

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
Кафедра гидравлики и гидротехнического строительства

# ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ

Учебное наглядное пособие  
по направлениям подготовки 08.03.01 Строительство,  
08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений

Составитель Г.В. Орехов

© ФГБОУ ВО «НИУ МГСУ», 2020

ISBN 978-5-7264-2499-6



- О-65 Гидроэнергетические сооружения [Электронный ресурс] :** учебное наглядное пособие по направлениям подготовки 08.03.01 Строительство, 08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений / сост. Г.В. Орехов ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, кафедра гидравлики и гидротехнического строительства. — Электрон. дан. и прогр. (32,5 Мб) — Москва : Издательство МИСИ – МГСУ, 2020. — Учебное электронное издание: 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). — Систем. требования: Intel; Microsoft Windows (XP, Vista, Windows 7, 10); дисковод CD-ROM, 512 Мб ОЗУ; разрешение экрана не ниже 1024×768; Microsoft PowerPoint, мышь. — Загл. с титул. экрана.  
ISBN 978-5-7264-2499-6

Приведены схемы, рисунки, чертежи и изображения оборудования и гидроэнергетических сооружений. Представлен наглядный материал по оборудованию зданий гидроэлектростанций, их типы и общее устройство.

Для обучающихся по направлениям подготовки 08.03.01 Строительство, 08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений.

*Учебное наглядное электронное издание*

*Минимальные системные требования: процессор стандартной архитектуры x86 с тактовой частотой от 1,6 ГГц и выше; операционная система Microsoft Windows XP, Vista, Windows 7 и выше; от 512 Мб оперативной памяти; от 1 Гб свободного пространства на жестком диске; разрешение экрана не ниже 1024×768; программа Microsoft PowerPoint*

Редактор, корректор *А.С. Орлова*  
Компьютерная правка *А.С. Орловой*

*Для создания электронного издания использовано:*

Microsoft PowerPoint 2010

Подписано к использованию 29.10.2020.

Объем данных 32,5 Мб, 1 CD-ROM. Тираж 10 экз.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский  
Московский государственный строительный университет».  
129337, Москва, Ярославское ш., 26

Издательство МИСИ – МГСУ.

Тел.: (495) 287-49-14, вн. 14-23, (499) 183-91-90, (499) 183-97-95.

E-mail: [ric@mgsu.ru](mailto:ric@mgsu.ru), [rio@mgsu.ru](mailto:rio@mgsu.ru)

## 1. Оборудование зданий гидроэлектростанций

Технологическая блок-схема здания гидроэлектростанций, системы автоматического регулирования турбин (конструкция), техводоснабжения, пневматическое и масляное хозяйство, осушение проточной части, механическое оборудование здания гидроэлектростанций, сороудерживающая решетка, ремонтные и аварийно-ремонтные затворы, предтурбинные затворы, краны зданий гидроэлектростанции и водоприемника, гидрогенераторы — подвесной и зонтичный, системы охлаждения, главная схема электрических соединений, трансформаторы, электрические распределительные устройства.

## 2. Энергетические сооружения гидроэлектростанций

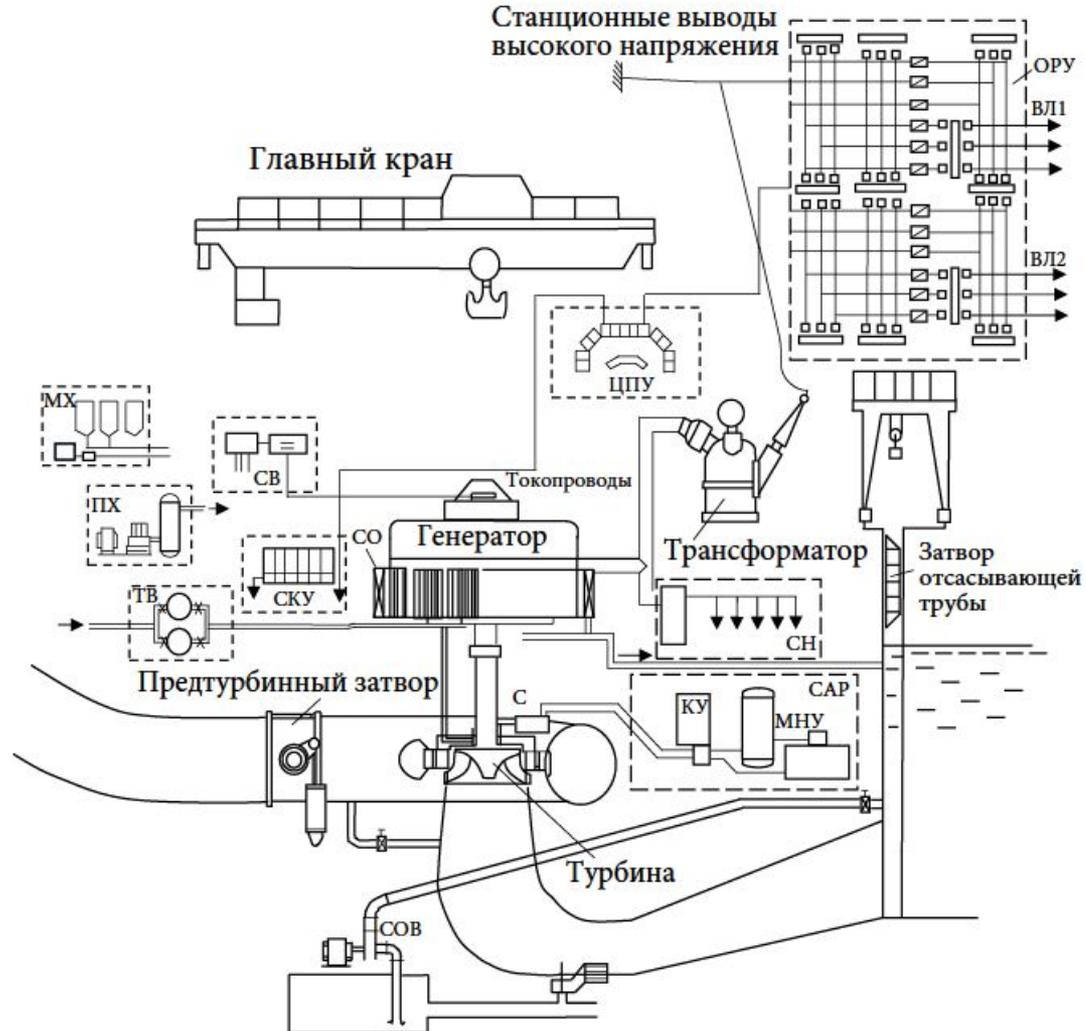
Водоприемники, защита от льда, сора, наносов, отстойники, безнапорные деривационные водоводы (каналы, лотки и туннели), неустановившееся движение в безнапорных деривационных водоводах, бассейны суточного регулирования и напорные бассейны-конструкции.

## 3. Типы и общее устройство зданий ГЭС

Типы зданий и классификация по напору и конструкции, подводная часть и верхнее строение, схема подводной части и ее связь с кавитационными характеристиками турбины, здания с закрытым, открытым и полукрытым верхним строением, компоновка оборудования, совмещенных и не совмещенных русловых зданий, здания с горизонтальными агрегатами, компоновка приплотинных зданий, компоновка обособленных зданий, подземные здания — одно-, двух- и трехзальная компоновки, полуподземные здания, монтажная площадка, расположение силовых трансформаторов, здания гидроаккумулирующих электростанций с двух- и трехмашинными агрегатами.

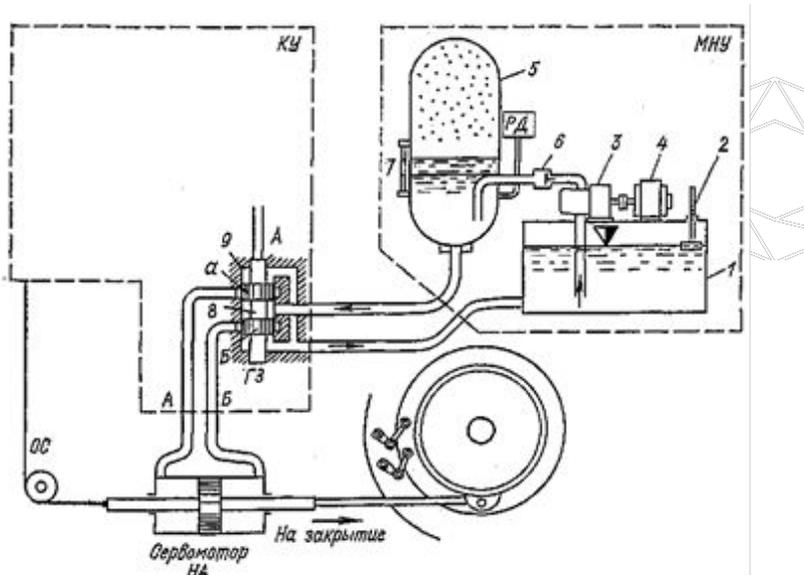
# 1. Оборудование зданий гидроэлектростанций

## Общая технологическая схема оборудования



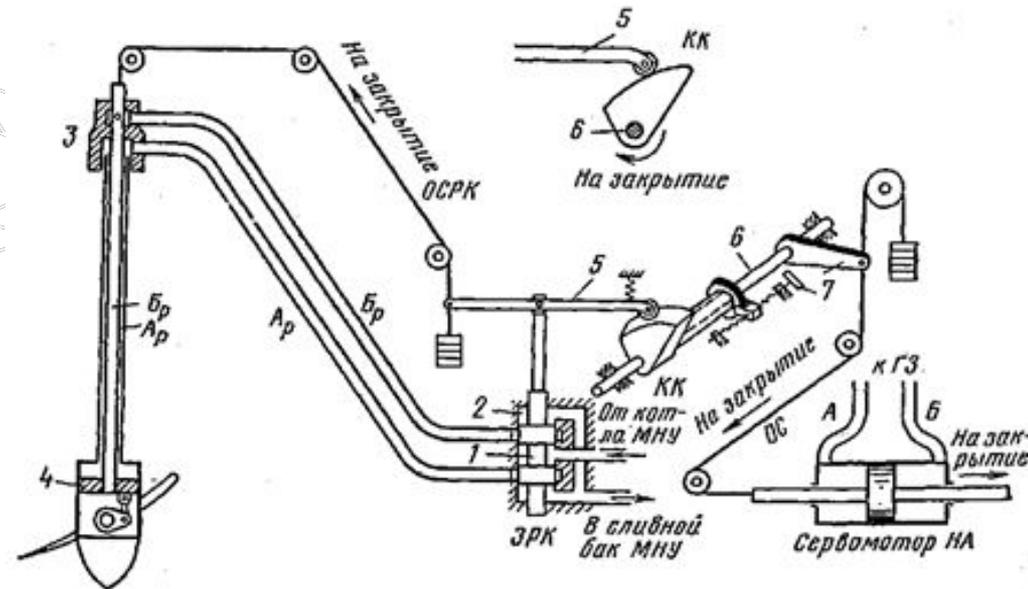
# Система автоматического регулирования гидротурбин (САРТ)

## Схема САРТ одиначного регулирования



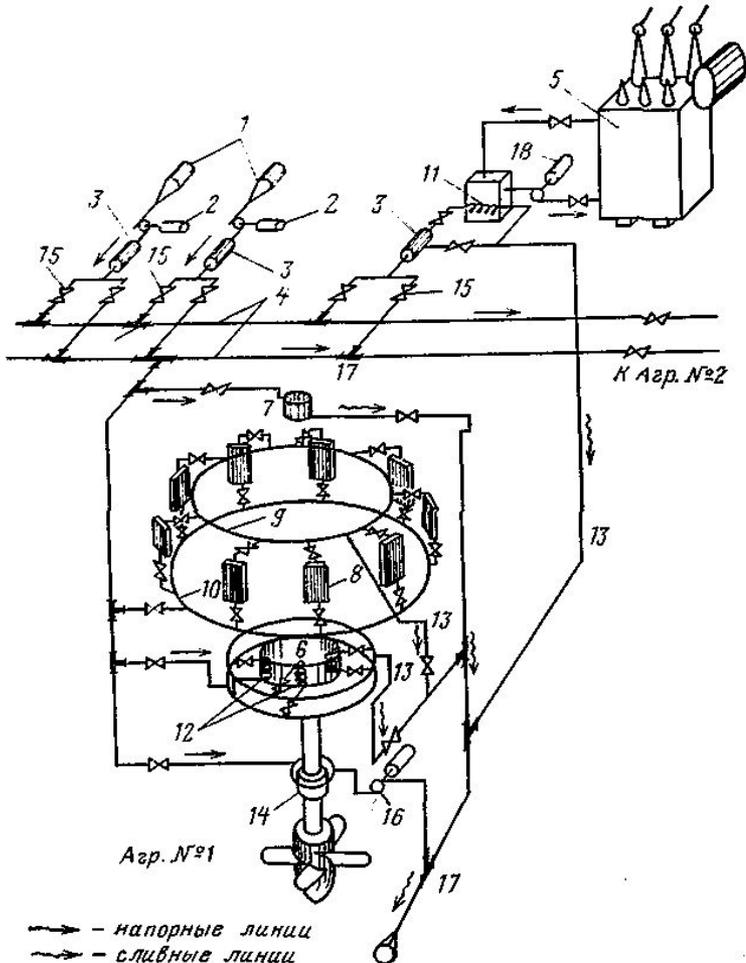
- 1 — сливной бак; 2 — поплавковый указатель;  
3 — маслонасос винтовой; 4 — электродвигатель;  
5 — котел; 6 — клапан; 7 — показатель уровня масла;  
8 — золотник; 9 — корпус; КУ — колонка управления;  
МНУ — маслонпорная установка; ГЗ — главный золотник

## Схема САРТ турбины двойного регулирования



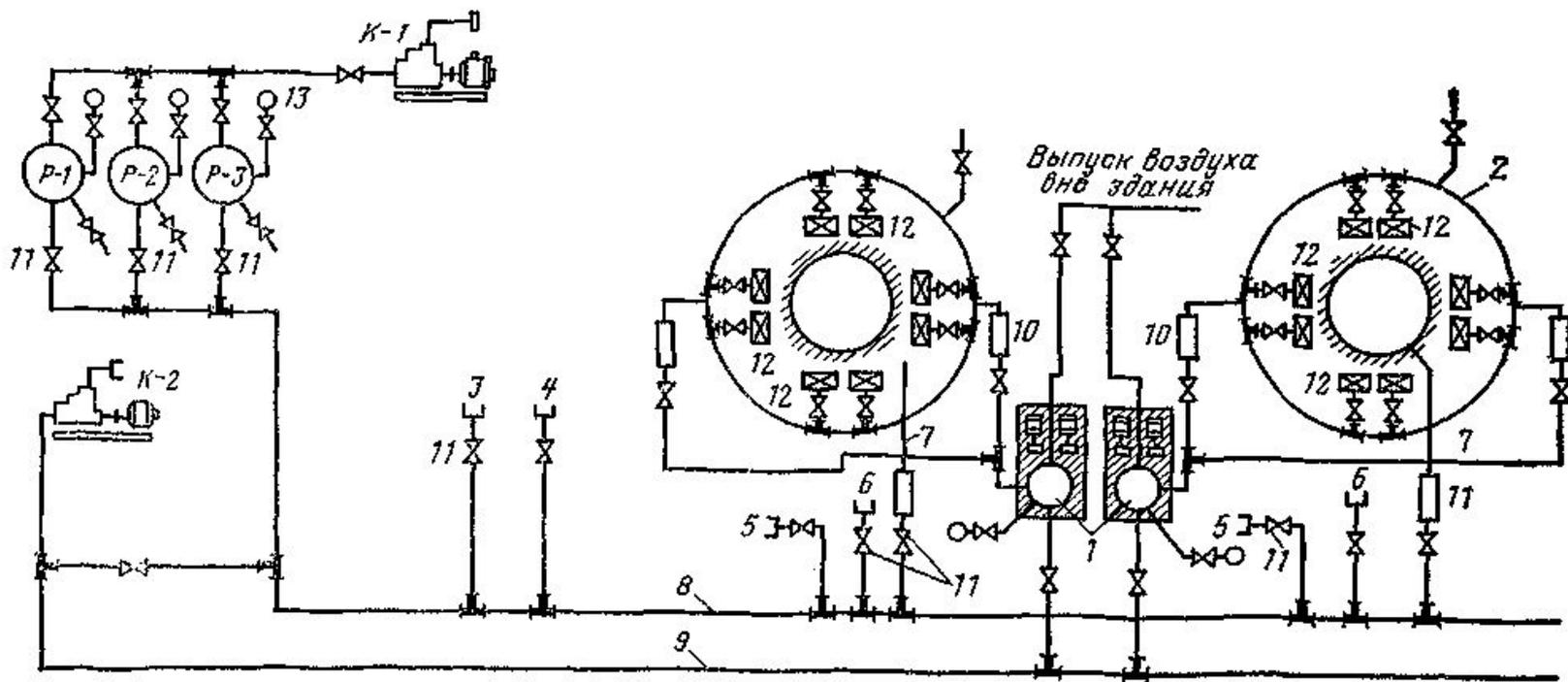
- 1 — золотник; 2 — корпус; 3 — маслоприемник; 4 — поршень;  
5 — рычаг; 6 — валик; 7 — винт; ЗРК — золотник рабочего  
колеса; Ар и Бр — трубы; ОСРК — трос обратной связи;  
КК — комбинатор

