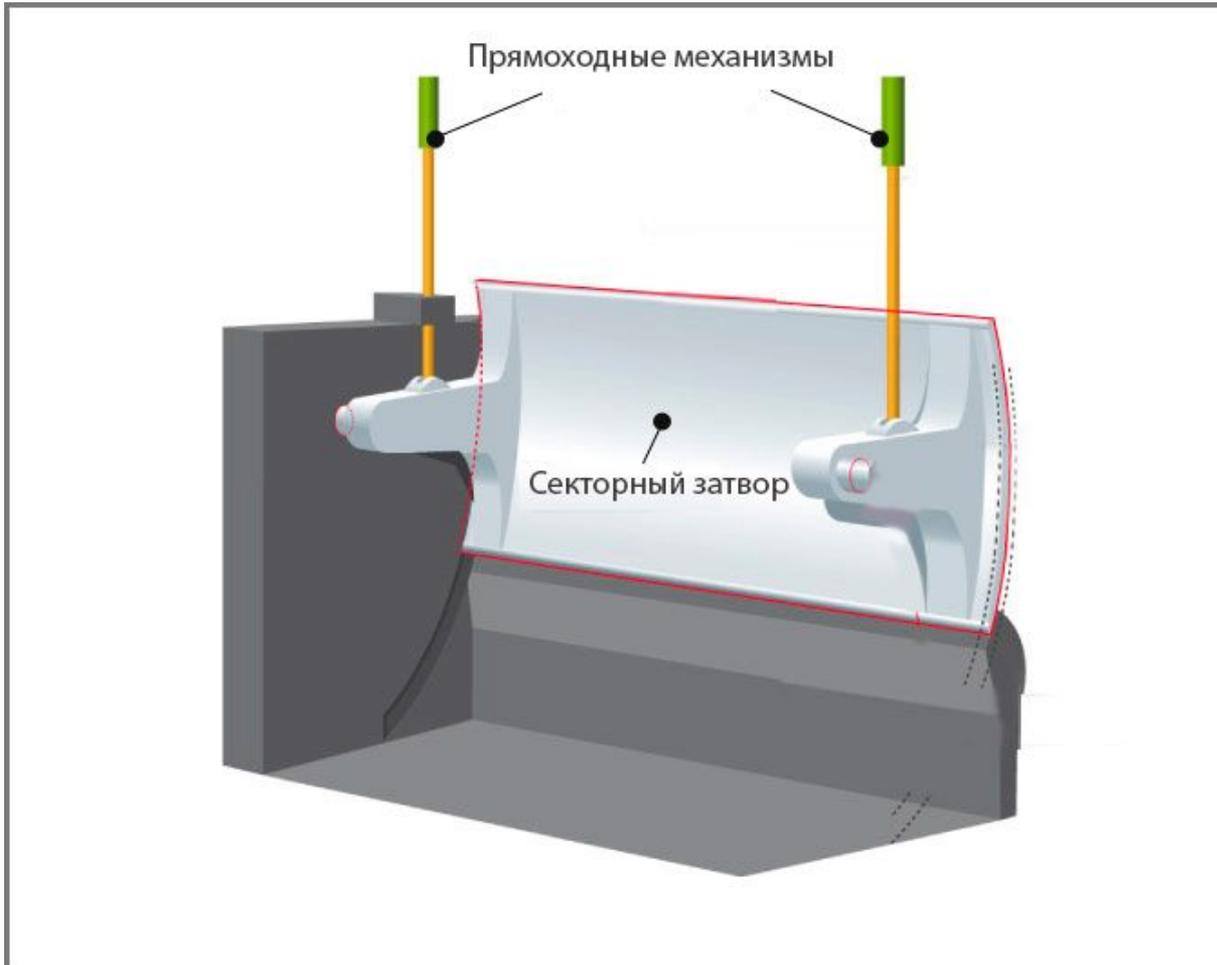
$$T_y = \sum_{i=1}^k L_i q_{yi} f_{ti}$$

где k — число конструкций уплотнений на затворе; L_i — длины соответствующих участков уплотнения; q_{yi} — нагрузка на единицу длины на контактной поверхности уплотнения, определяемая индивидуально для каждого типа уплотнения; f_{ti} — коэффициенты трения уплотняющих элементов по уплотняемой поверхности.

Оборудование для маневрирования затворами

- Для маневрирования затворами сооружения специально оборудуют закладными частями, подъемными механизмами и служебными мостами.
- **Закладные части затворов** — это неподвижные конструкции, заделанные в тело сооружения и обеспечивающие правильное функционирование затворов: опорные рельсы, устройства для создания водонепроницаемости в местах контакта затвора с постоянными частями сооружения и для обогрева этих контактов.
- **Подъемные механизмы** с подвесными тросами, цепями и штангами предназначены для подъема, опускания, поворота и вкатывания затворов, а также для подъема, установки и очистки решеток.
- **Служебные мосты** служат для размещения на них стационарных или подвижных подъемников затворов, передвижения различных предметов оборудования, материалов, а также служебного персонала.

