

# **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:

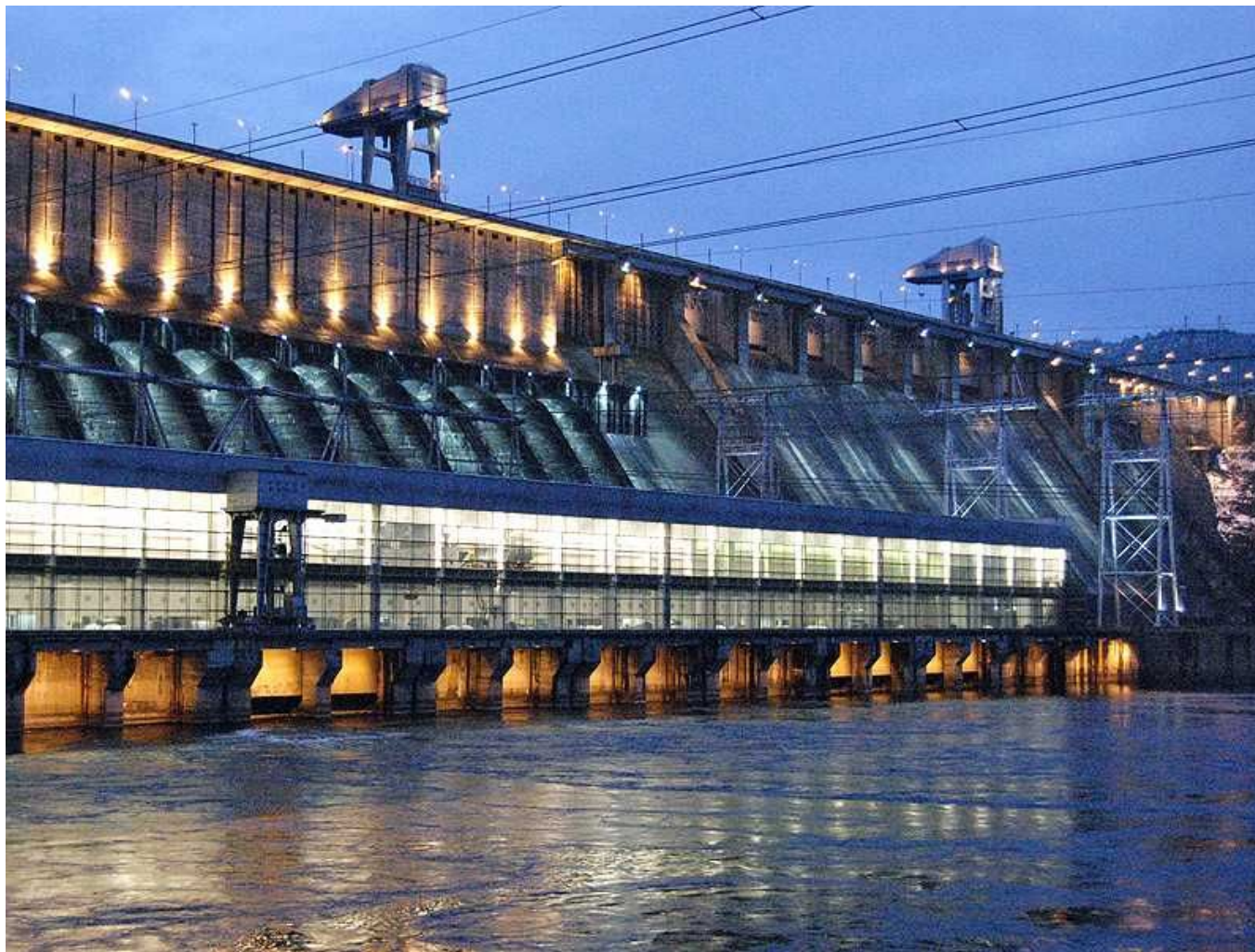
- основное технологическое,
- вспомогательное технологическое,
- электрическое,
- механическое,
- подъемно-транспортное.

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





# 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

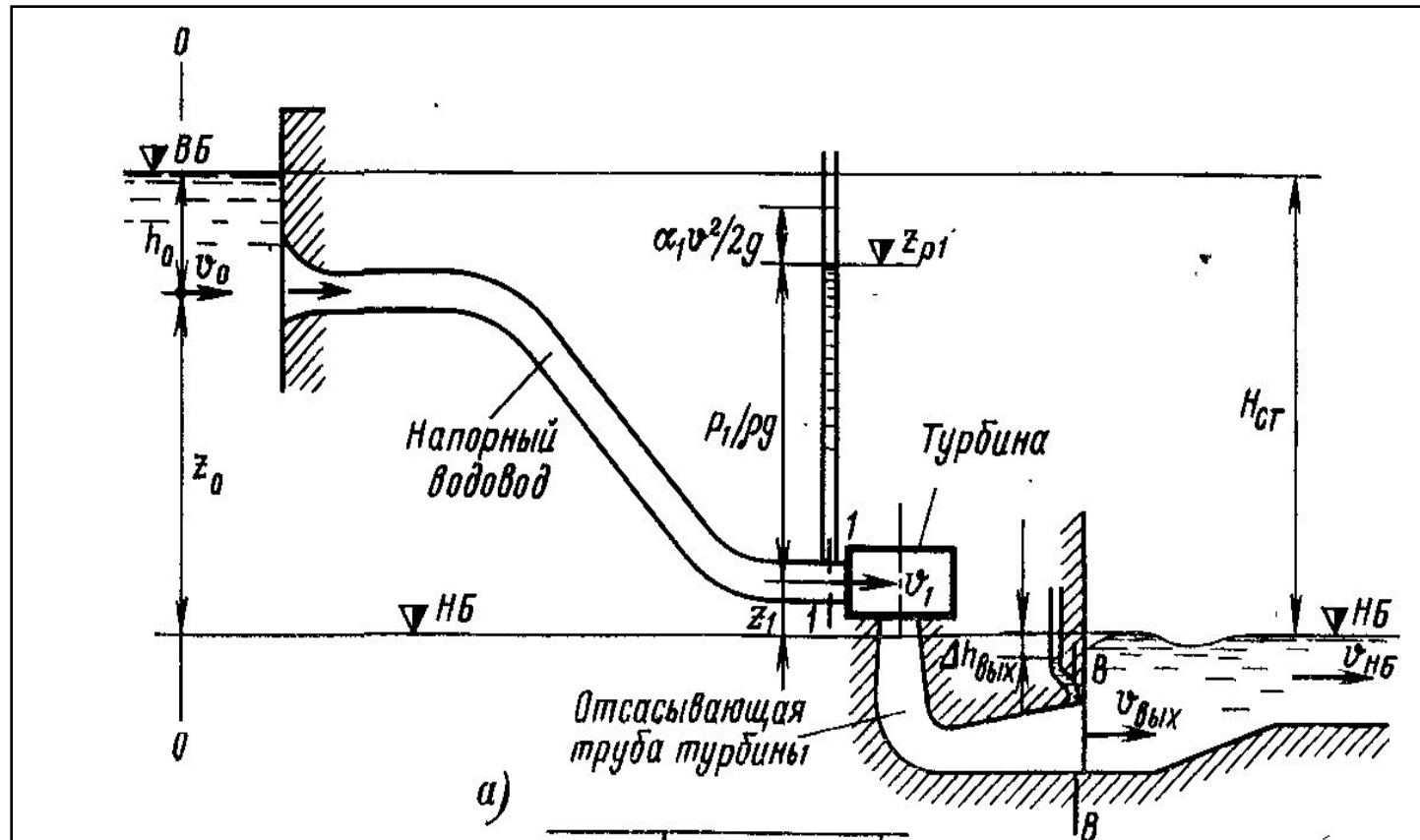
## Насосы

- 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*.

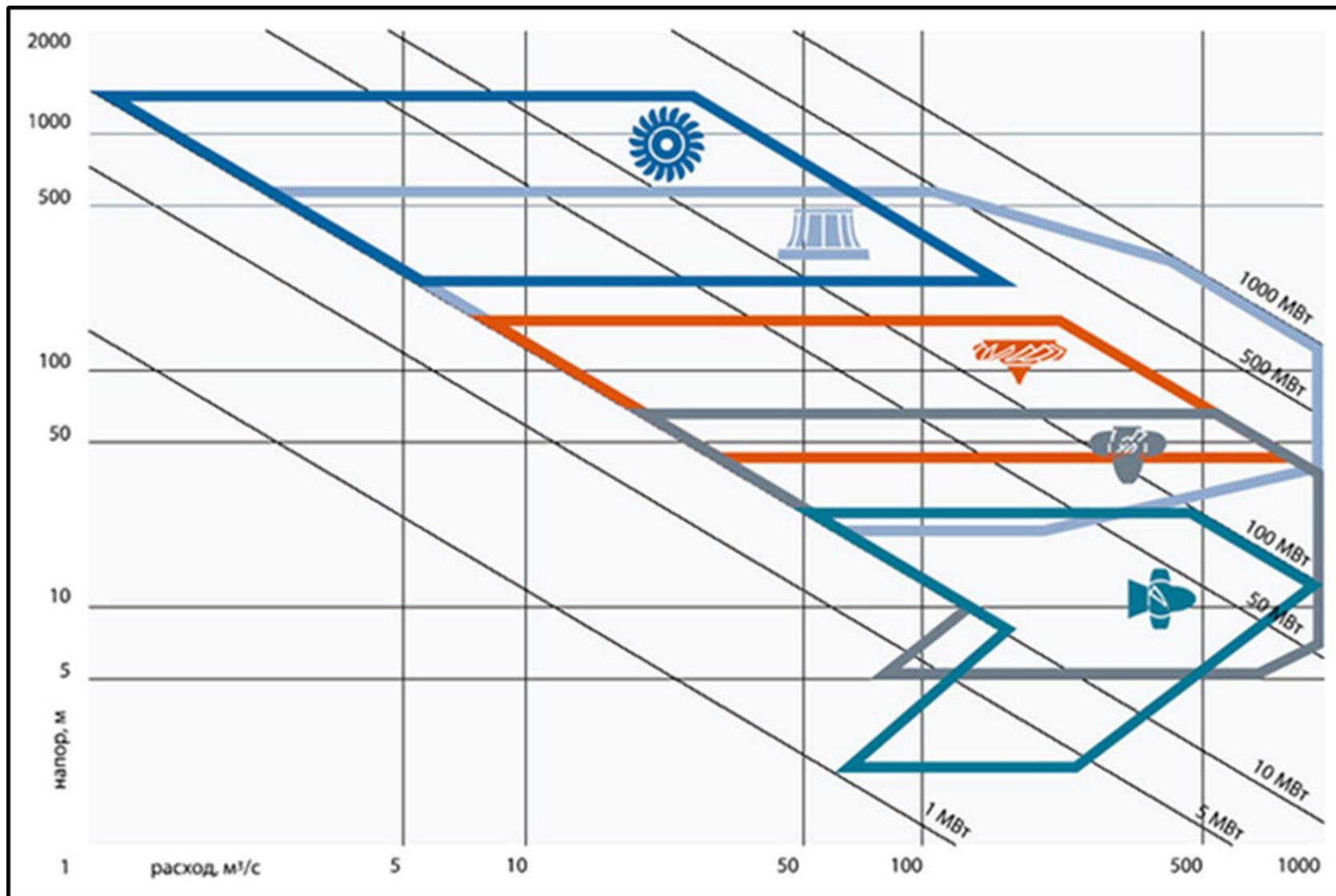
# ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ МАШИНЫ-4

- **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

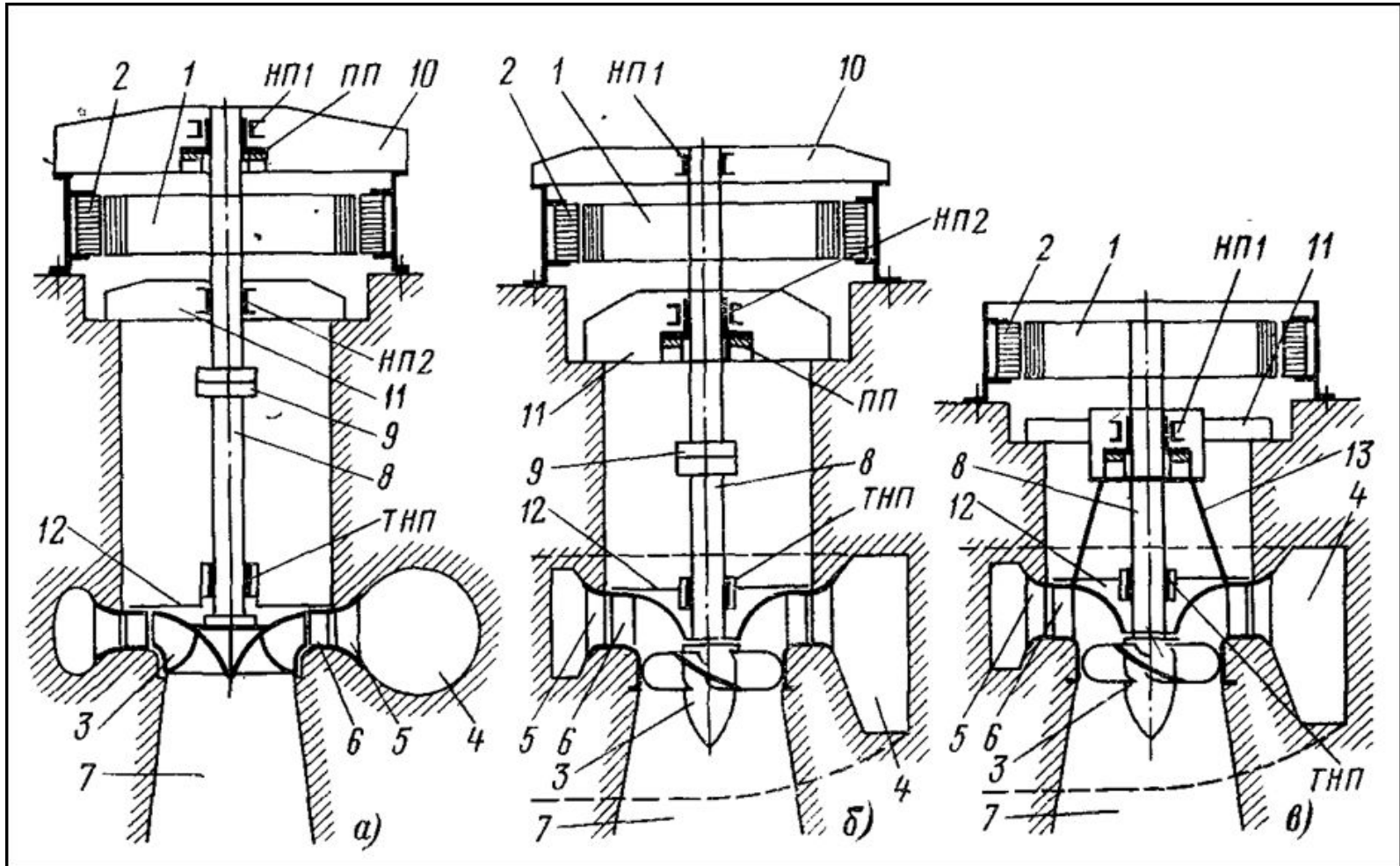
- Турбина состоит из следующих элементов:
- – рабочего колеса (ротора турбины);
- – статора турбины (неподвижной части);
- – устройства, подводящего к турбине воду;
- – устройства, отводящего от турбины воду;
- – устройства для изменения расхода воды;
- – системы управления работой турбины.
- Турбины 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.



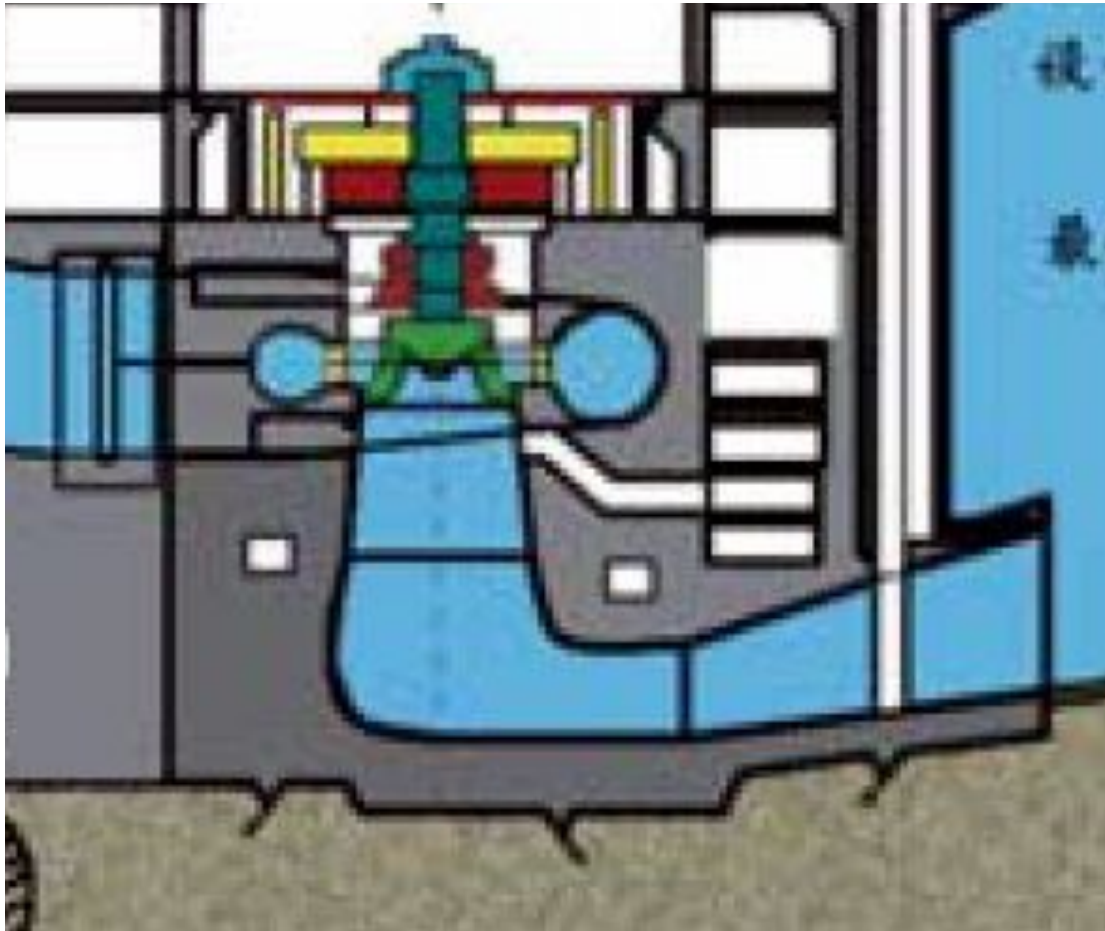
# Вертикальный гидроагрегат



# Схемы гидроагрегатов с реактивными турбинами



# Компоновка гидроагрегата – разрез вдоль тока воды

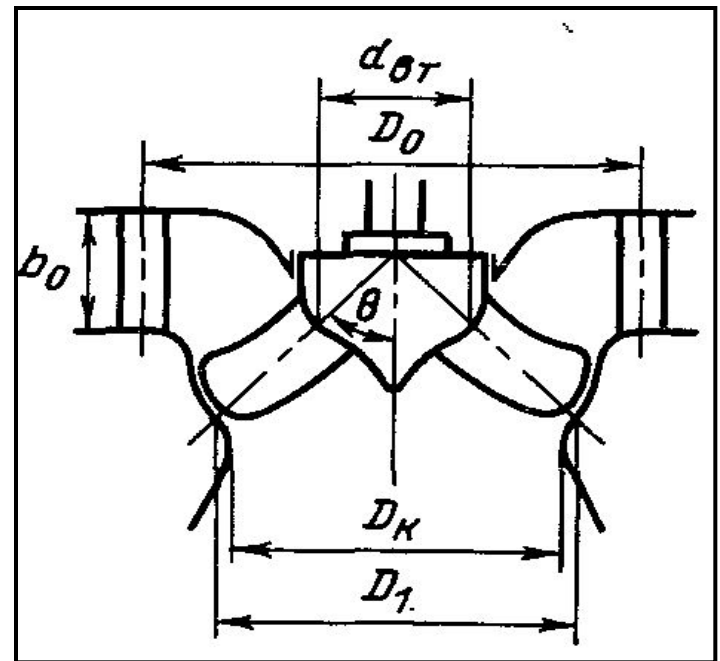
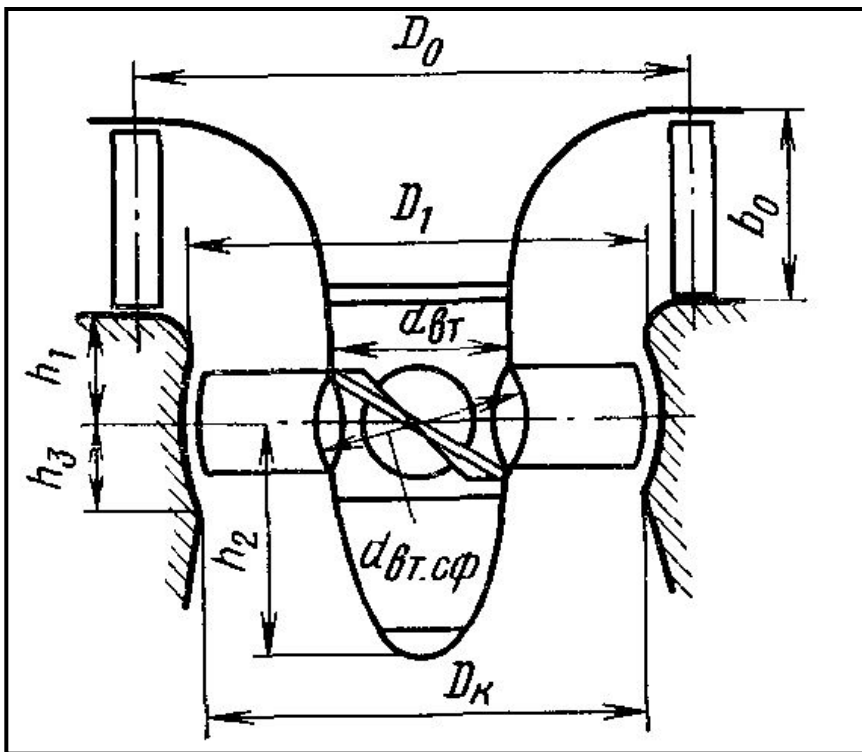