## Система технического водоснабжения агрегата и трансформатора



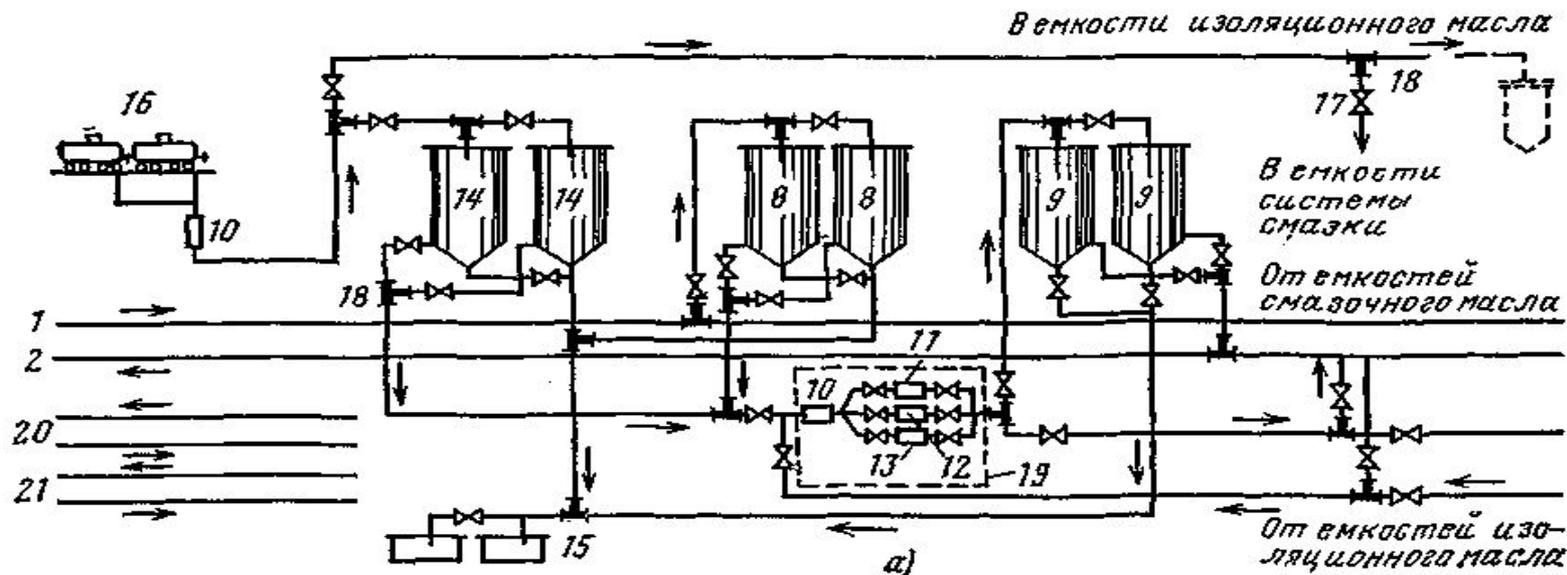
- 1 — водозаборное устройство; 2 — насосы подкачки; 3 — фильтровальные установки; 4 — магистрали технического водоснабжения; 5 — силовой трансформатор; 6 — подпятник агрегата; 7 — верхний направляющий подшипник агрегата; 8 — охладители гидрогенератора; 9 — напорное кольцо системы охлаждения гидрогенератора; 10 — сливное кольцо системы охлаждения гидрогенератора; 11 — змеевик водяного охлаждения трансформатора; 12 — змеевик охлаждения подпятника агрегата; 13 — сливные линии; 14 — нижний направляющий подшипник турбины; 15 — задвижки; 16 — откачка воды с крышки турбины; 17 — места присоединения (тройники); 18 — насос циркуляции масла

## Схема пневматического хозяйства ГЭС



*K-1* — компрессор низкого давления; *K-2* — компрессор высокого давления; *P-1–P-3* — ресиверы низкого давления; *1* — котел МНУ; *2* — система торможения агрегата; *3* — штуцер на монтажной площадке; *4* — штуцер в механической мастерской; *5* — штуцер в турбинном помещении; *6* — штуцер в машинном зале; *7* — магистраль для подачи воздуха в камеру рабочего колеса; *8* — магистраль технических нужд; *9* — зарядка котлов МНУ; *10* — аппаратура автоматики; *11* — задвижки, вентили; *12* — тормозной домкрат гидрогенератора; *13* — манометр

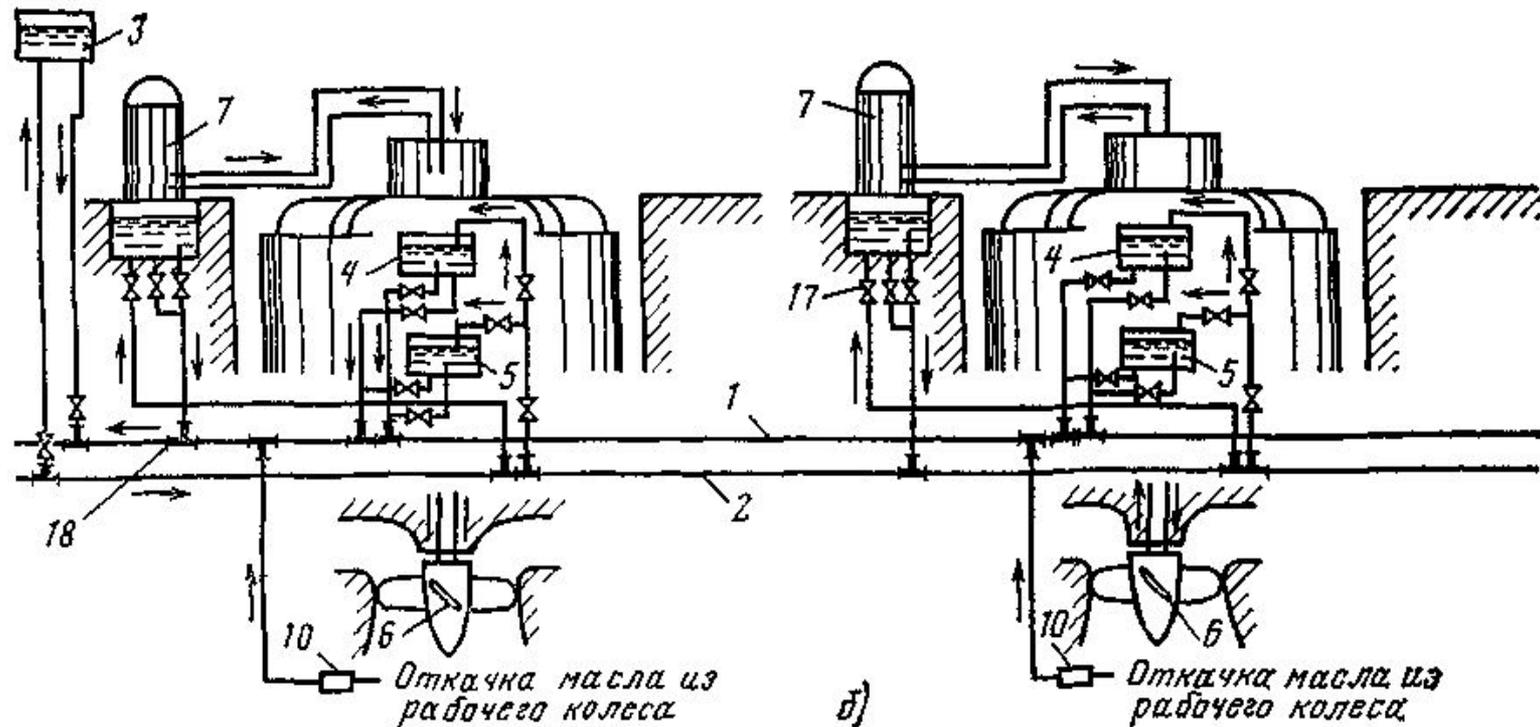
## Принципиальная схема масляного хозяйства в здании ГЭС



а — общая схема:

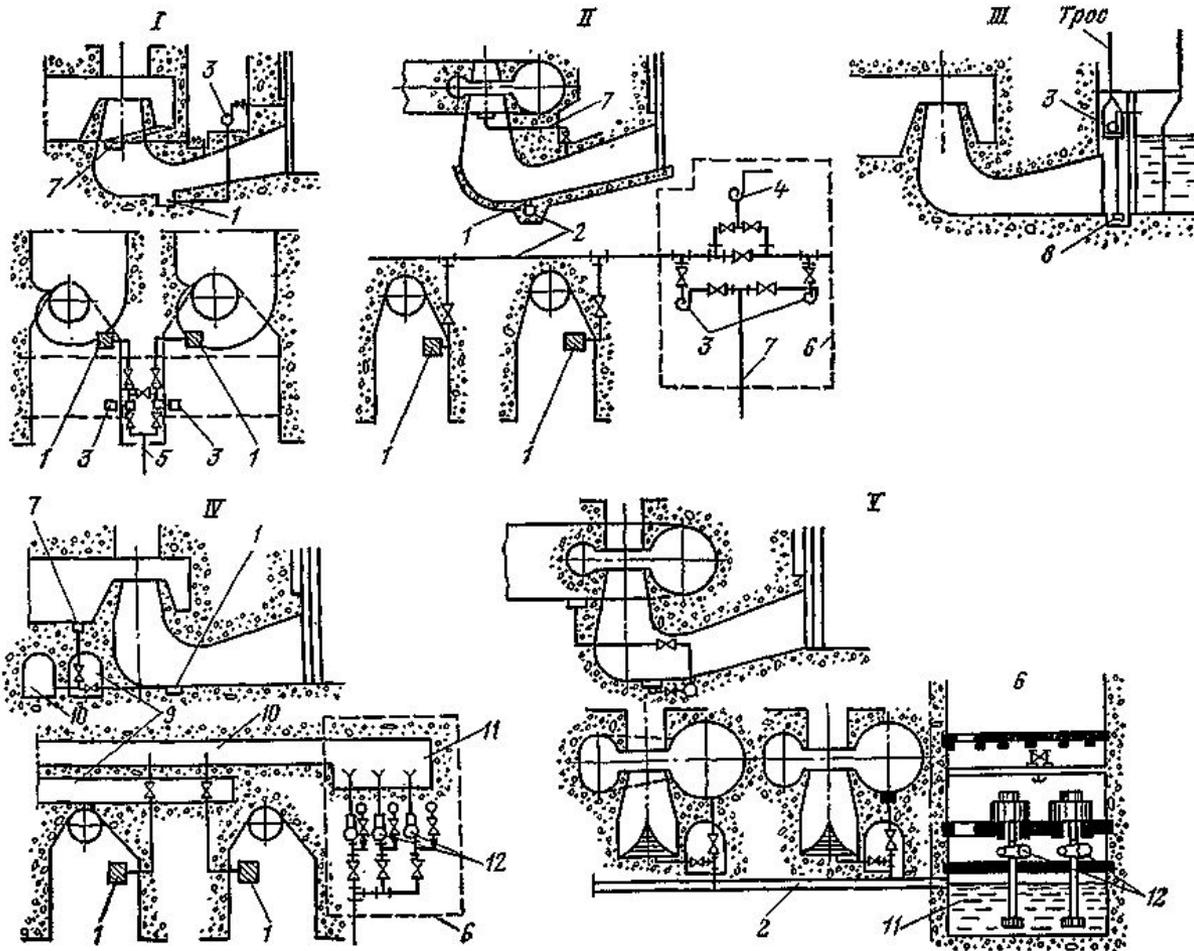
1 — сливная линия маслопроводов; 2 — напорная линия маслопроводов; 8 — емкость эксплуатационного масла; 9 — емкость чистого масла; 10 — насосная установка; 11 — фильтр-прессы; 12 — регенерационная установка; 13 — сепараторы; 14 — емкости свежего масла; 15 — сливная емкость; 16 — транспортное устройство доставки масла; 17 — задвижки; 18 — места присоединения (тройники); 19 — помещение регенерации масла; 20 — маслопровод системы смазки агрегатов; 21 — маслопроводы трансформаторного масла

## Принципиальная схема масляного хозяйства в здании ГЭС



б — схема части, обеспечивающей регулирование агрегата и смазку подпятников и подшипников;  
 1 — сливная линия маслопроводов; 2 — напорная линия маслопроводов; 3 — бачок для доливки масла;  
 4 — масляная ванна подпитки агрегата; 5 — то же нижнего подшипника; 6 — сервомотор рабочего колеса турбины;  
 7 — маслонапорная установка; 10 — насосная установка; 17 — задвижки;  
 18 — места присоединения (тройники)

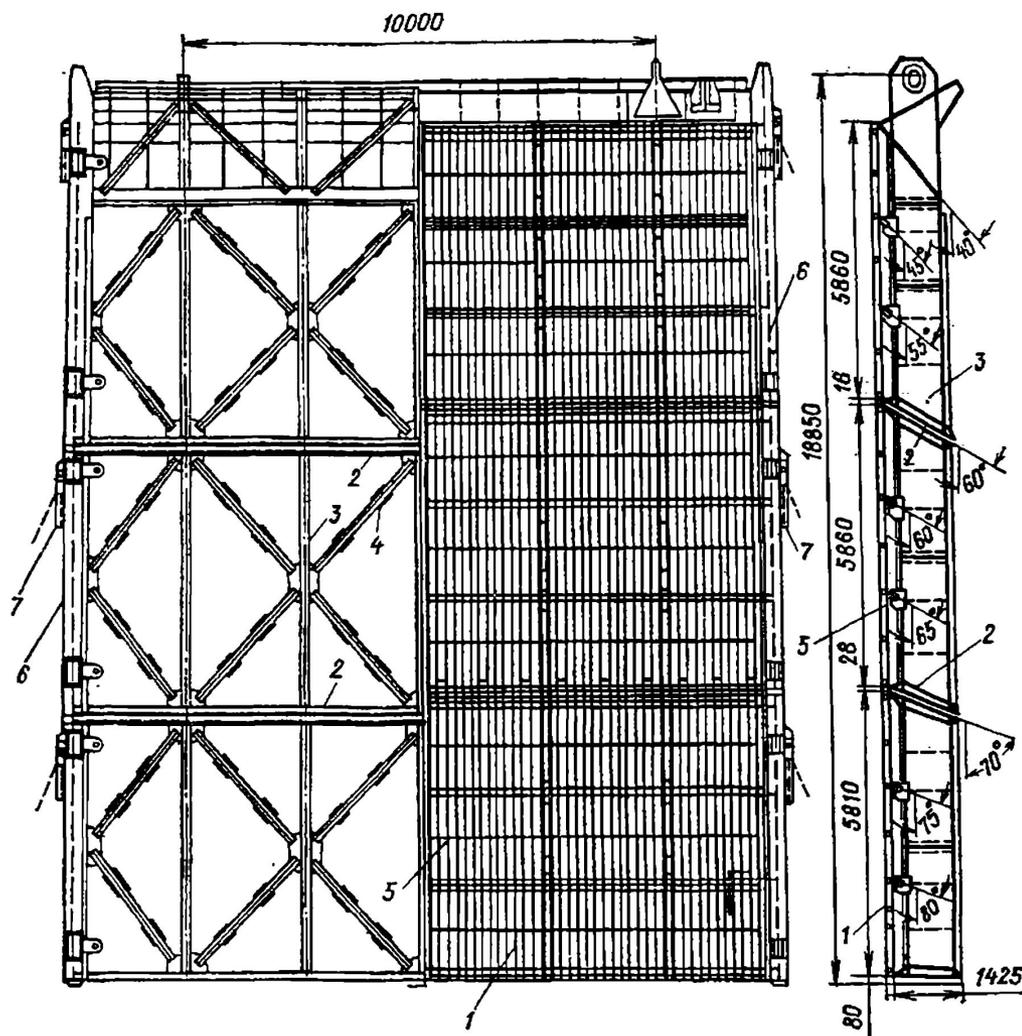
## Схема осушения проточного тракта гидротурбин



I — с индивидуальным насосом;  
 II — с общей насосной станцией;  
 III — с переносным насосом;  
 IV и V — с центральной насосной станцией для мощных ГЭС

1 — прямки с сорозащитной решеткой; 2 — магистральный трубопровод (коллектор); 3 — насосные установки откачки воды; 4 — вакуумный насос; 5 — сброс воды в нижний бьеф; 6 — блок монтажной площадки; 7 — слив из турбинной камеры; 8 — клапан с сеткой; 9 — галерея задвижек; 10 — водоприемная галерея; 11 — емкость приема воды; 12 — вертикальные шахтные насосы