Подъёмные механизмы секторного затвора



Захватная балка с электроприводом

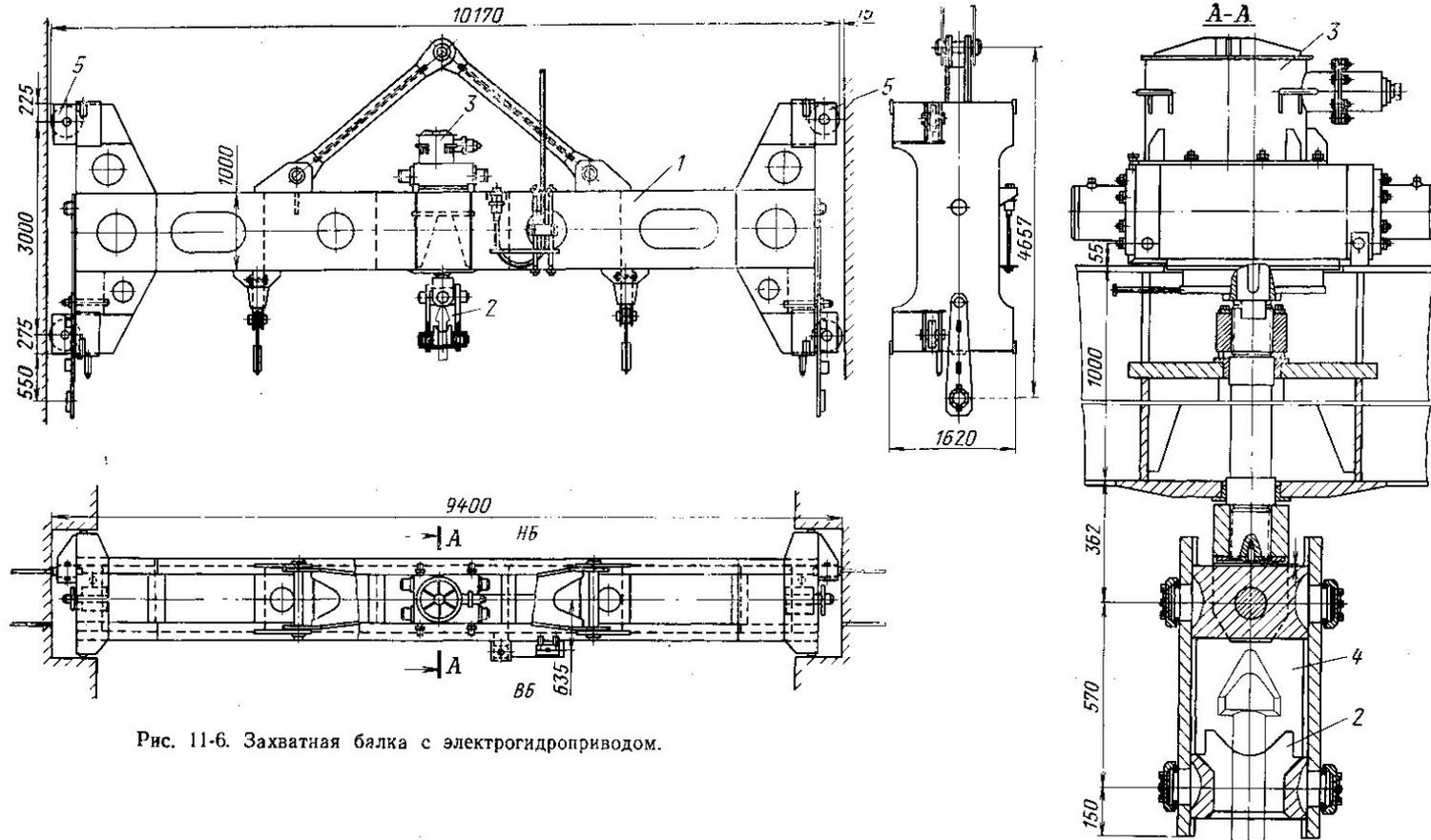


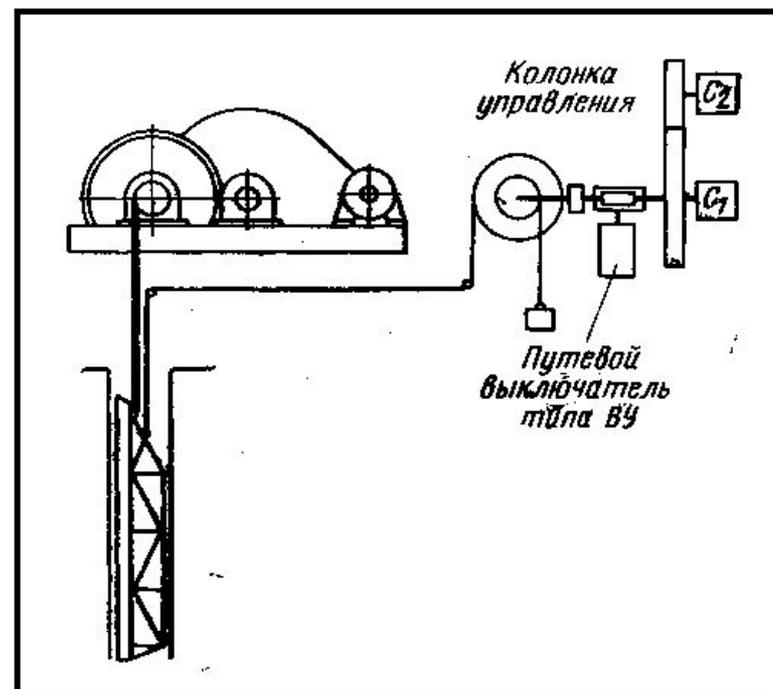
Рис. 11-6. Захватная балка с электрогидроприводом.

Захватная балка с

электроприводом

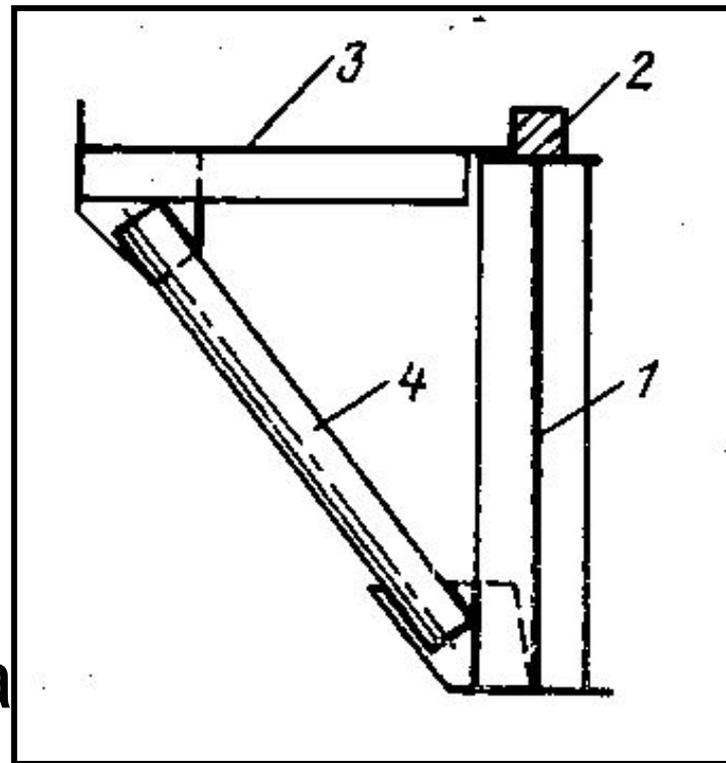
- 1 – собственно балка; 2 – захватное устройство; 3 – электропривод; 4 – направляющие.
- Соединение балки с затвором производится через серьги (2 шт.) или захват.

Маневрирование лебедкой



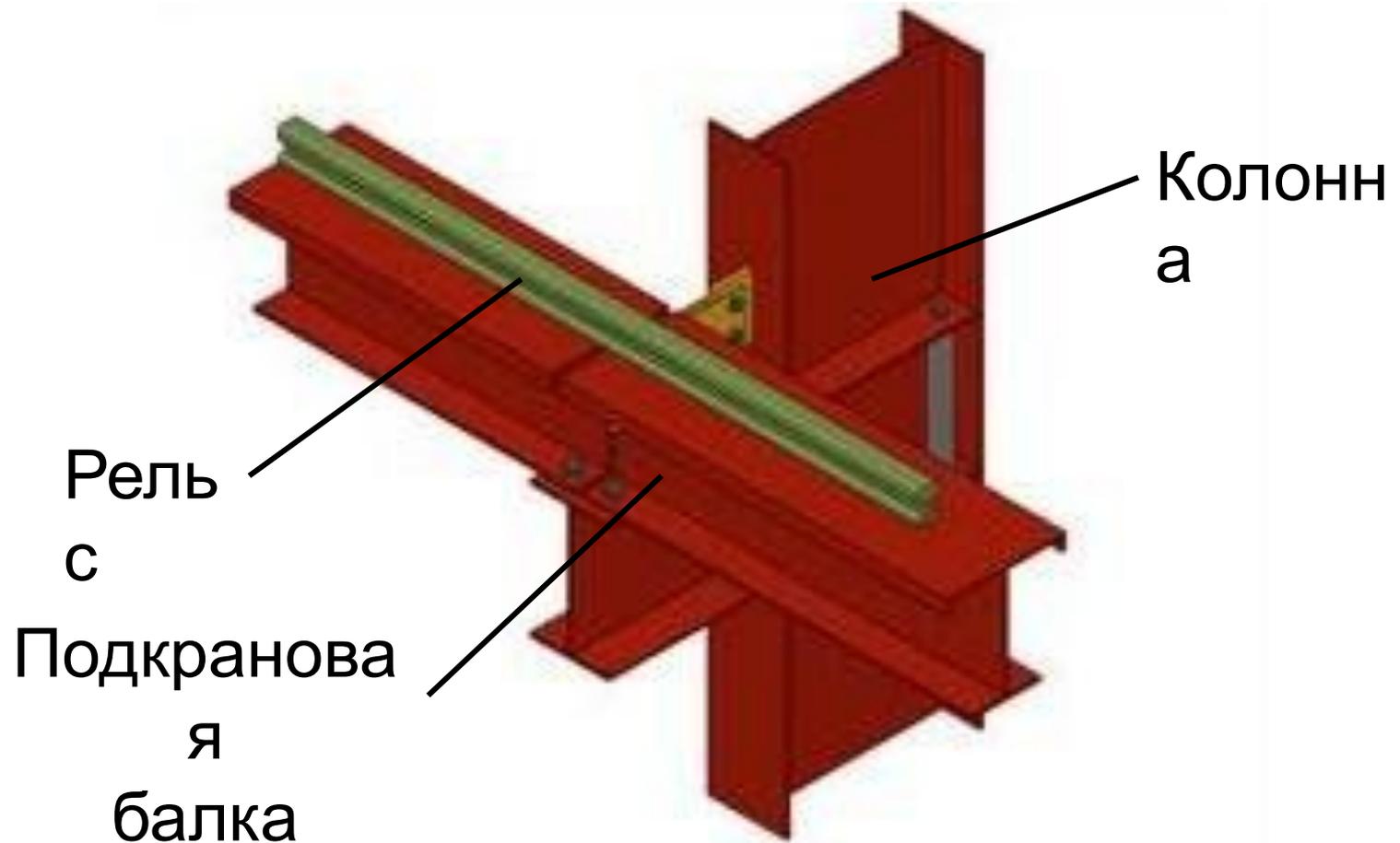
Подкрановый путь

- 1 – подкрановая балка (двутавр);
- 2 – подкрановый рельс;
- 3 – тормозная балка;
- 4 – подкос.

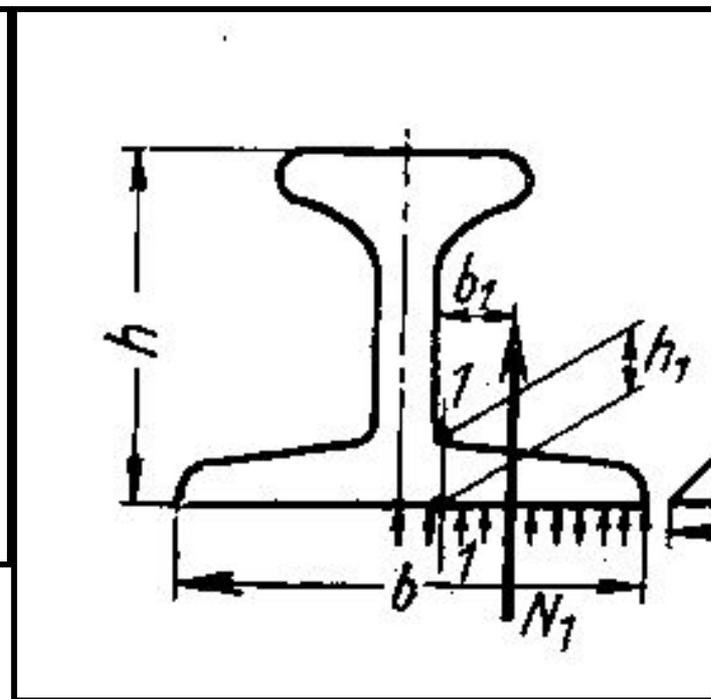
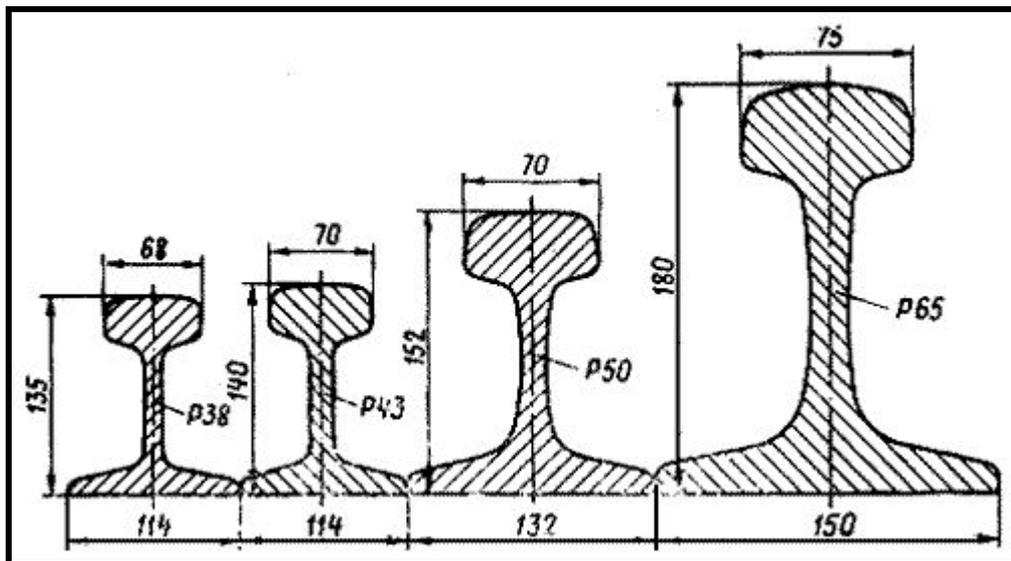