# Схемы гидроагрегатов (условные обозначения)

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

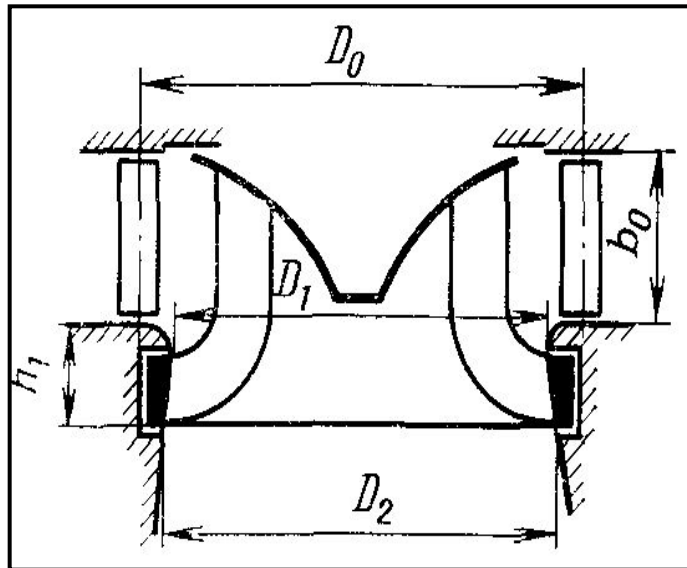
## Поворотно-лопастная ПЛ



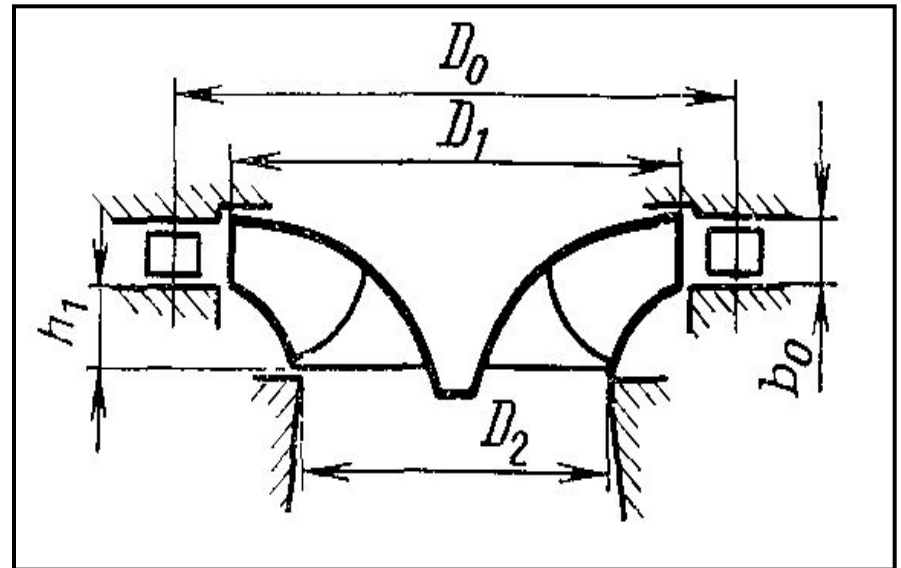
# Реактивные гидротурбины

- Радиально-осевые РО

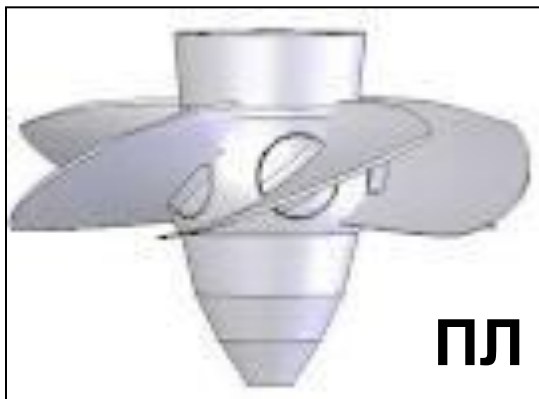
$D_2 \geq D_1$



$D_2 \leq D_1$



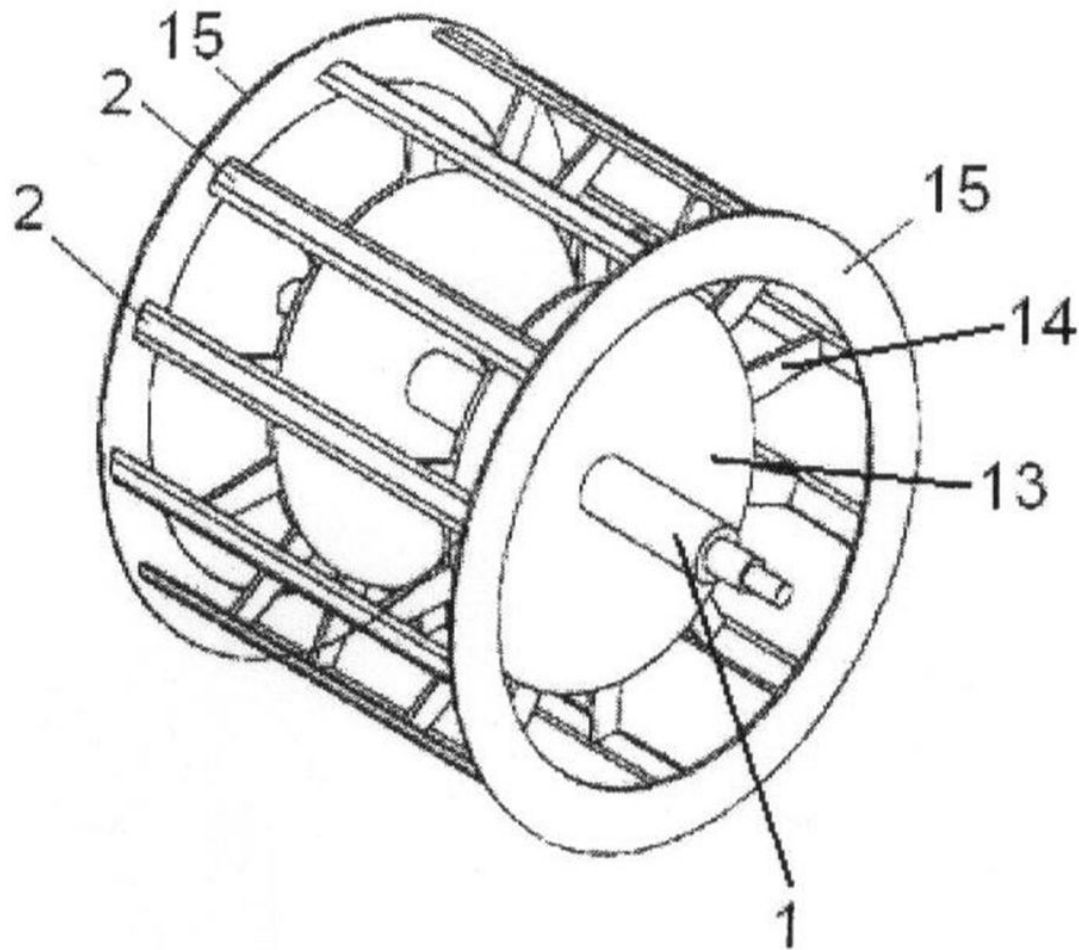
# РАБОЧИЕ КОЛЕСА



Турбина с турбинной камерой и отсасывающей трубой



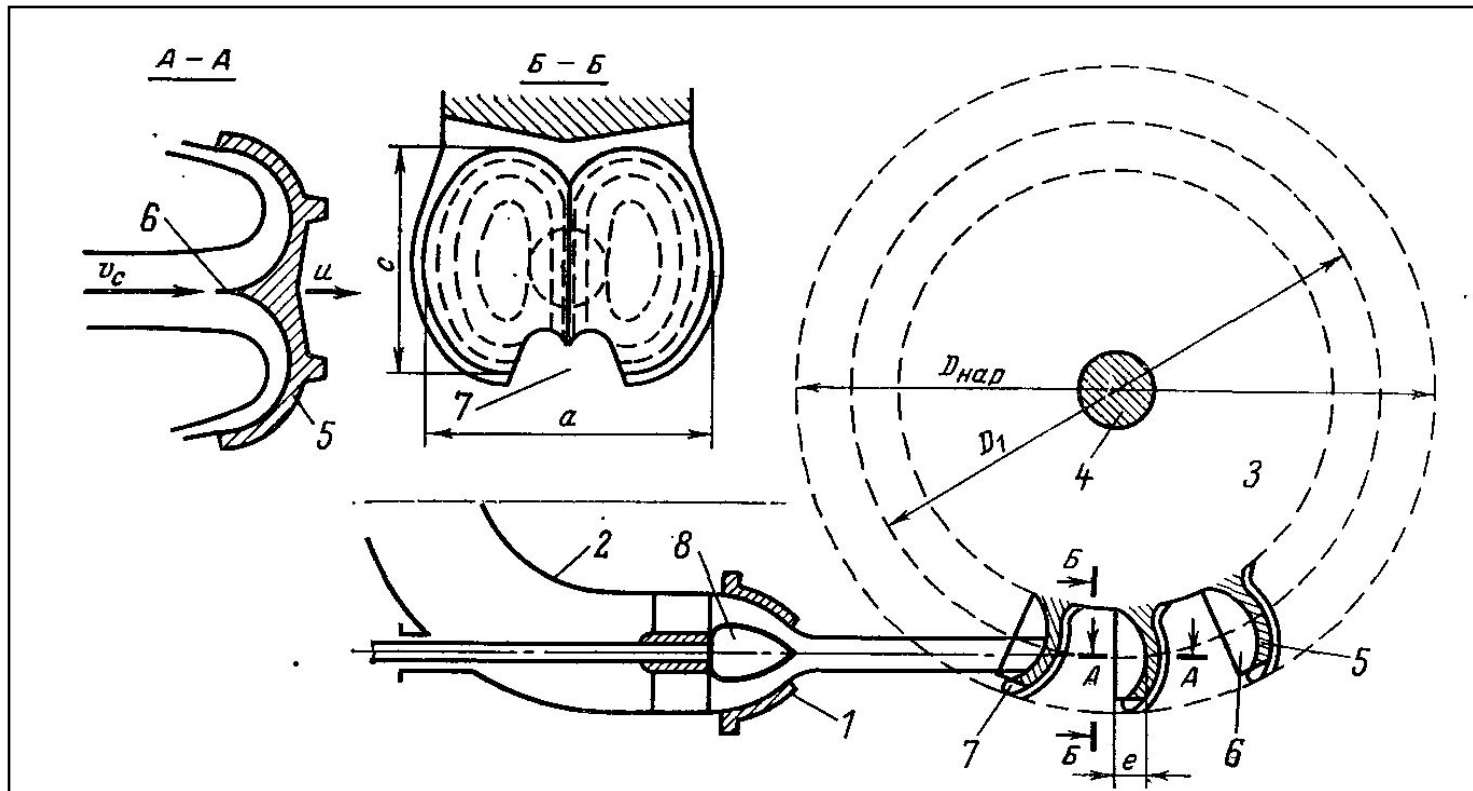
# Ортогональная турбина





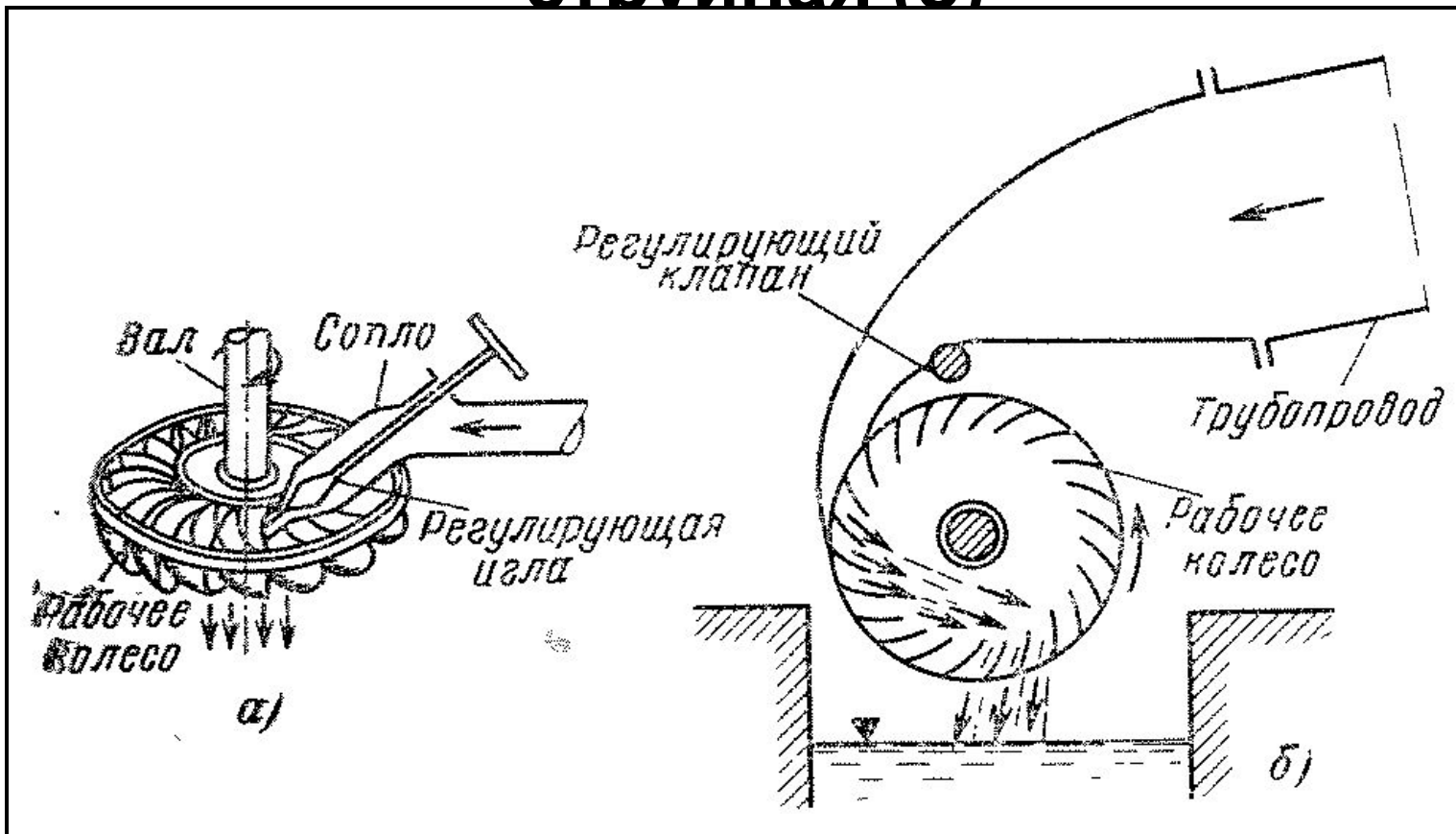
# Активные гидротурбины

- Ковшовая К



# Активные гидротурбины

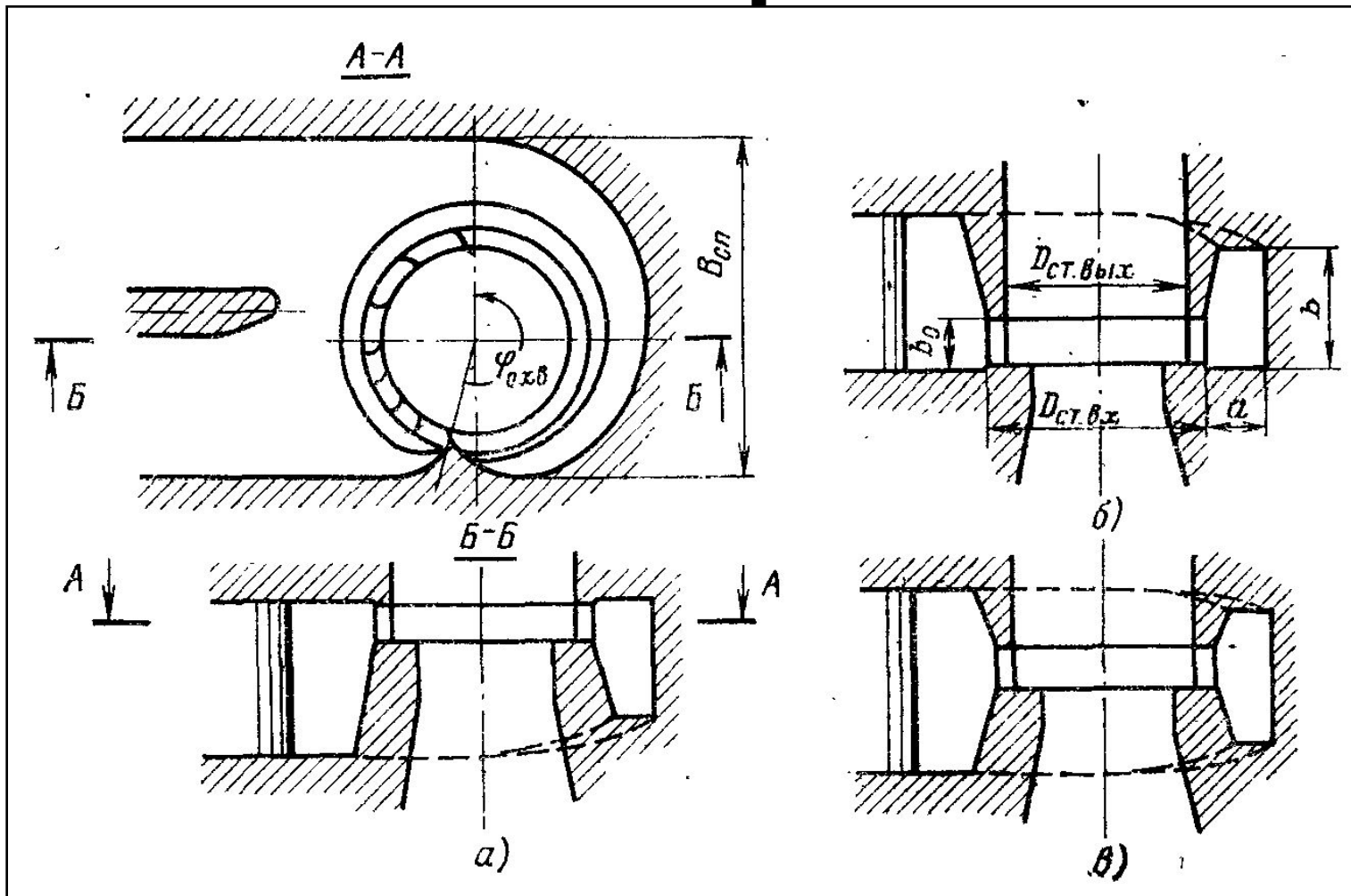
## Наклонно-струйная (а) и поперечно-струйная (б)



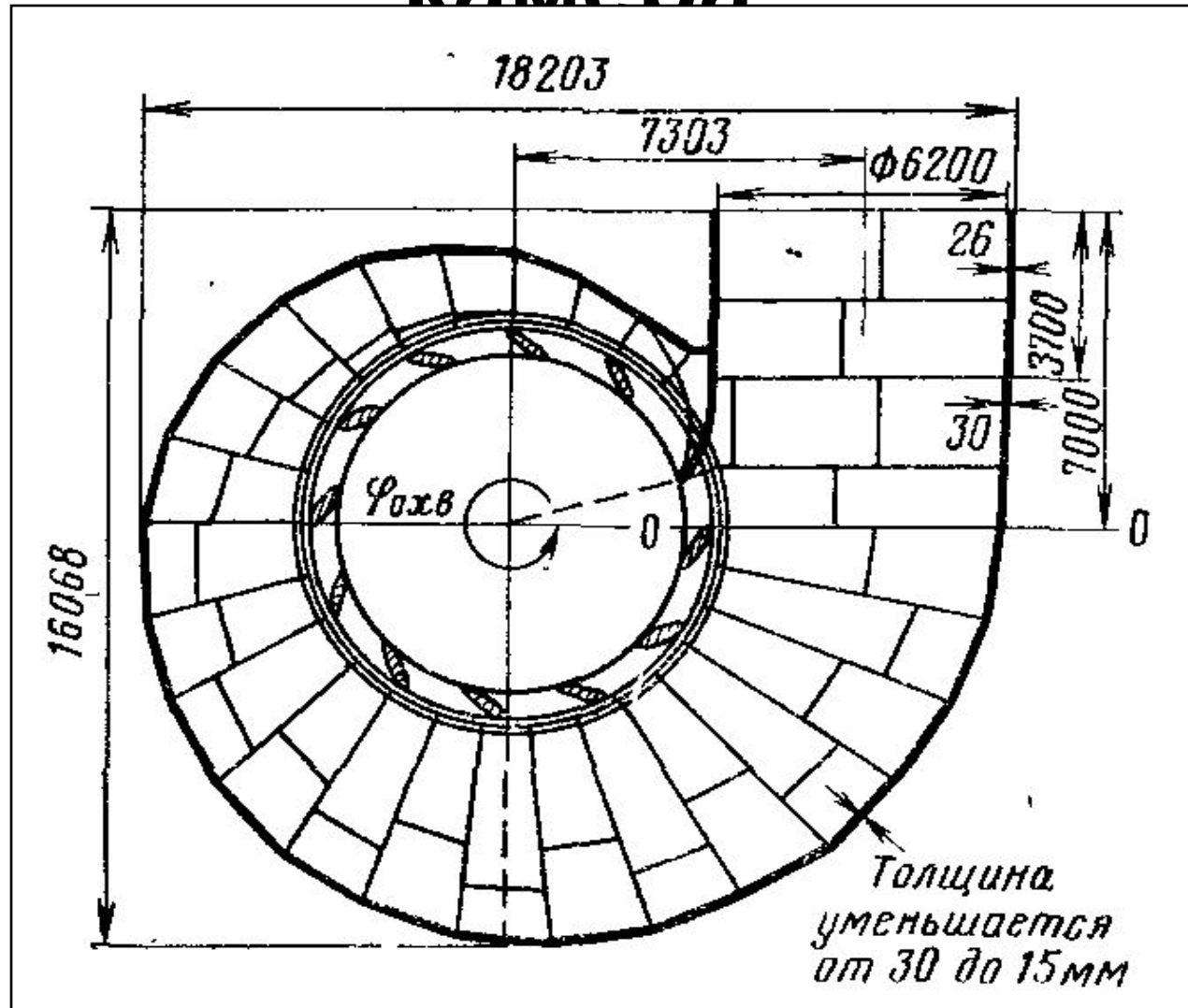
# Турбинные камеры

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

# Бетонная спиральная камера



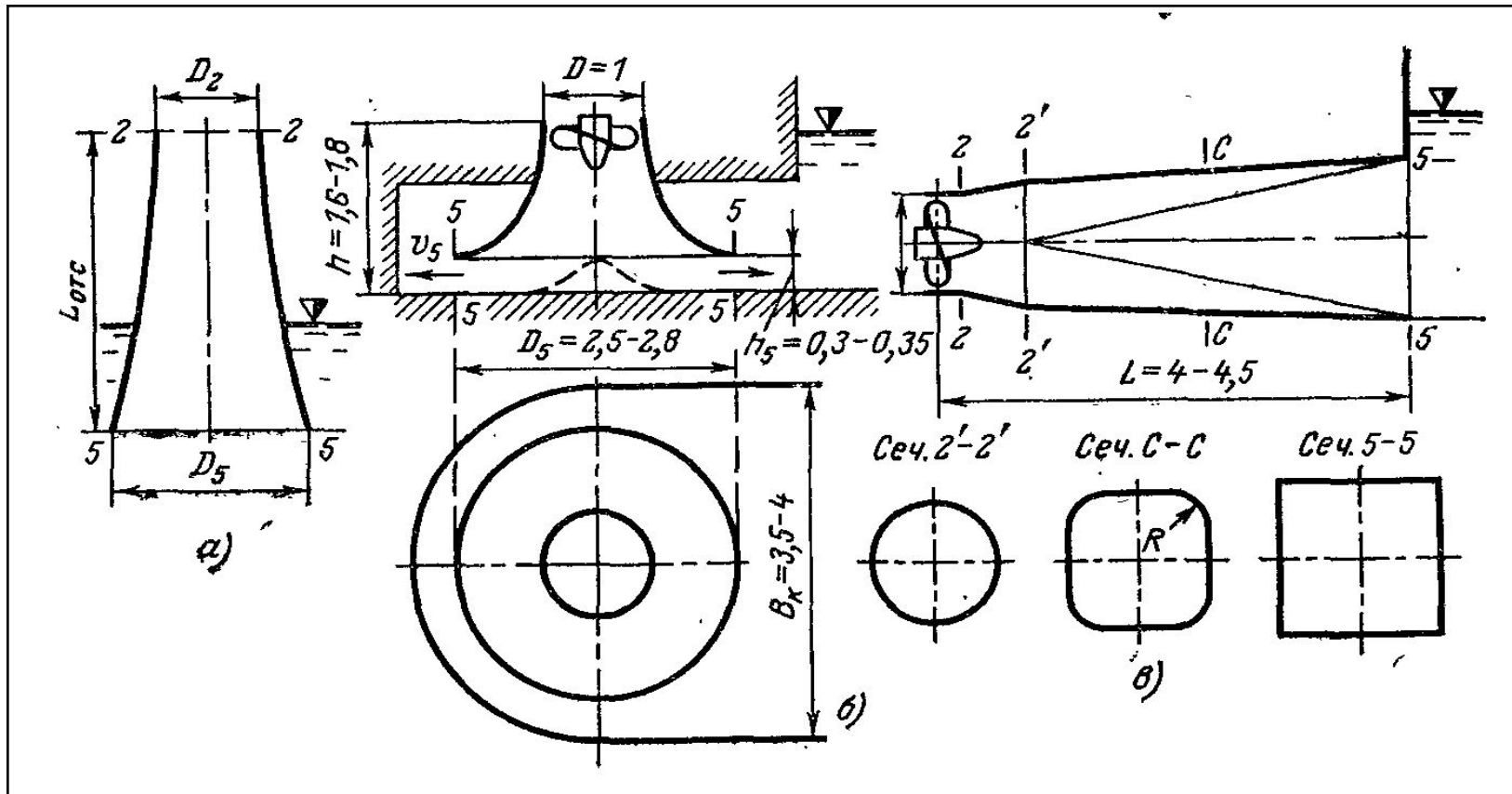
# Металлическая спиральная камера



# Отсасывающие трубы реактивных турбин

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

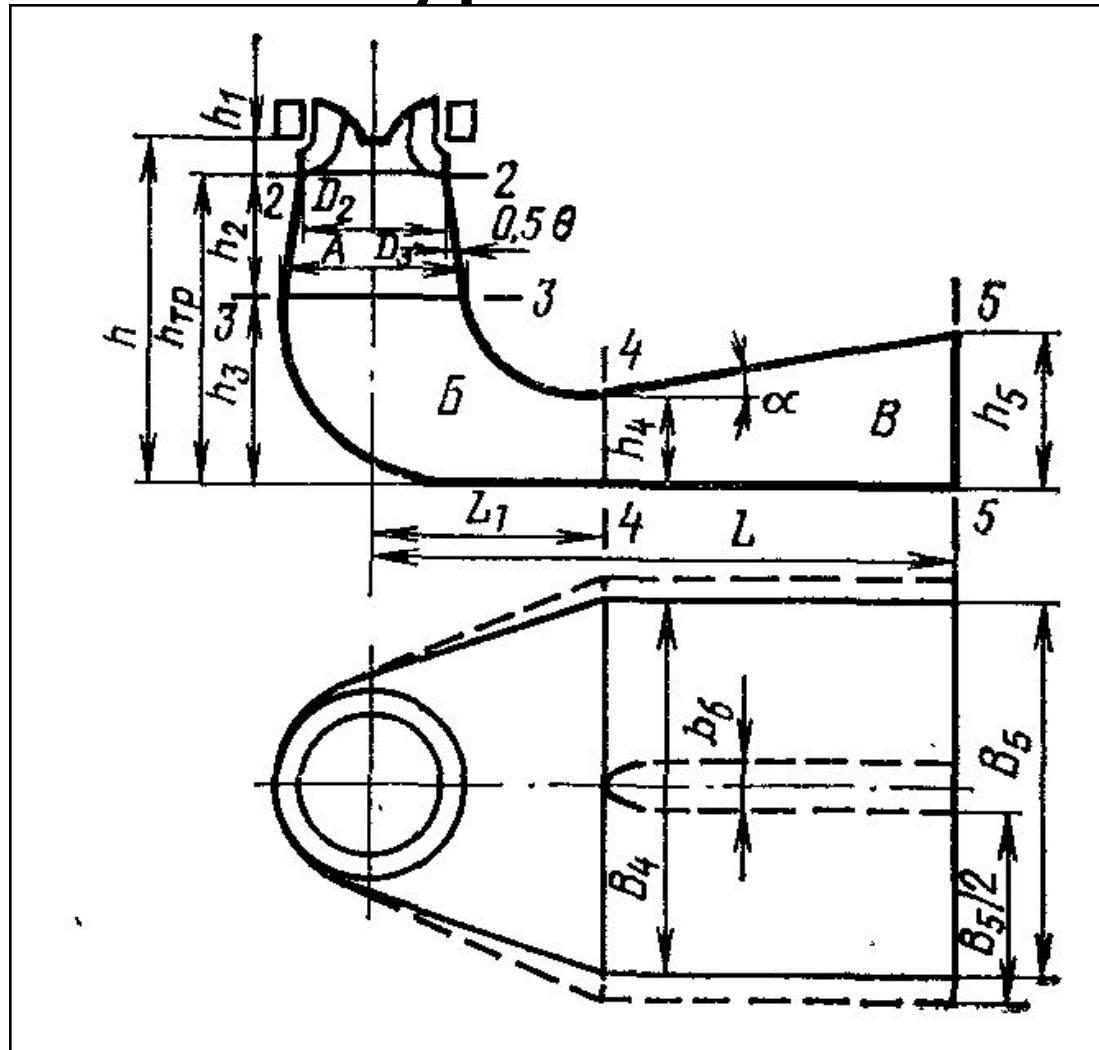
# ОТСАСЫВАЮЩИЕ ТРУБЫ



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

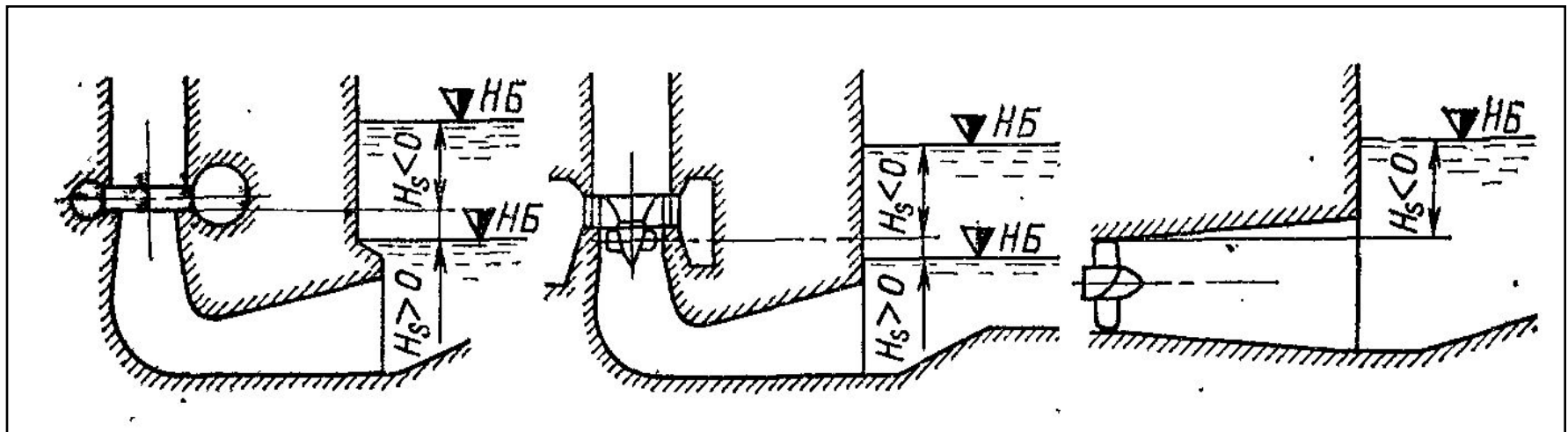
## Отметка рабочего колеса

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

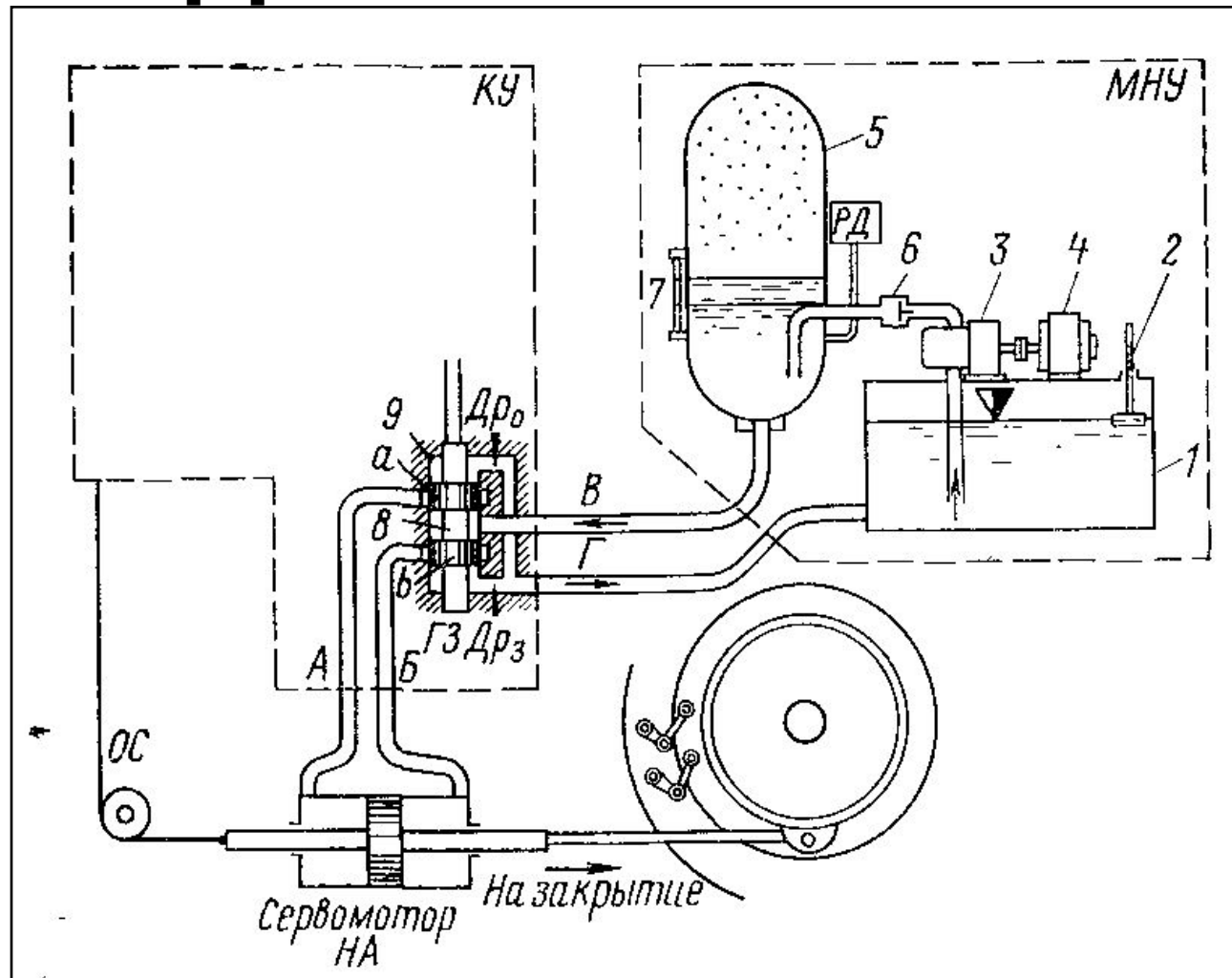
где  $\text{УНБ}_{\text{МИН}}$  — минимальный уровень нижнего бьефа, высота отсасывания

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

# 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

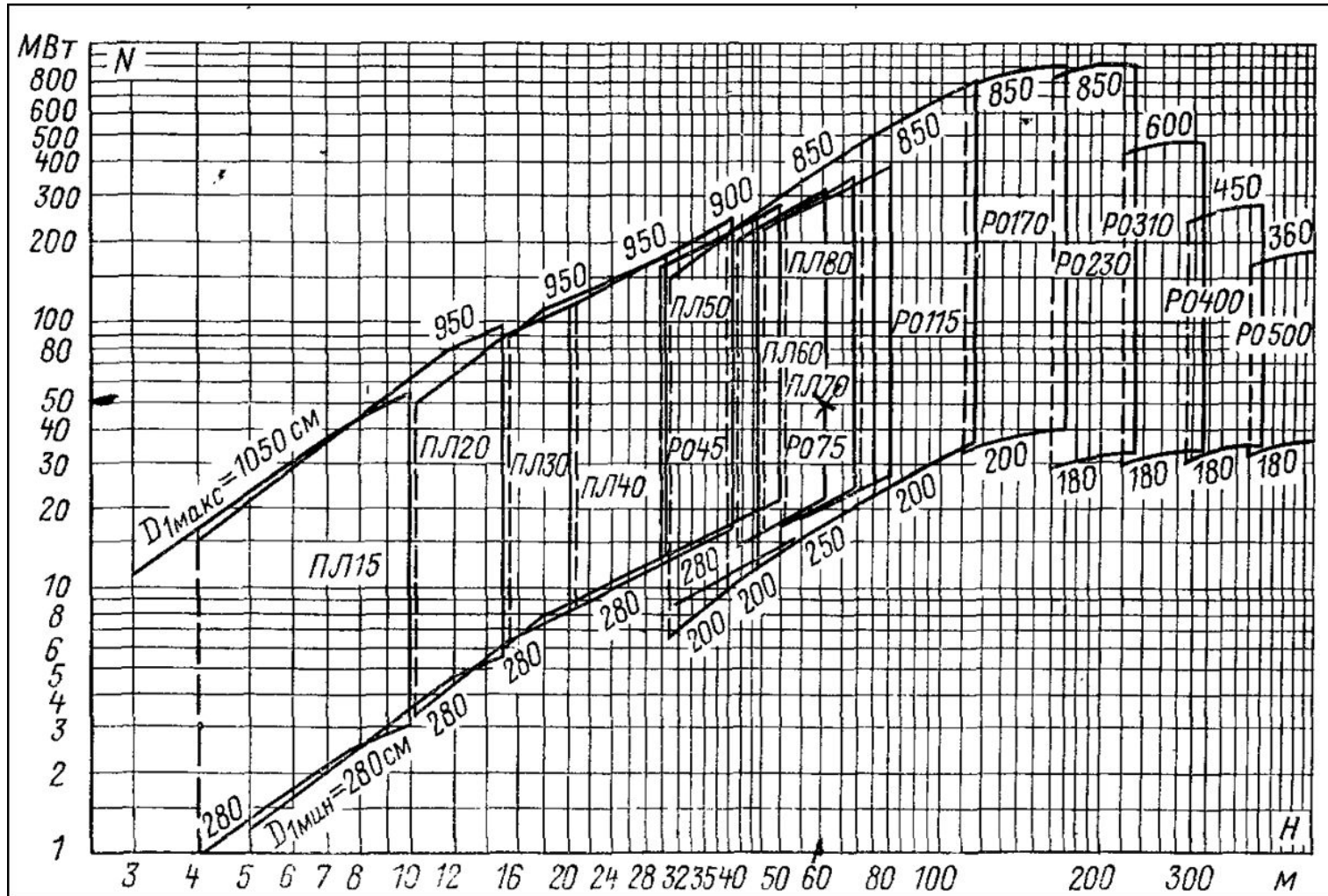
# ПОДБОР ГИДРОТУРБИН

- 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

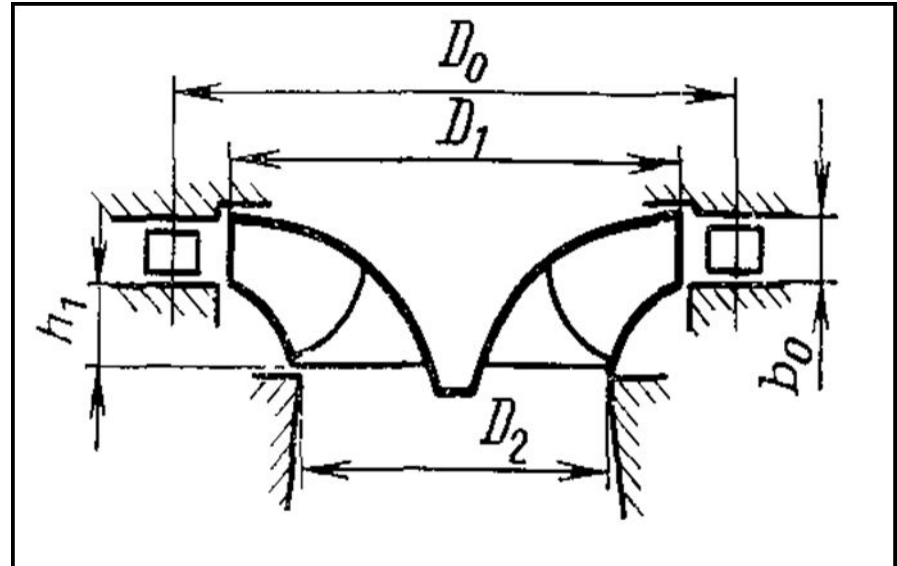
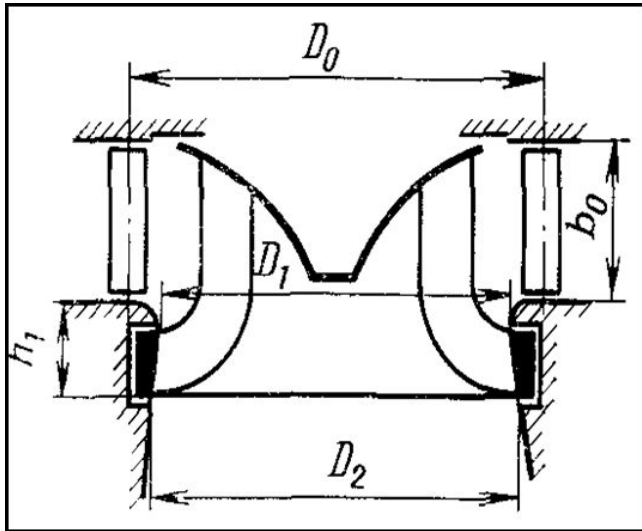
- Тип турбины определяется , главным образом, максимальным напором. В описании типа первые буквы обозначают систему турбины: ПЛ, Д, РО, К и т. д. Следующие цифры обозначают возможный максимальный напор, например, ПЛ-20; РО-75 и т. д.
- Далее указывается исполнение: В – вертикальное, Г – горизонтальное; 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