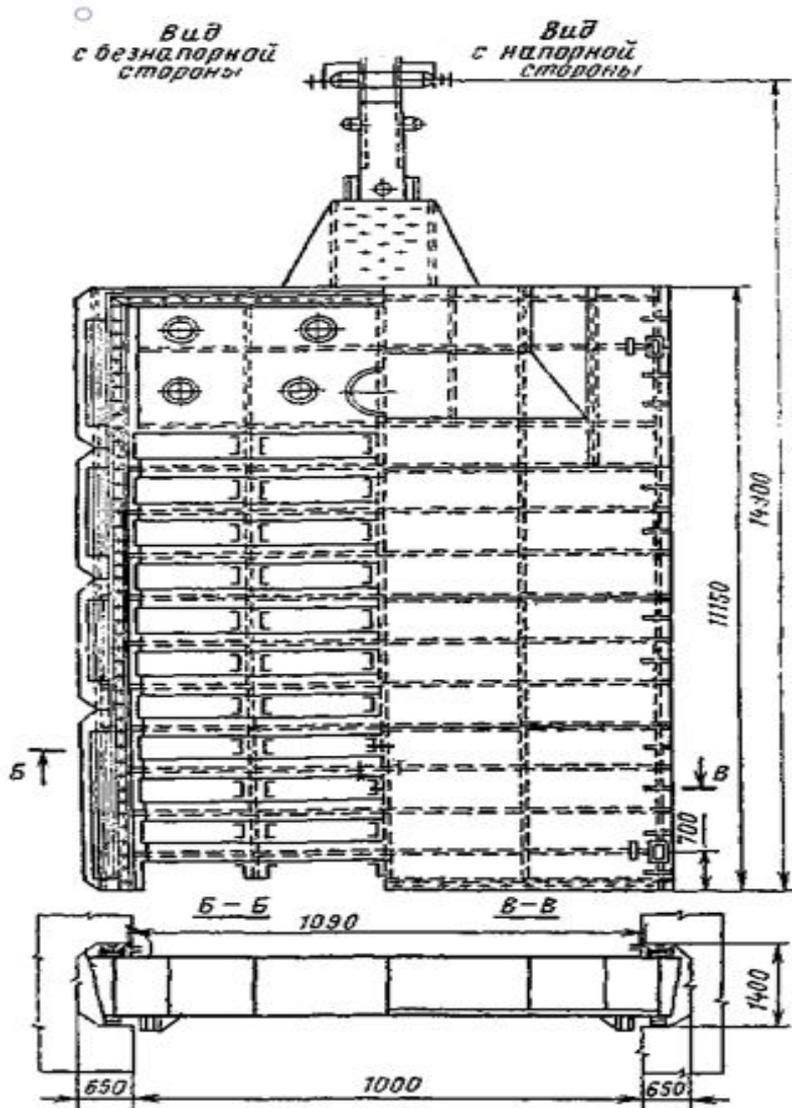
## Сорудерживающие плоские решетки на ГЭС



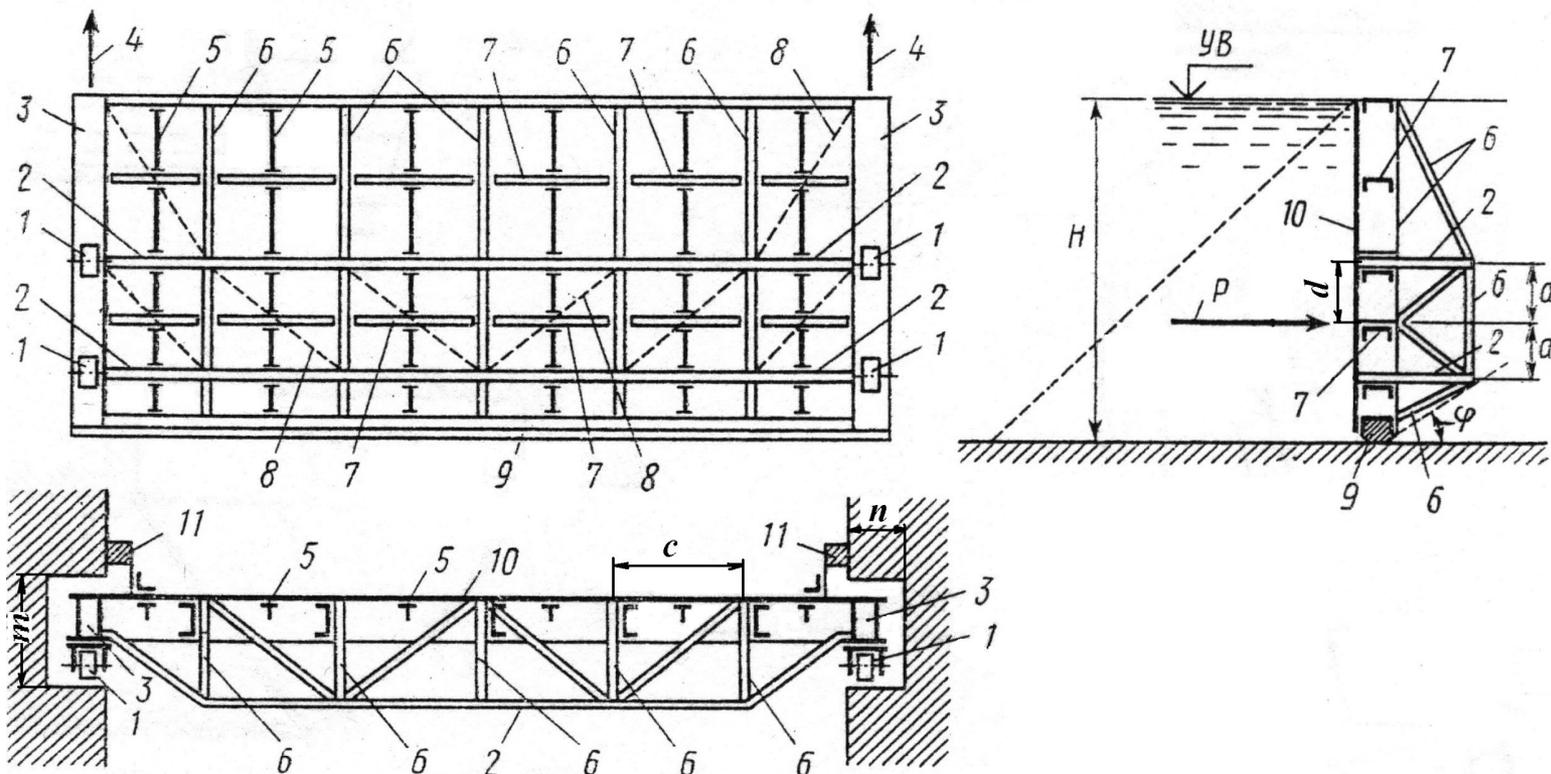
- 1 — ригель; 2 — диафрагма;  
 3 — ферма жесткости; 4 — стержни;  
 5 — опорно-концевая стойка,  
 6 — обратная распорка; 7 — опора



## Ремонтные и аварийно-ремонтные плоские затворы



## Конструкция плоского затвора



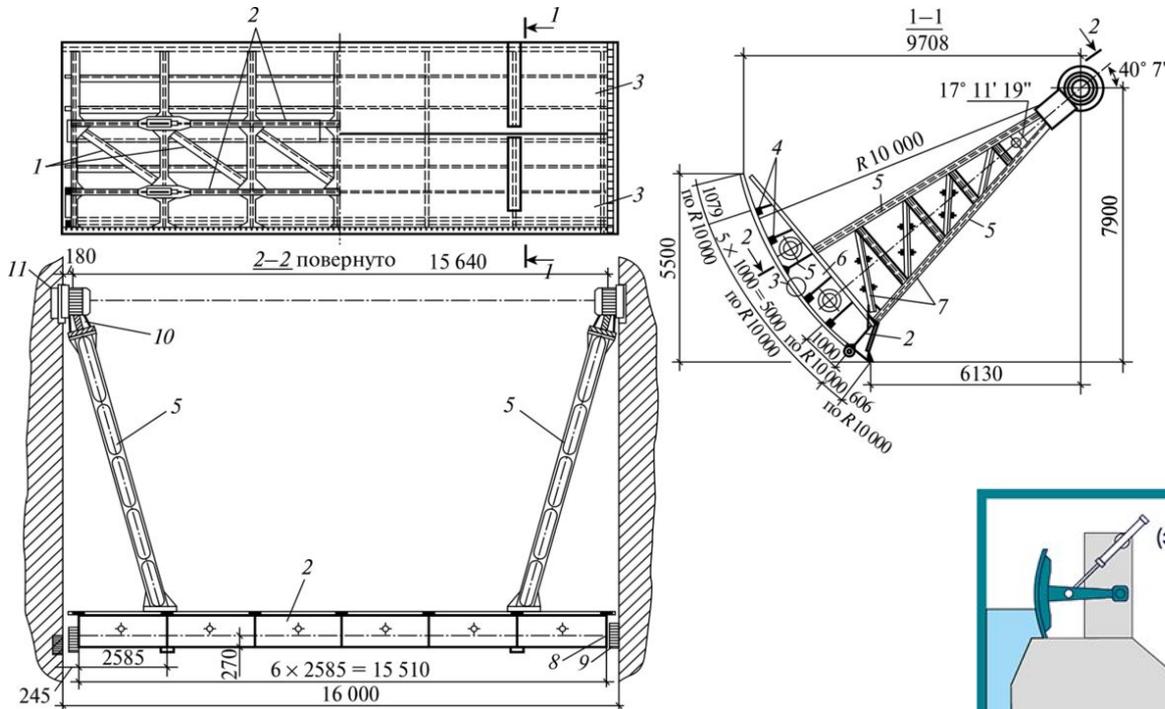
- 1 — колесные опоры; 2 — ригель; 3 — опорно-концевая стойка; 4 — направление подъема затвора;  
 5 — опорные элементы, 6 — ферма жесткости; 7 — распорные элементы; 8 — связи; 9 — уплотнительный  
 брус; 10 — обшивка; 11 — элементы уплотнения;  $P$  — гидростатическое усилие;  $\varphi$  — угол наклона ферм;  
 $d$  — точка приложения результирующей силы давления;  $c$  — шаг вертикальных силовых ферм;  
 $УВ$  — уровень воды;  $H$  — напор



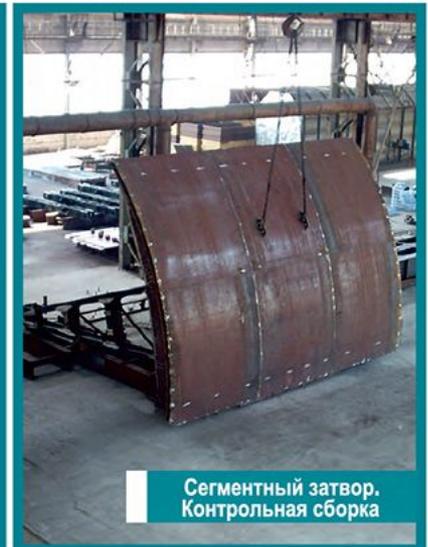
## Сорорудерживающая решетка (СУР)



## Сегментный затвор



- 1 — элементы силового набора; 2 — сегментная часть;  
 3 — обшивка; 4 — связи; 5 — упорная ферма;  
 6 — ферма сегмента; 7 — элементы упорной фермы;  
 8 и 9 — узел уплотнения; 10 и 11 — узел шарнира

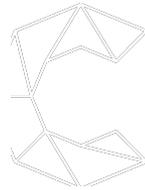
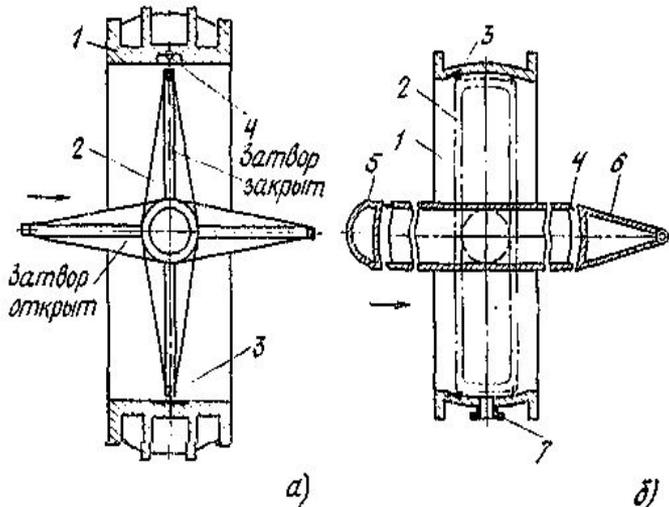




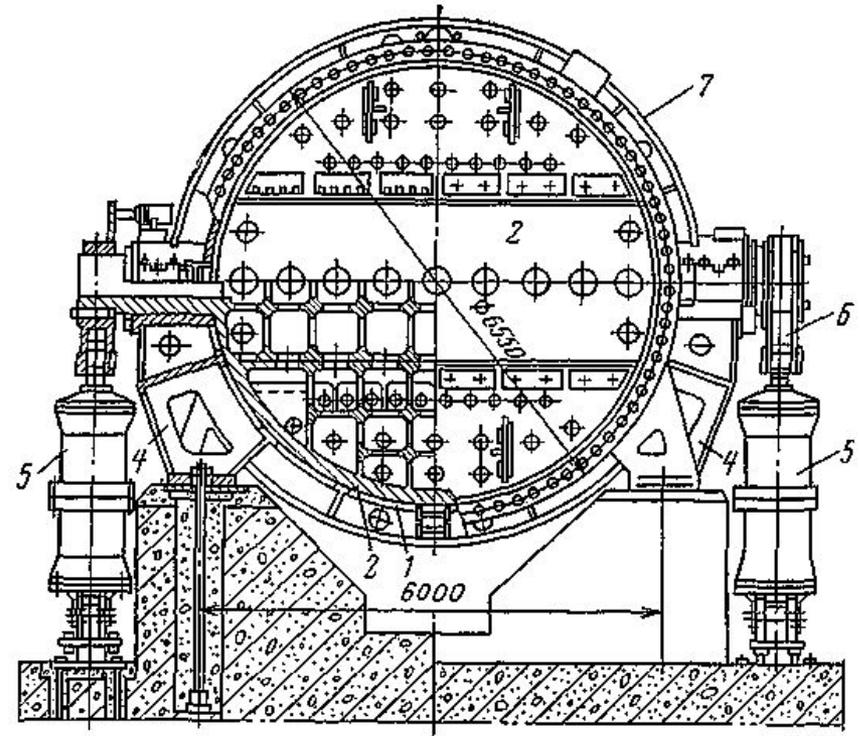
## Крупный сегментный затвор



## Дисковый затвор на стационарном трубопроводе (предтурбинный затвор)



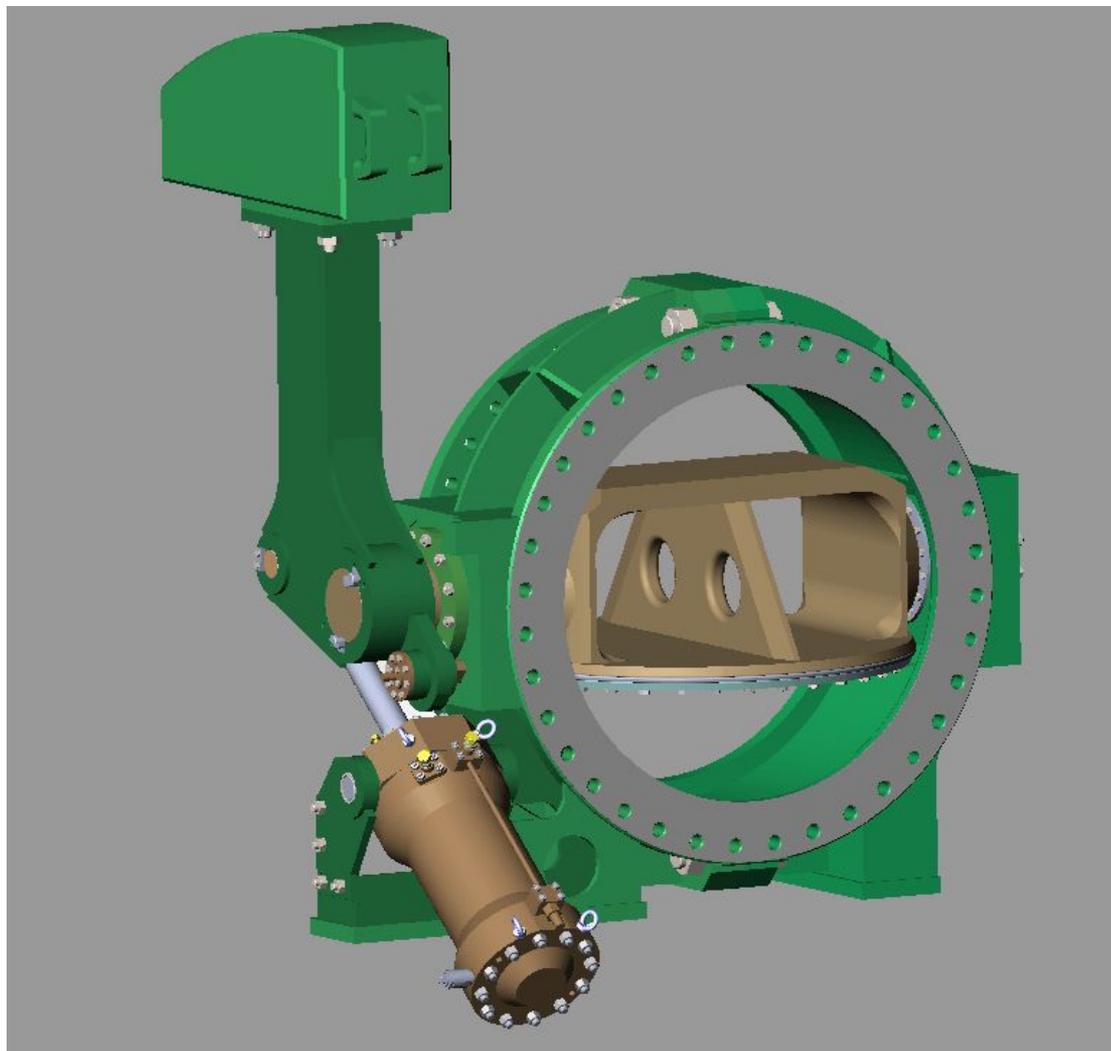
НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ  
СТРОИТЕЛЬСКОГО  
МАШИНОСТРОЕНИЯ  
И  
АРХИТЕКТУРЫ  
МОСКВЫ