Подкрановая балка в здании ГЭС опирается на колонну, на плотине или водоприемнике – на бычки

Рельс на подкрановой балке



Подкрановый рельс



- Рельсы подкрановых путей кранов (размеры в мм) - ГОСТ Р 51685-2000

Противофильтрационные уплотнения

- Основные требования к уплотнениям: герметичность, долговечность, износоустойчивость, малое сопротивление движению затвора, ремонтпригодность, динамическая устойчивость (устойчивость против незатухающих автоколебаний при протечке), неповреждаемость щелевой кавитацией, хорошие демпфирующие свойства по отношению к вибрации всего затвора.
- Горизонтальные уплотнения. Они делятся на верховые (по верхней кромке глубинных затворов) и донные обтекаемой формы с минимальной шириной нижней площадки для уменьшения вибрации, давления воды на затвор и невозможности образования вакуума и присоса затвора.

Материалы уплотнения

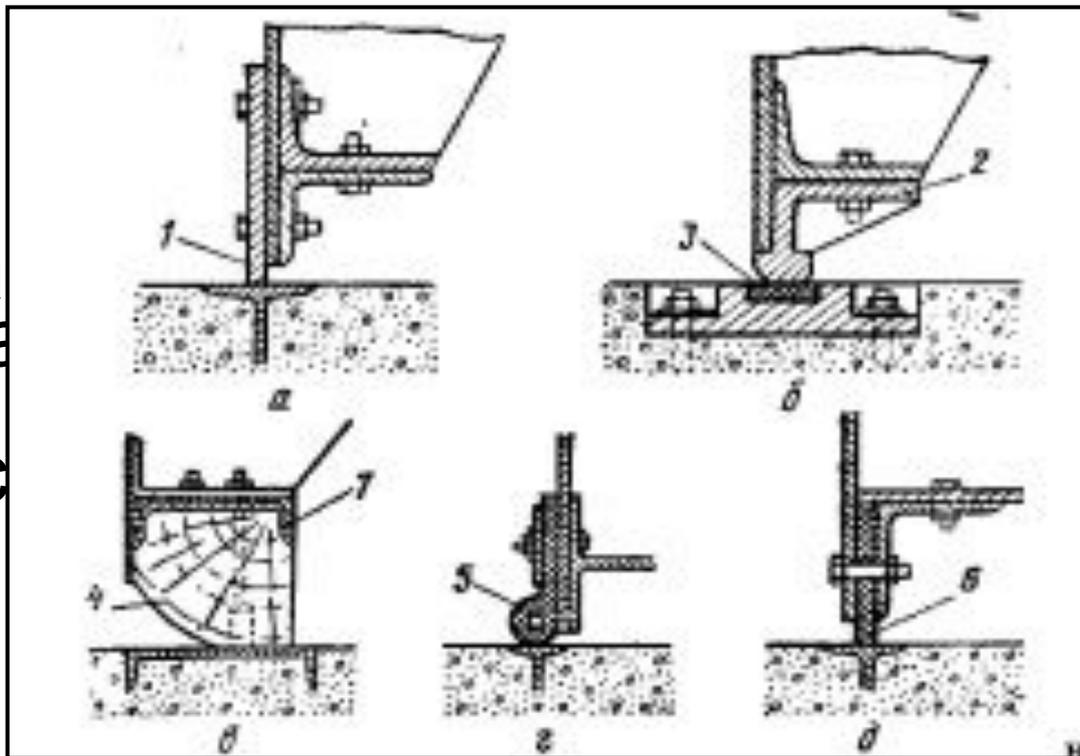
- Наиболее широкое применение для донных (и других уплотнений), получили износостойчивая и морозостойчивая резина, полосовая или специального профиля, обеспечивающая более качественную защиту от фильтрации; при применении резины предусматривают специальные закладные части в бетоне сооружения, на которые опирается затвор, обеспечивая прижатие резины с допустимой деформацией. Уплотнение по верхней кромке затвора выполняют из профильной резины

Боковые уплотнения

- Боковые уплотнения.
- Их располагают перед обшивкой; они прижимаются к закладной части давлением воды. Уплотнения бывают в виде гибкого металлического листа толщиной 2...5 мм и шириной 150...300 мм, полосовой, прикрепленной к гибкому стальному листу, или профильной резины, прикрепленной к затвору.

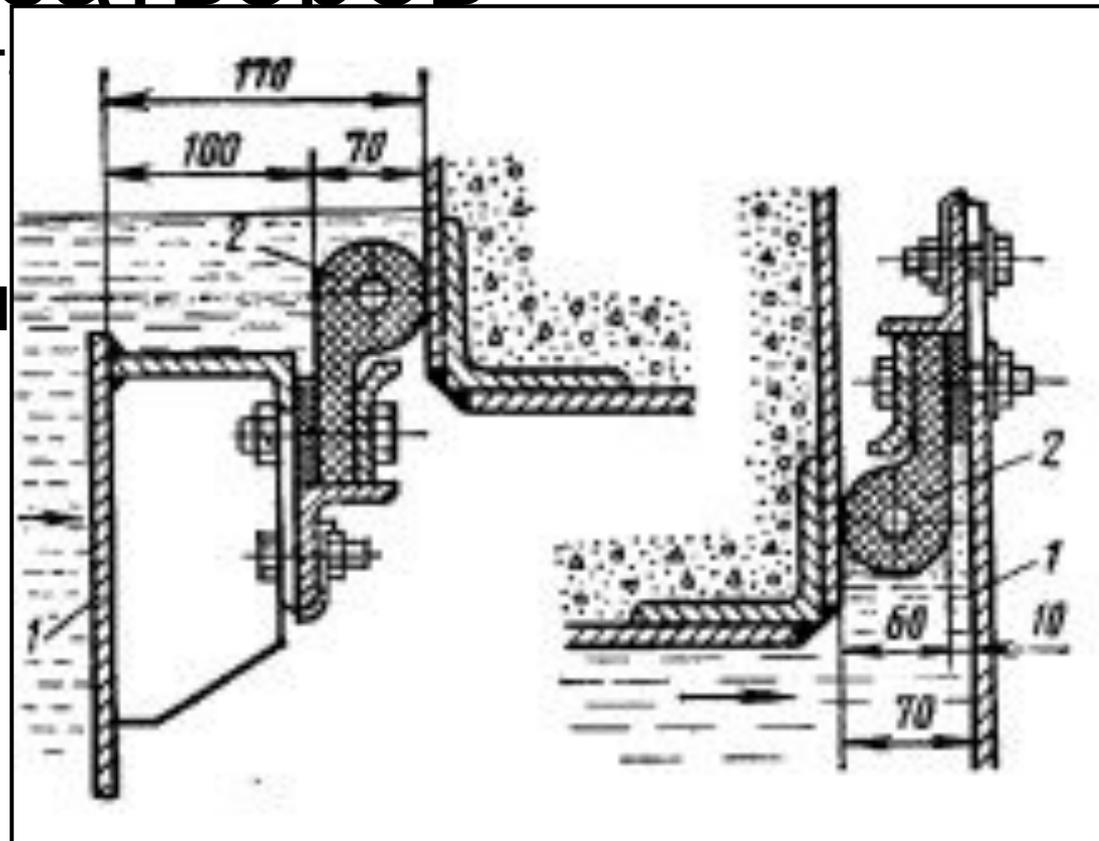
Донные уплотнения

1, 2 – стальные пластины и отливка; 3 – баббит; 4 – дерево; 5, 6 – профильная и плоская резина; 7 – резиновое уплотнение брус