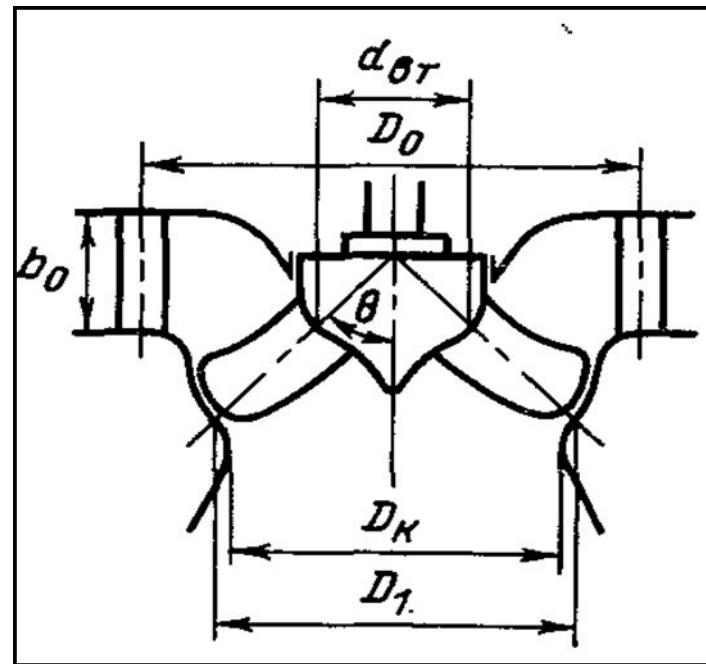
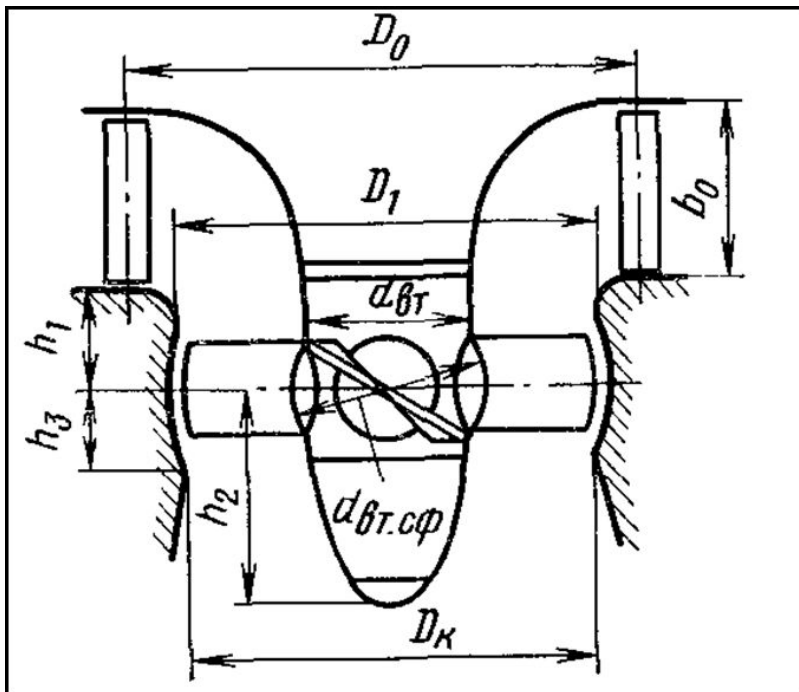
- По данным подбора вычерчивается проточная часть в виде (для РО):





# 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  $\sigma_T$  – коэффициент кавитации, соответствующий выбранному приведенному расходу.

# Определение выработки электроэнергии ГЭС

- Общая формула для выработки:

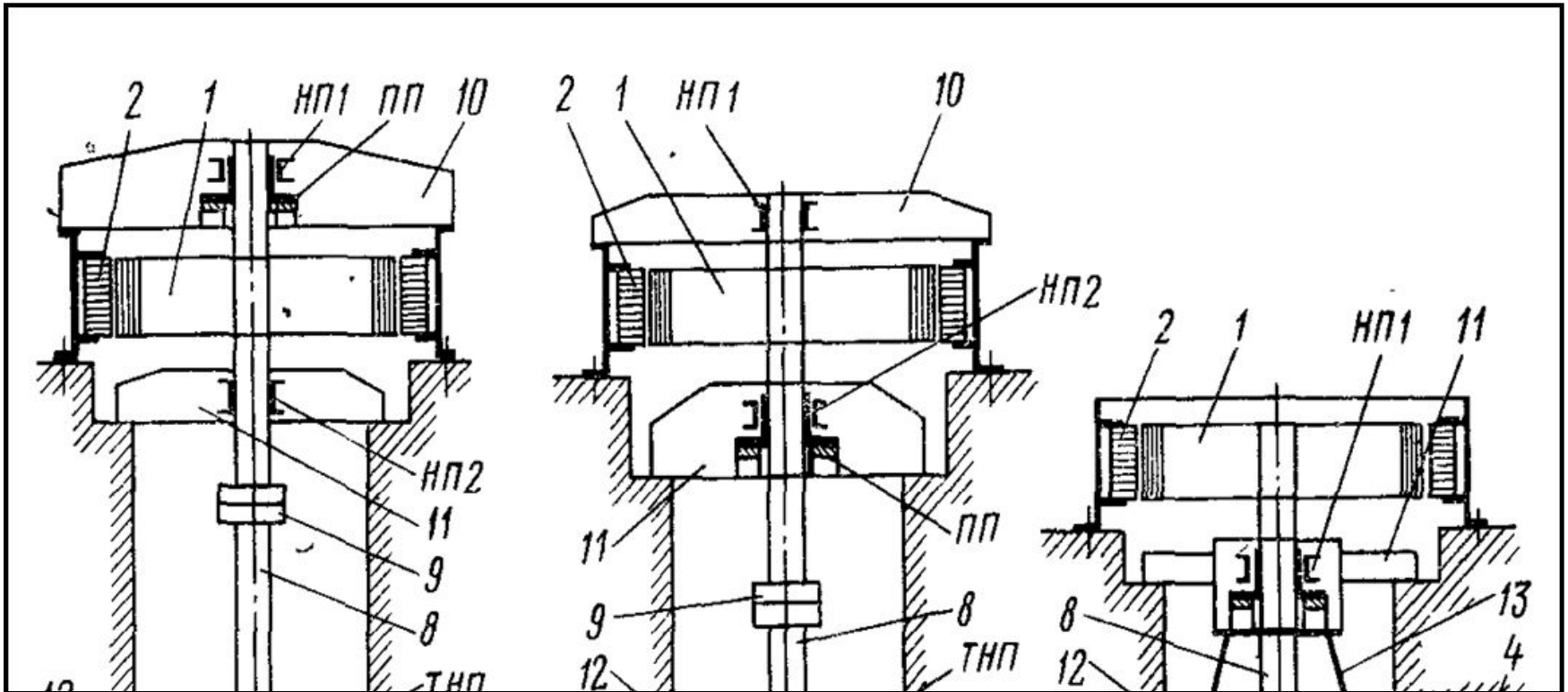
$$\mathcal{E} = \int_0^T N dt = \int_0^T 9,81 \eta Q H dt.$$

- 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



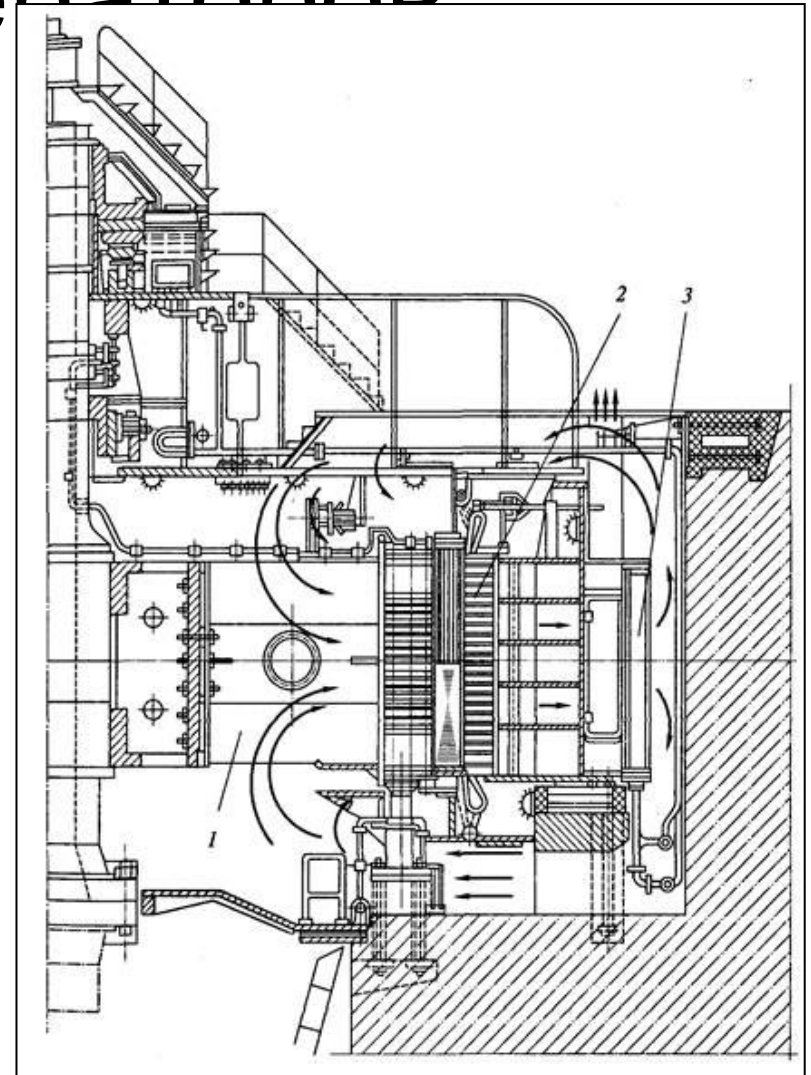
Подвесной

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,  $\cos\varphi=0,7-0,9$ .

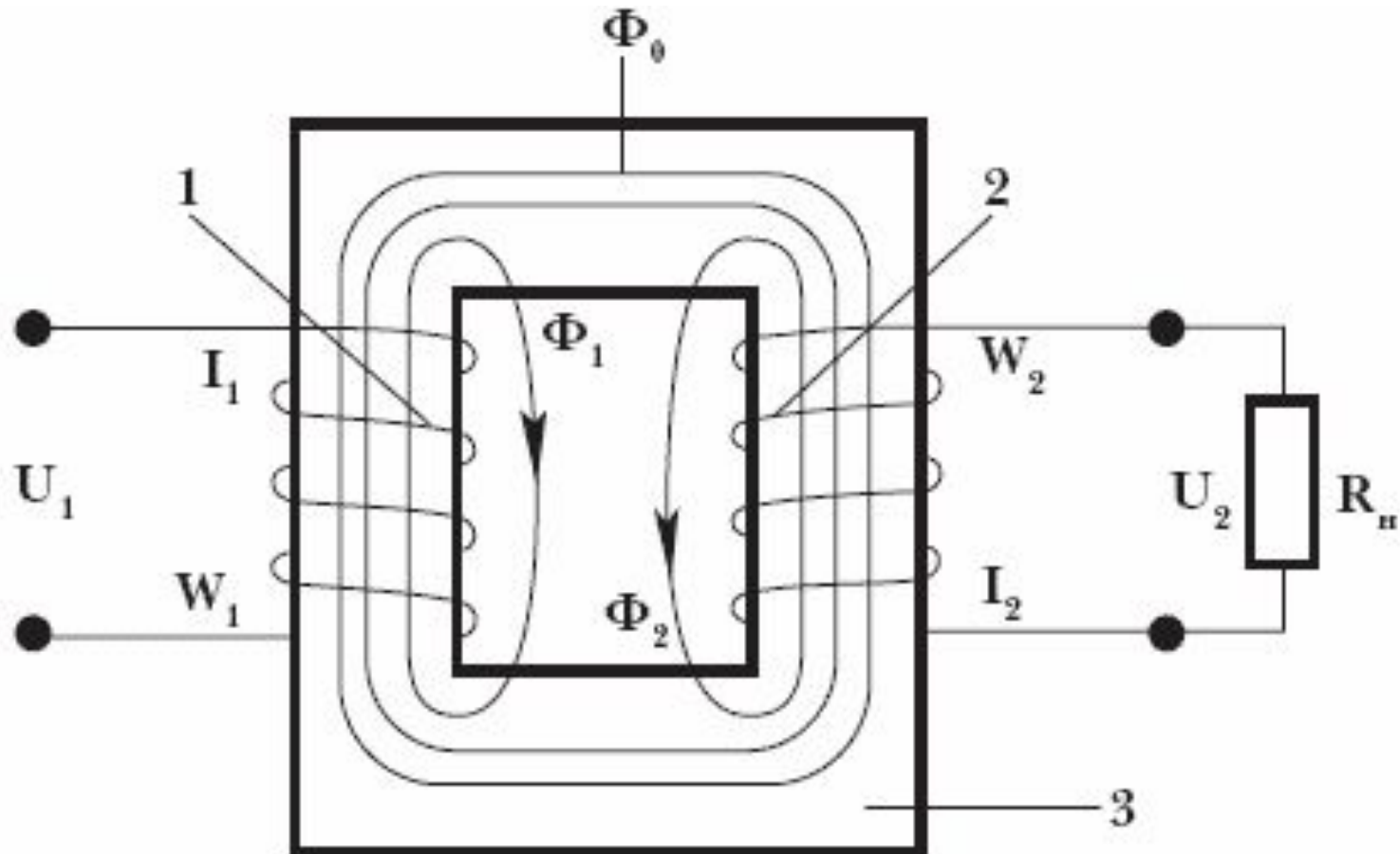
# Варианты передачи электроэнергии

- 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.

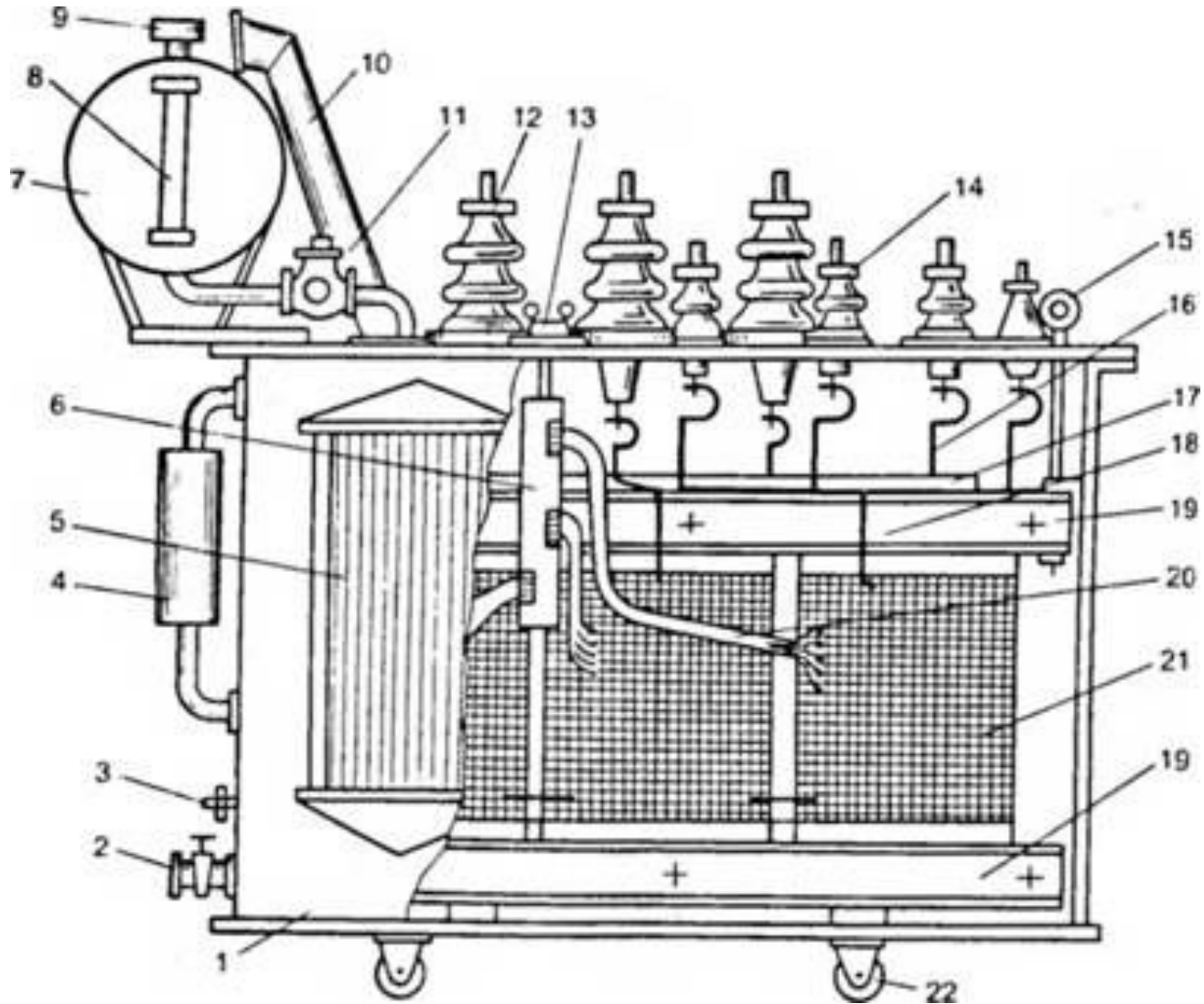
# НАПРЯЖЕНИЕ ПЕРЕДАЧИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

- 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



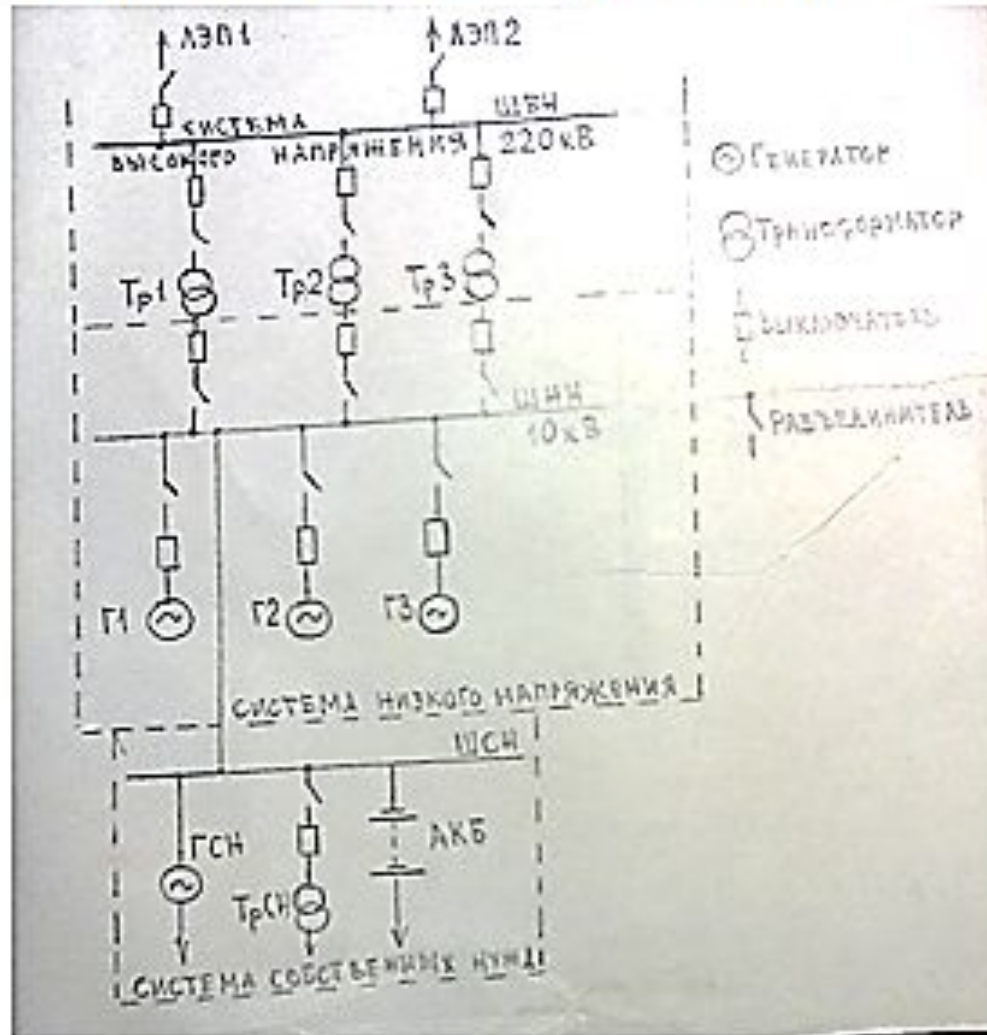
# Конструкция трансформатора



# 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





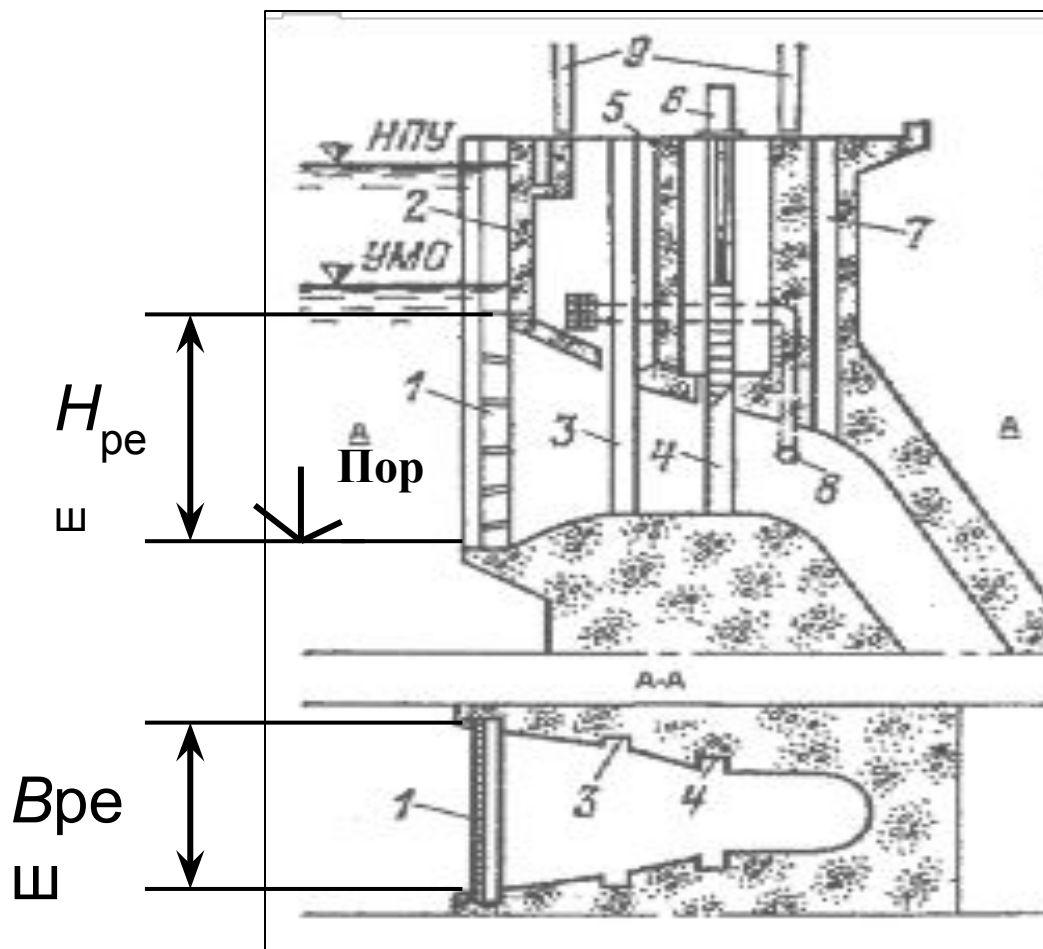
# Состав электрической схемы

- 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

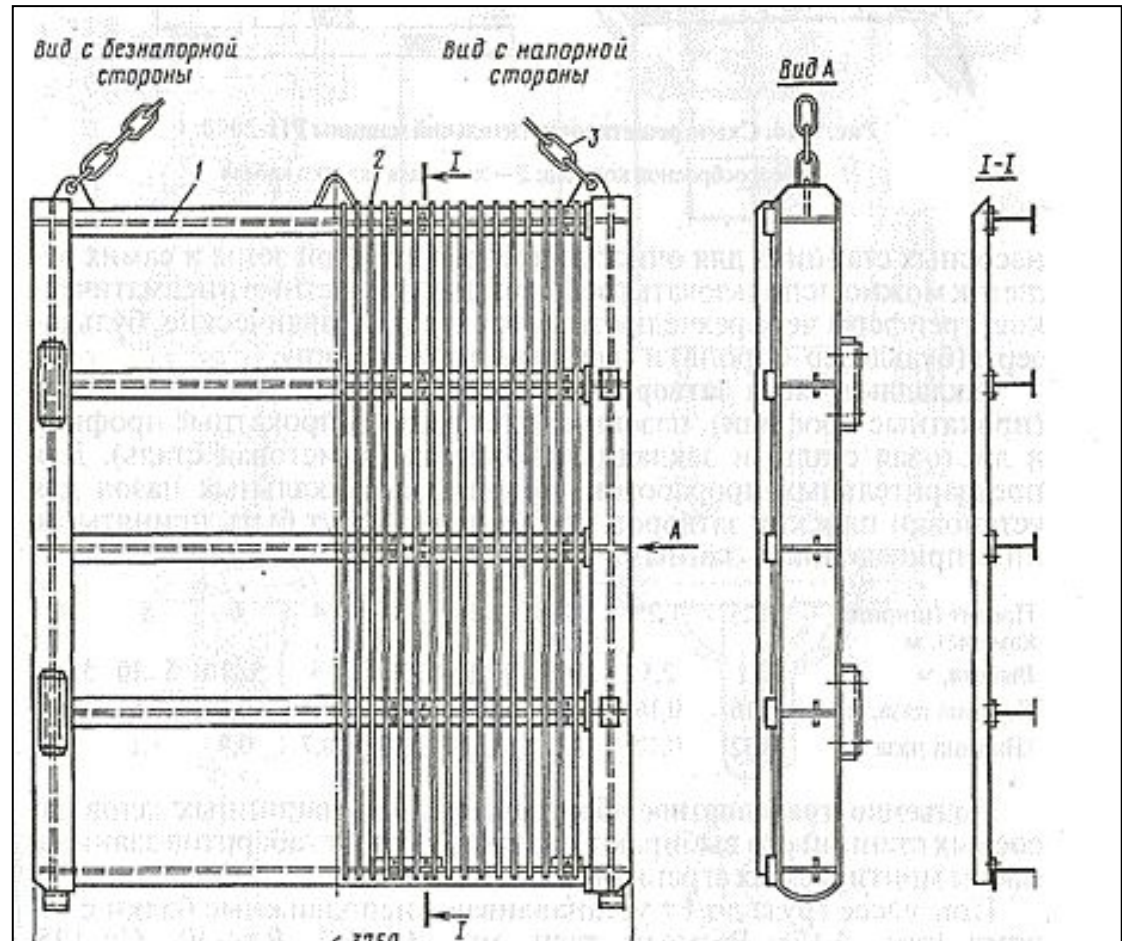
- Схема водоприемника: 1 – сороудерживающая решетка; 2 – забральная стенка; 3 и 4 – пазы ремонтного и аварийного затворов; 5 – промежуточная стенка; 6 – гидроподъемник; 7 – аэрационная труба; 8 – обводная труба (байпас); 9 – козловой кран (при использовании автомобильных кранов может отсутствовать)

# 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:

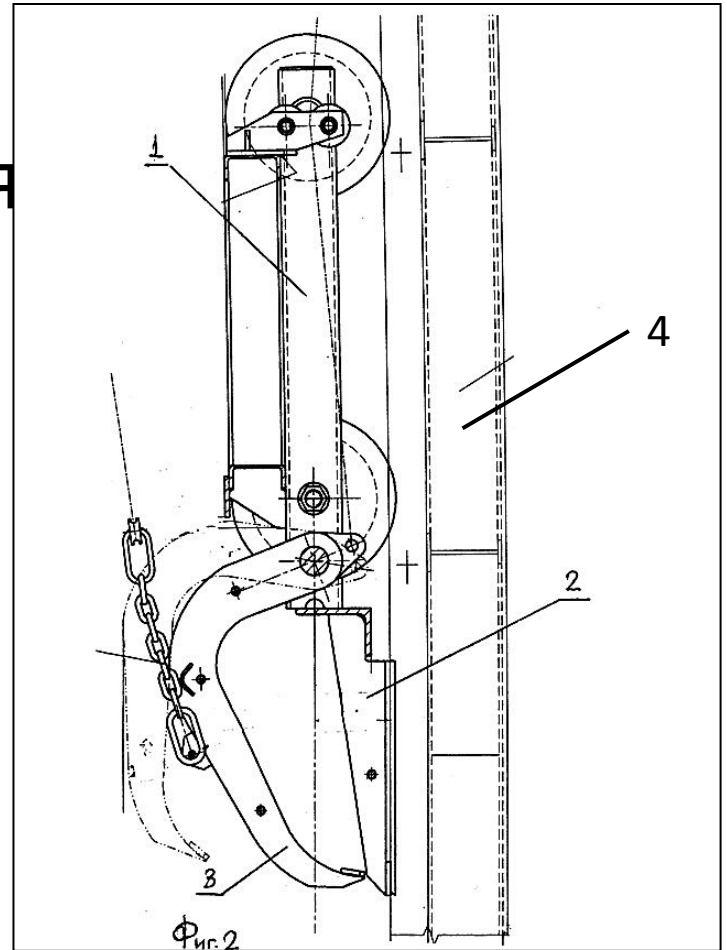
- $$\text{Пор} \leq \text{УМО} - H_{\text{реш}} - H_{\text{зап}}$$

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



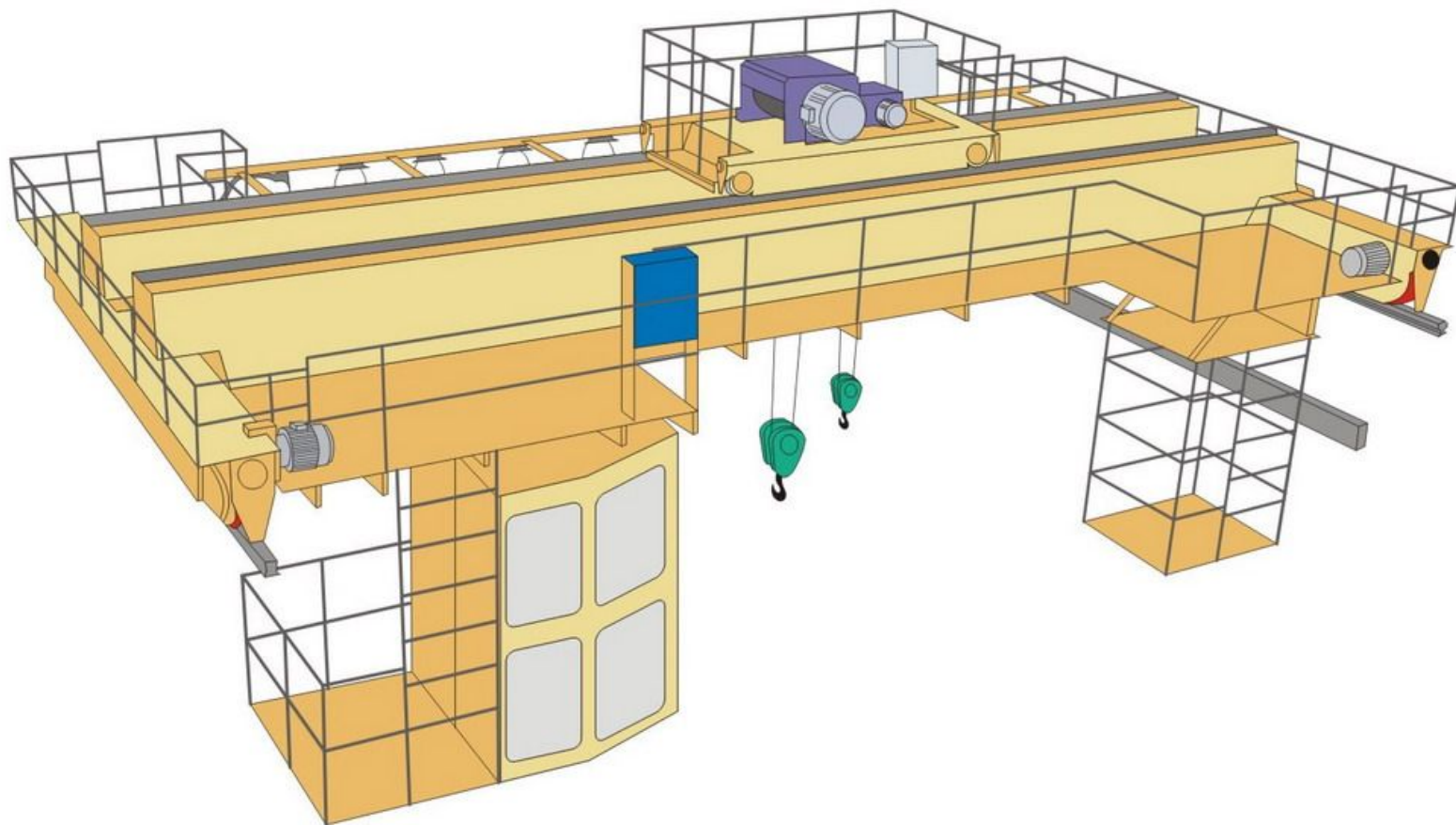
# Затворы водоприемника

- 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.