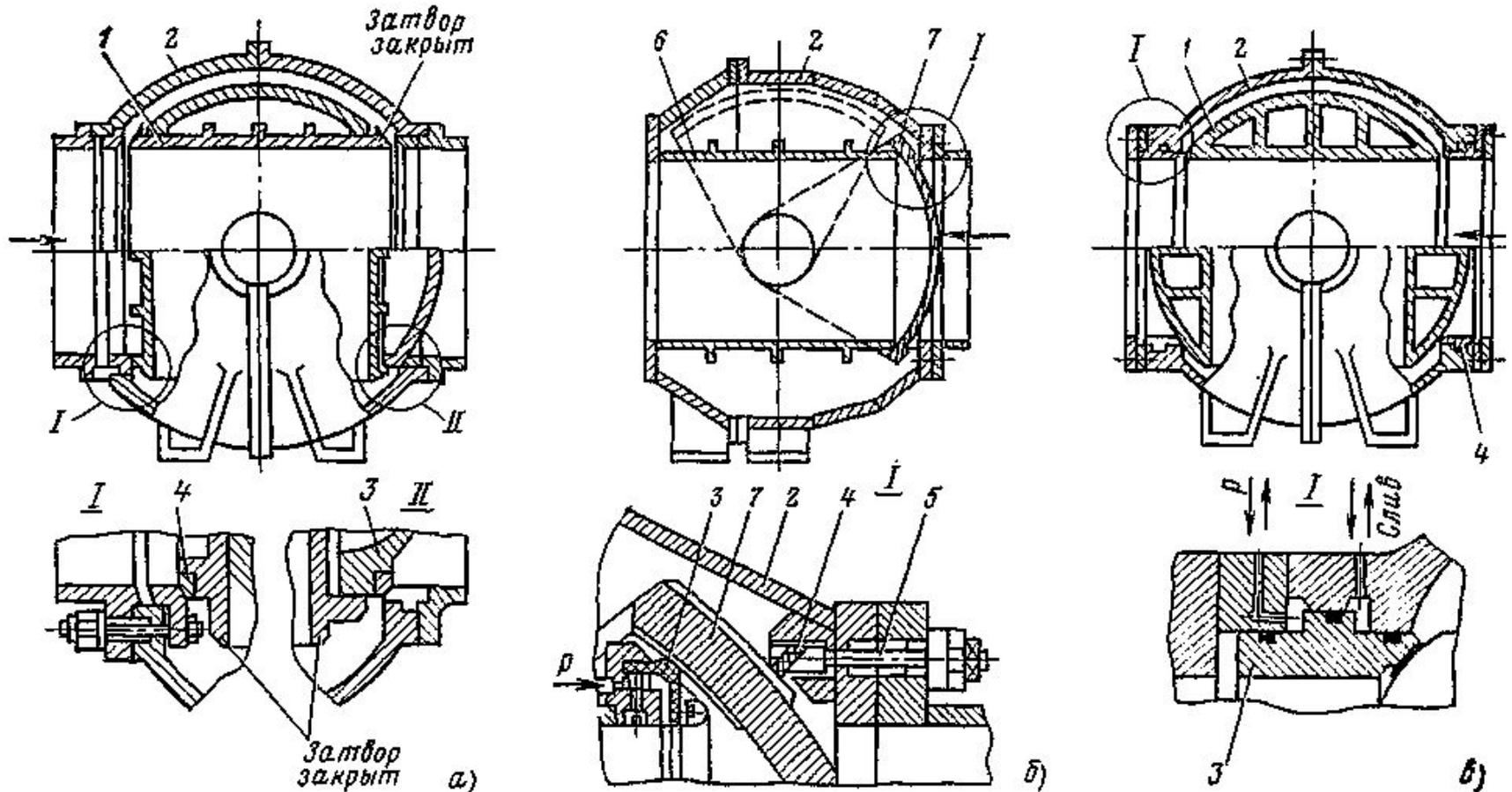
*а* — дисковый затвор с плоскоскошенным диском;  
*б* — затвор с плоским диском:  
1 — корпус; 2 — диск; 3, 4 — различные типы рабочих уплотнений, которые могут располагаться как в корпусе затвора, так и на диске; 5, 6 — неподвижные обтекатели; 7 — дренаж

1 — стальной корпус; 2 — поворотный диск;  
3 — байпас; 4 — опорная конструкция;  
5 — сервомотор; 6 — рычаг, закрепленный на валу затвора; 7 — ребра жесткости

## Предтурбинный дисковый затвор с диском типа «биплан»



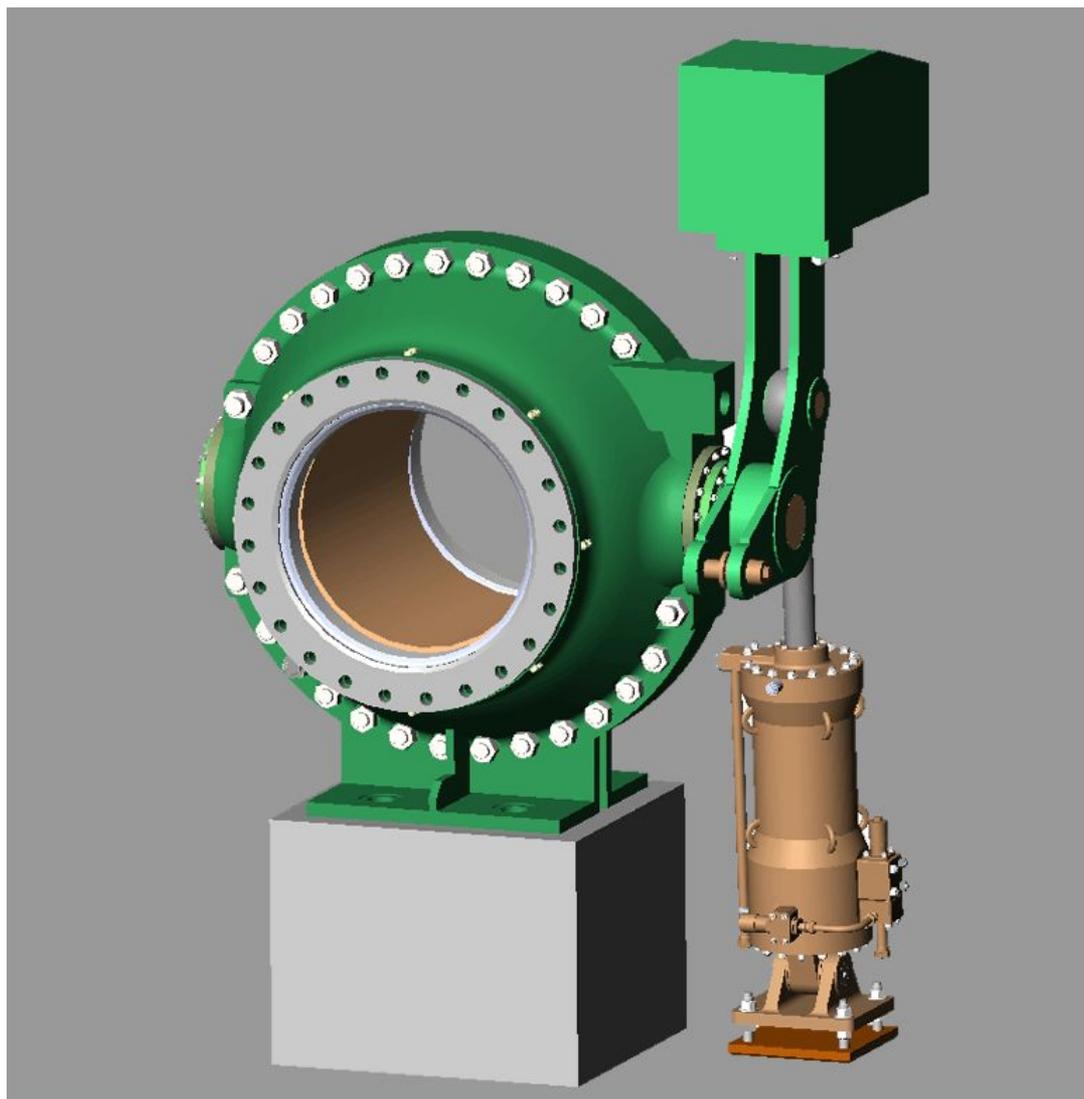
## Предтурбинный шаровой затвор. Принципиальные схемы



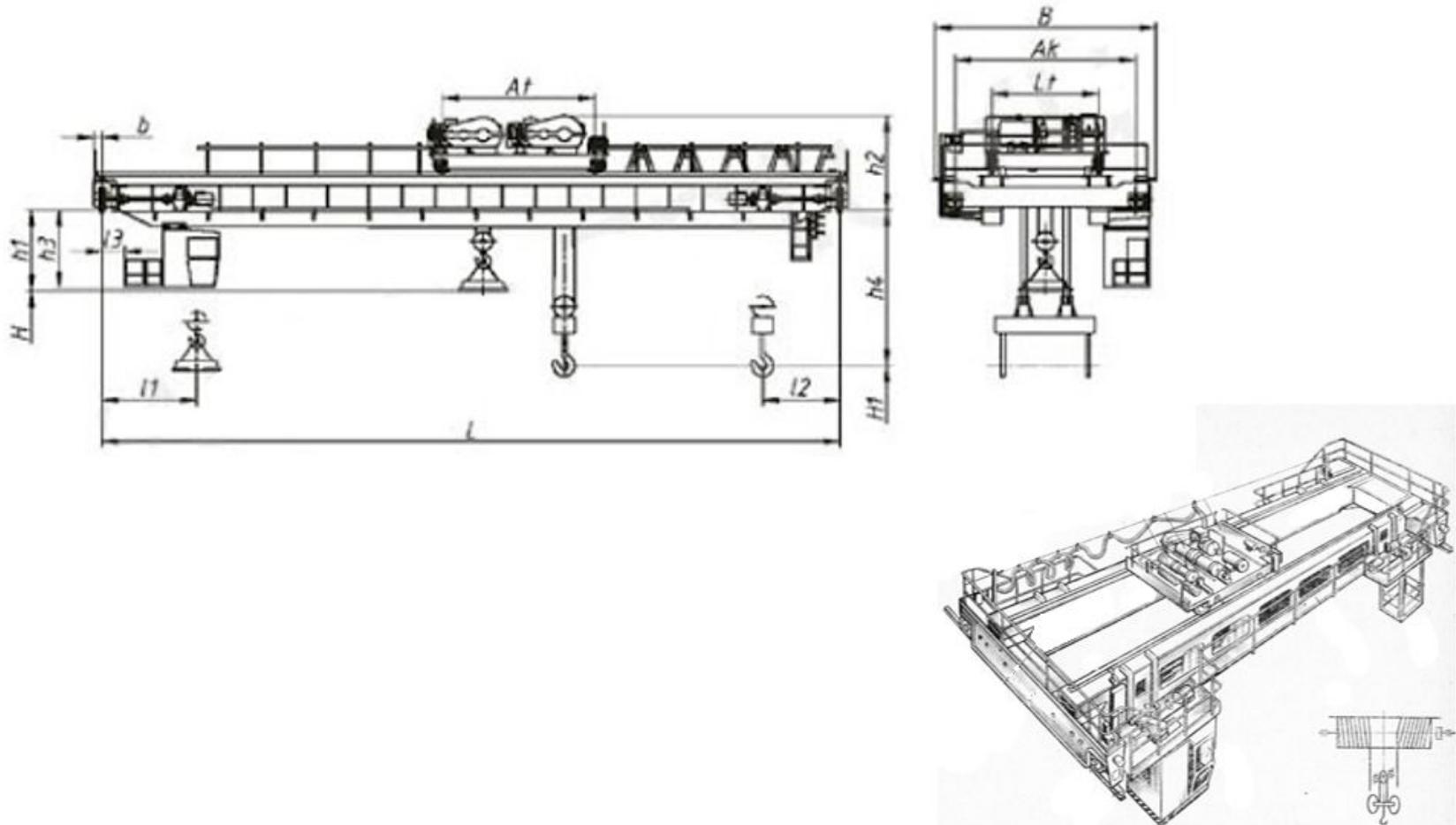
а — затвор с тарельчатым клапаном; б — затвор с сегментным клапаном;  
в — затвор с кольцевым клапаном в корпусе затвора:

1 — ротор; 2 — корпус; 3 — рабочее уплотнение; 4 — ремонтное уплотнение; 5 — винтовой механизм для передвижения ремонтного уплотнения; 6 — неподвижная труба; 7 — поворотный сегментный клапан