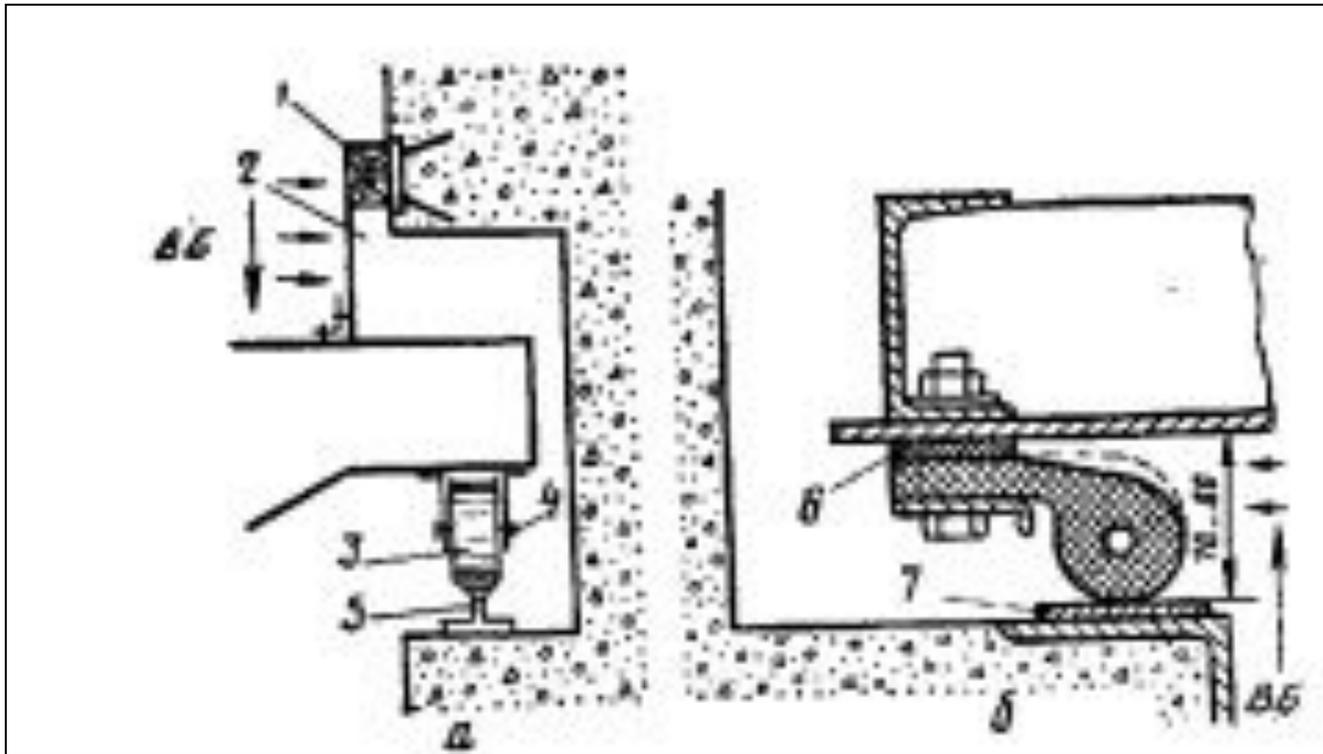


Уплотнения глубинных затворов

1 – обшивка затвора;
2 – профильная резина.



Боковые уплотнения



1 — деревянный брус; 2 — гибкий стальной лист;
3 — колесо; 4 — ось; 5 — рельс; 6 — резиновая прокладка;
7 — полоса из нержавеющей стали.

Затвороохранилище

- Различают стационарные затворы, постоянно находящиеся на отверстии, и инвентарные, хранящиеся в затвороохранилище. Каждый инвентарный затвор обслуживает несколько отверстий и устанавливается при необходимости в любое из них передвижным краном.

Конструкция затворохранилища



Вид затворохранилища



Вспомогательное оборудование судоходных шлюзов-1

- Для обеспечения нормальной работы отдельных элементов сооружения и его оборудования на шлюзах предусматриваются различные устройства и приспособления, в том числе причальное оборудование, предохранительные и амортизирующие устройства, приспособления для проводки судов через шлюзы и др.
- **Причальное оборудование** предназначено для швартовки шлюзующихся и ожидающих шлюзования судов. Оно может быть выполнено в виде неподвижных (причальные тумбы и стационарные рымы) и подвижных (плавучие рымы) устройств. Существуют также различные способы механизированной и автоматизированной учалки судов.

Вспомогательное оборудование судоходных шлюзов-2

- **Предохранительные устройства** служат для защиты ворот от навала судов и, кроме того, способствуют увеличению скорости входа судов в камеру шлюза.
- **Амортизирующие устройства** предназначены для защиты сооружения и отдельных его элементов от повреждений при навалах судов.
- Для проводки через шлюзы несамоходных судов и составов используют **различные тяговые средства**. Наиболее распространенным способом тяги в шлюзах являются буксировка на тросе или толкание. На отдельных шлюзах используется и береговая тяга, например, электровозы или лебедки.

Причальные сооружения



Причальное оборудование



Причальная тумба



Плаву́чий ры́м шлю́за



frocush.livejournal.com

Плавающий рым - вид сверху



Баржа с рабочими колесами на судоподъемнике



Схема вертикального судоподъемника



КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ И АППАРАТУРА ГТС (СТО 17330282.27.140.004-2008)

- Под контрольно-измерительными системами подразумеваются комплексы контрольно-измерительной аппаратуры (КИА), установленные на сооружениях и предназначенные для контроля их состояния на протяжении всего периода эксплуатации. При этом сбор информации от контрольно-измерительной аппаратуры и устройств может проводиться полностью вручную, полностью или частично автоматизировано.

Состав контрольных наблюдений-1

- На **бетонных плотинах** должны контролироваться следующие параметры:
- - наклоны сооружений;
- - осадки сооружений;
- - горизонтальные перемещения;
- - взаимные смещения элементов сооружений;
- - фильтрационное противодействие по подошве сооружений и фильтрационные напоры в основании;
- - фильтрационные расходы через тело и швы плотины;
- - температурный режим в теле сооружения;
- - температурный режим фильтрационной воды;
- - химическая и механическая суффозия в плотине и основании;
- - раскрытие трещин, температурно-осадочных и строительных швов;
- - размывы дна и берегов в нижнем бьефе.

Состав контрольных

наблюдений-2

- На грунтовых плотинах должны контролироваться :
- - физико-механические свойства материала плотин;
- - осадки по гребню и бермам;
- - горизонтальные перемещения по гребню и бермам;
- - положение кривой депрессии в теле плотины и значения фильтрационных напоров в основании и в зонах береговых примыканий;
- - расходы фильтрационной воды;
- - температурный режим в основании и теле плотины (для сооружений в северной климатической зоне);
- - уровни воды в верхнем и нижнем бьефах.

Состав контрольных наблюдений-3

- На прилегающей к ГТС территории при должны контролироваться;
- - осадки оползневых и потенциально неустойчивых склонов (на поверхности и в глубине склонов);
- - горизонтальные смещения оползневых и потенциально неустойчивых склонов (на поверхности и в глубине склонов);
- - взаимные перемещения геологических пород вдоль геологических нарушений (геологических разломов);
- - горизонтальные и вертикальные перемещения геологических пород вблизи береговых примыканий арочных плотин.

Состав контрольных наблюдений-4

- В подземных зданиях гидроэлектростанций должен проводиться контроль за:
 - - напряженным состоянием анкерного и сводового крепления, вмещающего массива;
 - - деформациями стен и свода камеры;
 - - фильтрационным и температурным режимами массива;
 - - протечками воды в помещения.

Состав контрольных наблюдений-5

- На ГЭС гидроаккумулирующих электростанций следует дополнительно контролировать:
 - - деформации крепления откосов верхнего и нижнего бассейнов;
 - - избыточное фильтрационное давление за бетонным креплением откосов в процессе сработки верхнего бассейна;
 - - деформации опор трубопроводов;
 - - напряжения в элементах трубопроводов.

Состав контрольно-измерительной аппаратуры (КИА)-1

- Контроль осадок должен выполняться с использованием:
 - - поверхностных марок;
 - - боковых марок;
 - - глубинных марок;
 - - опорных рабочих реперов;
 - - фундаментальных реперов;
 - - гидростатических нивелиров;
 - - инклинометрических труб;
 - - элеваторов высот.

Состав контрольно-измерительной аппаратуры (КИА)-2

- Контроль горизонтальных перемещений с использованием:
 - - прямых отвесов;
 - - обратных отвесов;
 - - створных знаков;
 - - подвижных визирных марок;
 - - опорных визирных марок;
 - - инклинометров;
 - - оптических, магнитных или других датчиков для измерения перемещения натянутой струны.

Состав контрольно-измерительной аппаратуры (КИА)-3

- Контроль пьезометрических напоров и противодавления в теле и основании грунтовых плотин с использованием:
 - - пьезометров опускных;
 - - пьезометров закладных;
 - - преобразователей давления (пьезодинамометров).
- Под подошвой и в основании бетонных плотин с использованием:
 - - пьезометров закладных;
 - - пьезометров опускных;
 - - преобразователей давления (пьезодинамометров).