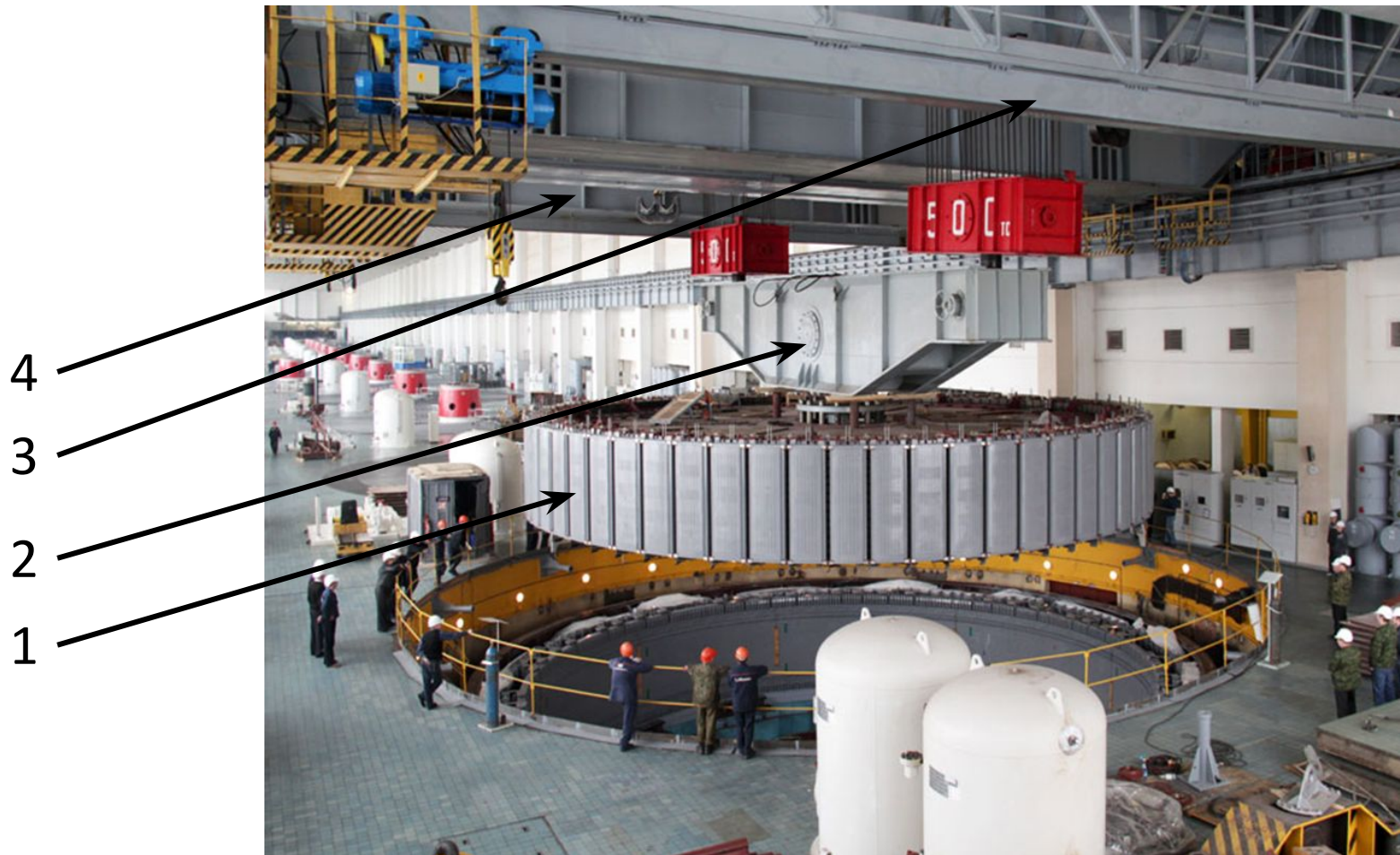
# Мостовой кран



# 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

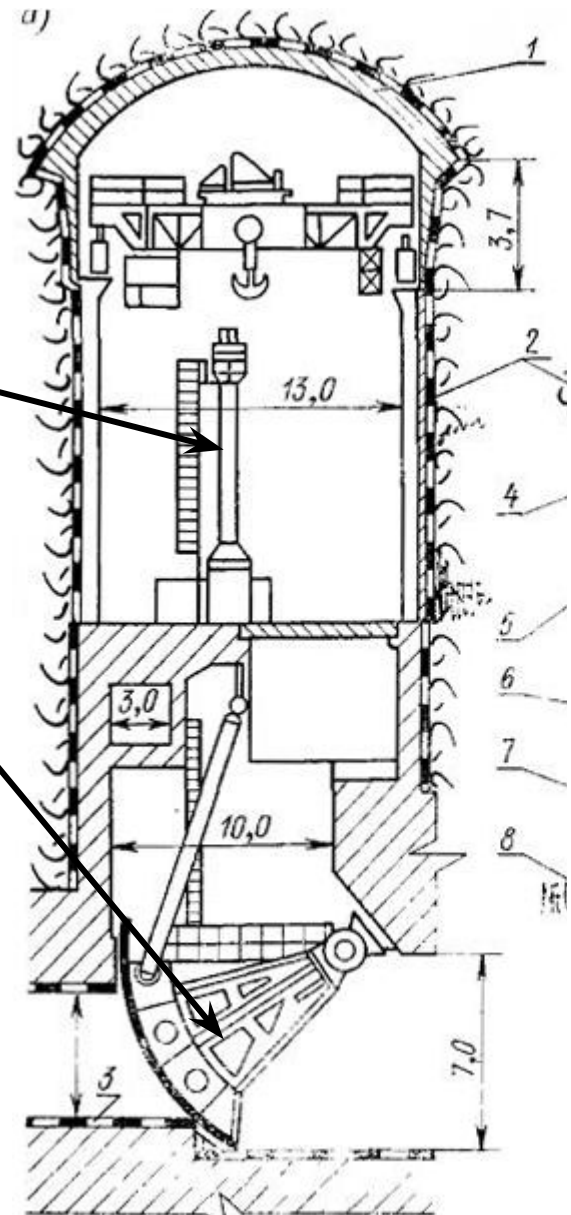


# Лебедки



# Гидроподъемник

- Гидроподъемник
- Затвор сегментный



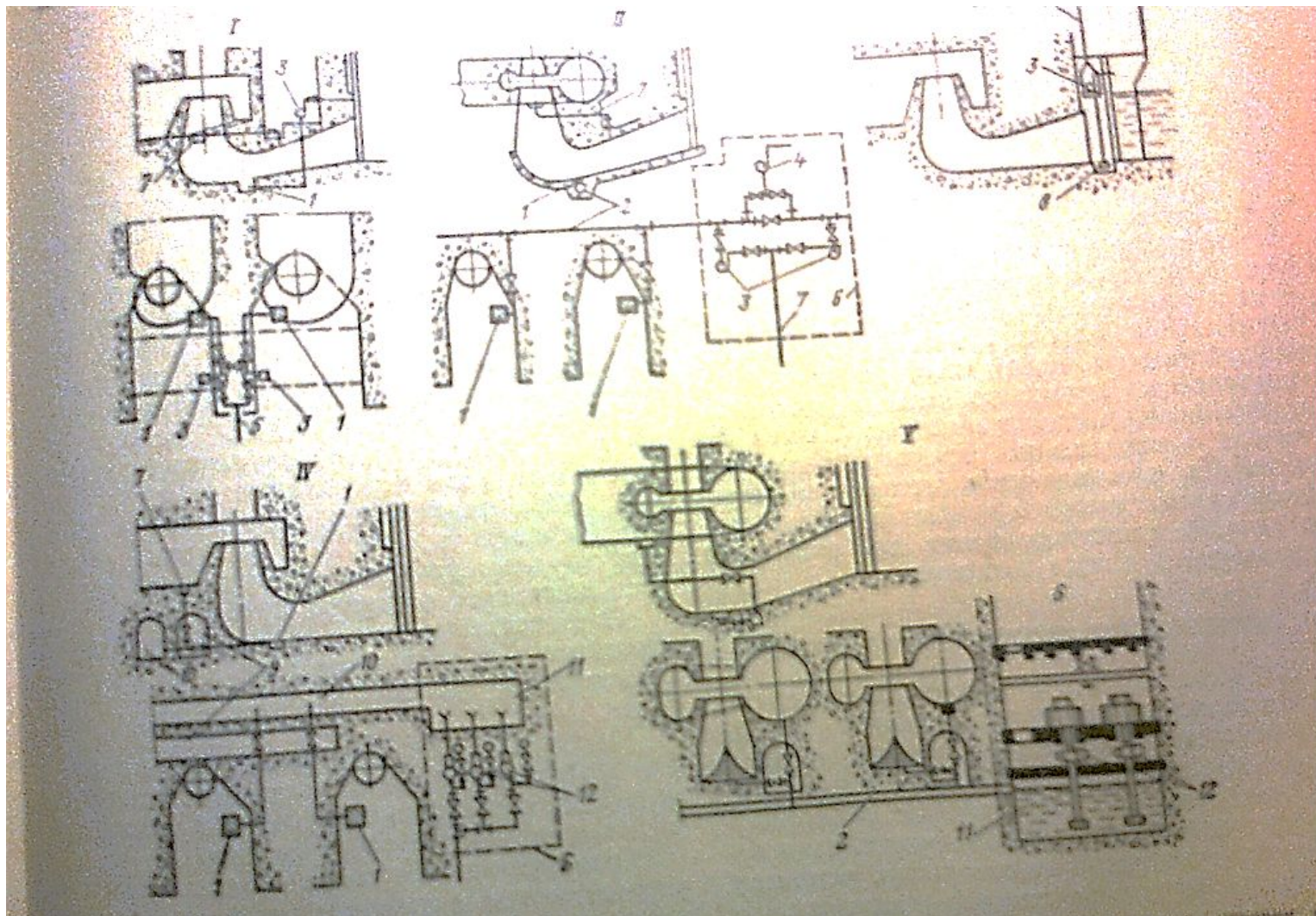
# Вспомогательное оборудование ГЭС

- 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 профильтровавшаяся 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).

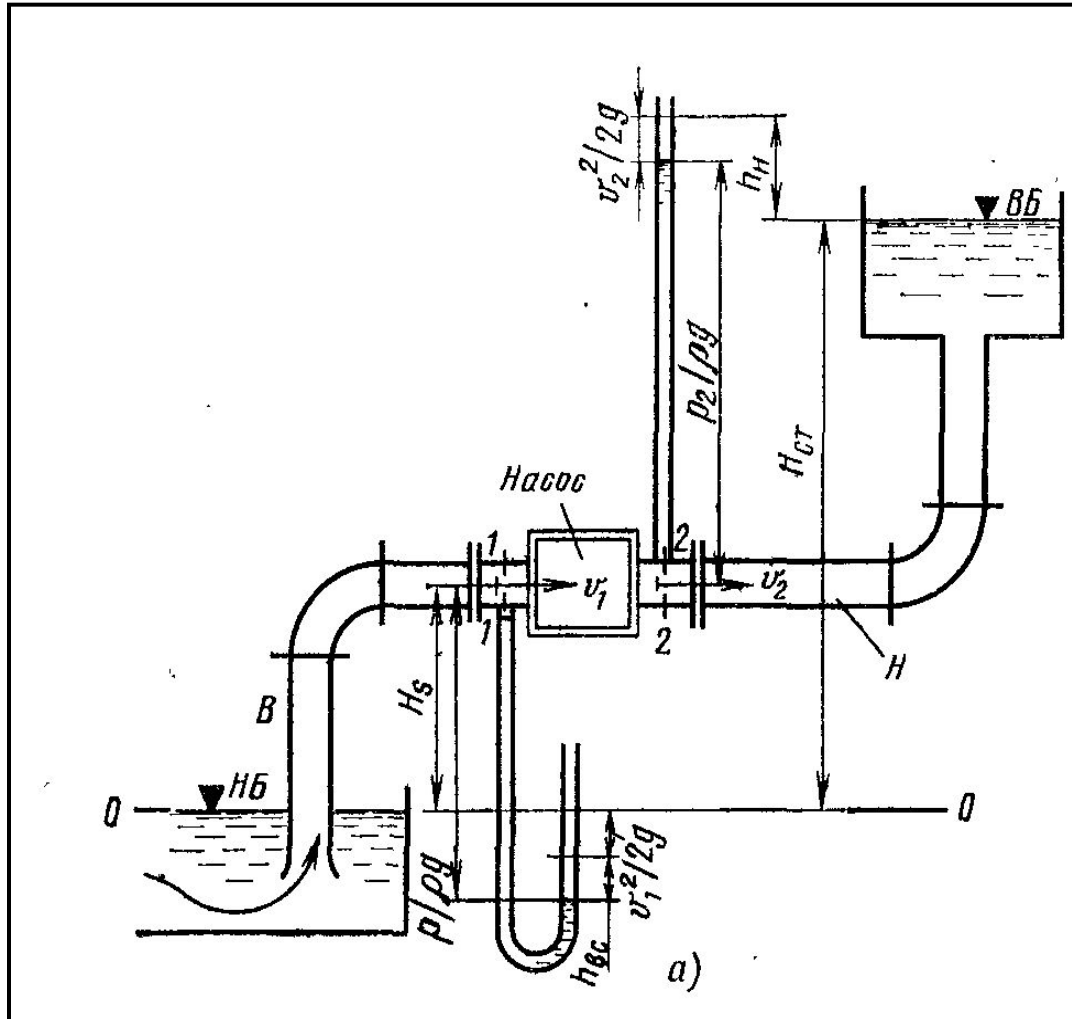
# Техническое водоснабжение

- 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

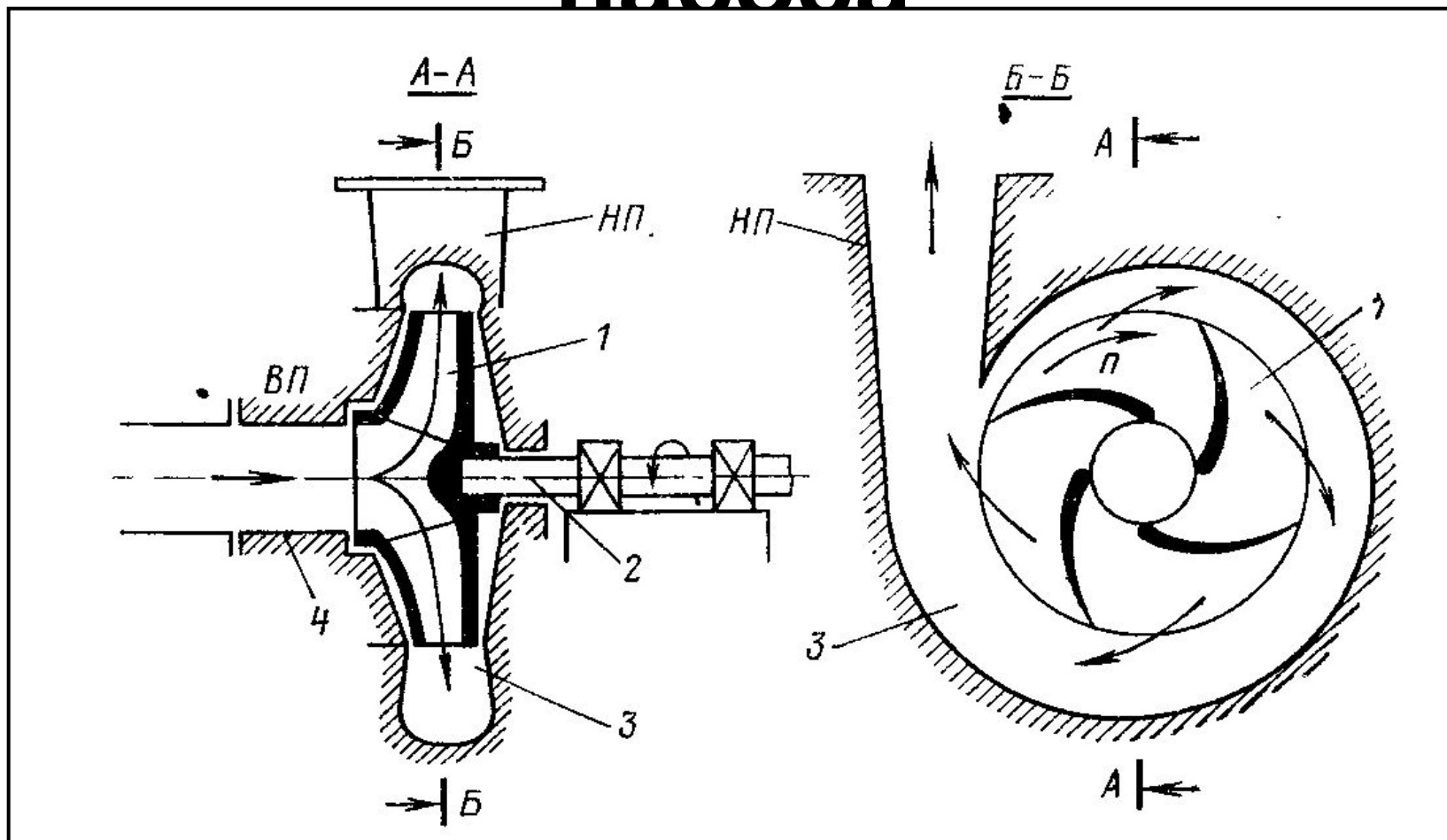


# Насосная станция

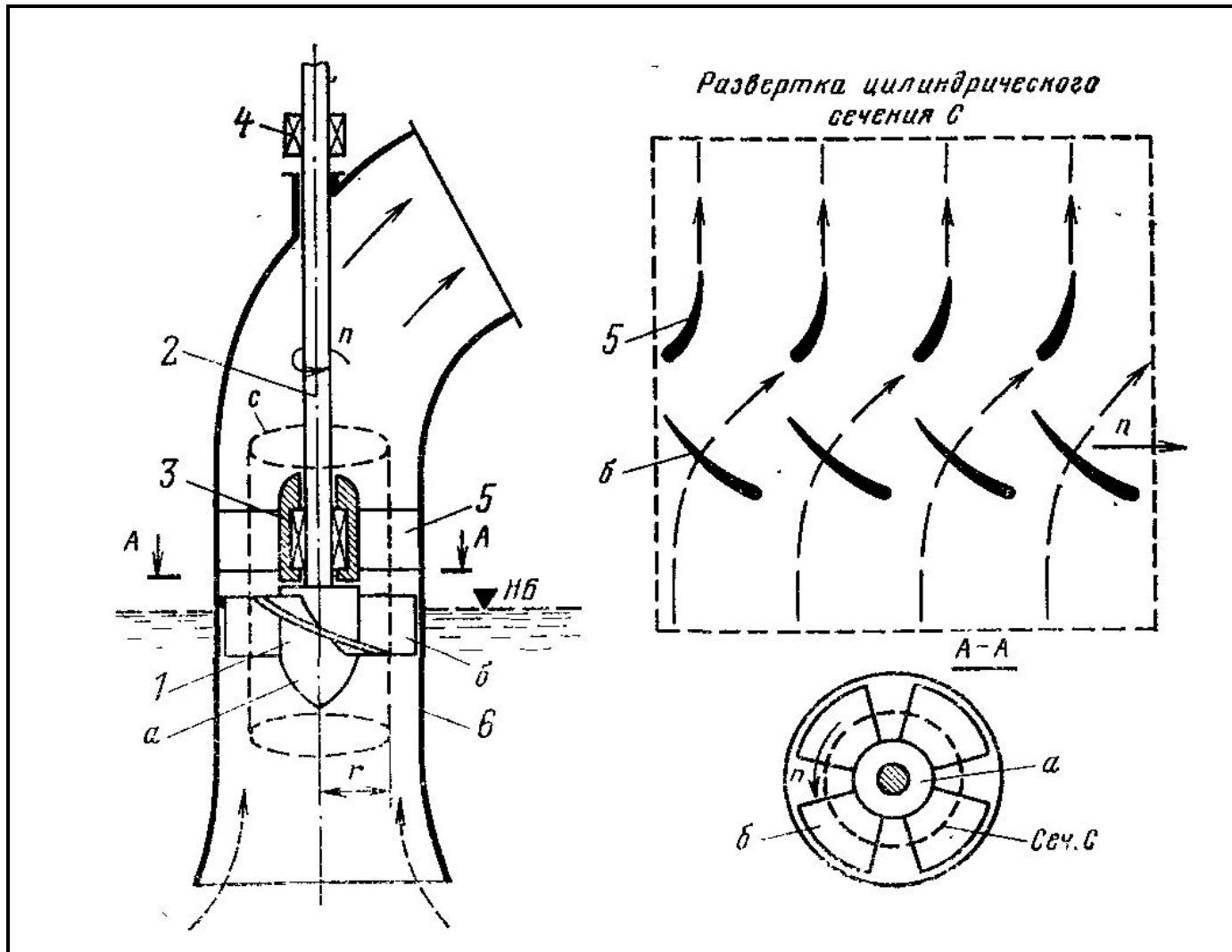
- Двигатель  
Насос



# Схема центробежного насоса



# Схема осевого насоса

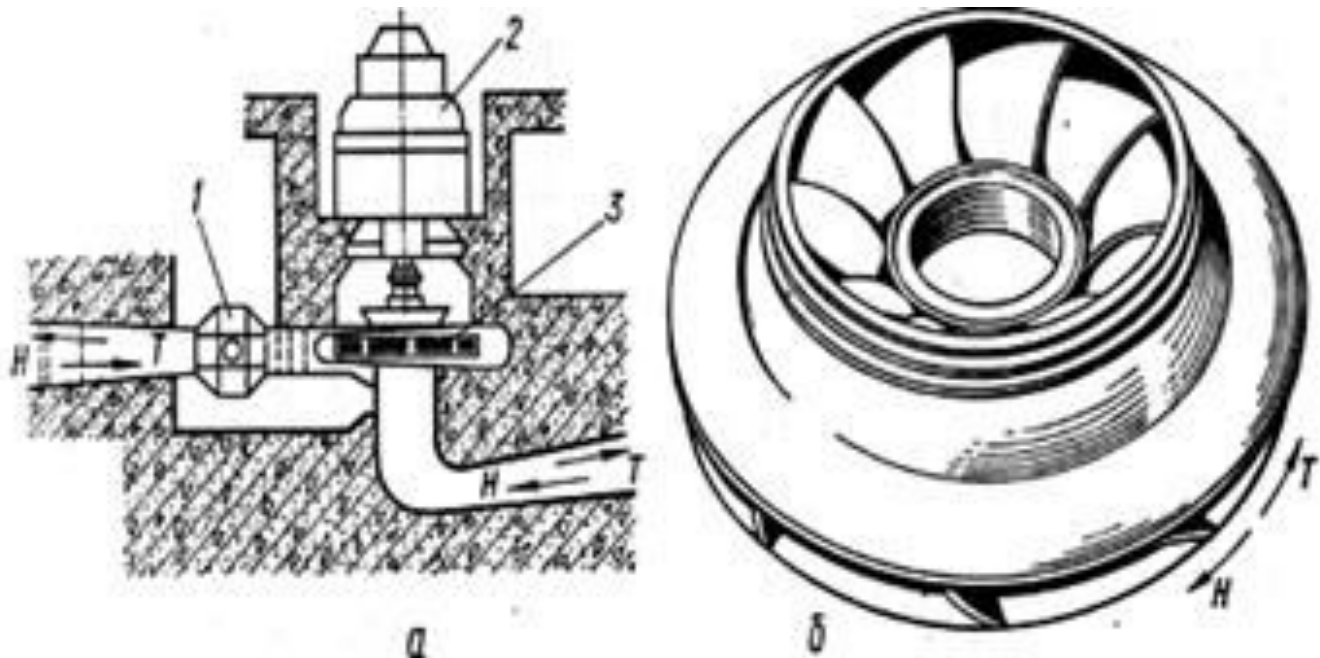


# Обратимые гидромашины

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



# Схема обратимой ГМ



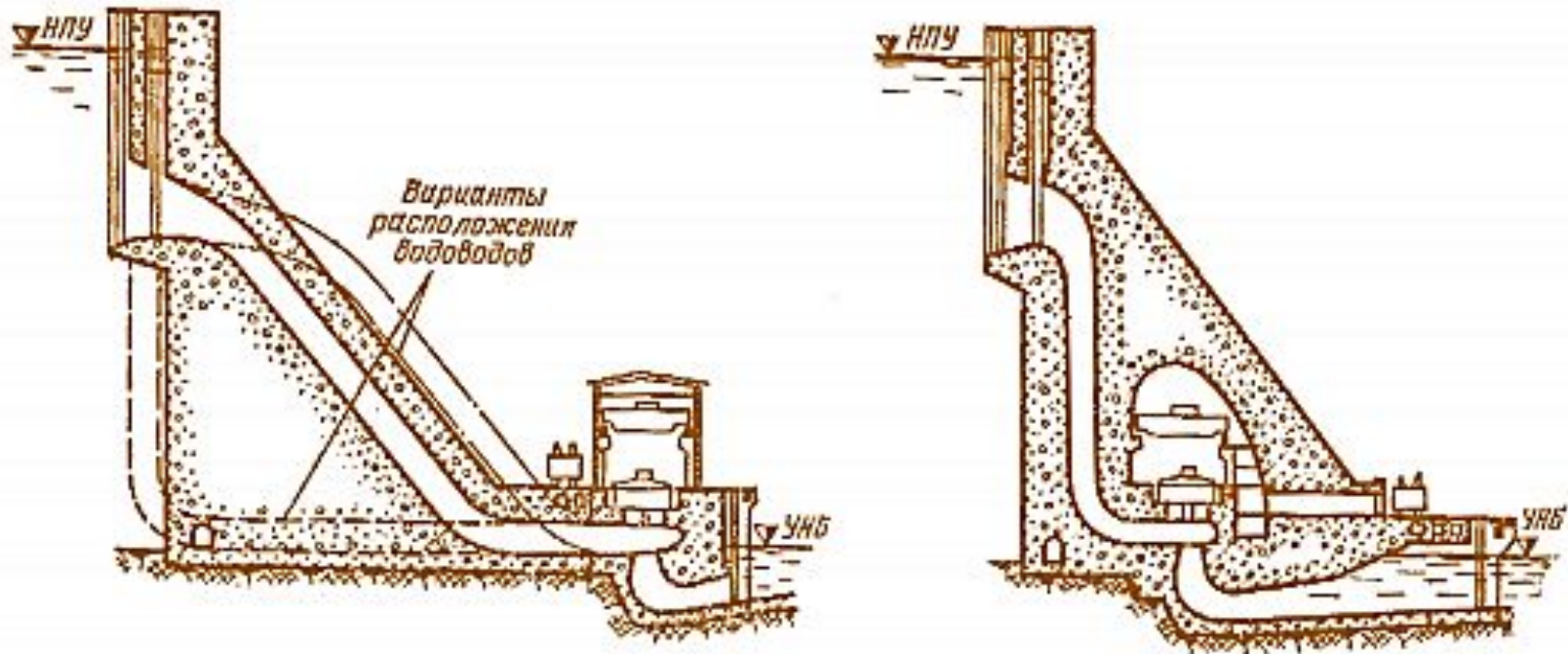
- а) 1 – затвор; 2 – обратимый генератор-двигатель; 3 – обратимая ГМ; б – рабочее колесо