## Предтурбинный шаровой затвор

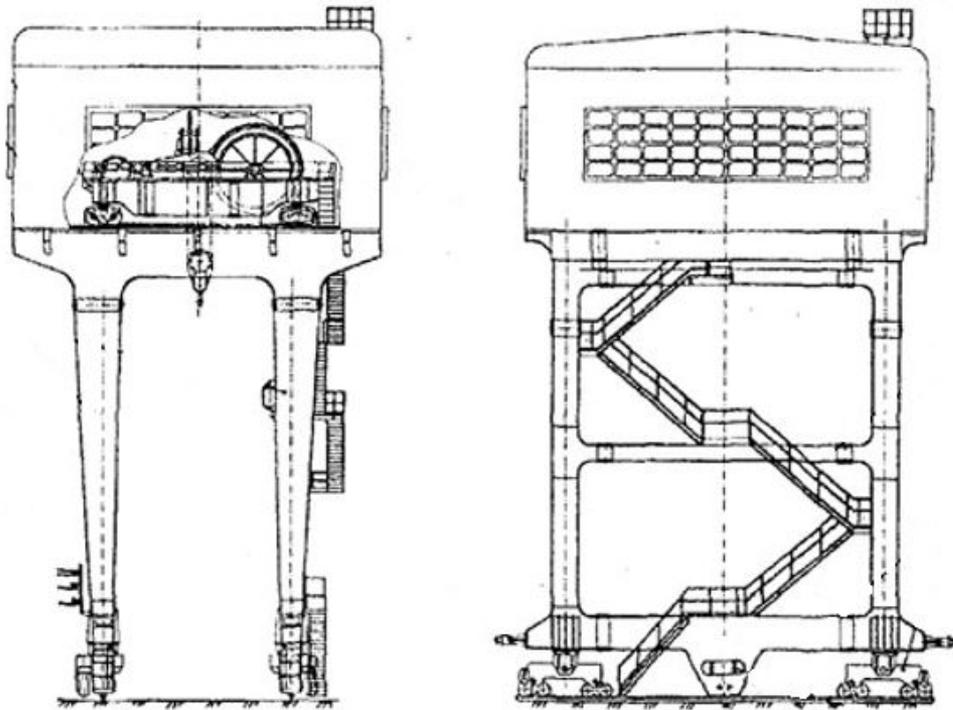


## Мостовой кран здания ГЭС

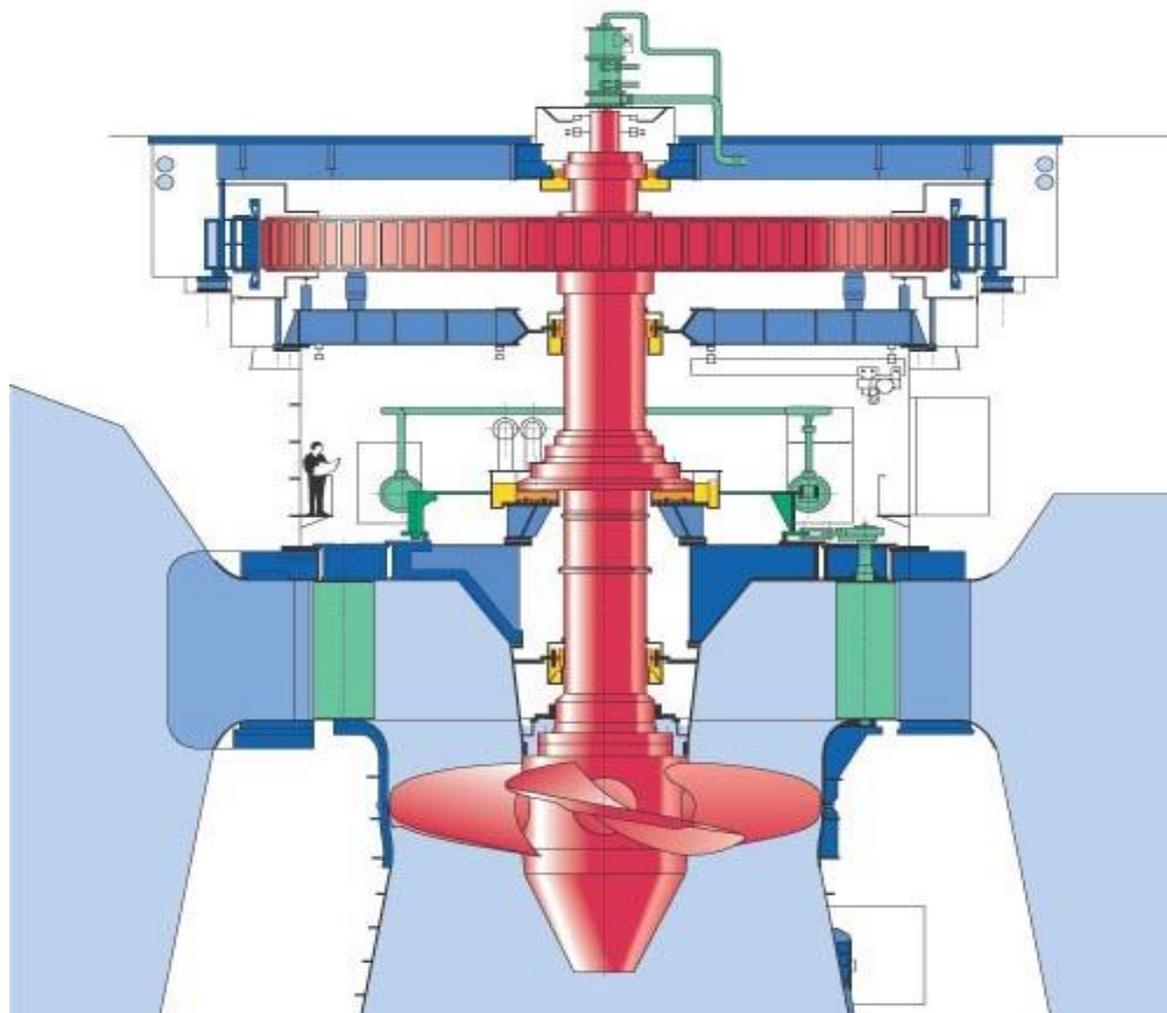




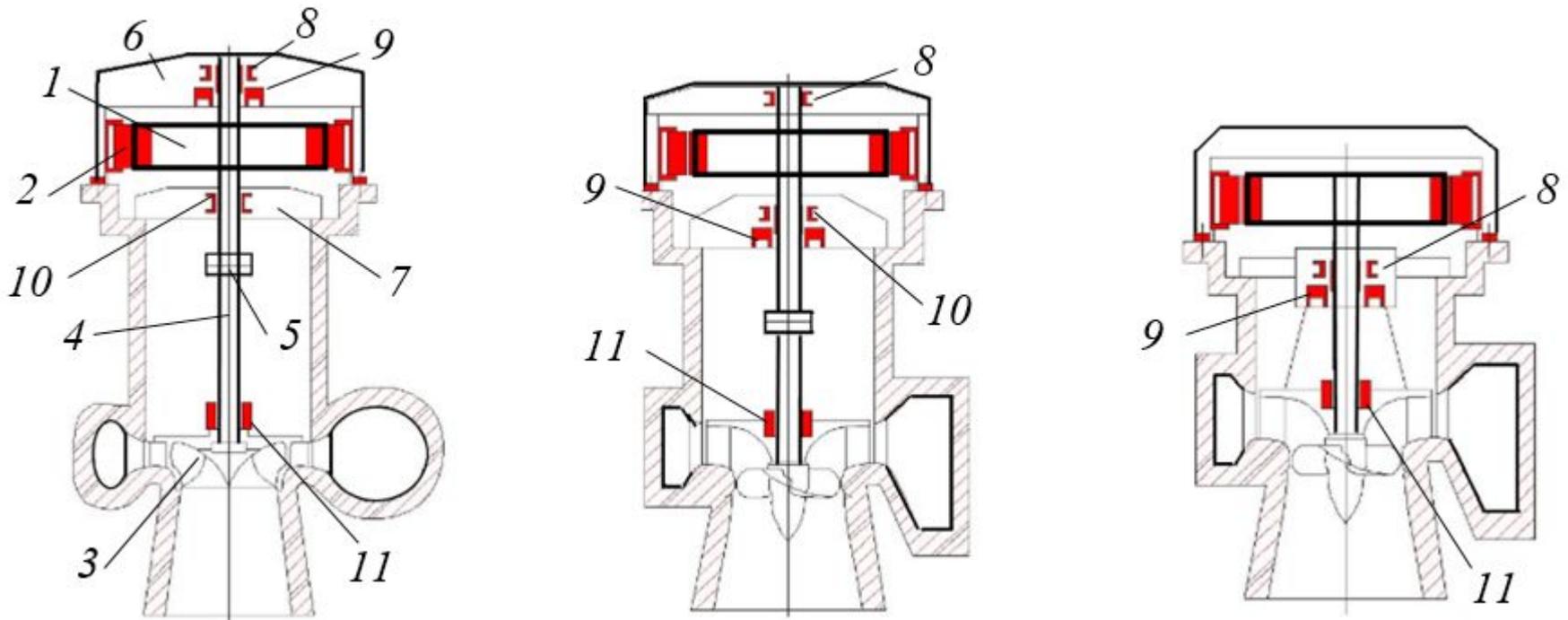
## Козловые краны на ГЭС



## Схема гидроагрегата с зонтичным генератором



## Типы агрегатов с подвесными и зонтичными генераторами

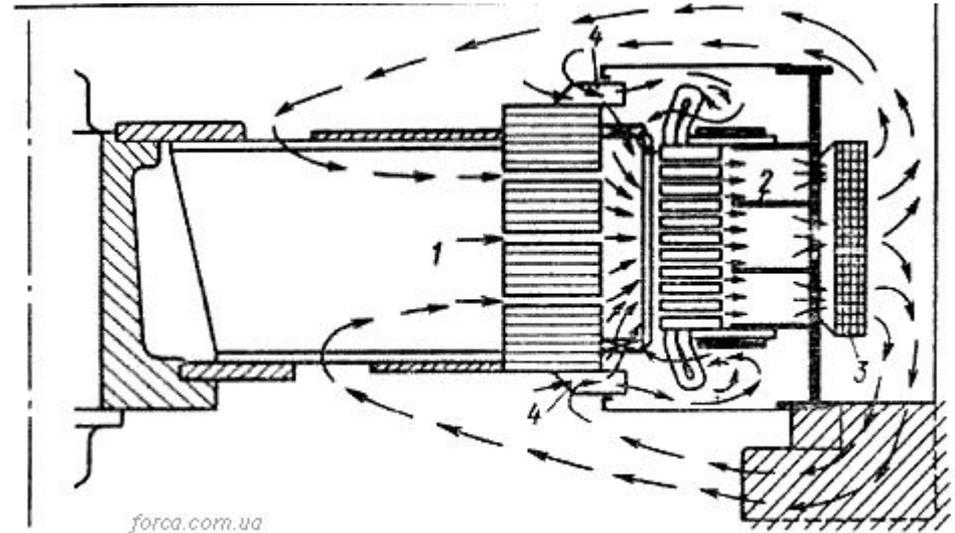
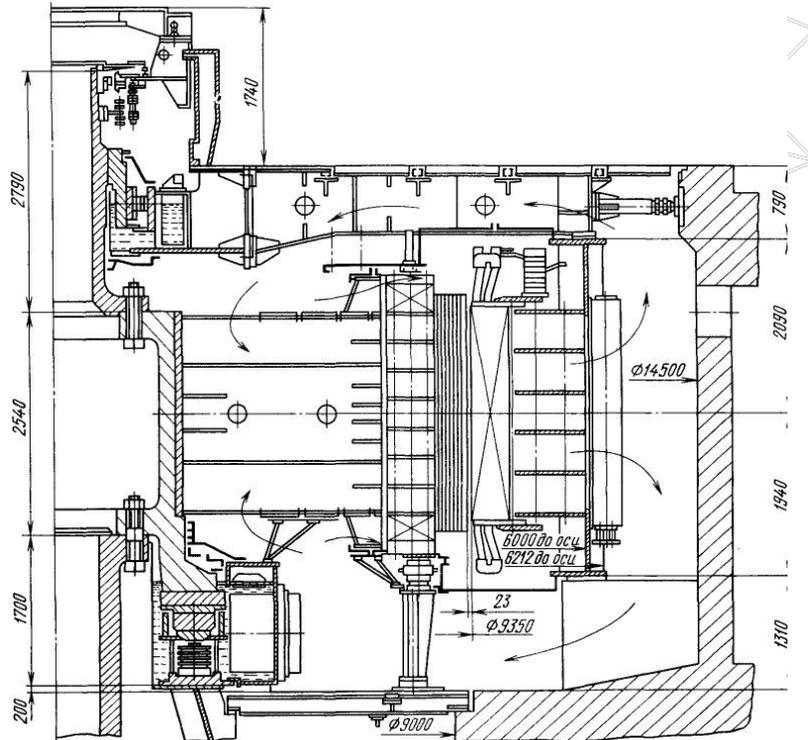


1 — ротор генератора; 2 — статор; 3 — рабочее колесо турбины; 4 — вал агрегата; 6 — верхняя крестовина; 7 — нижняя крестовина; 8 — верхний направляющий подшипник; 9 — подпятник; 10 — нижний направляющий подшипник; 11 — турбинный подшипник

## Системы охлаждения гидрогенераторов

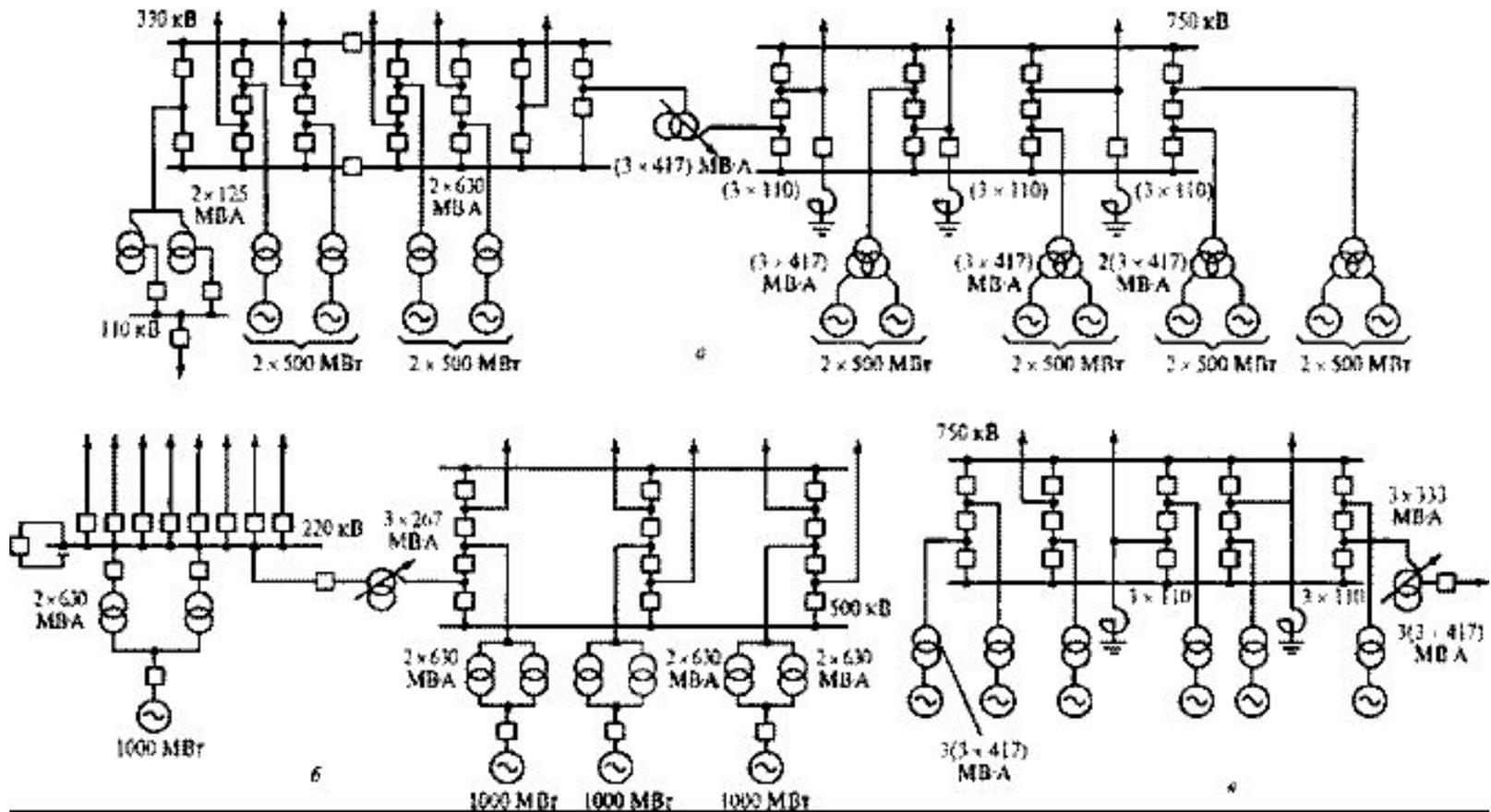
### Виды систем охлаждения:

- замкнутая система воздушного охлаждения;
- форсированная система воздушного охлаждения;
- непосредственное водяное охлаждение.