Состав контрольно-измерительной аппаратуры (КИА)-4

- Контроль расхода фильтрационной воды в дренажных устройствах и в местах неорганизованного выхода воды в бетонных и грунтовых сооружениях и их основаниях :
 - - мерных водосливов;
 - - расходомеров;
 - - объемометрических измерений;
 - - гидрометрических вертушек.

Состав контрольно-измерительной аппаратуры (КИА)-5

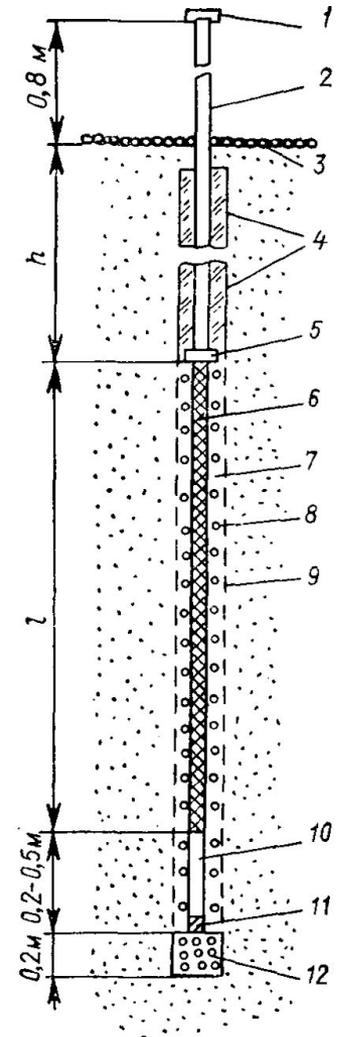
- Контроль уровней воды в нижнем и верхнем бьефах следует осуществлять с использованием различных типов **поплавковых приборов**, а также
 - - погружных датчиков давления;
 - - устройств для измерения расстояния до поверхности воды, например, лазерной рулетки;
 - - пневмогидравлической аппаратуры.

Состав контрольно-измерительной аппаратуры (КИА)-6

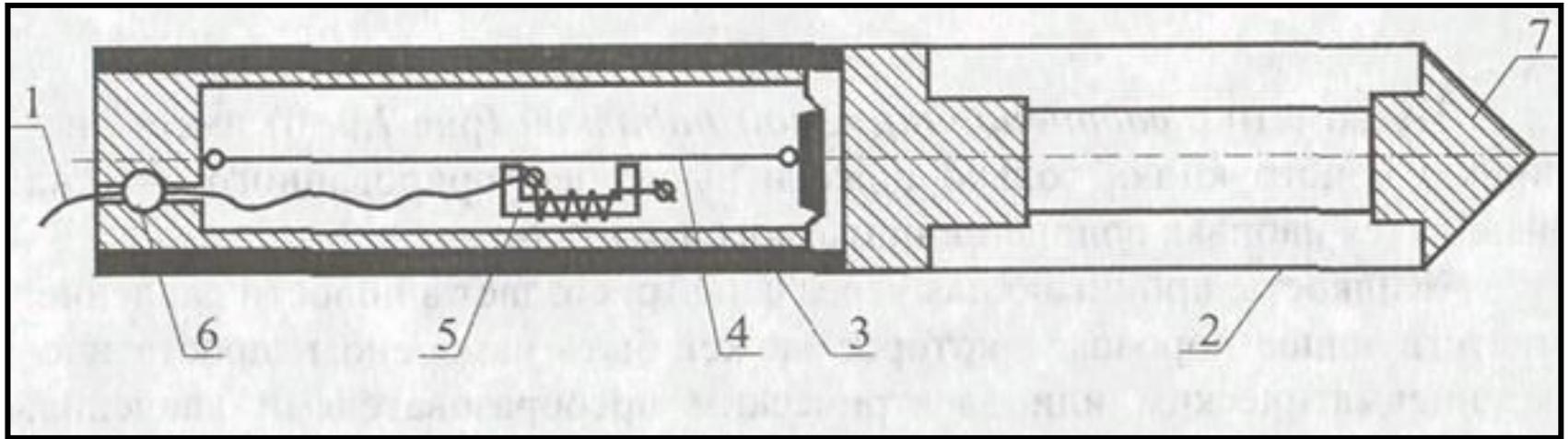
- Контроль температуры в теле грунтовых и бетонных сооружений должен выполняться с использованием закладных термометров, например:
 - - струнных преобразователей температуры;
 - - термометров сопротивления;
 - - термопар и других измерительных устройств.

Конструкция пьезометра

1 — крышка; 2 — устье; 3 — мостовая; 4 — забивка су-глинком; 5 — муфта; 6 — труба $d = 60 \dots 75$ мм; 7 — засыпка фильтра промытым крупнозернистым песком или гравием; 8 — фильтр; 9 — обсадная труба $d = 180 \dots 200$ мм; 10 — отстойник; 11 — пробка; 12 — гравийная подушка



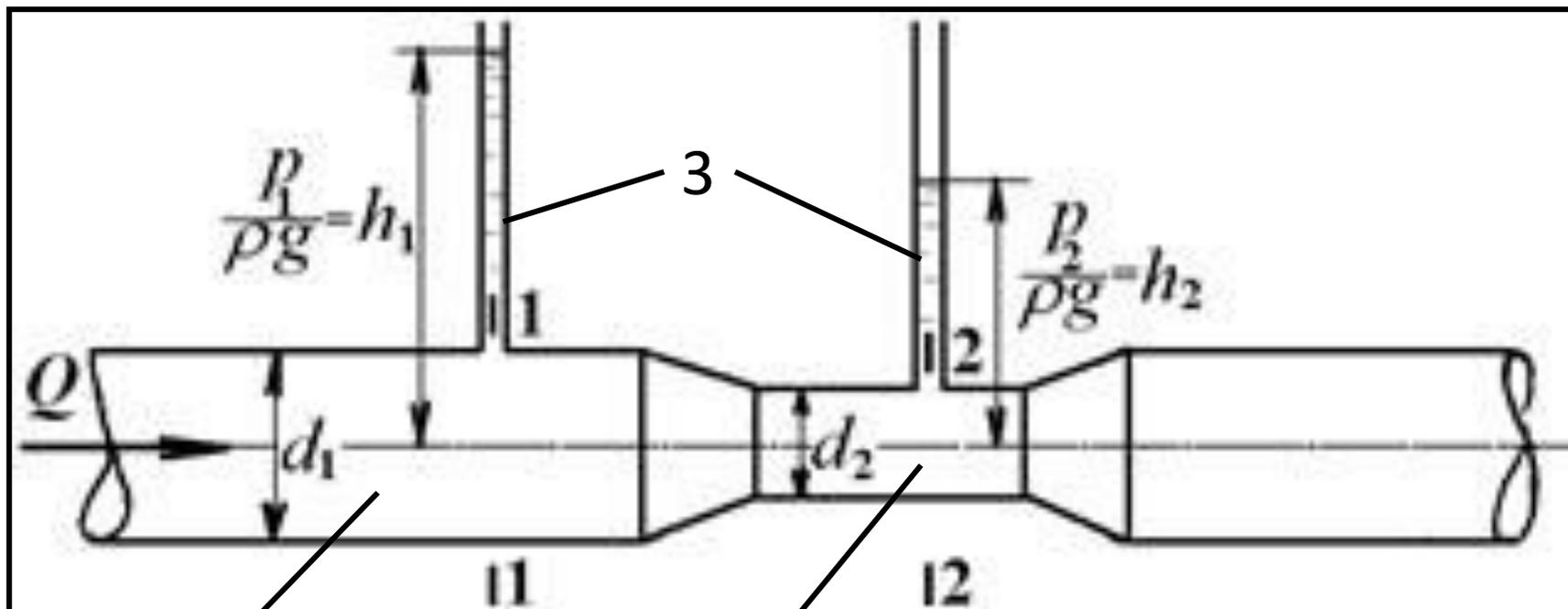
Электрические пьезометры



Работа основана на воздействии давления воды на диафрагму 3, перемещение которой пропорционально давлению; оно преобразуется при помощи тензометрического индуктивного или струнного преобразователей 4 и 5 в электрический сигнал.