# 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

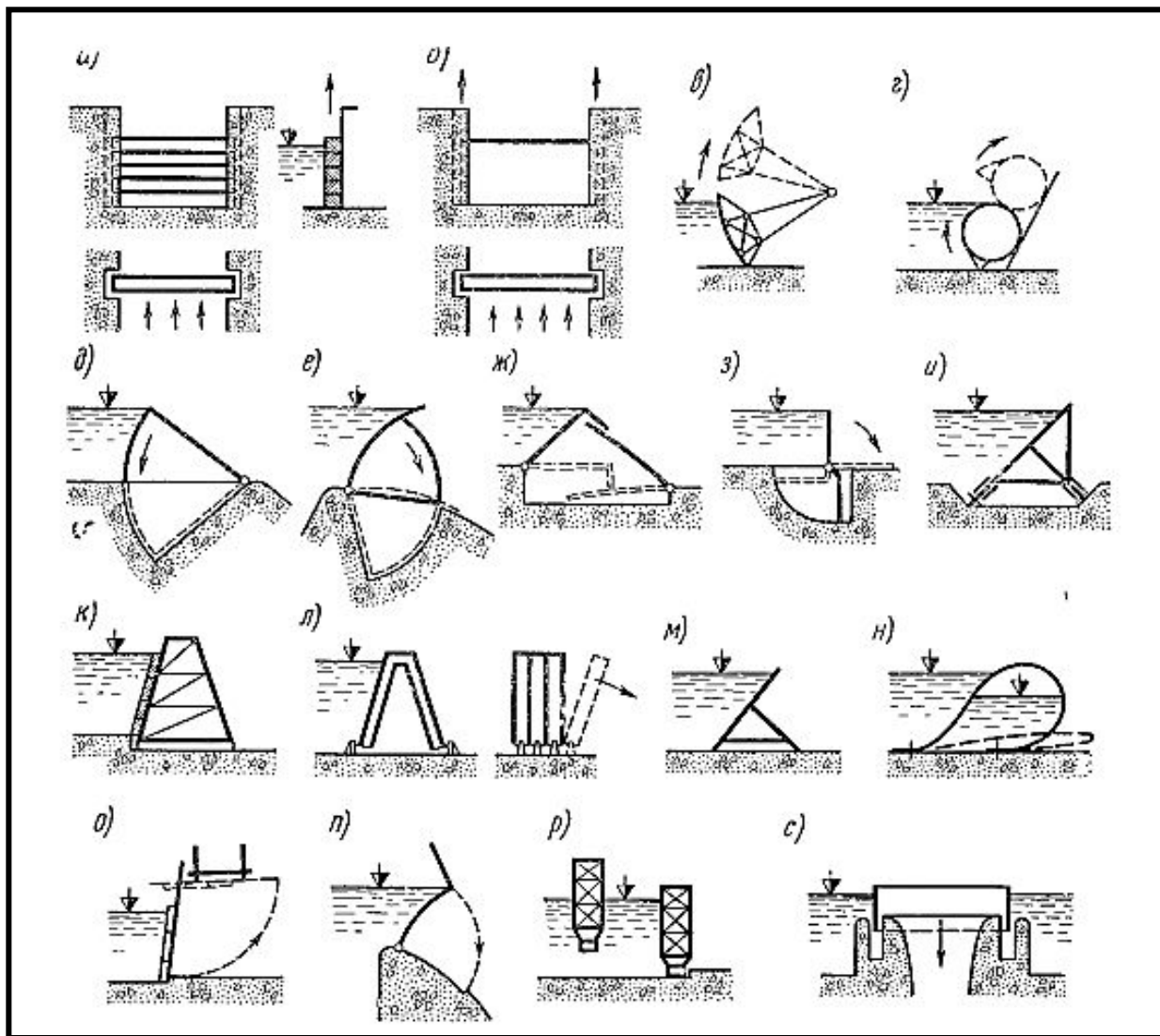
- **По материалам затвора:**
- Стальные,
- Из алюминиевых сплавов,
- Железобетонные.
- Деревянные,
- Тканевые.
- **По способу передачи воспринимаемого давления:**
- Поверхностные – на быки и устои,
- Поверхностные – на порог сооружения,
- Глубинные – через опорно-ходовые части на сооружение,
- Глубинные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



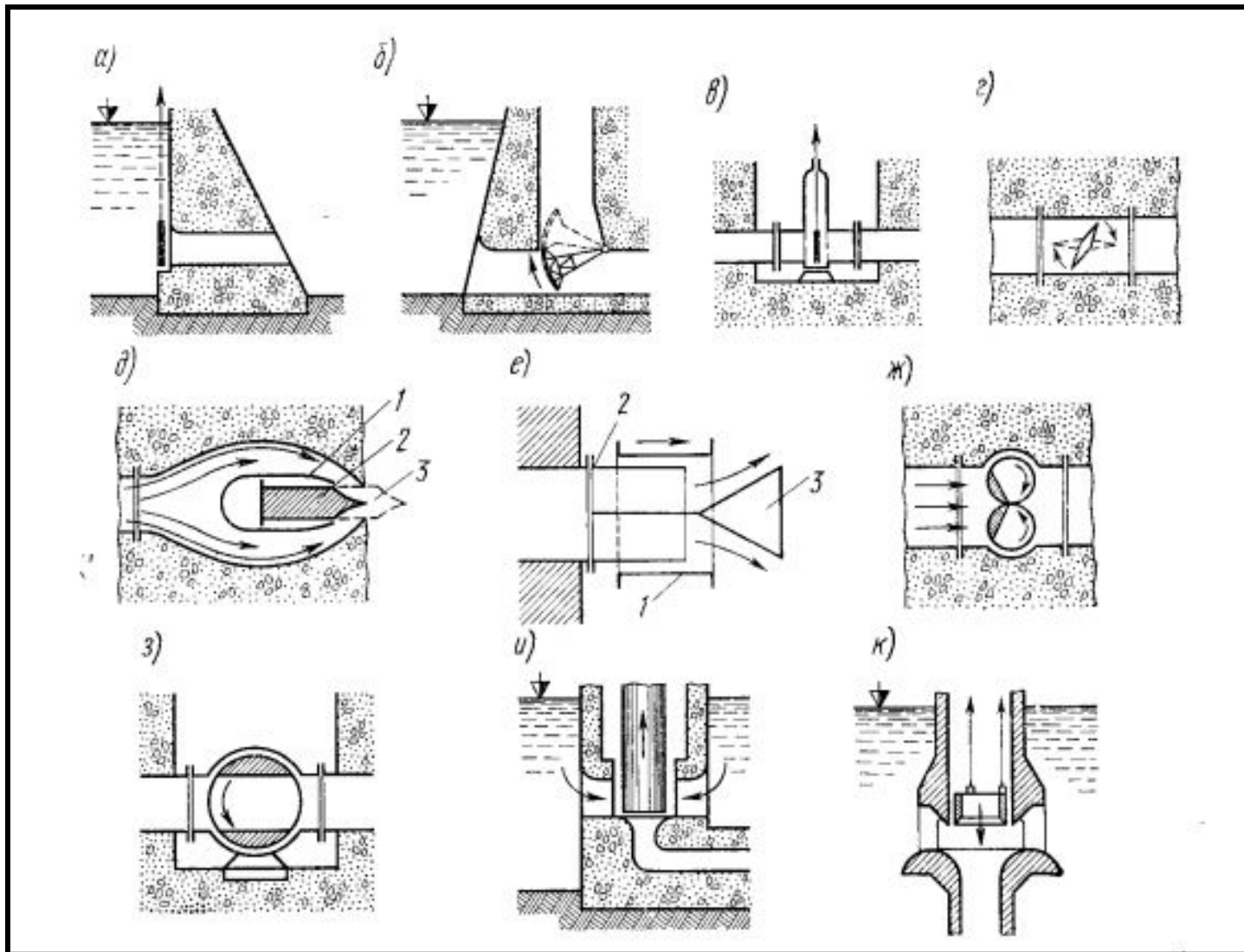
# Классификация затворов-3

- **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

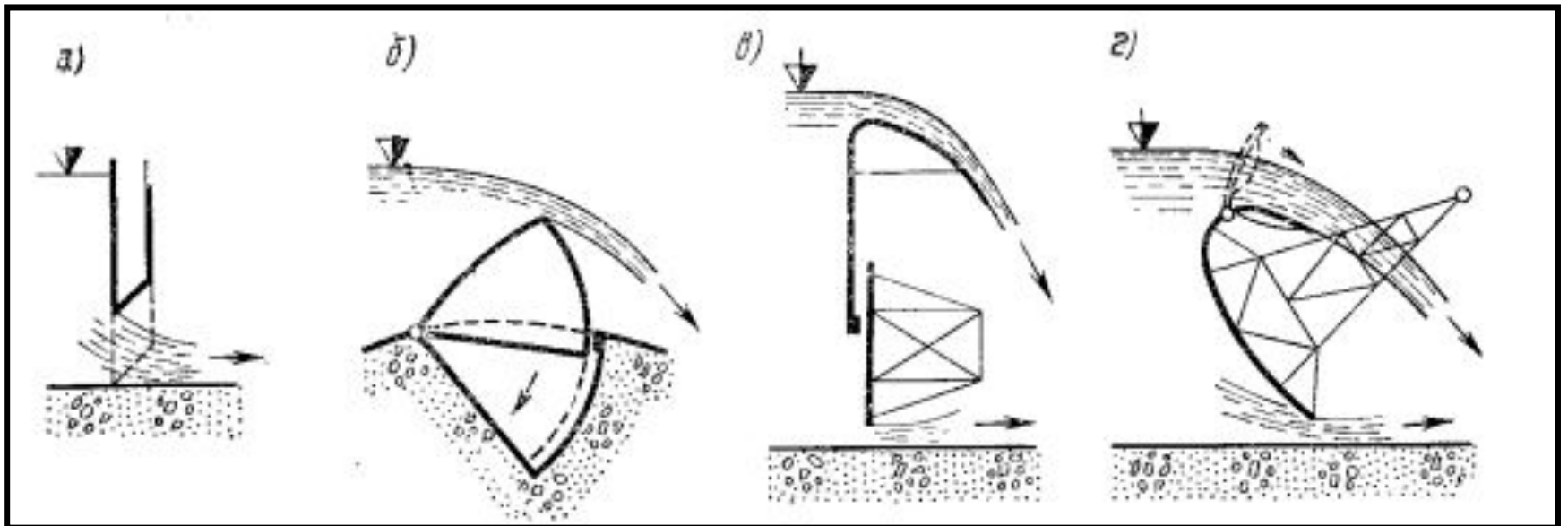
- Основными функциями затворов водопропускных сооружений являются:
- - поддержание заданного уровня воды в верхнем бьефе путем регулирования пропуска воды в нижний бьеф;
- - прекращение поступления воды через водозаборные сооружения путем полного закрытия их отверстий;
- - перекрытие отдельных отверстий 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).

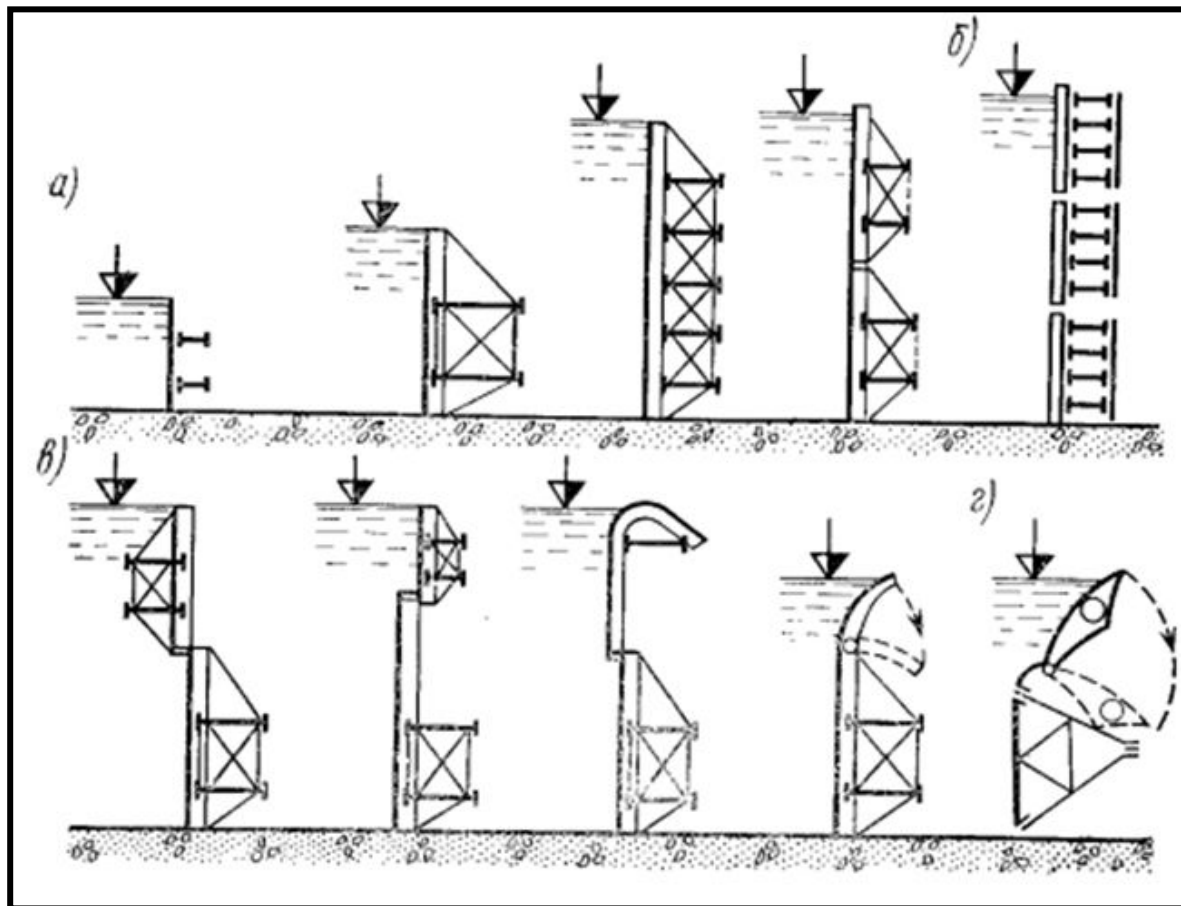
# Пропуск воды с помощью поверхностных затворов

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



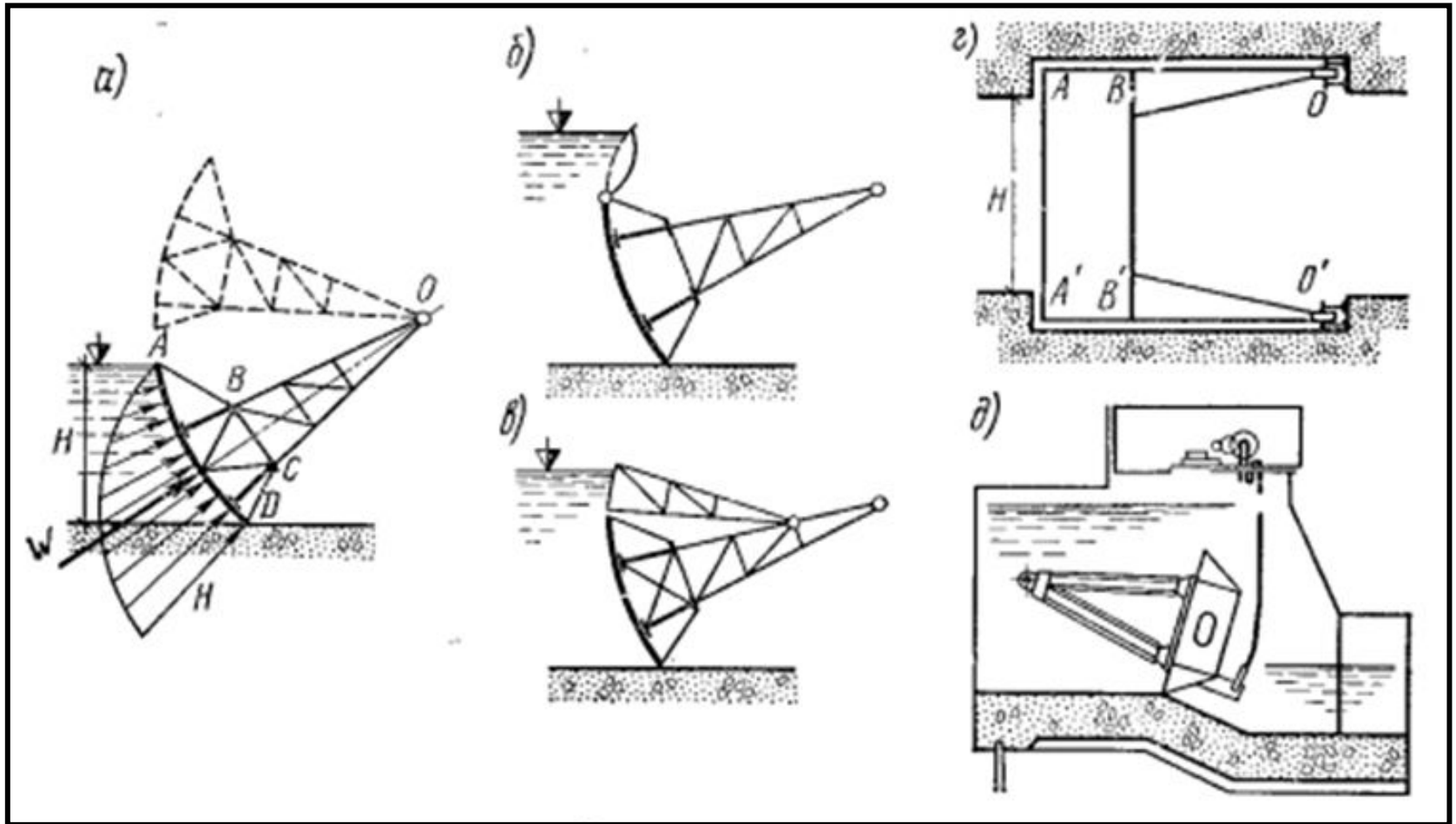
# ПОВЕРХНОСТНЫЕ ЗАТВОРЫ

- ПЛОСКИЕ ЗАТВОРЫ (СХЕМЫ)

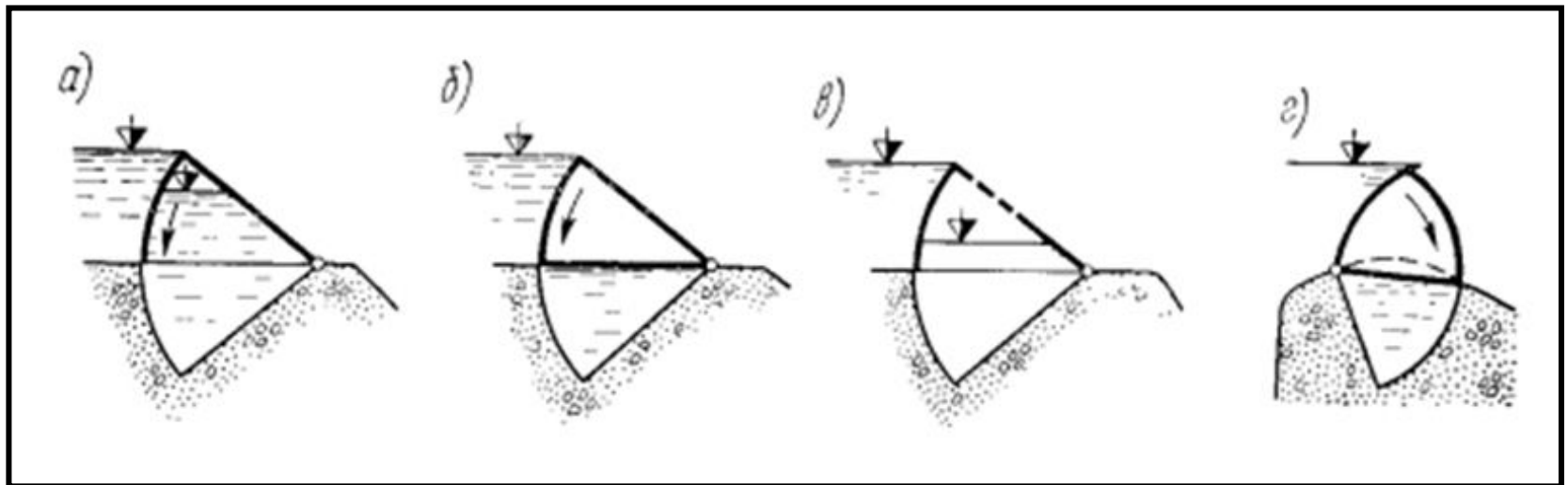




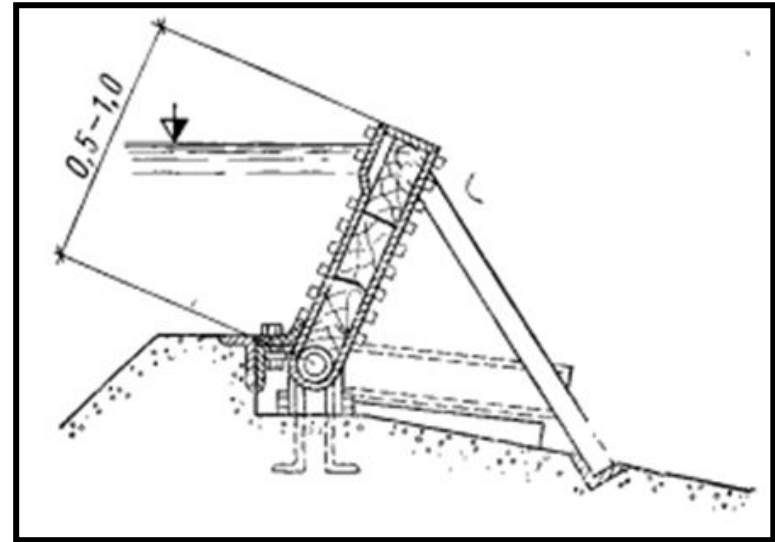
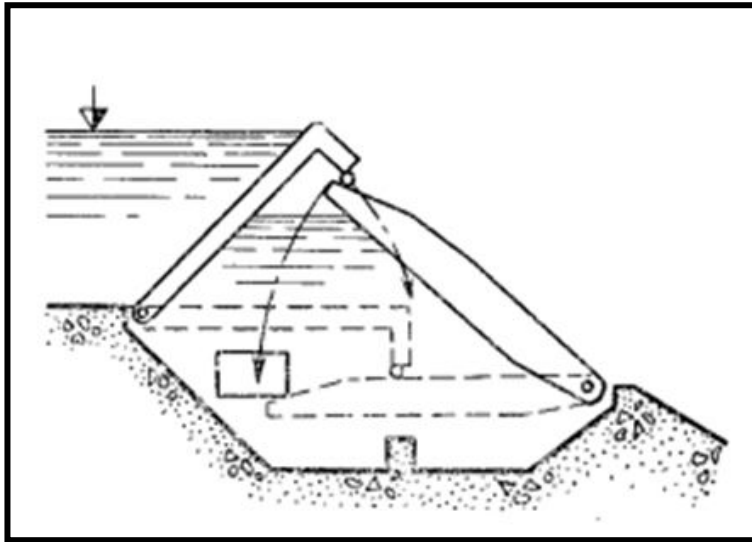
# Схемы сегментных затворов