- 1 — ротор генератора; 2 — статор генератора;  
3 — вентиляторы; 4 — крыльчатка

## Схема главных электрических соединений ГЭС





## Мощный повышающий трансформатор здания ГЭС



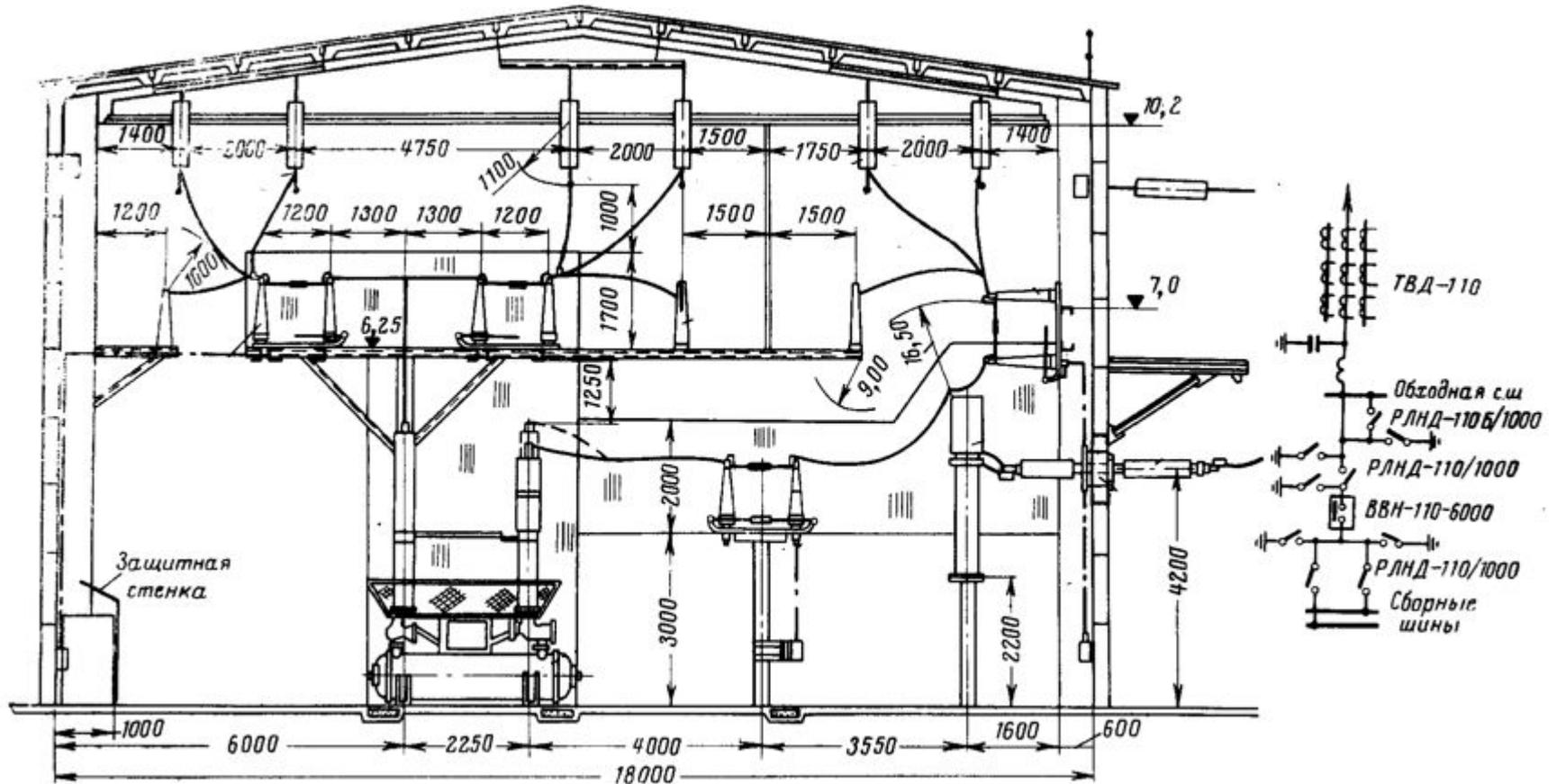


## Открытое распределительной устройство (ОРУ) мощной ГЭС



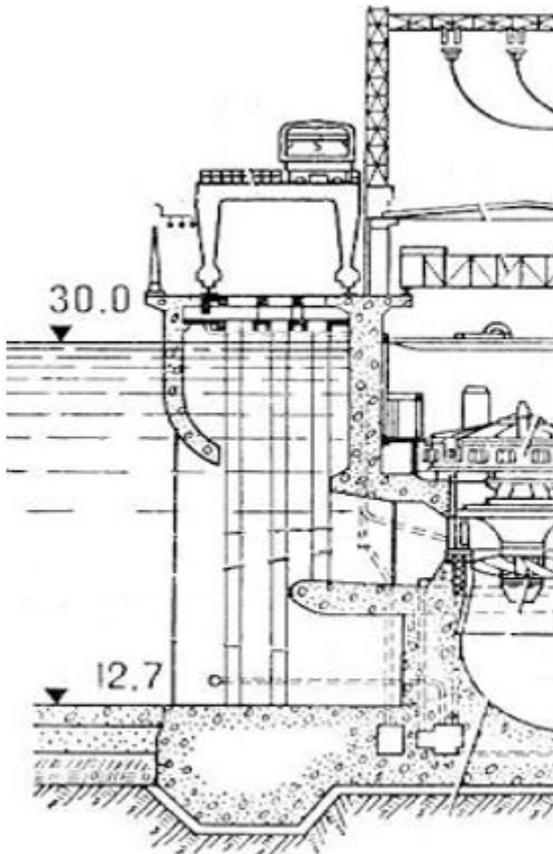


## Закрытое распределительное устройство на ГЭС

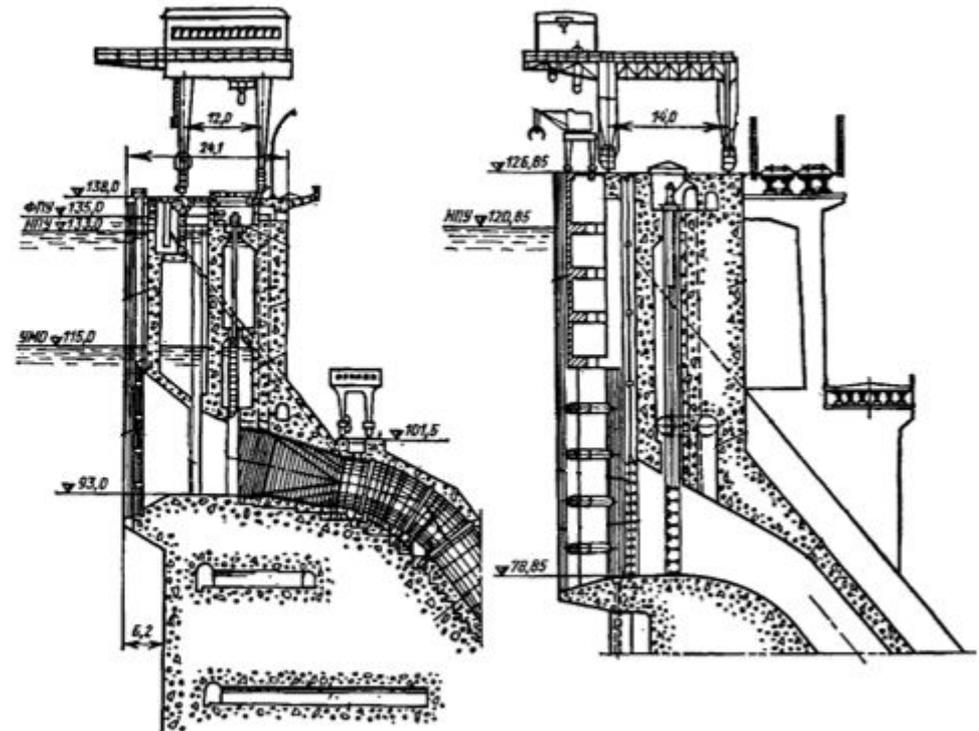


### Напорные водоприемники ГЭС

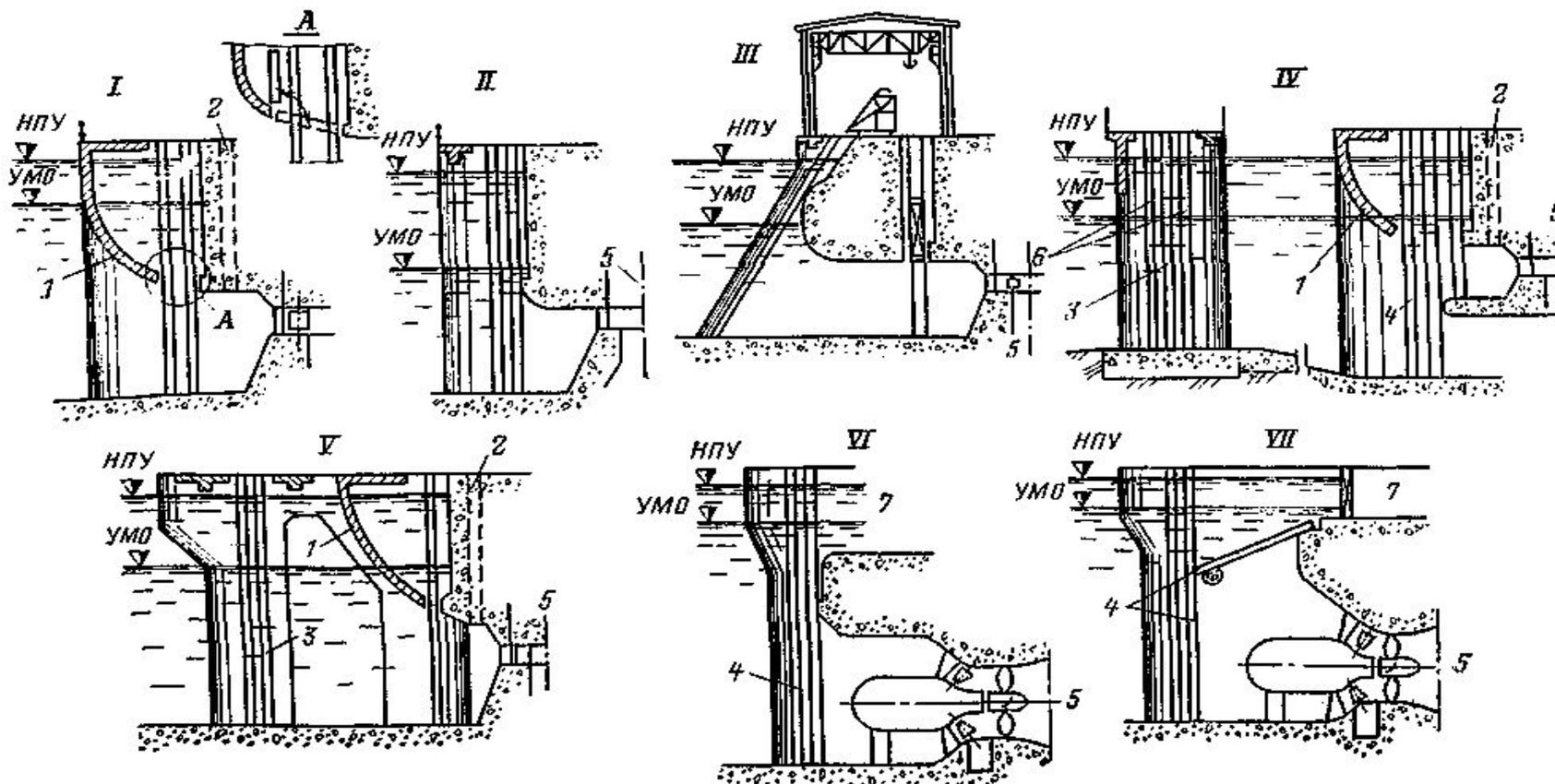
Русловой станции



Приплотинной станции с бетонной гравитационной плотиной

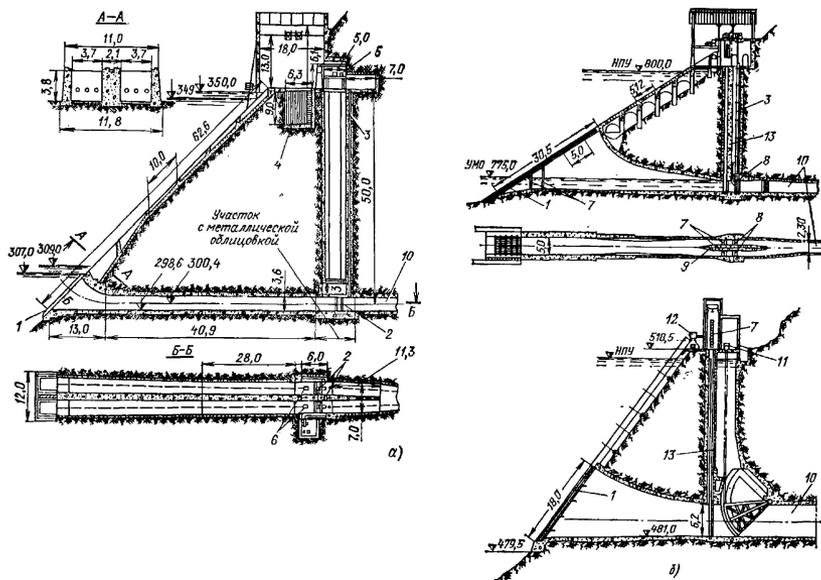


## Конструктивные схемы напорных водоприемников русловых ГЭС

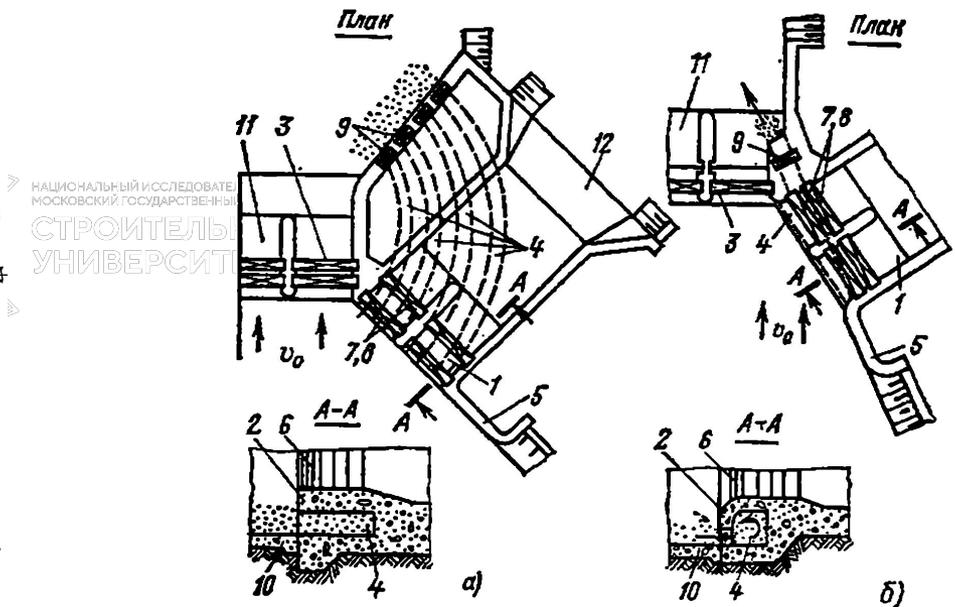


- I — не совмещенного здания; II — без забральной стенки; III — с закрытым щитовым помещением;  
 IV и V — с выдвинутым сороудерживающим сооружением;  
 VI и VII — водоприемники капсульных агрегатов:  
 1 — забральная стенка; 2 — аэрационная труба; 3 — паз грубой решетки; 4 — паз мелкой решетки;  
 5 — ось агрегата; 6 — пазы ремонтных заграждений; 7 — водосливные пролеты

## Береговые напорные водоприемники, в том числе для деривационных ГЭС

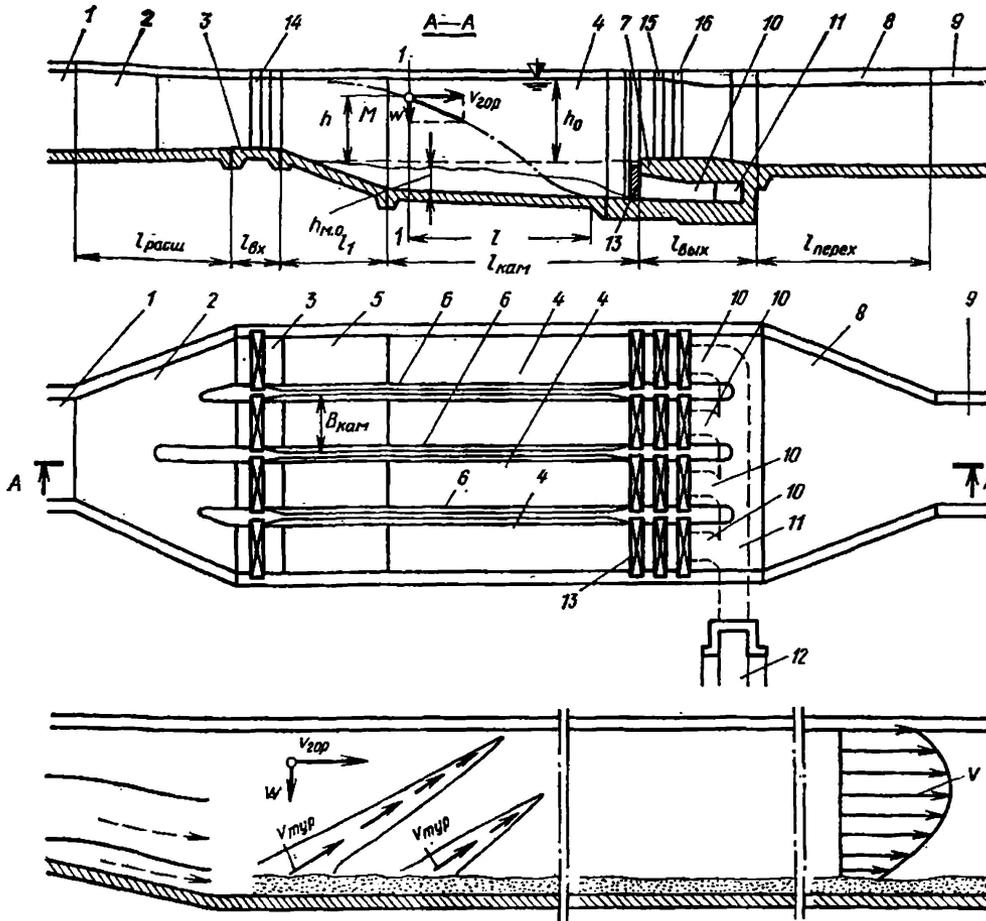


## Безнапорные водоприемники ГЭС



- а — с «сухой» шахтой для обслуживания дискового затвора; б — с «мокрыми» шахтами:
- 1 — сороудерживающая решетка; 2 — дисковый затвор; 3 — аэрационная труба; 4 — складирование решеток; 5 — лебедка; 6 — лазы; 7 — ремонтные заграждения; 8 — аварийно-ремонтные затворы; 9 — промежуточный бычок; 10 — деривационный туннель; 11 — подъемник сегментного затвора; 12 — очистная машина; 13 — железобетонная стенка