1-провод; 2-фильтр; 3-диафрагма;
4-преобразователь струнный; 5-преобразователь индуктивный; 6-изоляция; 7-корпус

Расходомер Вентури



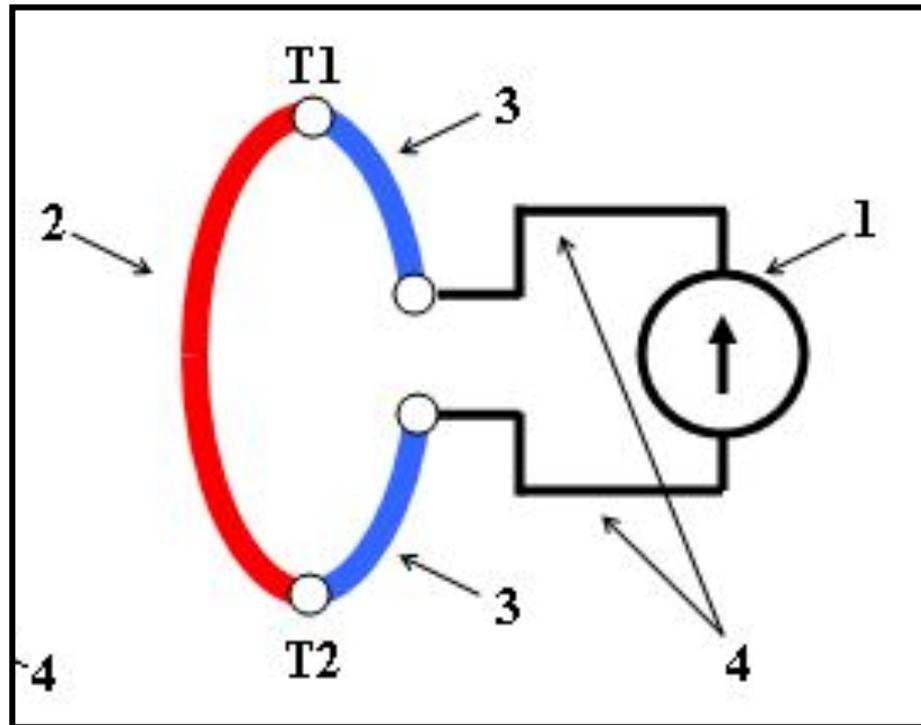
1- трубопровод; 2-горловина; 3-пъезометр

Определение расхода

$$Q = \frac{CF_2}{\sqrt{1 - \left(\frac{F_2}{F_1}\right)^2}} \sqrt{2 \frac{P_1 - P_2}{\rho}},$$

- где **Q** — расход жидкости; **C** — экспериментальный коэффициент, отражающий потери внутри расходомера; **F₁** и **F₂** — площади сечения трубопровода и горловины соответственно; **ρ** — плотность жидкости; **P₁** и **P₂** — статические давления на входе трубы и в горловине.

Термопара



- 1 – измерительный прибор
- 2, 3 – термоэлектроды
- 4 – соединительные провода
- T1, T2 – температура «горячего» и «холодного» спаев термопары

Термопара. Принцип работы

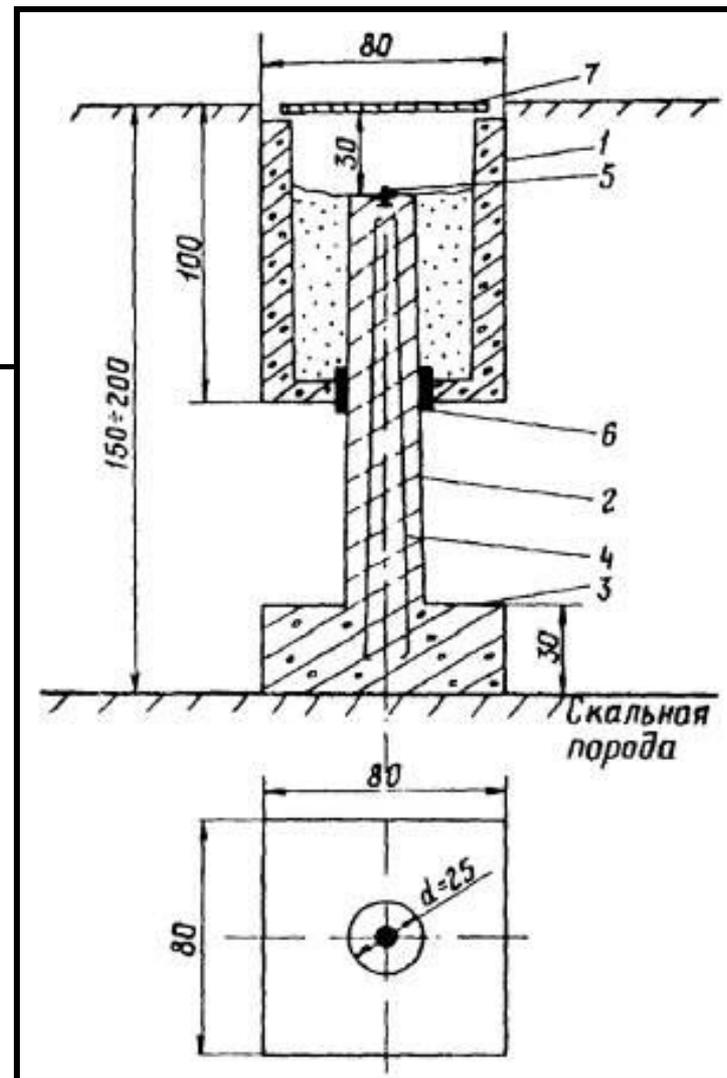
- Для того, чтобы измерить температуру на различных объектах, часто используются термопары.
 - Общий принцип работы термопары .
- При соединении проводников, материалом для которых служат разнородные металлы, на противоположных концах появляется напряжение, вызванного контактной разницей потенциалов. Значение полученного напряжения находится в полной зависимости от температуры. Таким образом, разные металлы, соединенные между собой, выступают в роли гальванического элемента, обладающего повышенной чувствительностью к перепадам температур. Данная конструкция представляет собой температурный сенсор, который и называется **термопарой**.

Измерение осадок сооружений

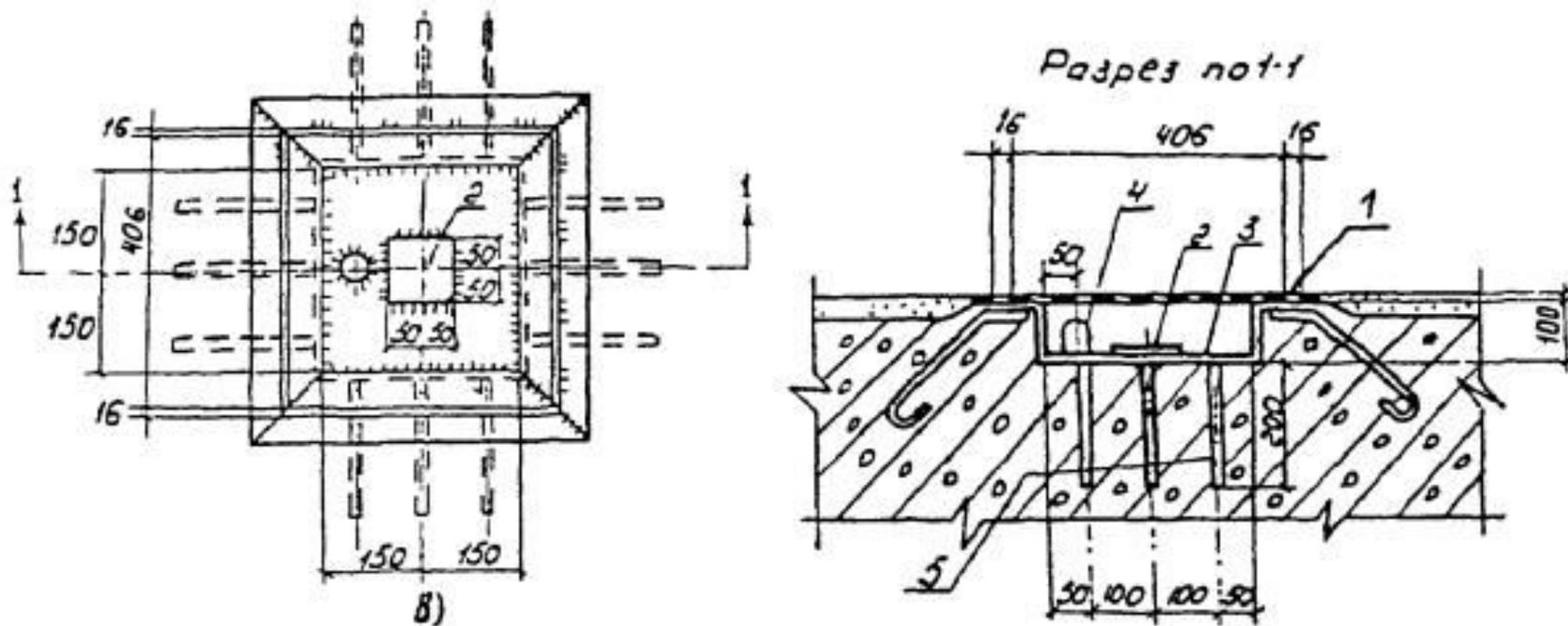
- Наиболее распространенным методом изучения осадок является геометрическое нивелирование. При этом способе используется несложное и недорогое оборудование. Для наблюдений осадок методом геометрического нивелирования в сооружении закладывают **осадочные марки**, располагаемые в местах ожидаемых деформаций внизу сооружения: возле осадочных и температурных швов, по углам отдельных секций, на кольцах статоров генераторов и т. п. Измерения осадок фундаментов сооружений производятся относительно **исходных глубинных или грунтовых реперов**.

Исходный репер

- 1 - железобетонный или металлический колодец; 2 - асбоцементная труба диаметром 250 мм; 3 – железобетонный пилон; 4 - арматура; 5 - нивелирная марка; 6 - сальник; 7 - крышка.