# Схемы секторных затворов



# Крышевидный и клапанный затворы



# Сегментный затвор со стороны НБ



# Плавающий затвор комплекса защитных сооружений С.-Петербурга от наводнений



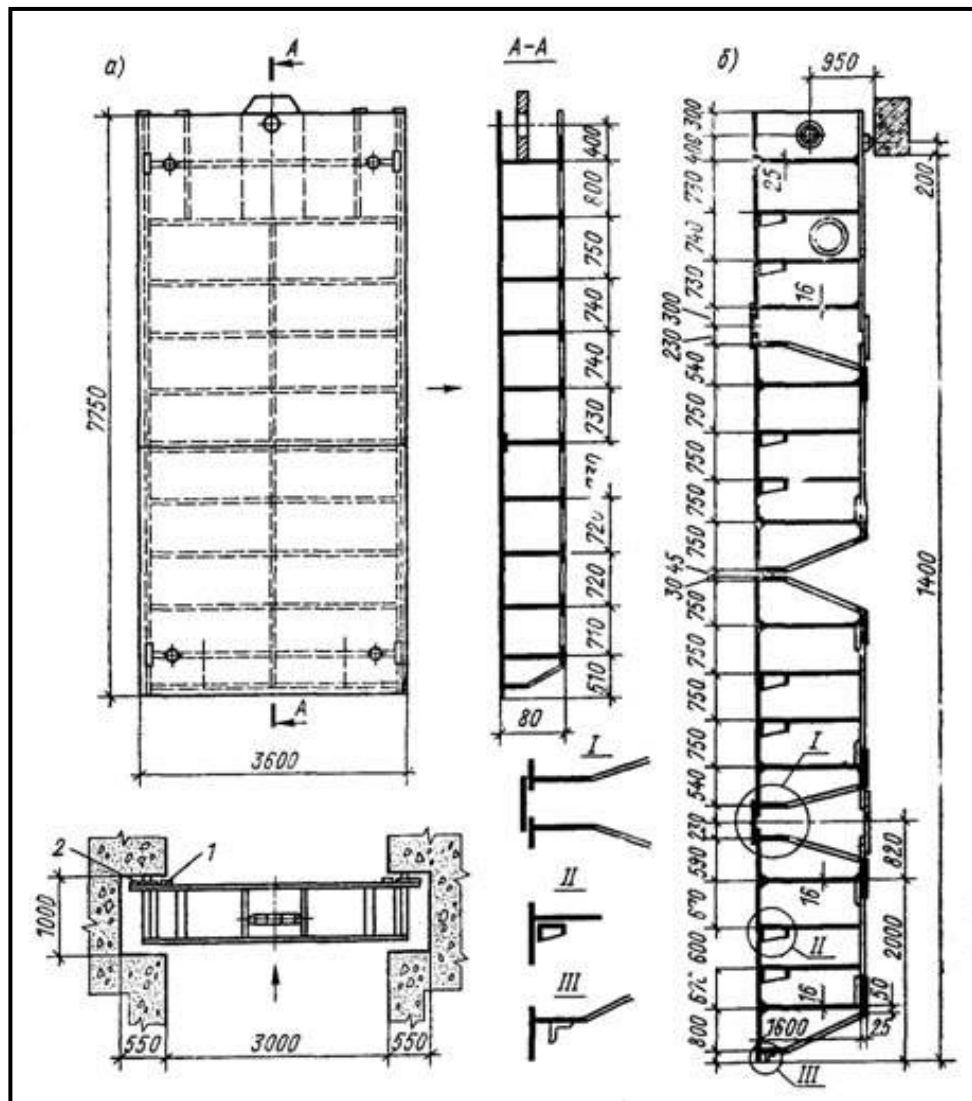
# Ворота нижней головы шлюза



# Плоский затвор с безнапорной стороны

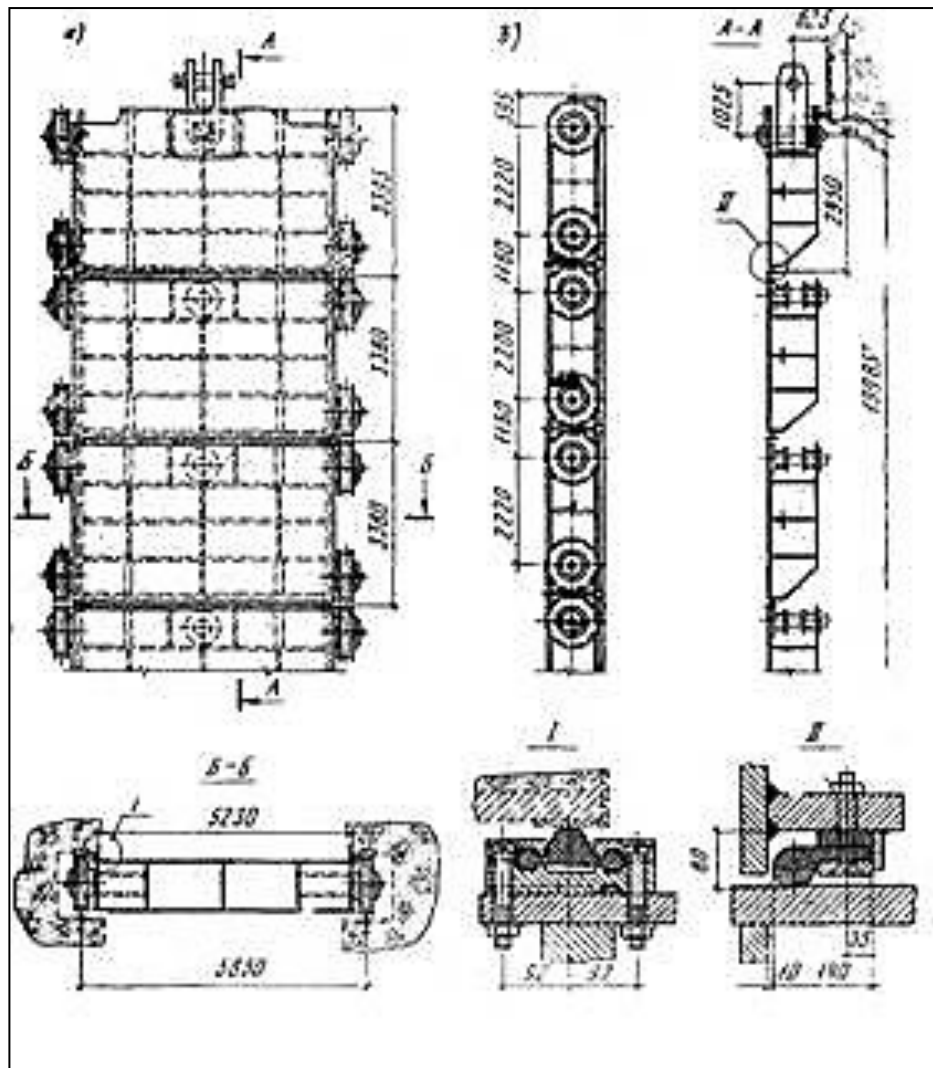


# Глубинный скользящий затвор

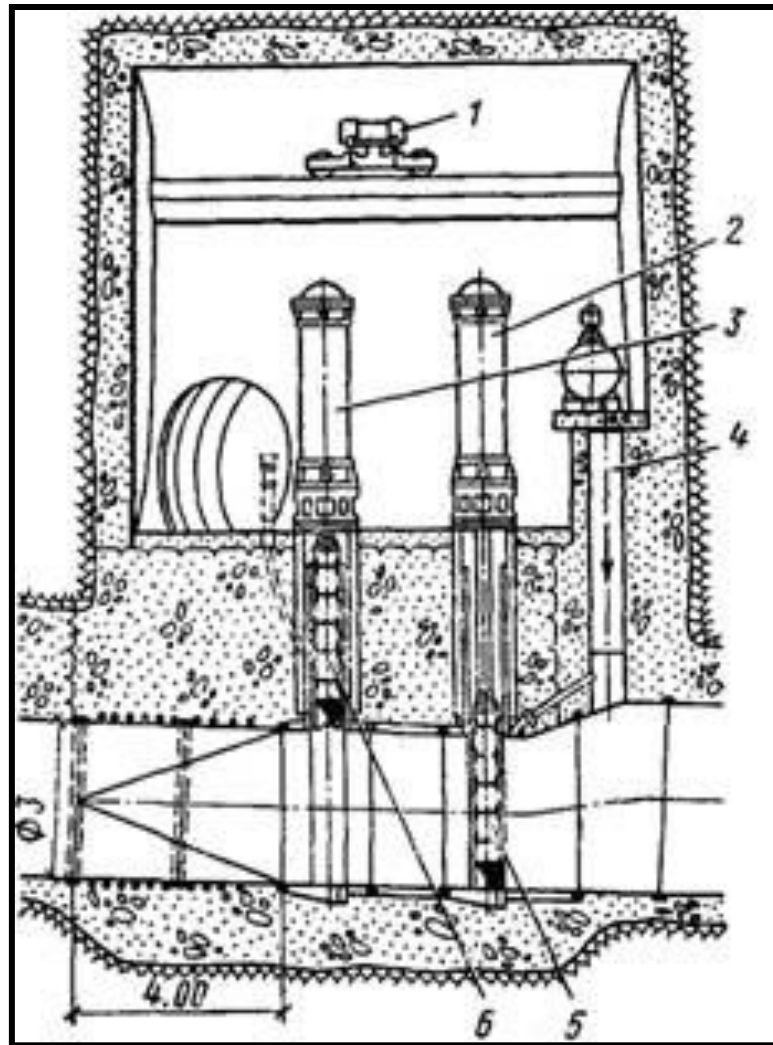




# Глубинный колесный затвор



# Глубинный затвор водовода



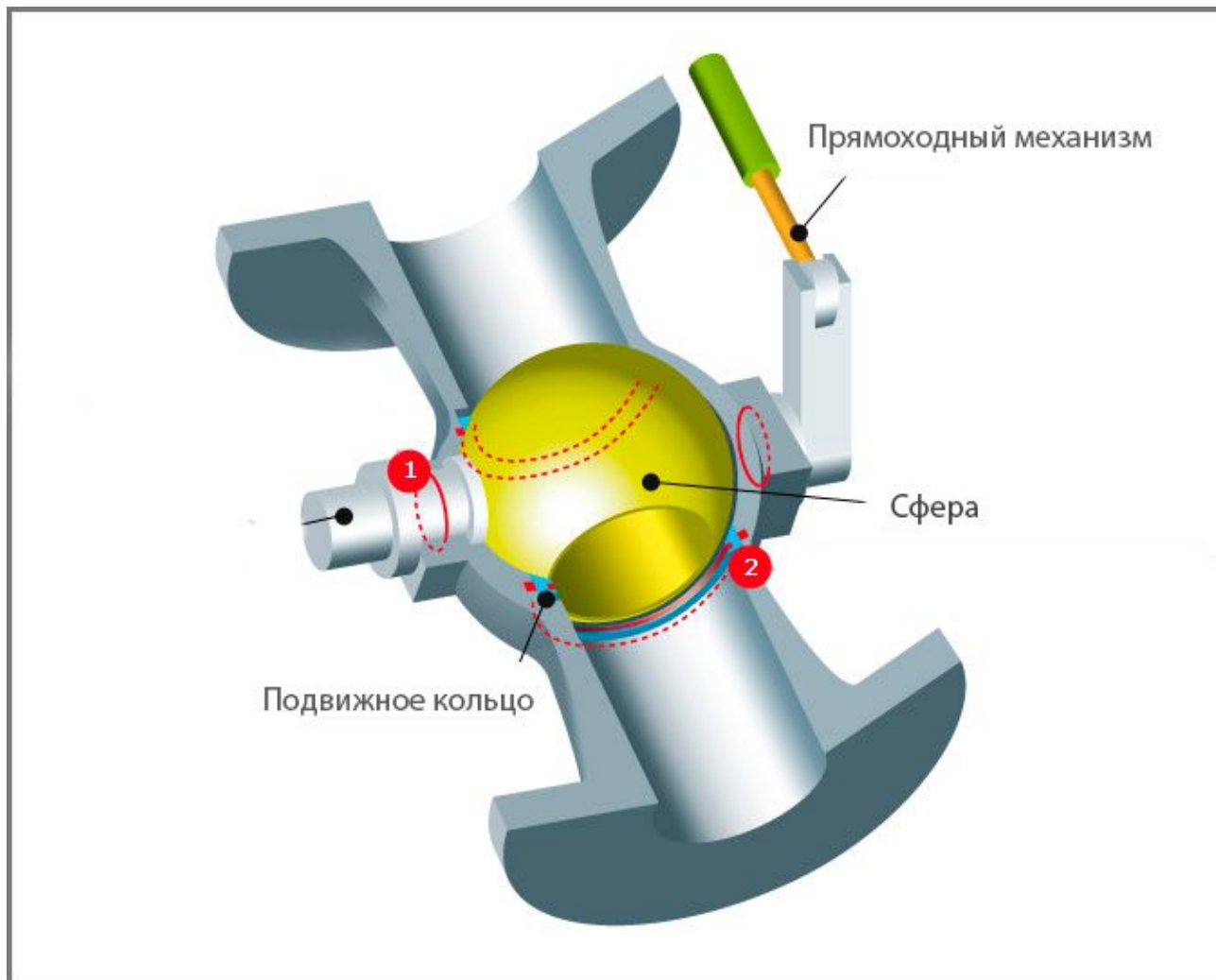
# Задвижка поворотная



# Шаровой затвор, вид сверху



# Шаровой затвор в разрезе

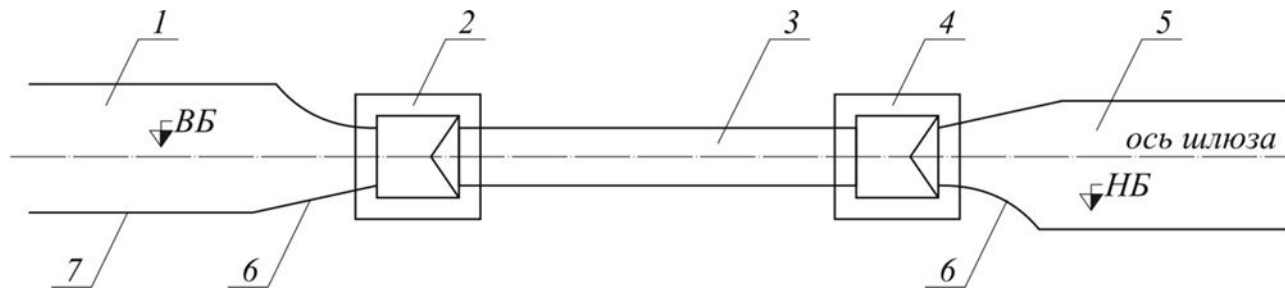


# ОБОРУДОВАНИЕ СУДОХОДНЫХ ШЛЮЗОВ

- 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**.

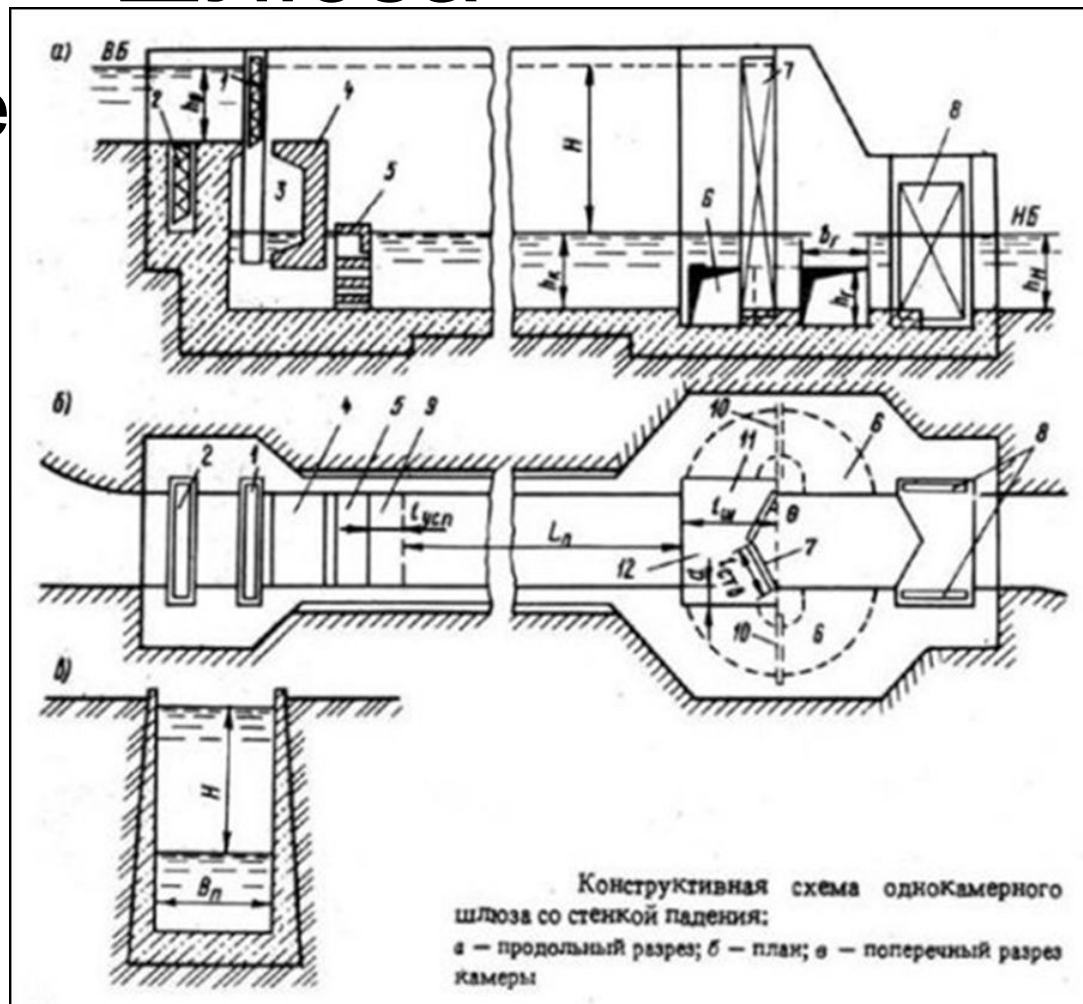


# Головная система питания

- 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

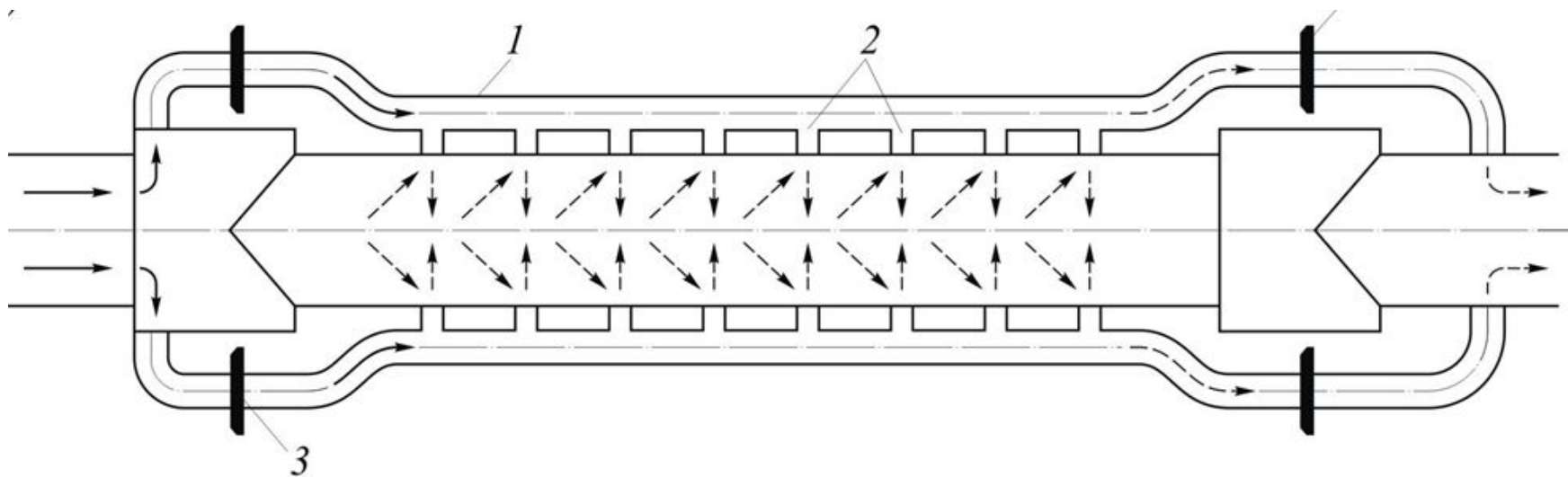
- Наполнение из-под щита и опорожнение через обходные галереи



# 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

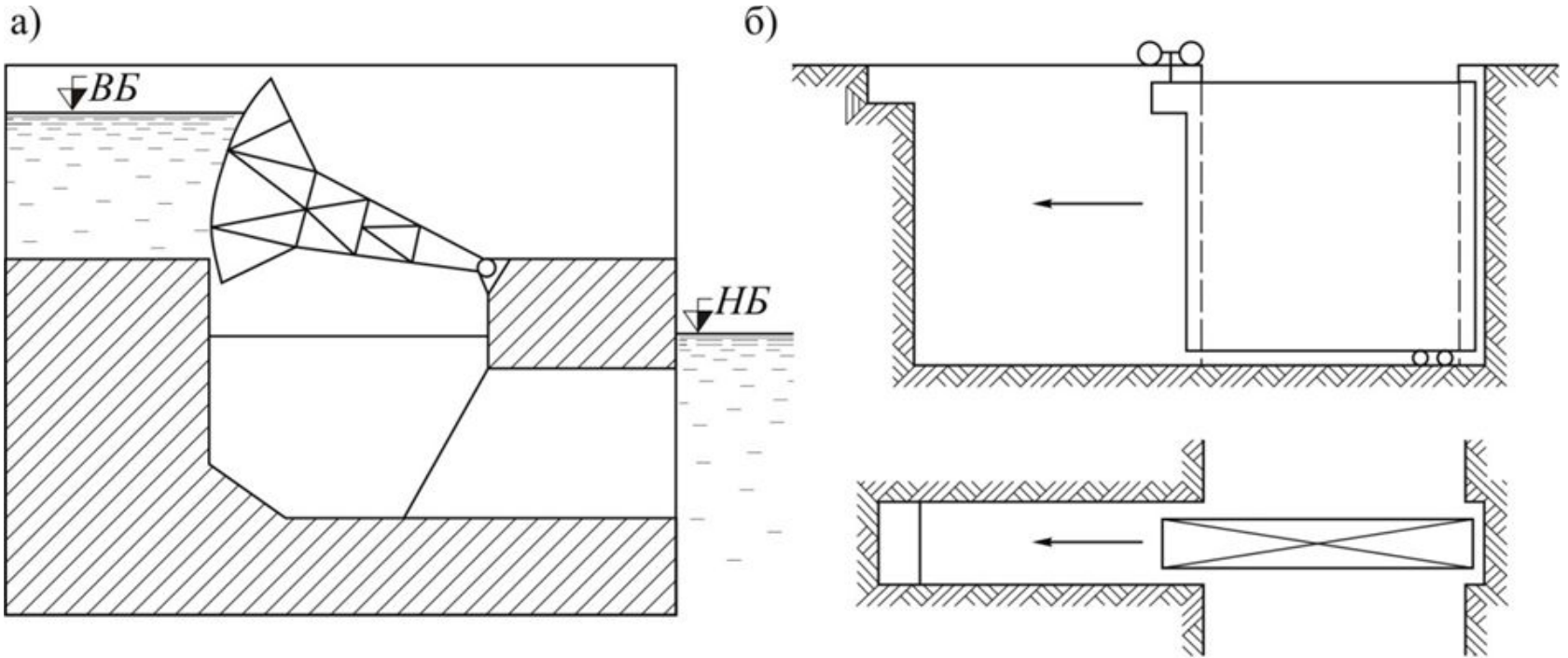
- К вспомогательному оборудованию относят насосы для откачки воды из камеры и отдельных частей шлюза, механизмы установки и подъема всего оборудования – краны, тали, тележки.

# 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.

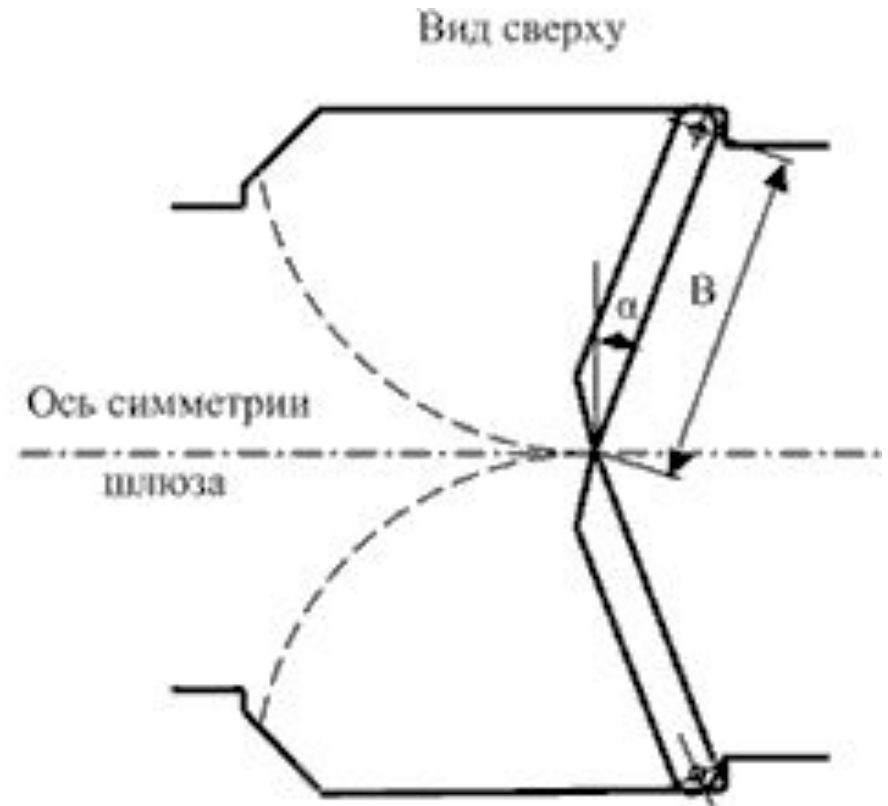
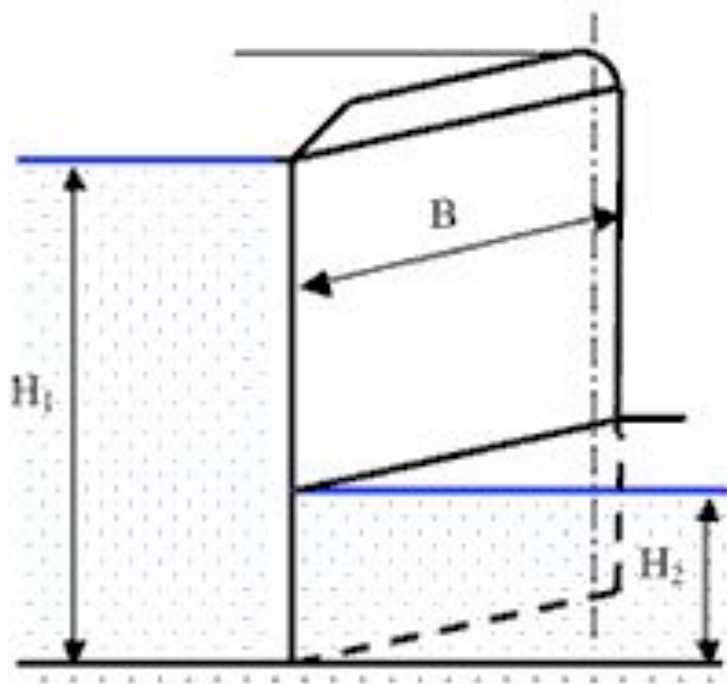
# Основные типы ворот шлюза-1

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



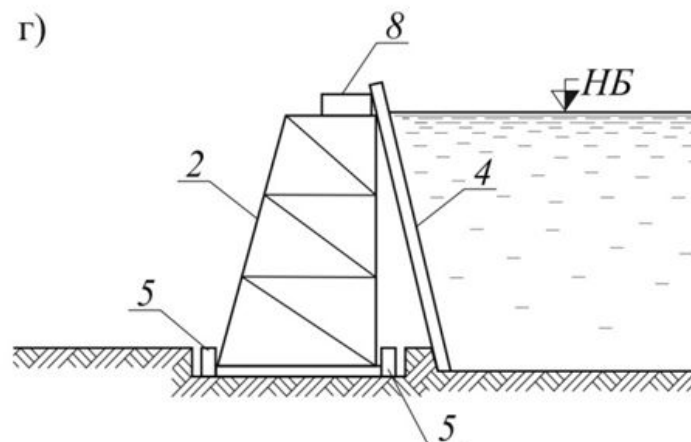
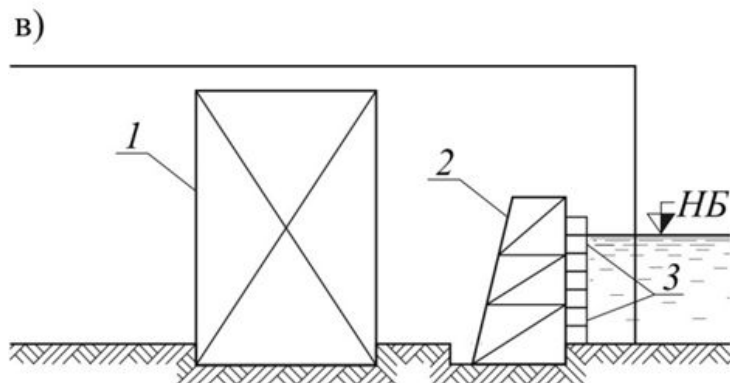


# Схема двустворчатых ворот



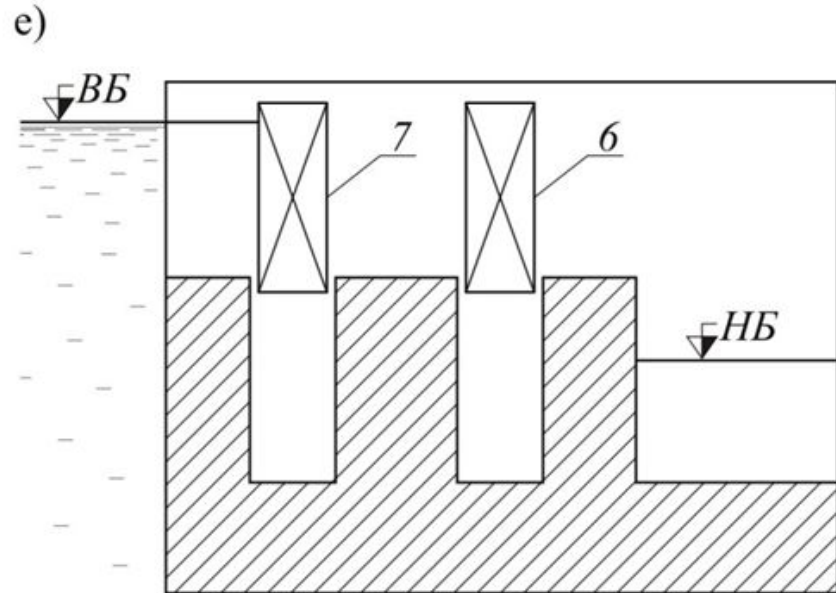
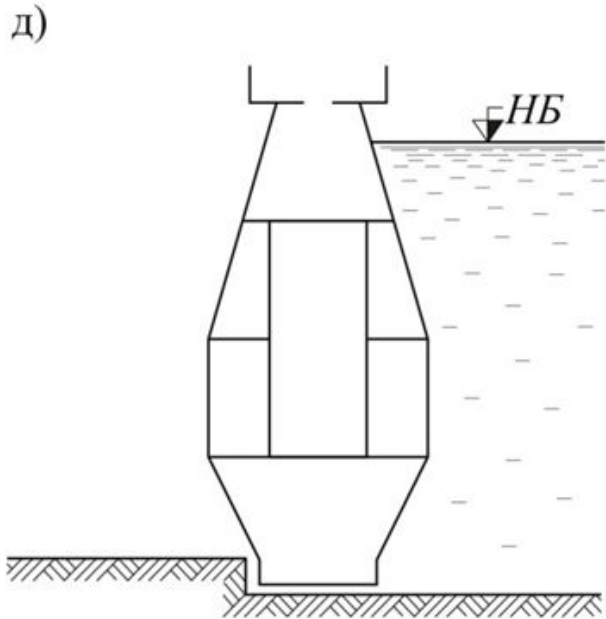
# Основные типы ворот шлюза-2

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.

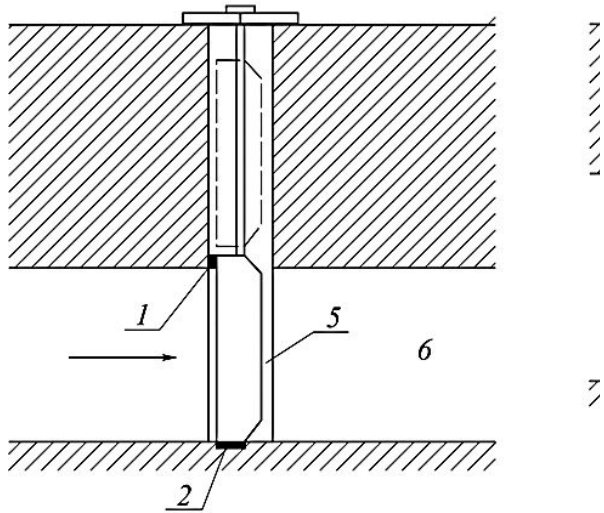
# Затворы водопроводных галерей

- 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.

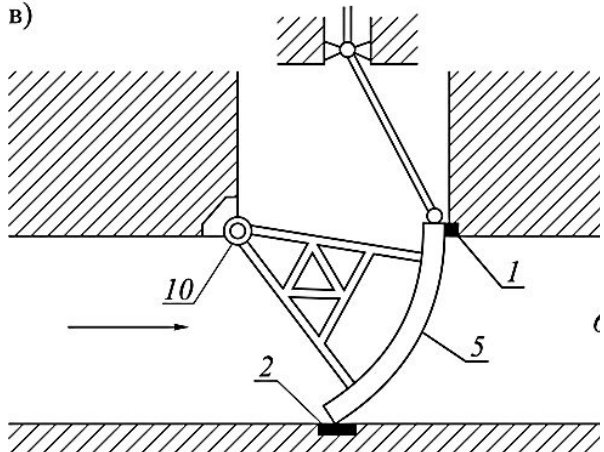


# Плоский, цилиндрический и сегментный затворы

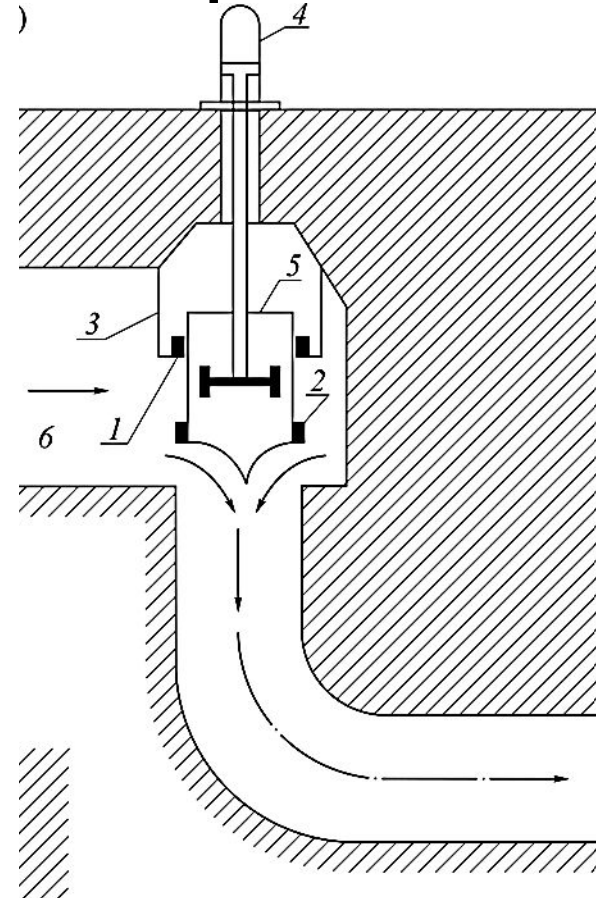
a)



b)

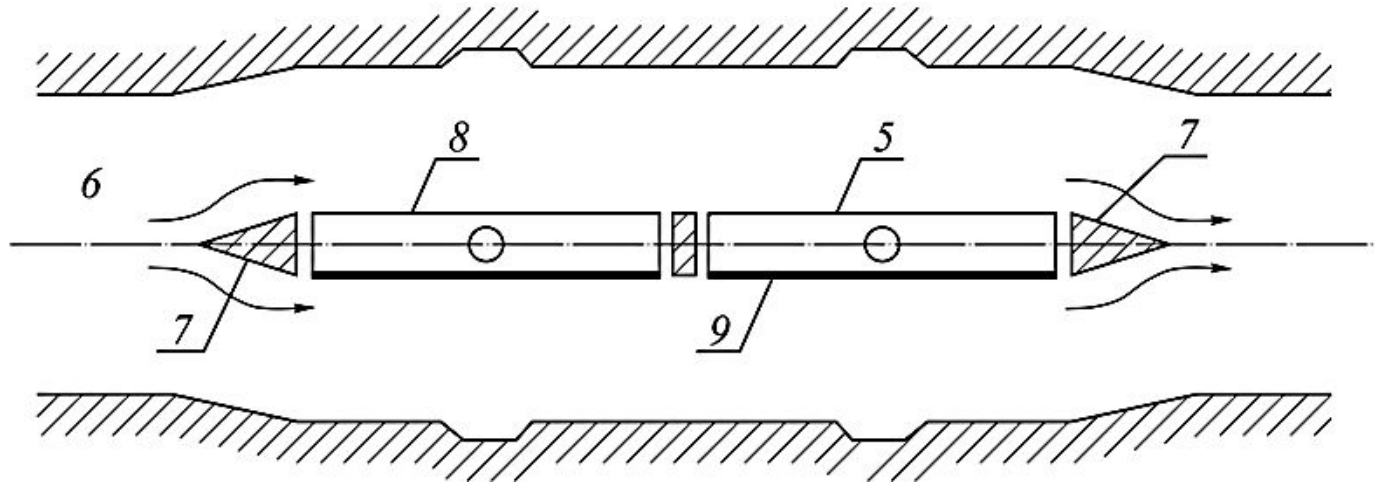


)



# Поворотный затвор

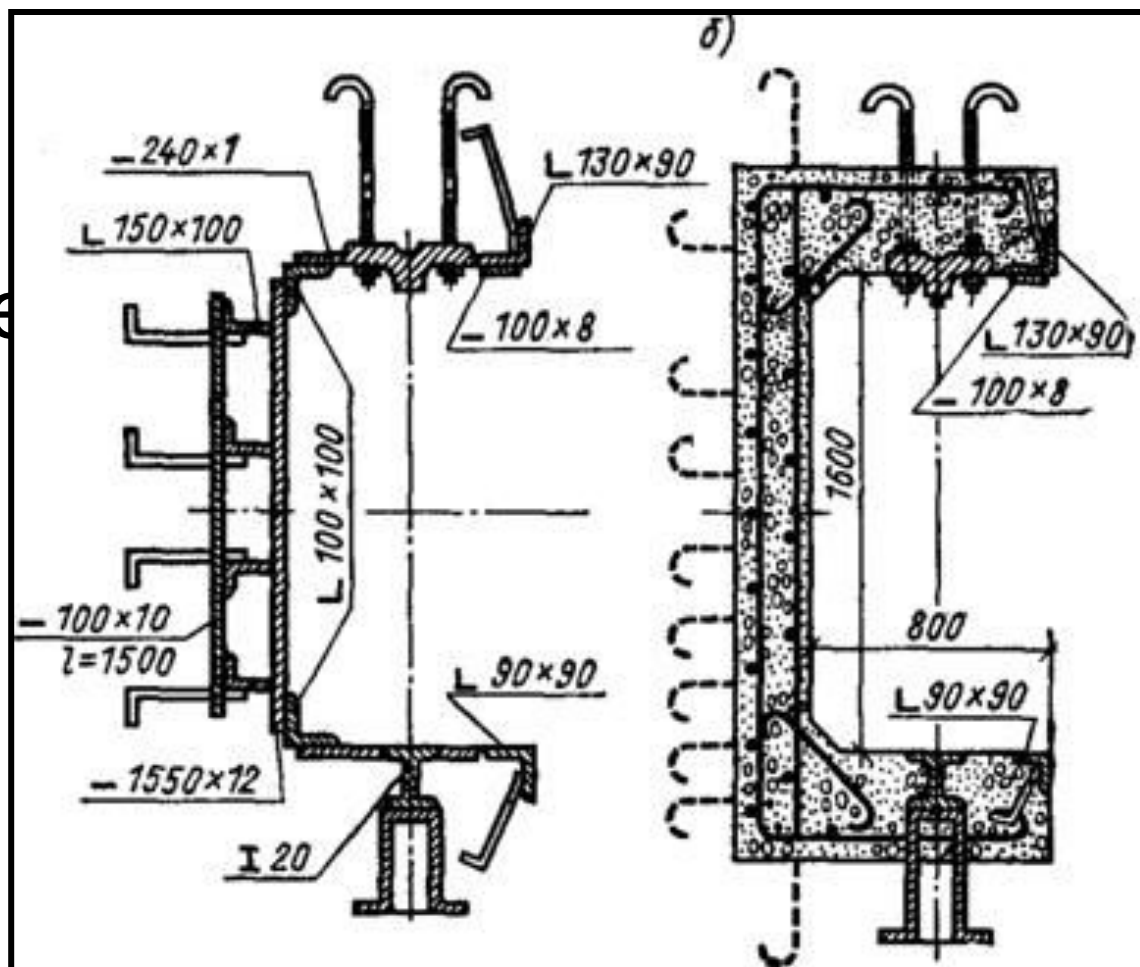
г)



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

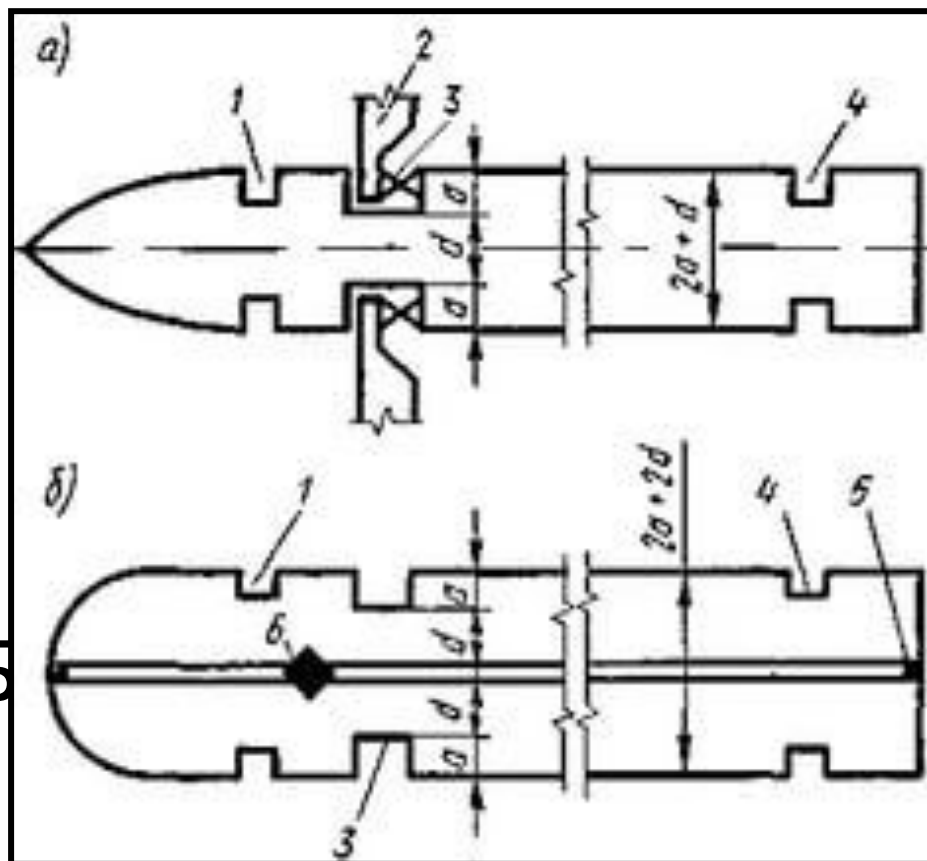
затвора; 2 – затвор;

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);  $K_2 = 1,2$ ;  $W_{\phi}$  — сила фильтрационного давления на нижнее уплотнение.