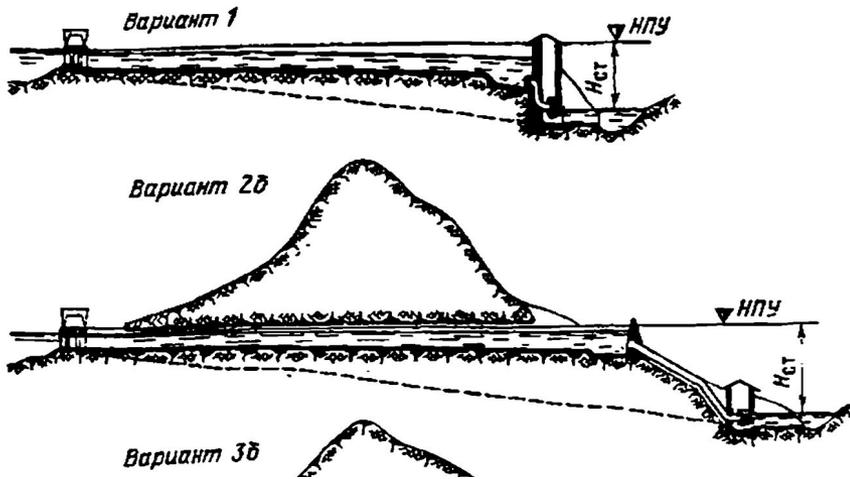
## Отстойники ГЭС



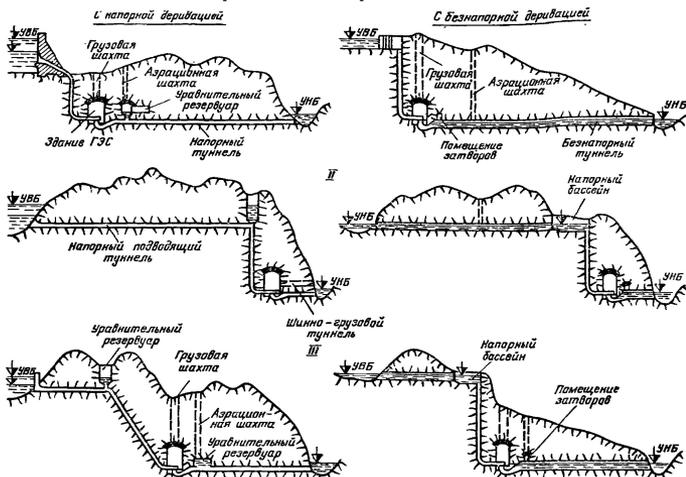
- 1 — соединительный или деривационный канал; 2 — распределительный канал; 3 — входной порог отстойника; 4 — камеры отстойника; 5 — переходный участок; 6 — разделительные стенки; 7 — выходной порог; 8 — собирательный канал; 9 — деривационный канал; 10 — промывные галереи; 11 — промывной коллектор; 12 — промывной канал; 13 — затворы промывных галерей; 14, 15 — пазы затворов на входе в камеры и выходе из них; 16 — пазы ремонтного затвора

## Деривационные водоводы

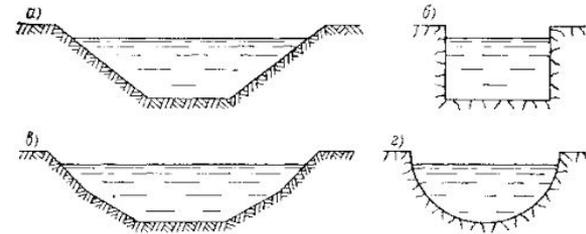
### ГЭС с безнапорной деривацией



### ГЭС с напорной деривацией

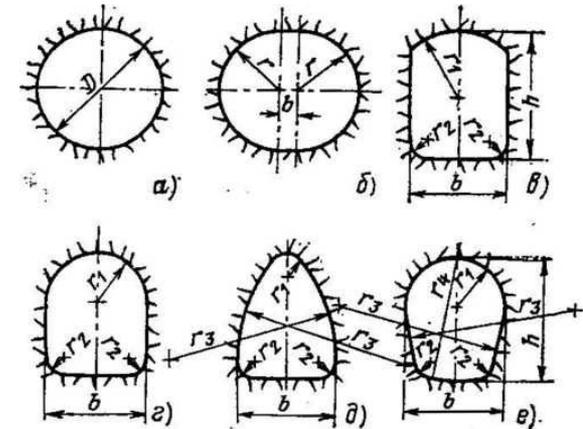


### Сечения каналов для безнапорной деривации



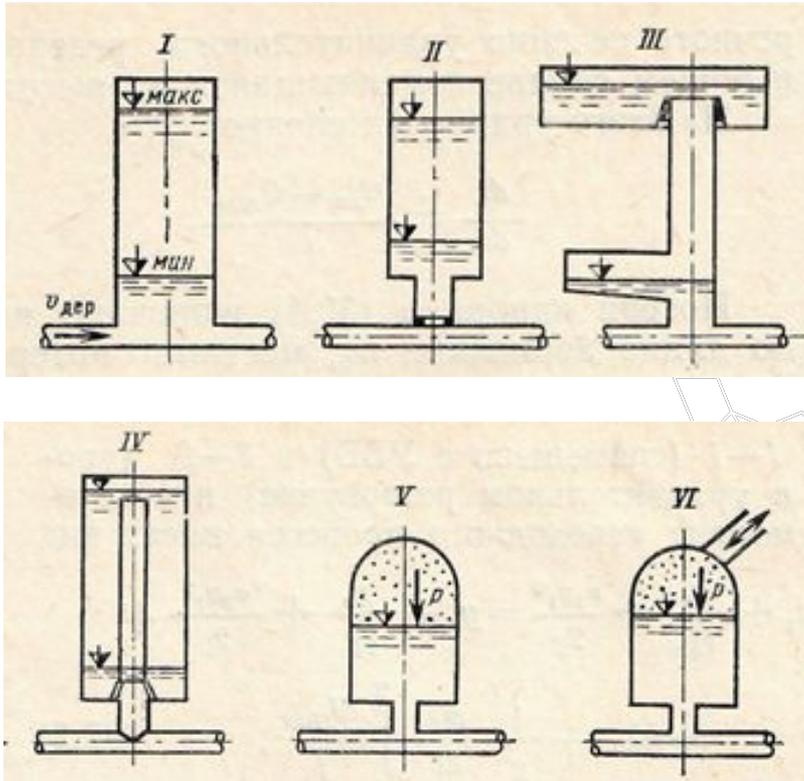
а — трапецидальное; б — прямоугольное;  
в — полигональное; г — круговое

### Сечения туннелей для напорной деривации



а — круговое; б — овалового;  
в — прямоугольное; г — корытообразное;  
д — овоидальное; е — подковообразное

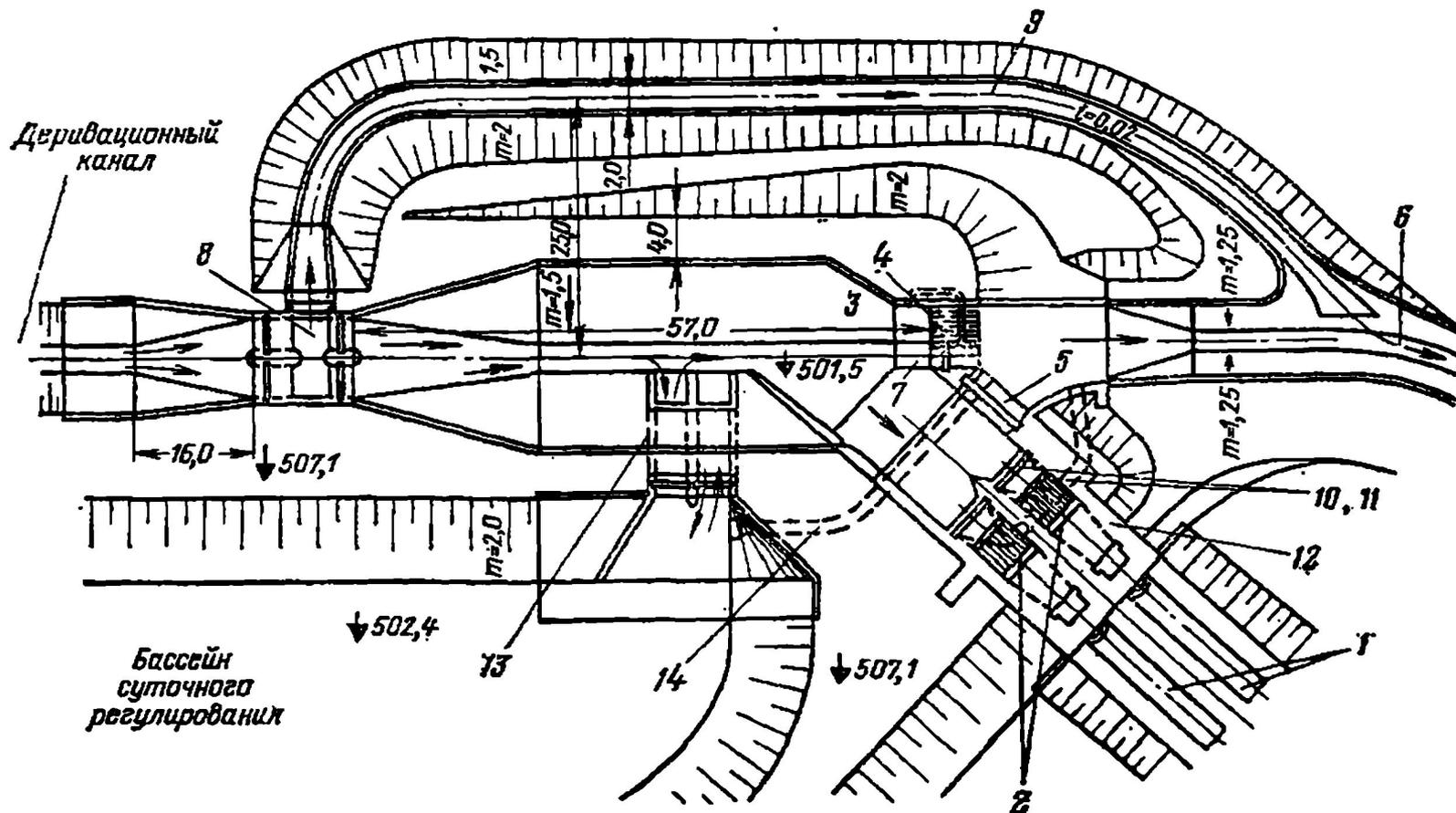
## Уравнительные резервуары



- I — цилиндрический; II — с дополнительным сопротивлением; III — камерный;  
 IV — дифференциальный; V — пневматический;  
 VI — полупневматический



## План бассейна суточного регулирования (БСР)



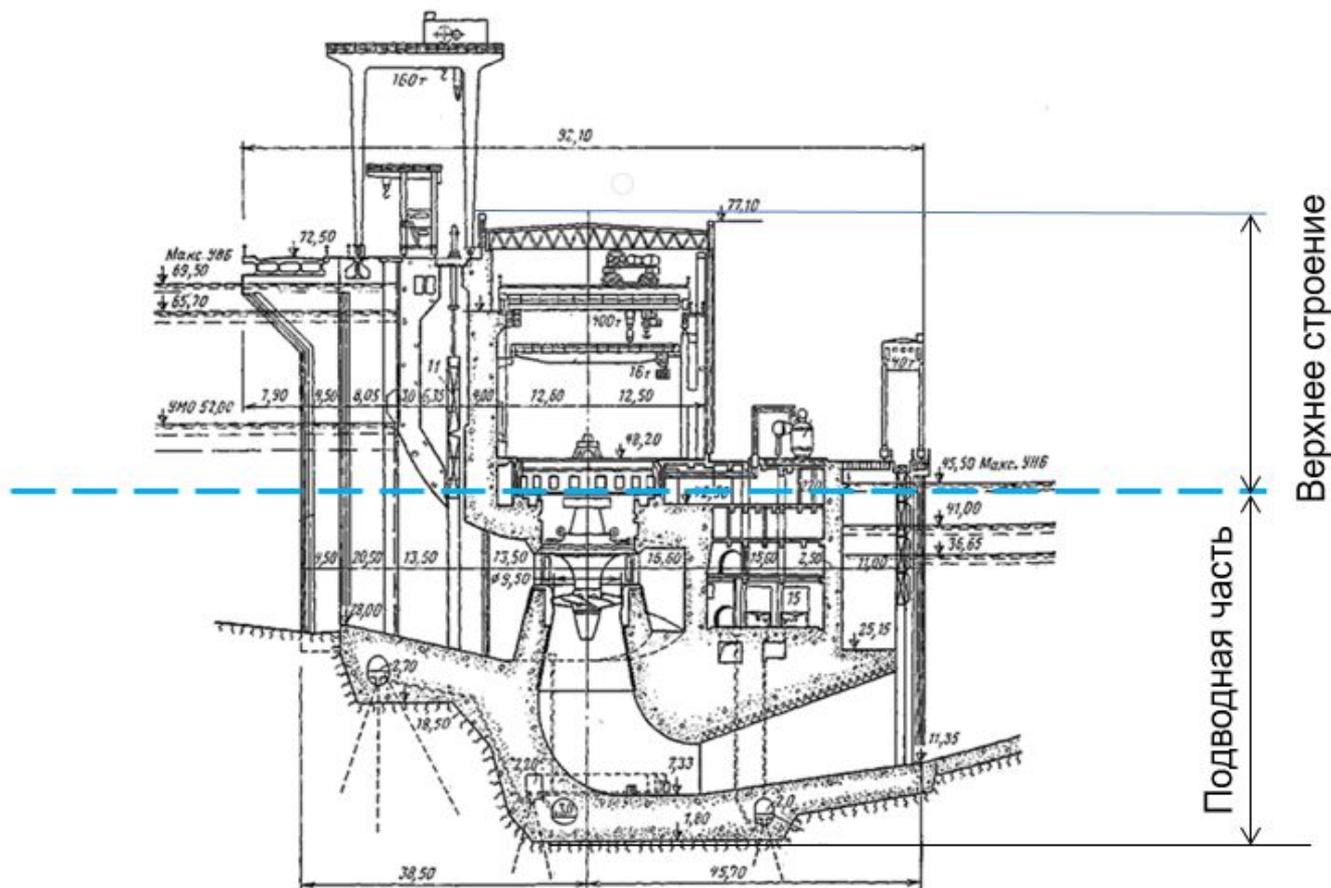
- 1 — стационарные водоводы; 2 — водоприемные устройства; 3 — аванкамера; 4 — сифонный водосброс; 5 — водослив; 6 — быстроток, отводящий часть водосброса; 7 — ледосброс; 8 — шугосброс; 9 — шугосбросной отводящий лоток; 10 — промывные устройства; 11 — донные водоспуски; 12 — напорная стенка; 13 — соединительное сооружение; 14 — труба для опорожнения БСР

### Типы зданий ГЭС

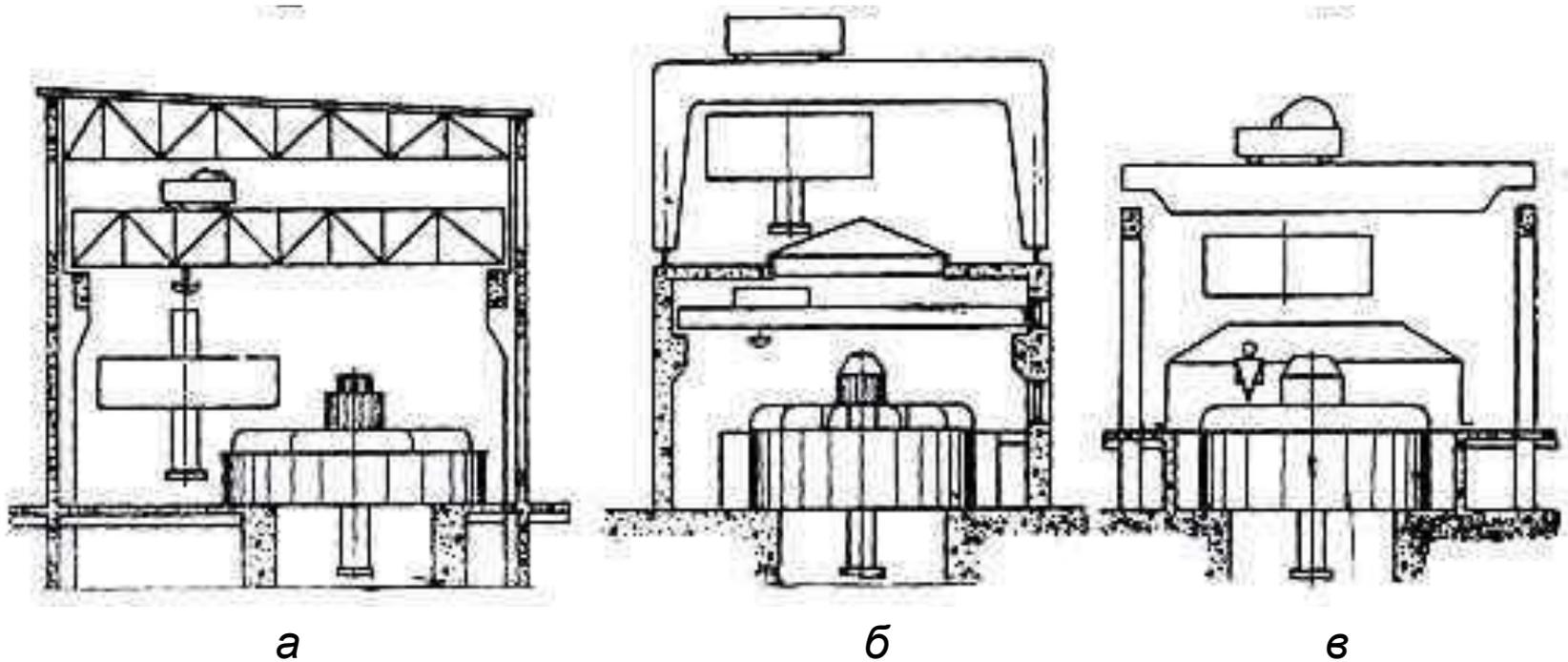
1. Здания русловых ГЭС. Применяются при напорах от 2–3 до 50 м. По конструкции эти здания разделяют на совмещенные и не совмещенные с водосбросом холостых расходов. Здания русловых ГЭС воспринимают напор и поэтому входят в состав напорного фронта гидроузла наряду с другими подпорными сооружениями.
2. Здания приплотинных ГЭС. Не воспринимают напор гидроузла, а находятся под защитой плотин. По конструкции бывают закрытыми, полуоткрытыми и открытыми, совмещенными с нижней гранью плотины и обособленными.
3. Здания деривационных ГЭС. Могут быть подземными и наземными. Наземные здания деривационных ГЭС, как правило, — обособленные сооружения и могут быть конструктивно выполнены в виде наземных и полуподземных. Последние частично заглублены в грунт.