Конструкция деформационной марки

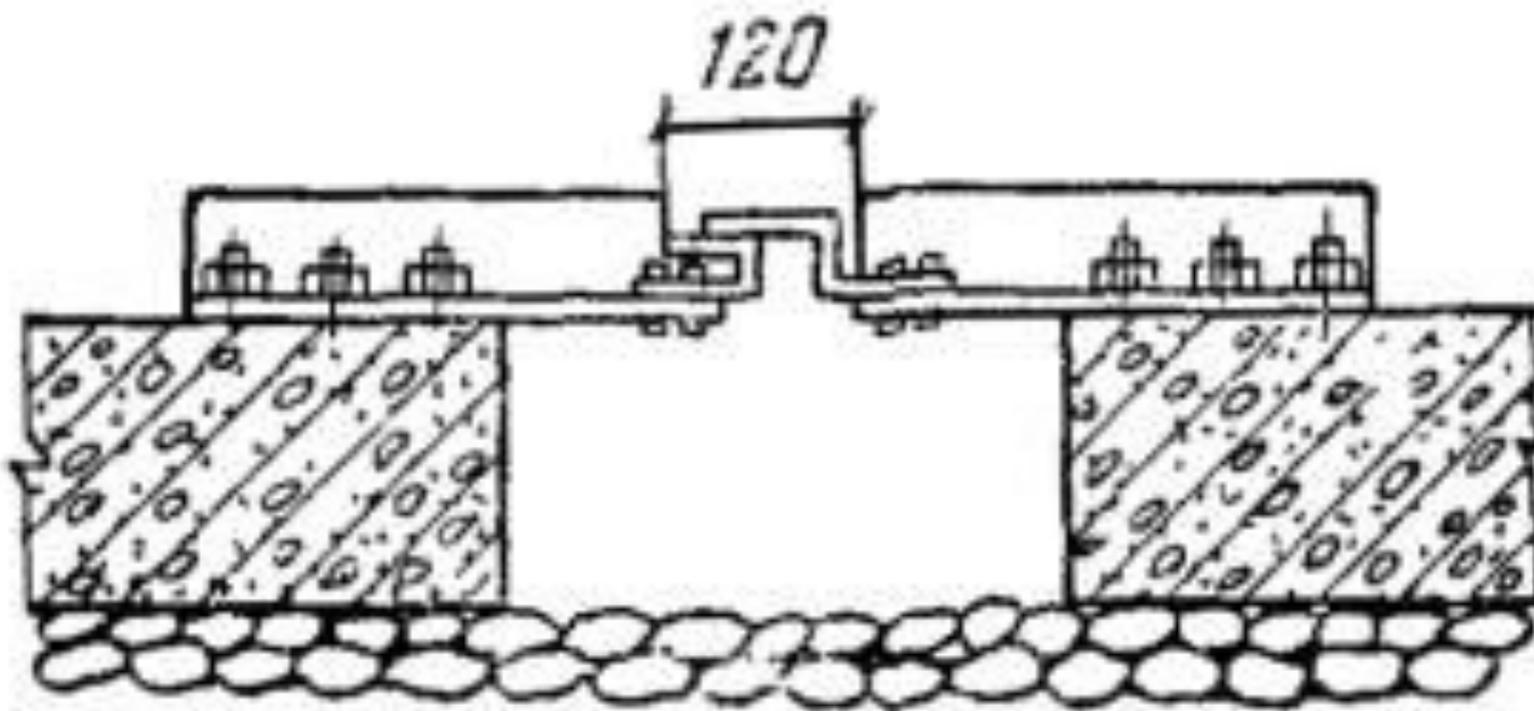


1 - защитный колпак (крышка) осадочной марки; 2 - нивелирная марка (нержавеющая сталь); 3 - металлический короб; 4 - пластина для гидроуровня ; 5 - штыри.

Щелемеры

- Используются для измерения перемещений бетонных конструктивных массивов, а также контроля динамики деформации трещин в кирпичной или каменной кладке, бетонных сооружениях или горной породе.
- В зависимости от требований к контролируемым параметрам, щелемеры могут устанавливаться в одно, двух и трехосном исполнении с диапазоном контроля от 2 до 250 мм.

Конструкция щелемера



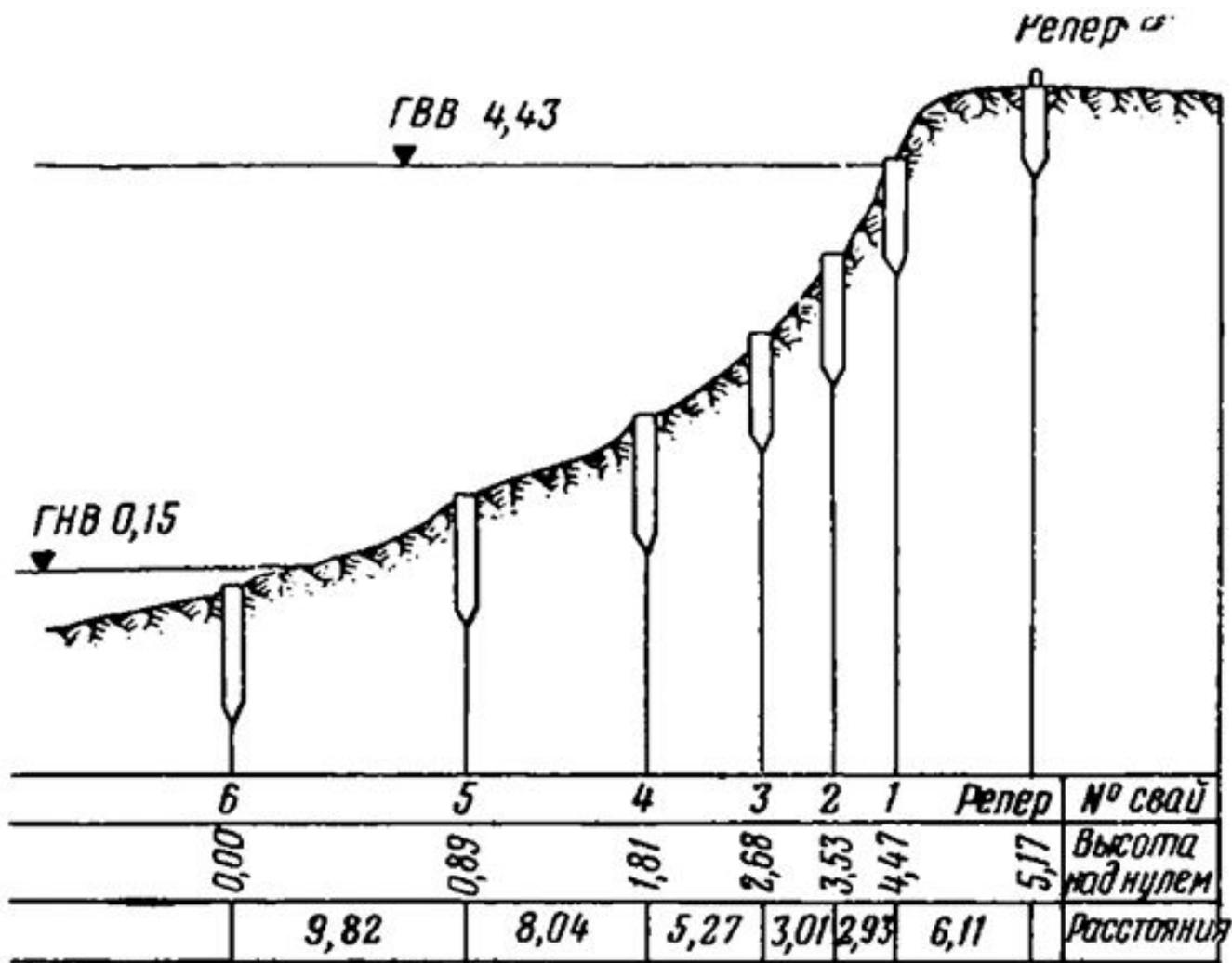
Измерение уровня воды-1

- Уровни воды определяются на водомерных постах. Существуют различные водомерные посты: свайные, речные, смешанные, передаточные и автоматические.
- Уровни воды на свайном водомерном посту измеряются переносной рейкой длиной около 1,5 м с делениями через 1 - 2 см. Речной водомерный пост устраивают там, где имеется устойчивая вертикальная стенка, к которой можно надежно прикрепить металлическую или деревянную рейку.

Свайный водомерный пост

- В створе, перпендикулярном направлению русла реки, забивают на глубину ниже уровня промерзания грунта ряд свай диаметром 20—30 см.
- Сваи срезают горизонтально на 5—10 см выше земли. В центр среза забивают барочные гвозди длиной 15—20 см с широкими шляпками.
- Эти сваи ставят на таком расстоянии друг от друга в зависимости от крутизны берега, чтобы разность отметок по высоте их составляла 0,80—0,95 м.
- Срез нижней сваи должен быть примерно на 0,3 м ниже низшего горизонта вод, а верхней сваи — на столько же выше наивысшего горизонта вод.
- На берегу вблизи створа ставят 1—2 постоянных репера (забетонированный рельс или марка в стене постоянного сооружения), которые привязывают к реперам государственной высотной основы и к реперам, в отметках которых составлен гидроузел.