При  $S_2 < 0$  сила  $\Delta S$  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:

$$T_{об} = Nf_0,$$

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

в катковых опорах:

$$T_{кат} = Nf,$$

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  $\mu$  — 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:

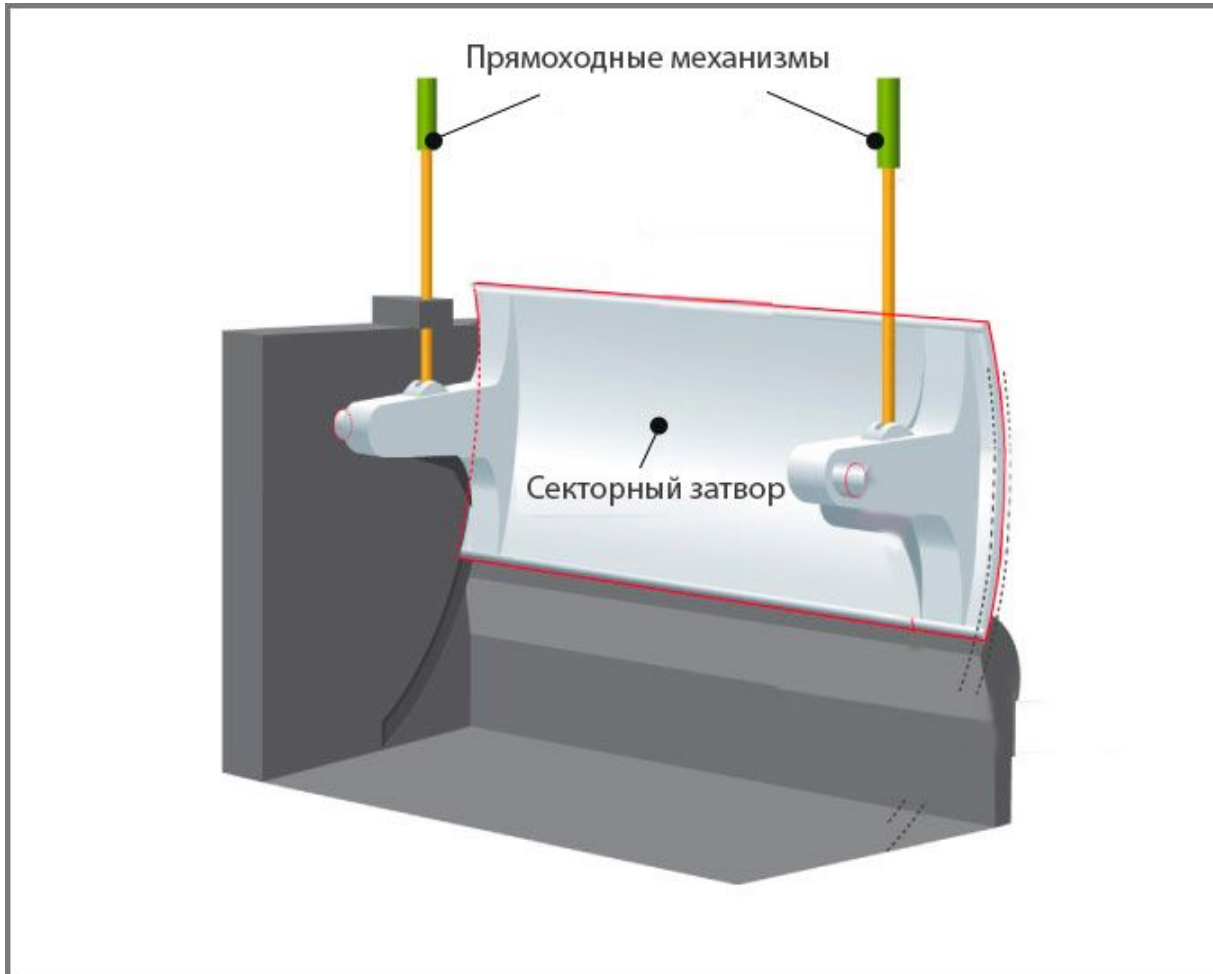
$$T_y = \sum_{i=1}^k L_i q_{yi} f_{ti}$$

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

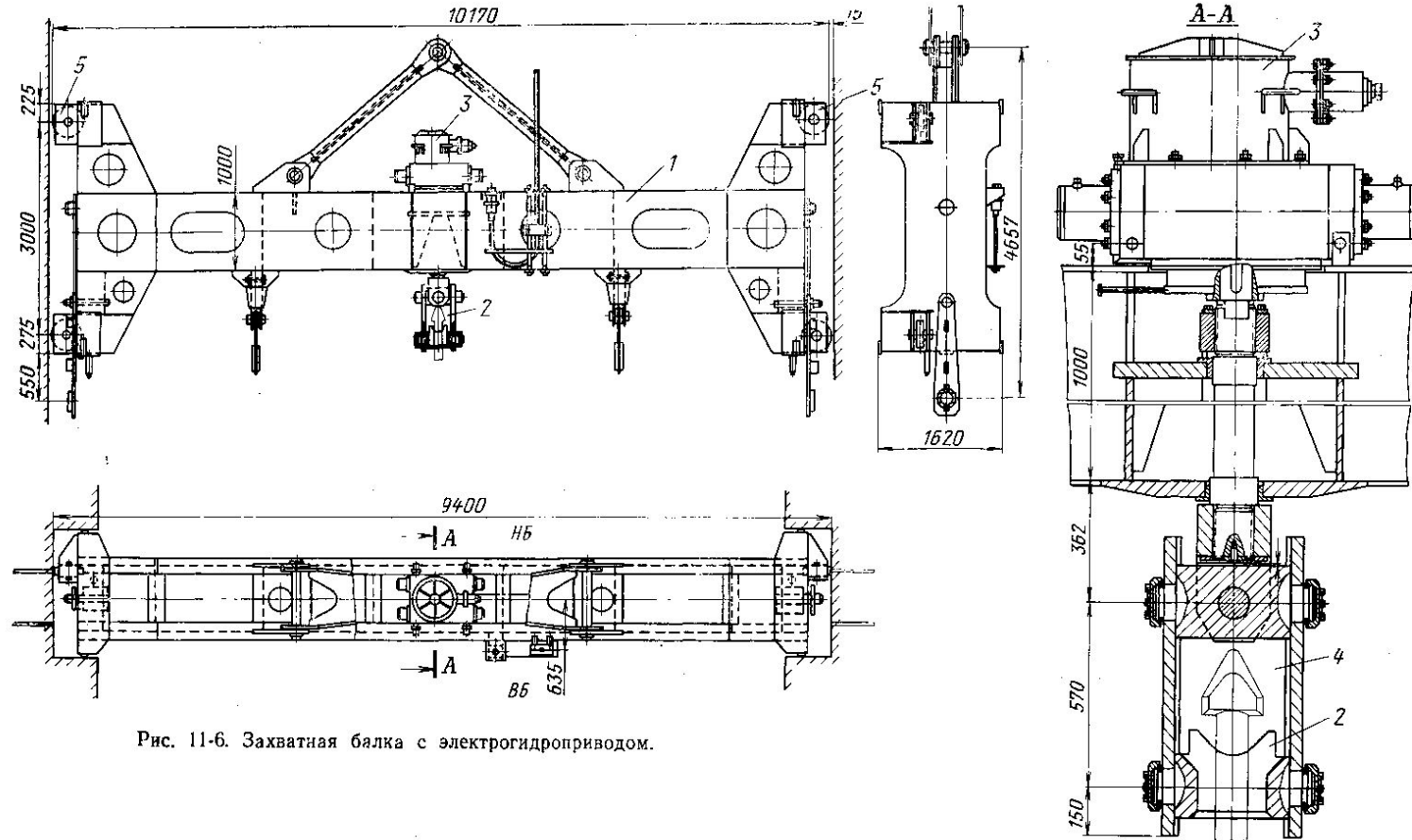


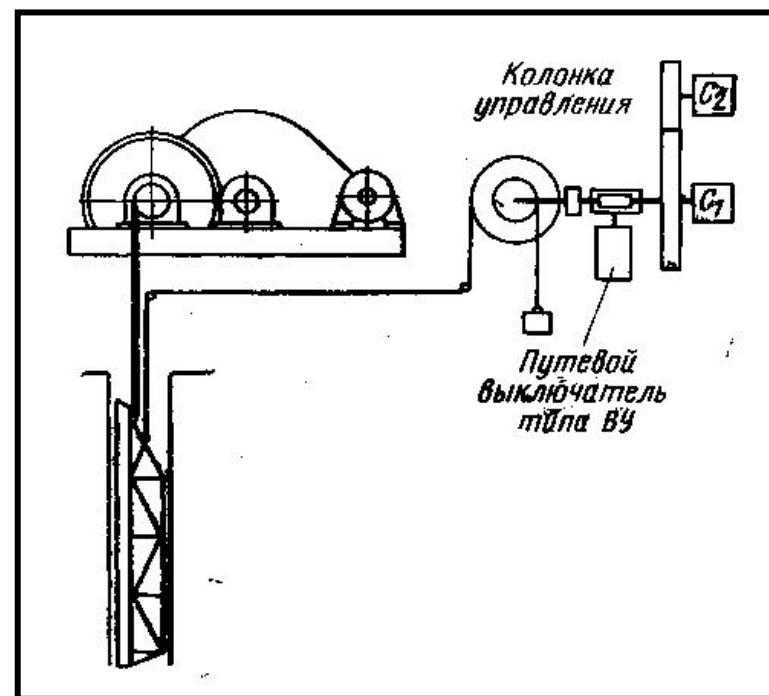
Рис. 11-6. Захватная балка с электрогидроприводом.

# Захватная балка с

## электроприводом

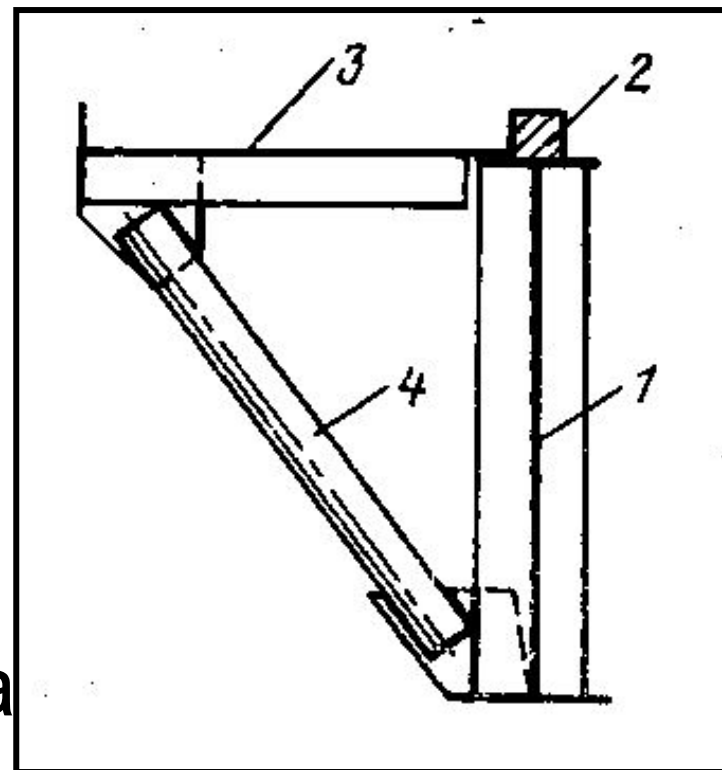
- 1 – собственно балка; 2 – захватное устройство; 3 – электропривод; 4 – направляющие.
- Соединение балки с затвором производится через серьги (2 шт.) или захват.

# Маневрирование лебедкой



# Подкрановый путь

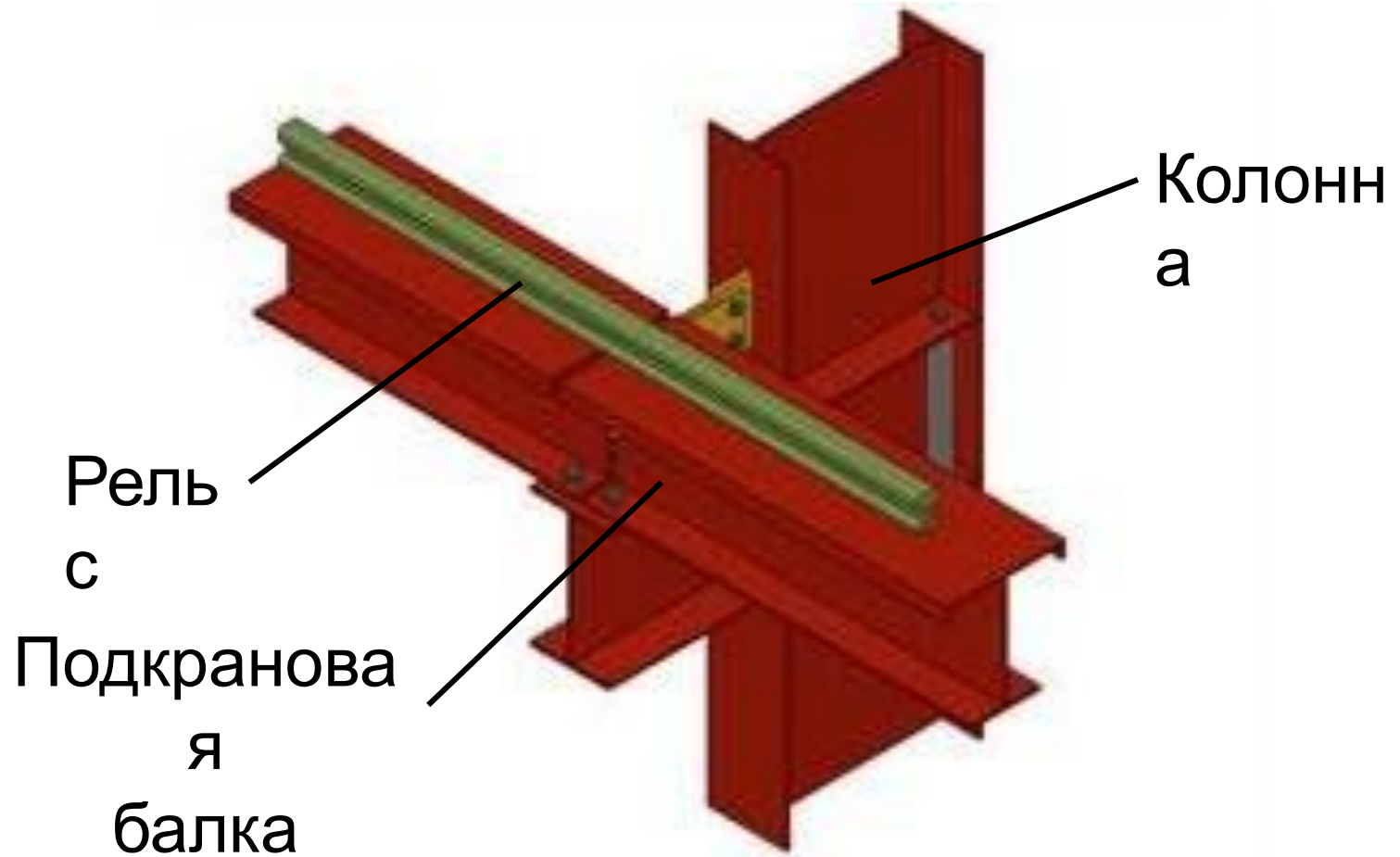
- 1 – подкрановая балка (двутавр);
- 2 – подкрановый рельс;
- 3 – тормозная балка;
- 4 – подкос.



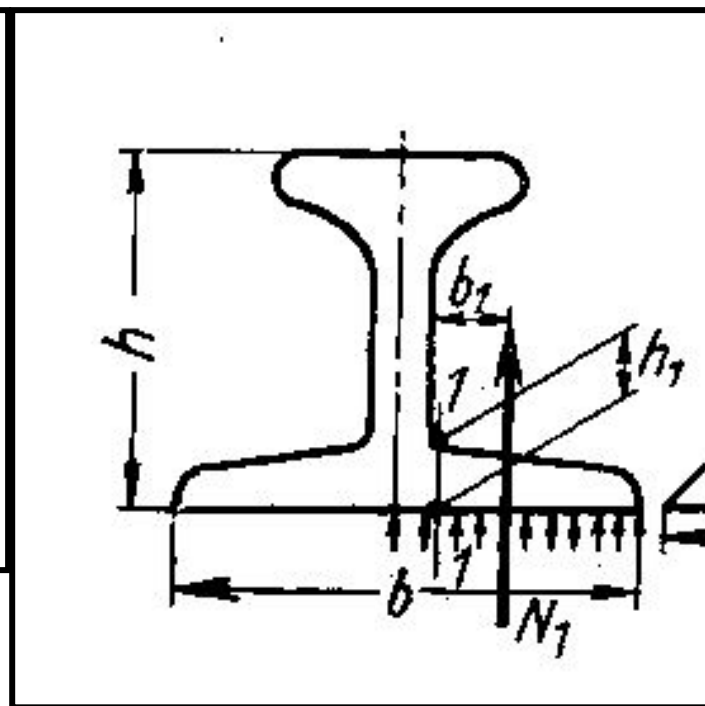
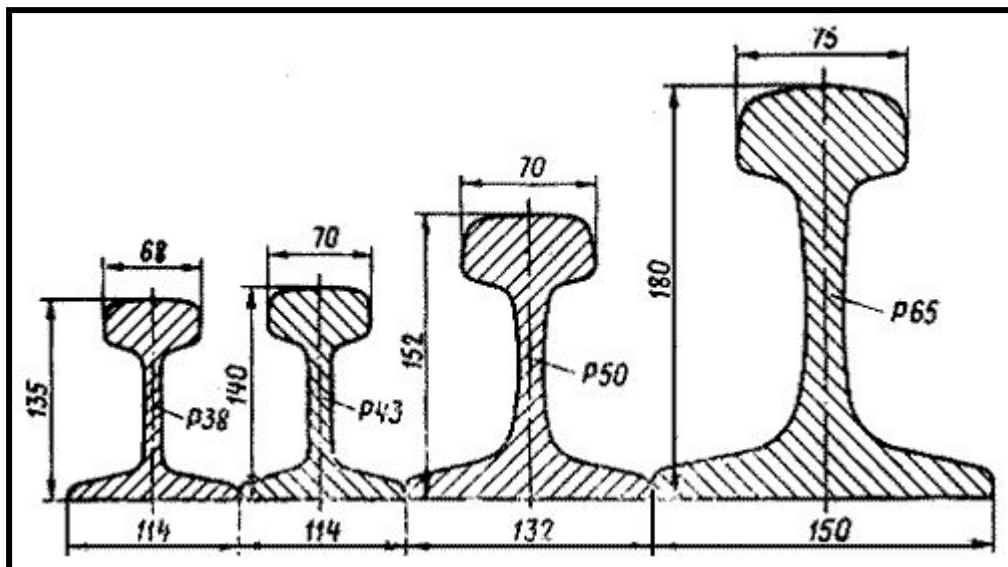
Подкрановая балка в здании ГЭС опирается на колонну, на плотине или водоприемнике – на бычки



# 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

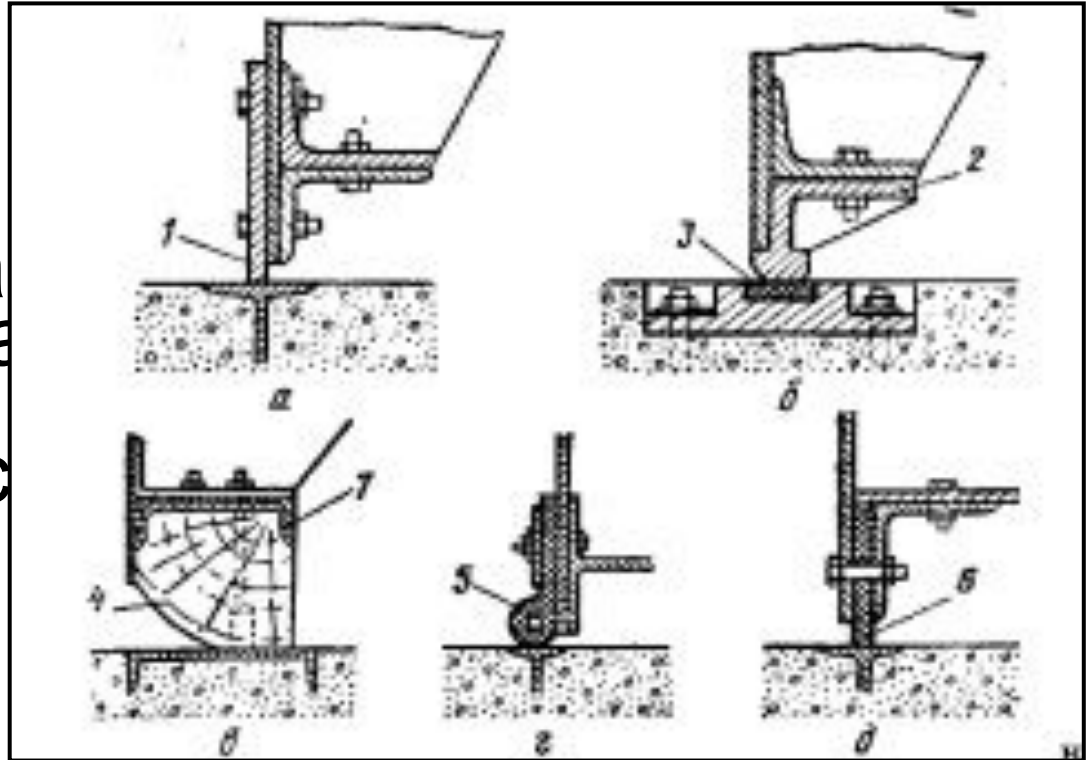
- Наиболее широкое применение для донных (и других уплотнений), получили износостойчивая и морозостойчивая резина, полосовая или специального профиля, обеспечивающая более качественную защиту от фильтрации; при применении резины предусматривают специальные закладные части в бетоне сооружения, на которые 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.

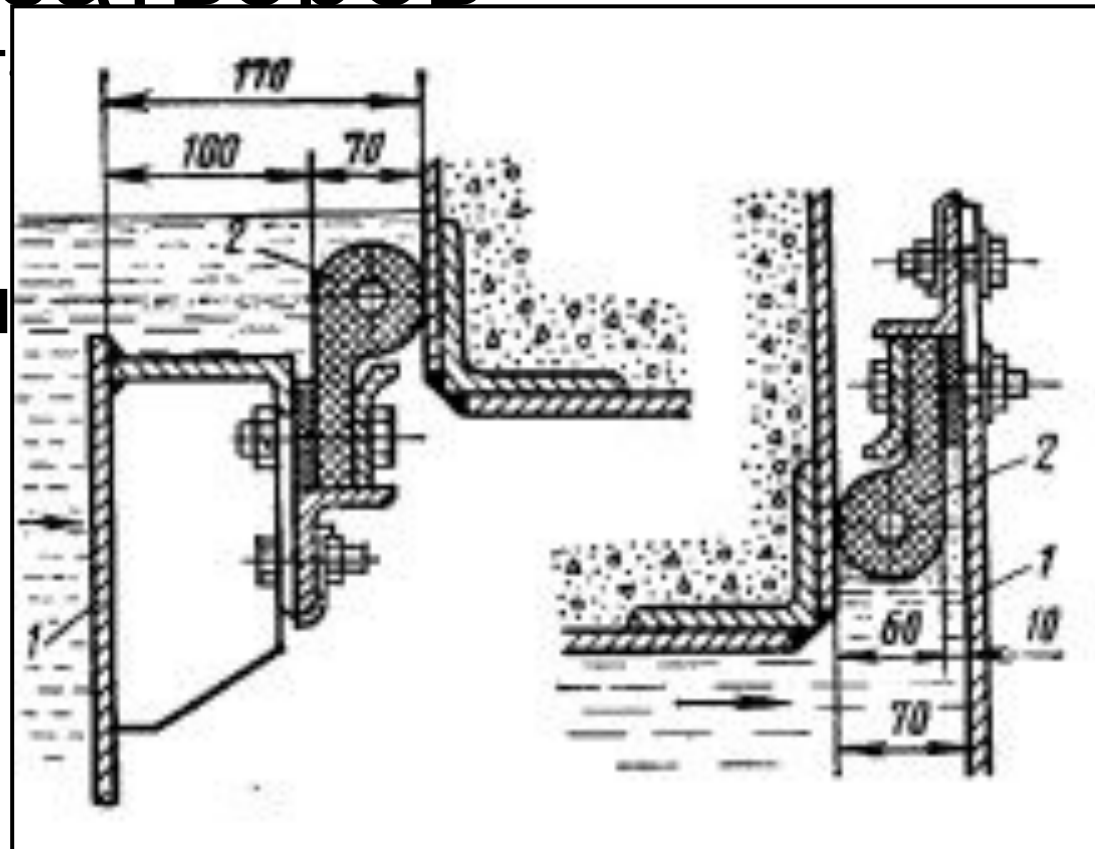
# Донные уплотнения

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

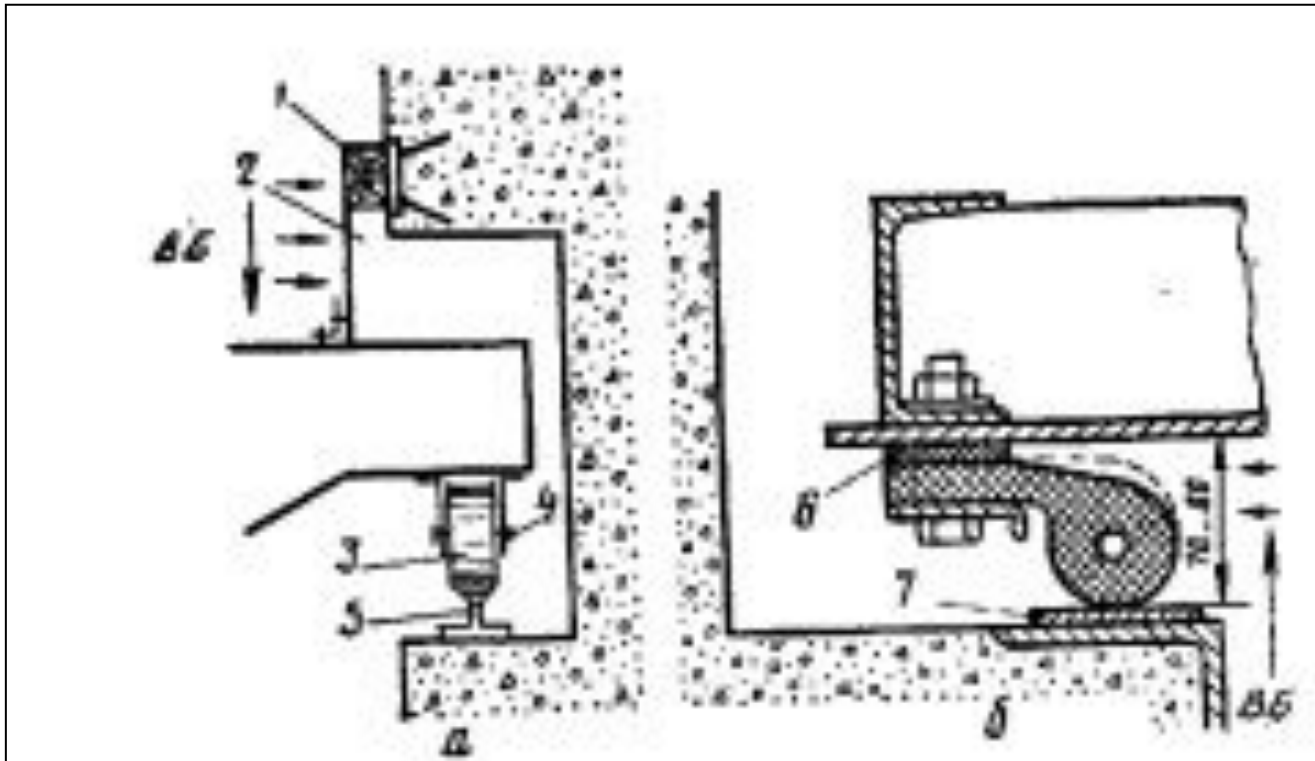


# Уплотнения глубинных затворов

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

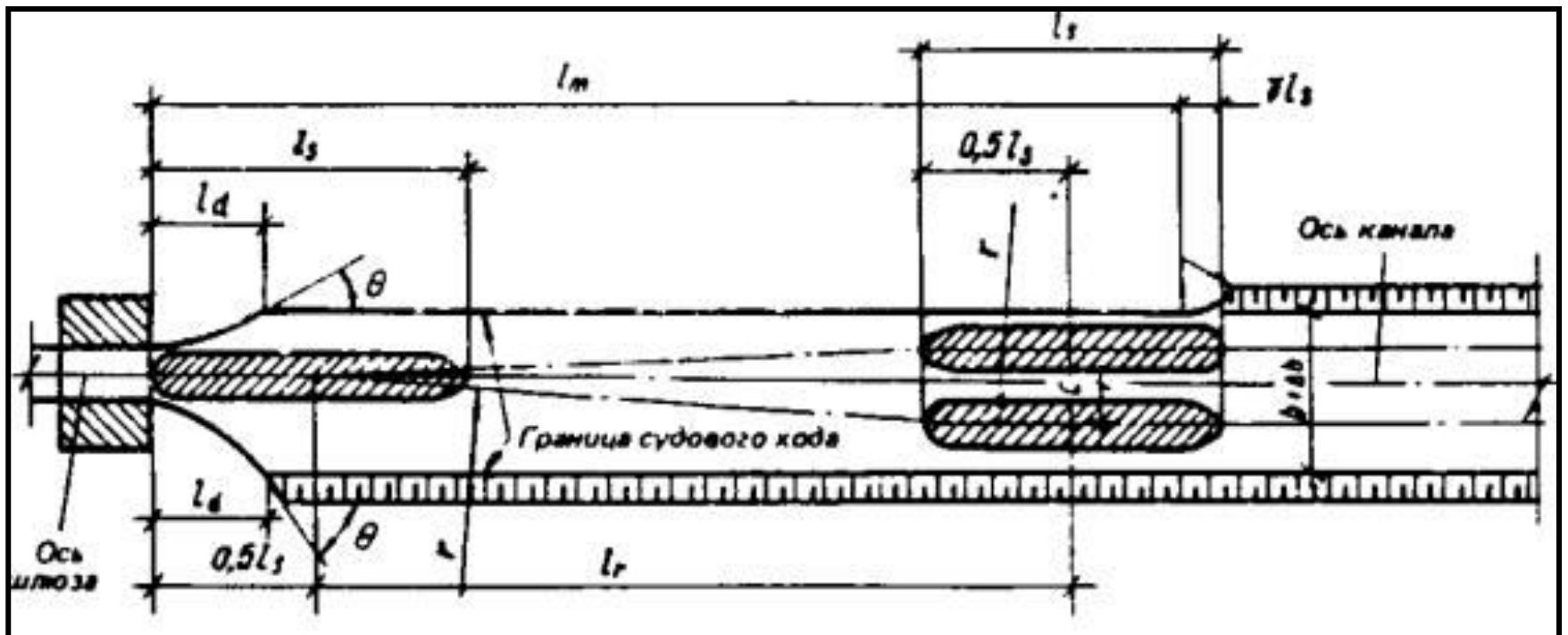


# Плавающий рым - вид сверху



# Схема подходного канала к шлюзу

Здесь: длина причальной линии шлюзов  $l_m$



# 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 противодействия 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.