Устройство свайного поста



Измерение УВ на свайном

ПОСТУ

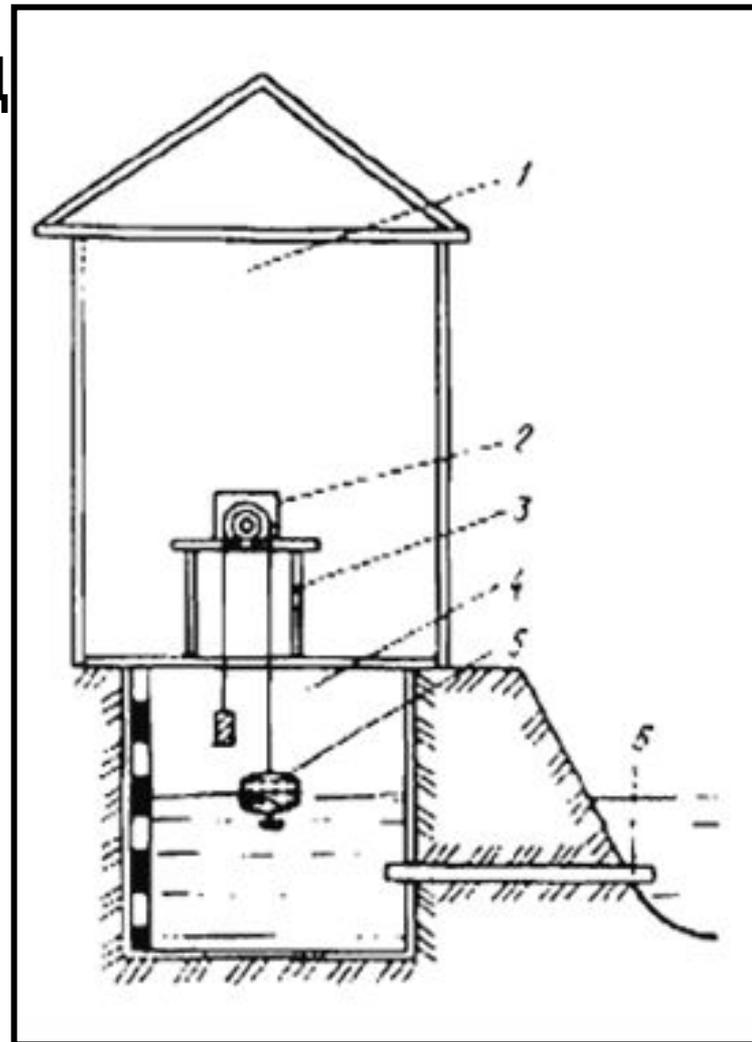
- Для наблюдений уровня воды применяется переносная водомерная рейка.
- Низ переносной рейки оковывается железом. При помощи такой рейки определяют, насколько уровень воды в момент наблюдения выше или ниже верха ближайшей сваи.
- Зная номер сваи и ее отметку, можно определить отметку уровня воды.
- Результаты наблюдений на водомерном посту записываются в специальном журнале, в котором указываются дата и время наблюдений, номер сваи и отсчет по переносной рейке.

Измерение уровня воды-2

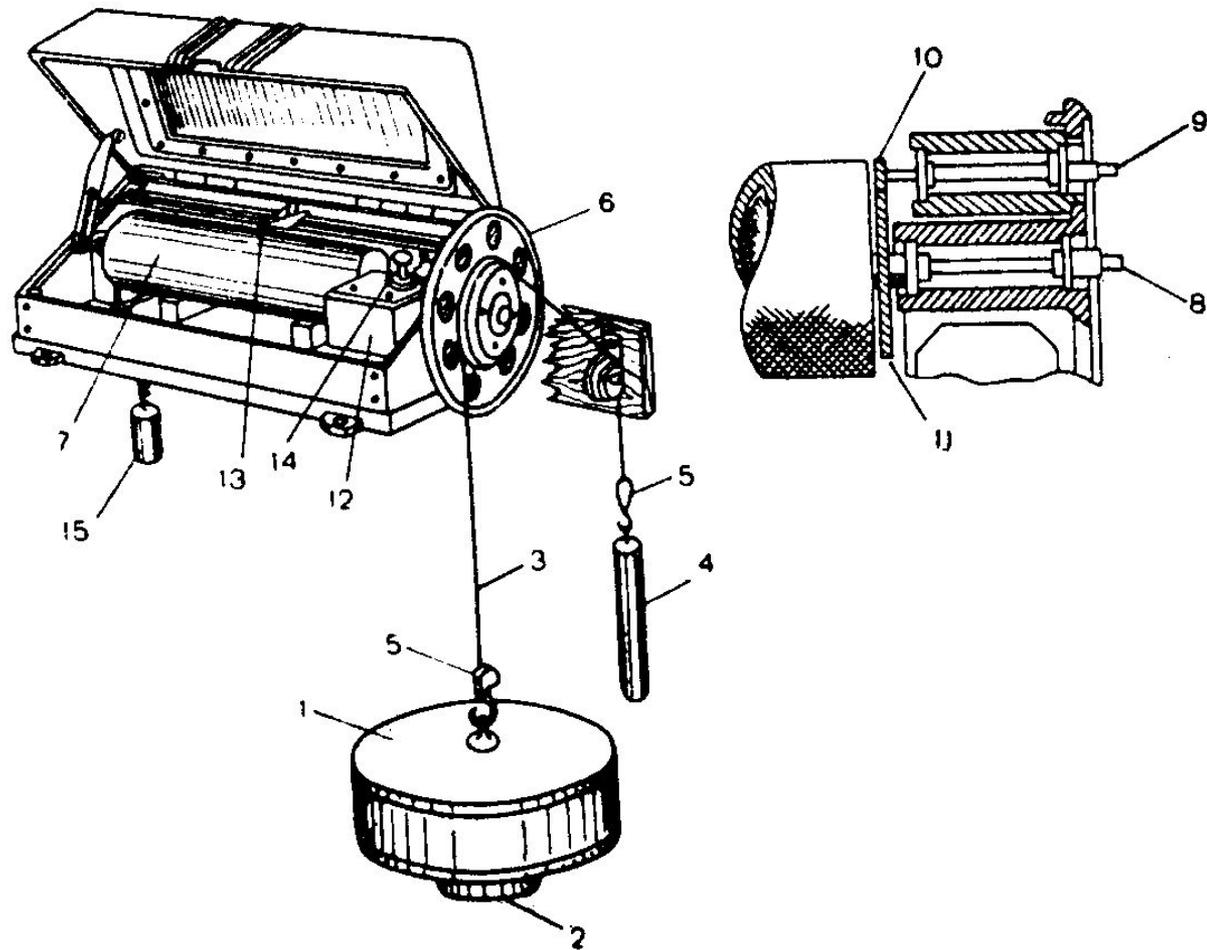
- Смешанные водомерные посты оборудуются так, чтобы высокие уровни регистрировались с помощью реек, а низкие - с помощью свай.
- Передаточные водомерные посты устраивают там, где нет свободного доступа к берегу или он крайне затруднен. Передаточные водомерные посты обычно бывают поплавкового типа. Поплавок поднимается или опускается вместе с уровнем воды в реке; на тросе, прикрепленном к поплавку и перекинутом через блоки, имеется указатель, по которому отмечается уровень воды на горизонтальной рейке.
- На автоматических водомерных постах устанавливается лимниграф (самописец) - барабан, обернутый бумагой, на которую нанесена сетка. Барабан вращается часовым механизмом. Перо лимниграфа перемещается с помощью системы тросов в зависимости от колебаний поплавка, находящегося в специально устроенном колодце, сообщающемся с рекой горизонтальной трубой.

Уровнемер с самописцем

1 – будка; 2 – самописец;
3 – столик; 4 – колодец;
5 – поплавок;
6 – соединительная
труба



Устройство самописца «Валдай»



Самописец – обозначения

- Самописец предназначается для непрерывной записи колебаний уровня воды. Он состоит из поплавковой системы и регистрирующего механизма. Поплавковая система состоит из пустотелого металлического поплавка 1 с грузом 2, который прикрепляется под поплавком. Поплавок подвешен на мягком тросе 3, на противоположном конце которого прикреплен груз-противовес 4. Поплавок и груз крепятся к тросу специальными зажимами 5. Трос надевается на поплавковое колесо 6, представляющее собой два соединенных диска – малый и большой. Поплавковая система при колебаниях уровня воды приводит во вращение барабан 7 самописца, сцепляющийся с осью поплавкового колеса.

Самописец – запись УВ

- Регистрирующий механизм состоит из барабана 7, часового механизма 12 и каретки 13 с пером, скользящей вдоль образующей барабана. Барабан вращается на подвижном центре, укрепленном в левом боку корпуса, и на основной оси 8 поплавкового колеса, укрепленной в правом боку корпуса. Лента с обрезанными уголками накладывается на барабан, концы ее заправляются в прорезь и зажимаются поворотом рычага на щеке барабана. Часовой механизм помещен во влагонепроницаемой коробке. Он действует от гиревого привода. На верхней стороне коробки укреплена заводная головка 14 и выведены два рычага – один из них, с индексом «ВКЛ», служит для пуска и остановки часового механизма, а другой, с индексами «П» (прибавить) и «У» (убавить), предназначен для регулировки хода.
- Каретка с пером передвигается вдоль барабана действием часового механизма, передаваемым на каретку через стальную струну, навитую одним концом на барабанчик заводной головки 14; на свободном конце струны подвешена гиря 15. Каретка скреплена со струной зажимным винтом и после завода часового механизма может быть передвинута и закреплена в требуемом исходном положении.

Речной водомерный пост