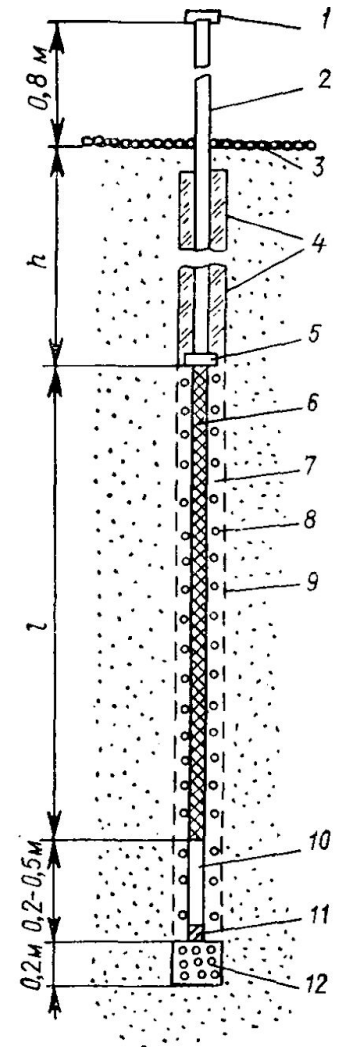


# Состав контрольно-измерительной аппаратуры (КИА)-6

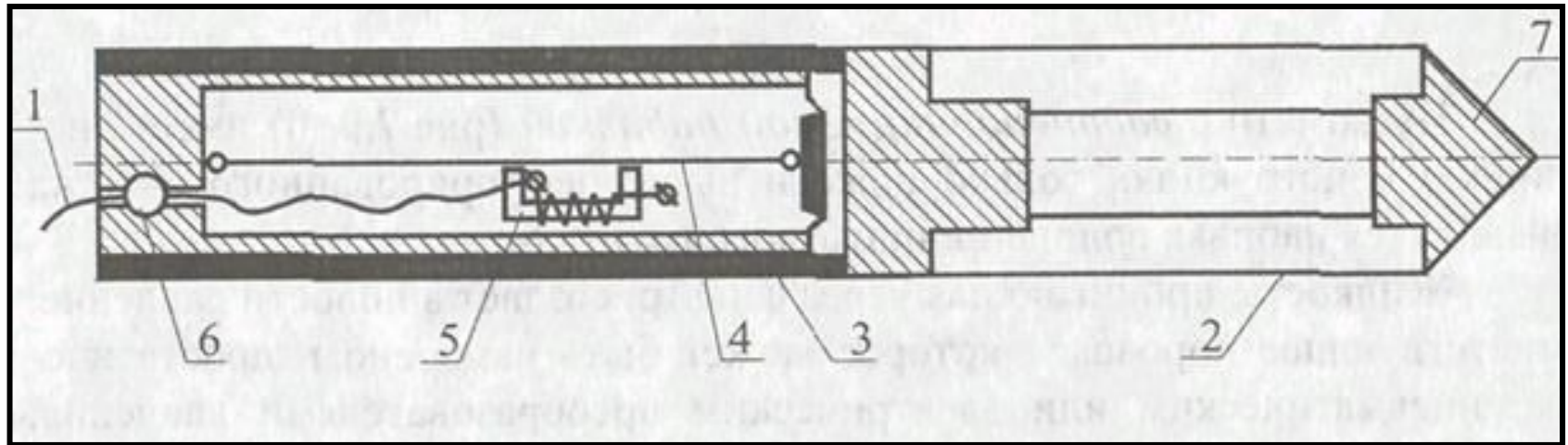
- Контроль температуры в теле грунтовых и бетонных сооружений должен выполняться с использованием закладных термометров, например:
  - - струнных преобразователей температуры;
  - - термометров сопротивления;
  - - термопар и других измерительных устройств.

# Конструкция пьезометра

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



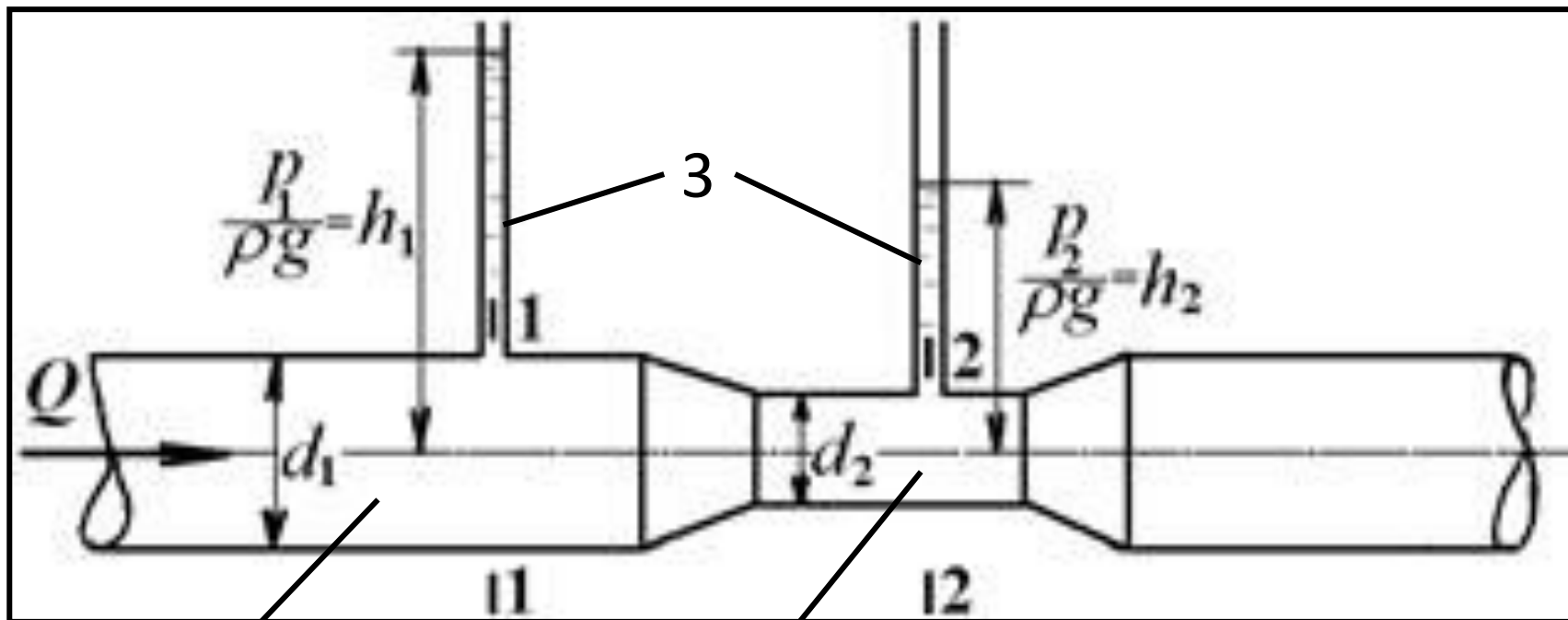
# Электрические пьезометры



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



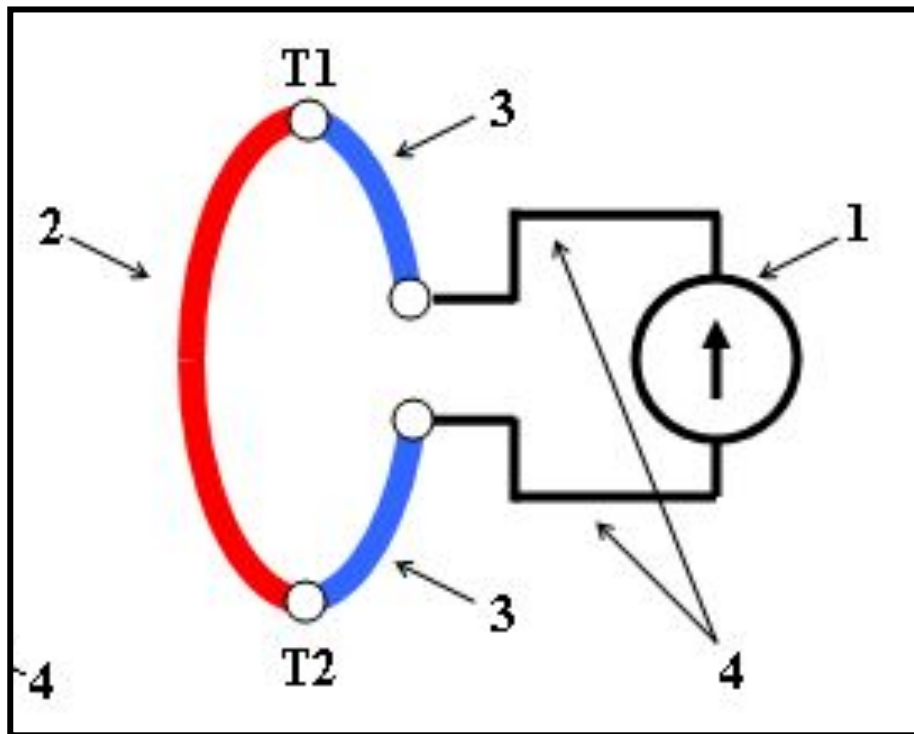
1- трубопровод; 2-горловина; 3-пъезометр

# 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;  $F_1$  и  $F_2$  — площади сечения трубопровода и горловины соответственно;  $\rho$  — плотность жидкости;  $P_1$  и  $P_2$  — 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**.

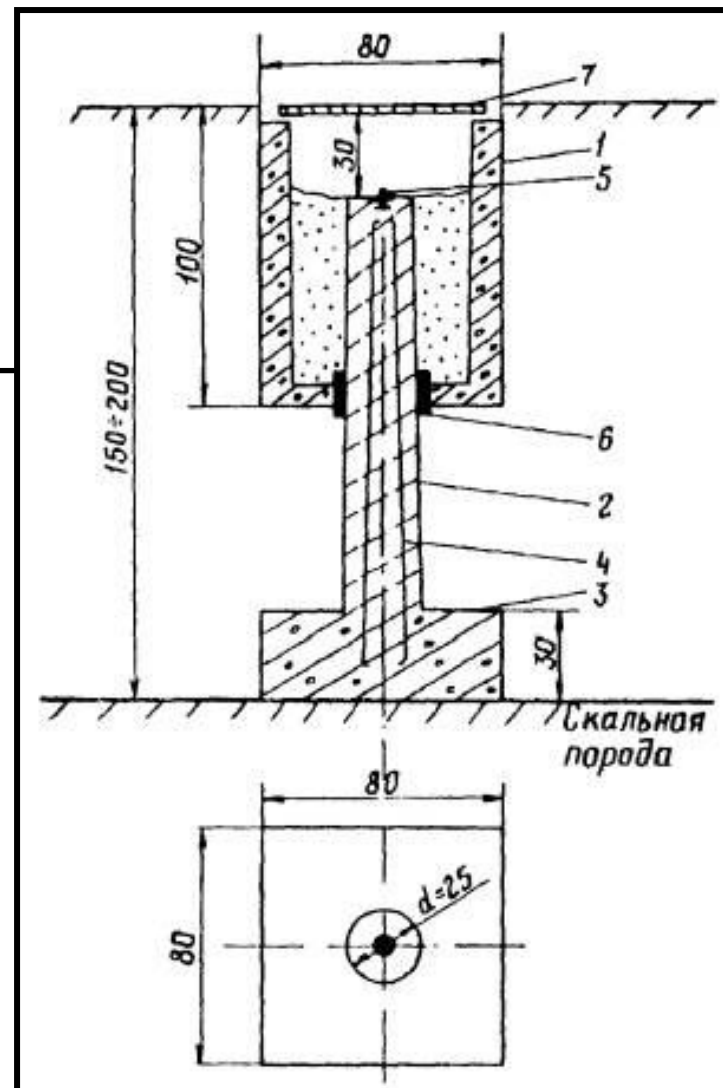
# Измерение осадок сооружений

- 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**.

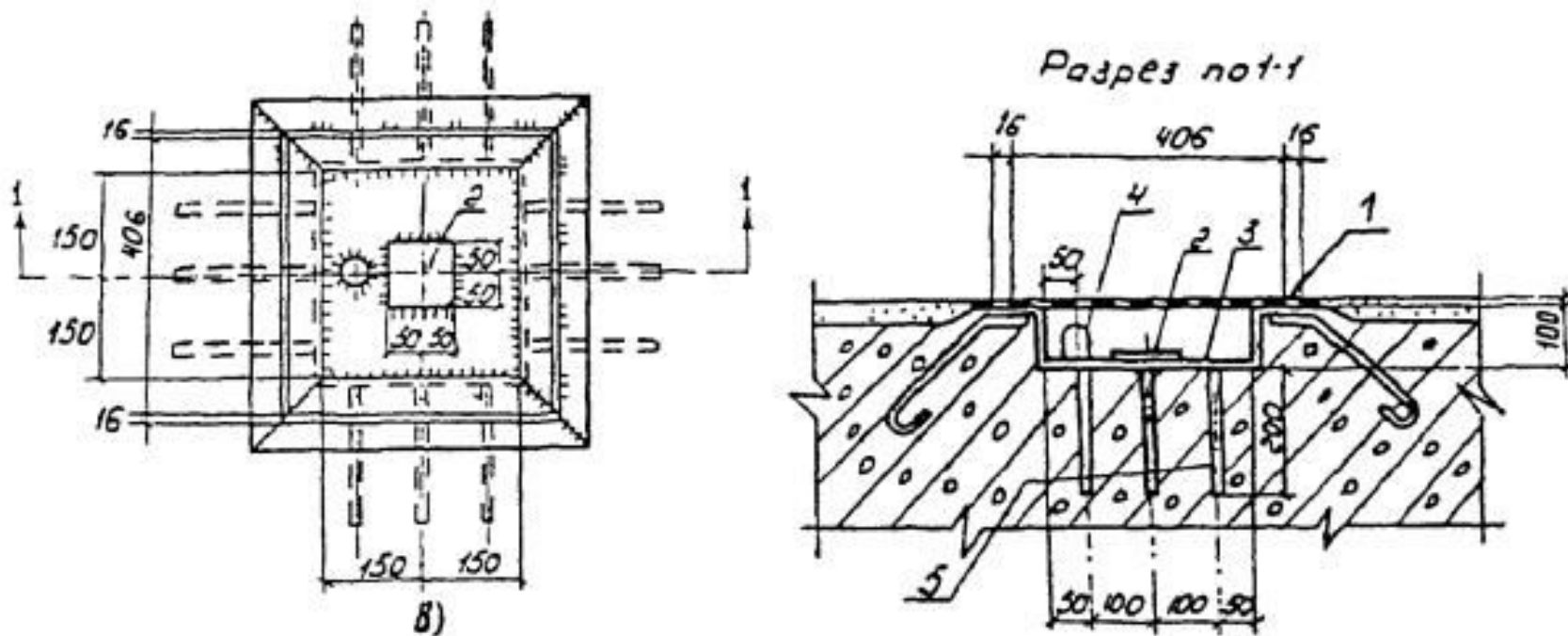


# Исходный репер

- 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

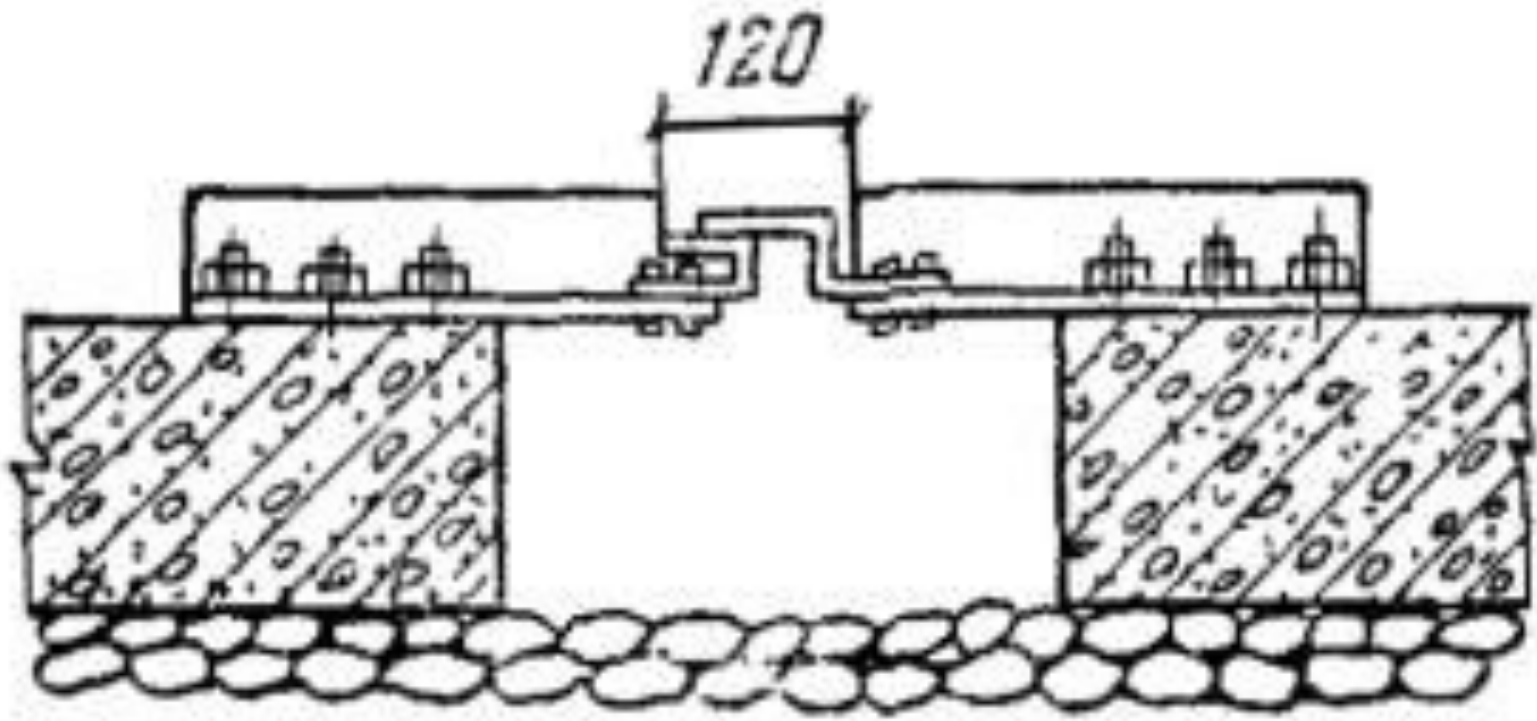


1 - защитный колпак (крышка) осадочной марки; 2 - нивелирная марка (нержавеющая сталь); 3 - металлический короб; 4 - пластина для гидроуровня ; 5 - штыри.

# 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



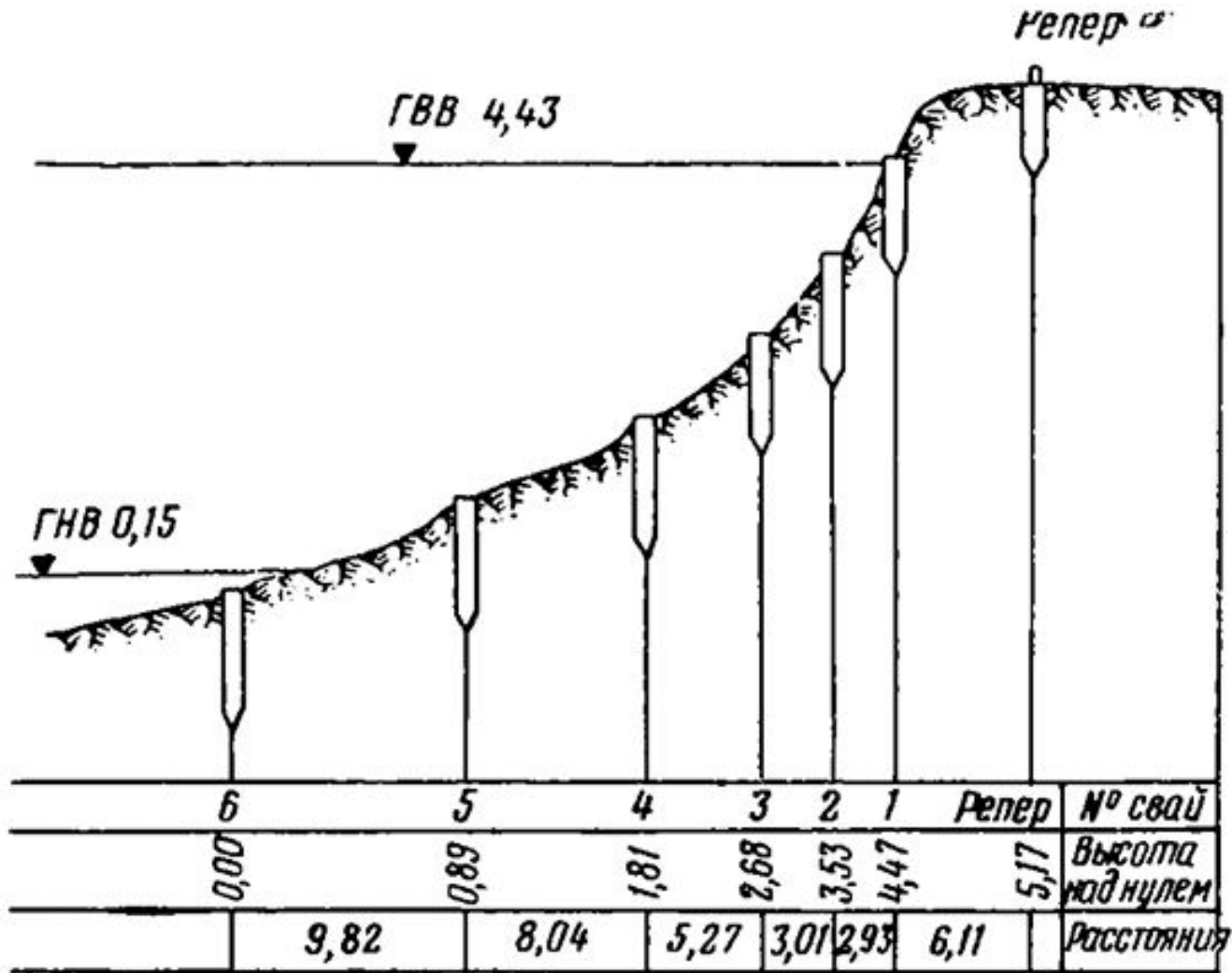
# Измерение уровня воды-1

- 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.

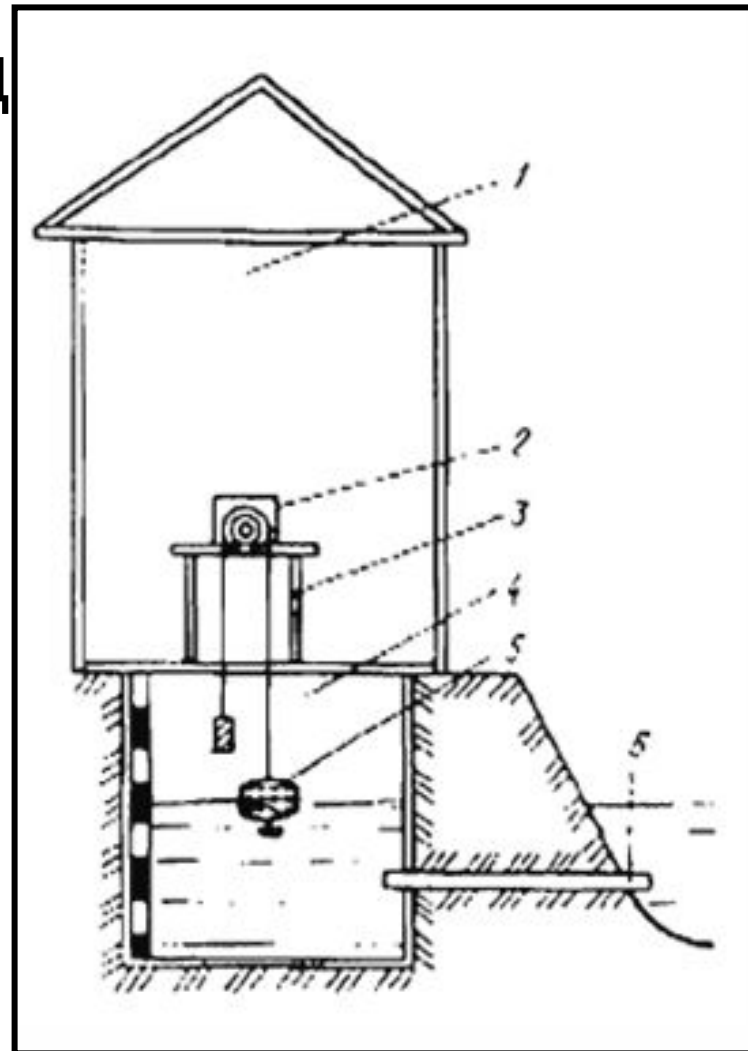


# Измерение уровня воды-2

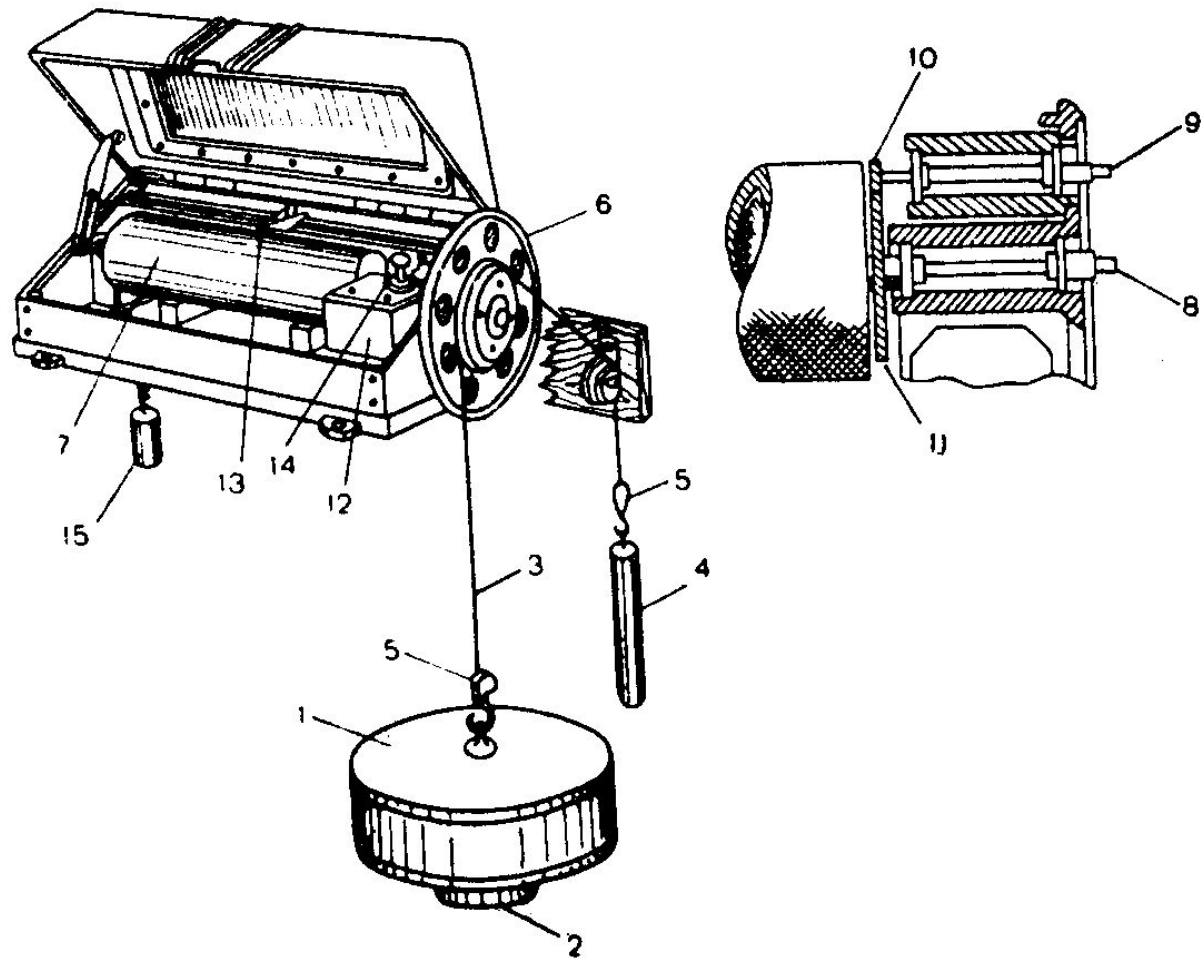
- Смешанные водомерные посты оборудуются так, чтобы высокие уровни регистрировались с помощью реек, а низкие - с помощью свай.
- Передаточные водомерные посты устраивают там, где нет свободного доступа к берегу или он крайне затруднен. Передаточные водомерные посты обычно бывают поплавкового типа. Поплавок 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