# Подводная часть зданий ГЭС

Подводной называется часть здания ГЭС, расположенная ниже условной горизонтальной плоскости, соответствующей максимальному уровню воды в нижнем бьефе. Величина заглубления фундаментной плиты здания связана с отметкой рабочего колеса турбины, которая зависит от кавитационных условий конкретной турбины. Следовательно, требования безкавитационной работы турбины влияют на величину подводной части.



## Типы верхнего строения здания ГЭС

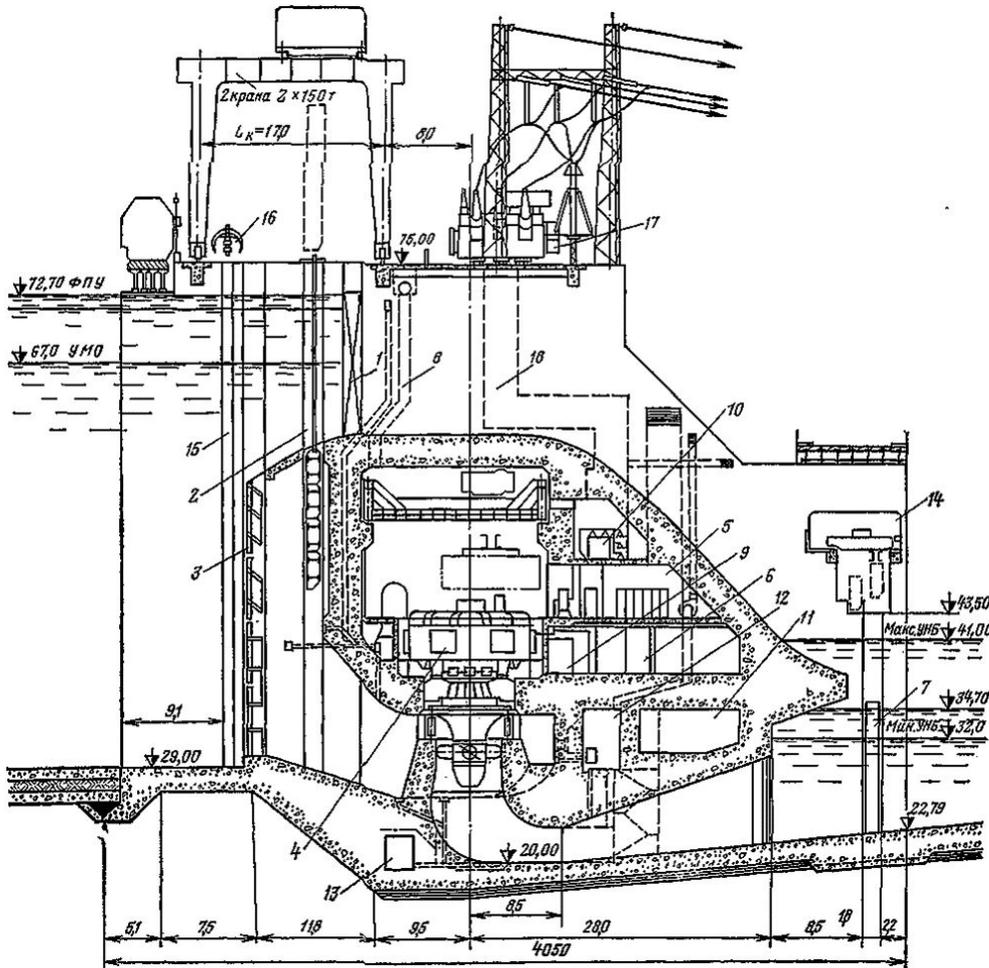


- а* — с закрытым верхним строением;  
*б* — с полуоткрытым верхним строением;  
*в* — с открытым верхним строением





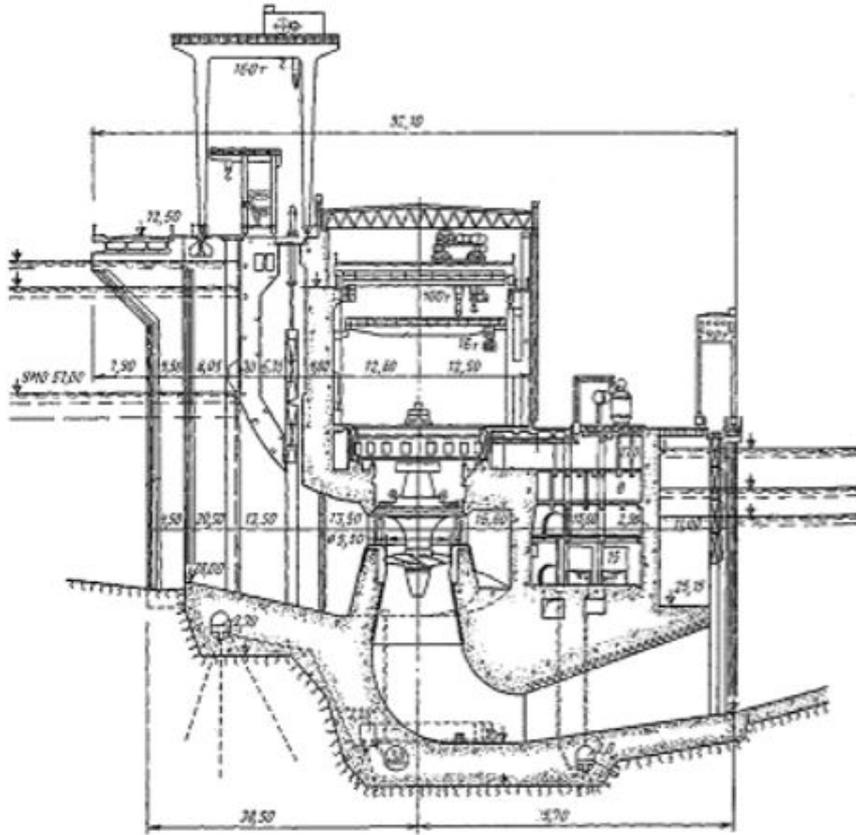
## Русловое здание ГЭС, совмещенное с водосливной плотиной



- 1 — основной затвор водосливного пролета;
- 2 — паз ремонтного заграждения;
- 3 — сороудерживающая решетка;
- 4 — гидрогенератор; 5 — помещение собственных нужд; 6 — кабельный коридор;
- 7 — паз ремонтного заграждения отсасывающей трубы; 8 — вентиляционные каналы и аэрационная труба;
- 10 — помещение системы технического водоснабжения; 11 — полость, заполненная песком; 12 — помещение фильтров системы технического водоснабжения;
- 13 — «мокрая» потерна; 14 — крановое оборудование ремонтного заграждения отсасывающей трубы; 15 — паз грейфера;
- 16 — грейфер; 17 — повышающие трансформаторы; 18 — шахта шинных выводов

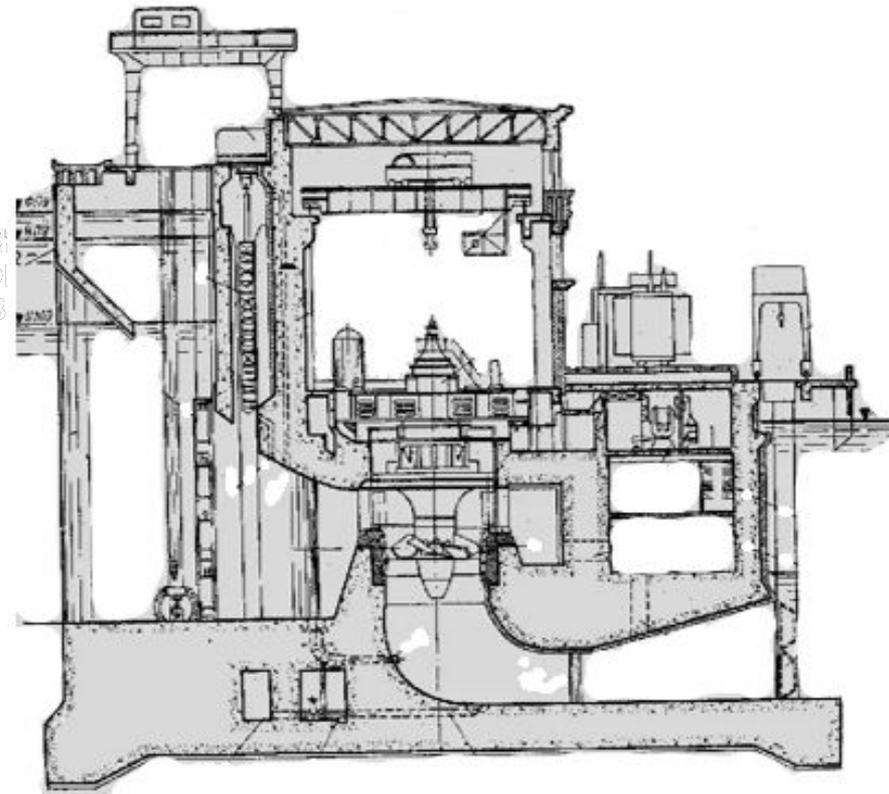


## Русловые здания ГЭС не совмещенного типа



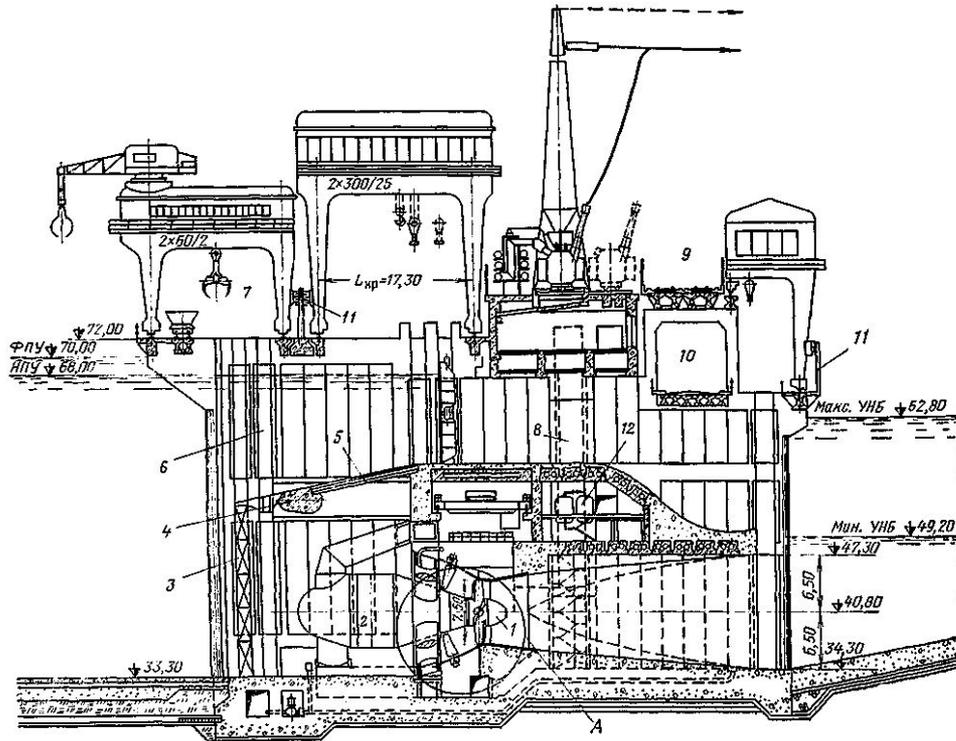
На скальном основании

НАЛЬЧИКОВСКИЙ  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ  
ИНСТИТУТ

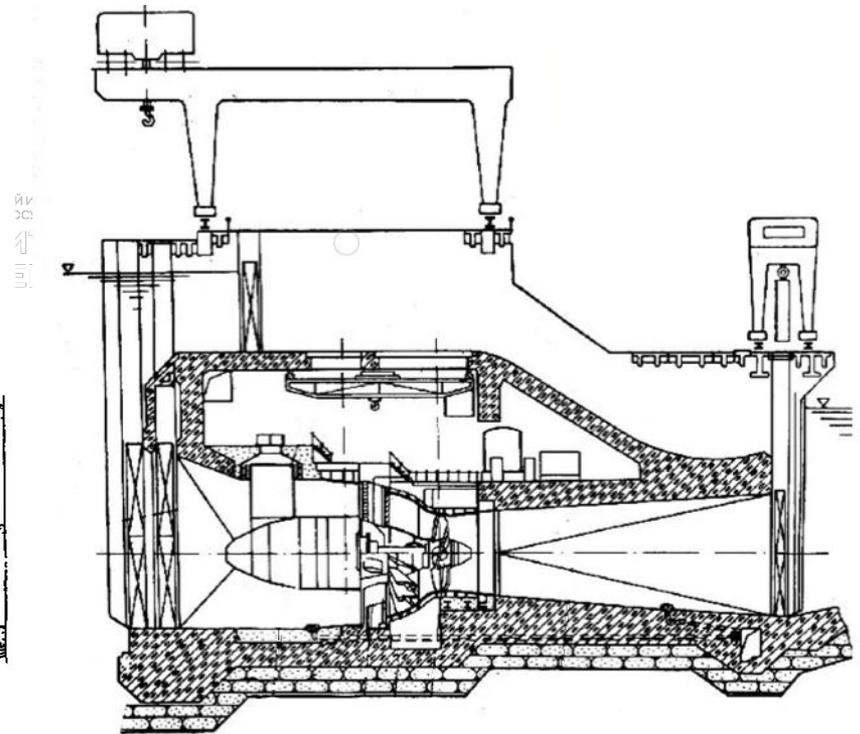


На не скальном основании

## Русловые здания ГЭС с горизонтальными агрегатами



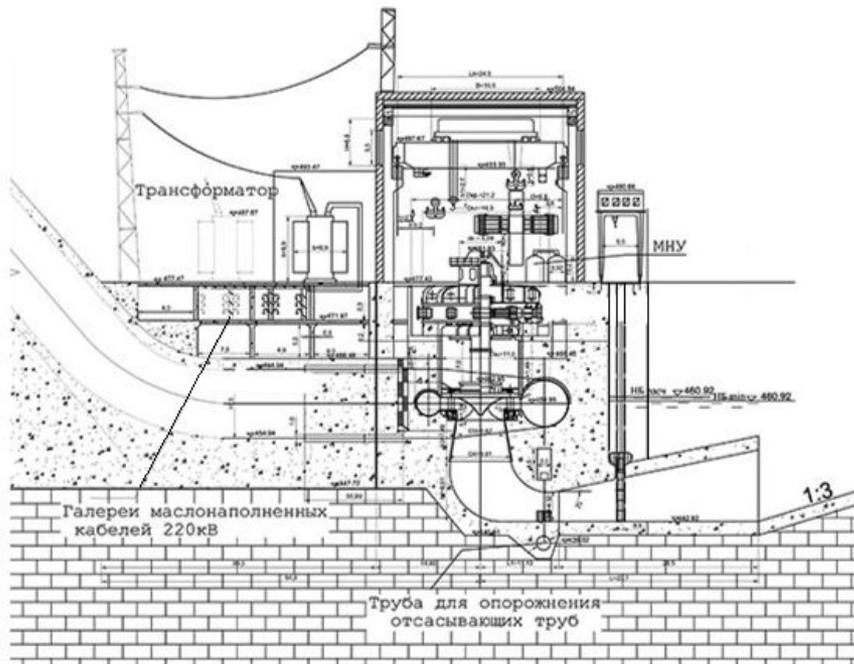
Не совмещенного типа



Совмещенное с водосливом



## Приплотинное здание ГЭС. Гравитационная плотина

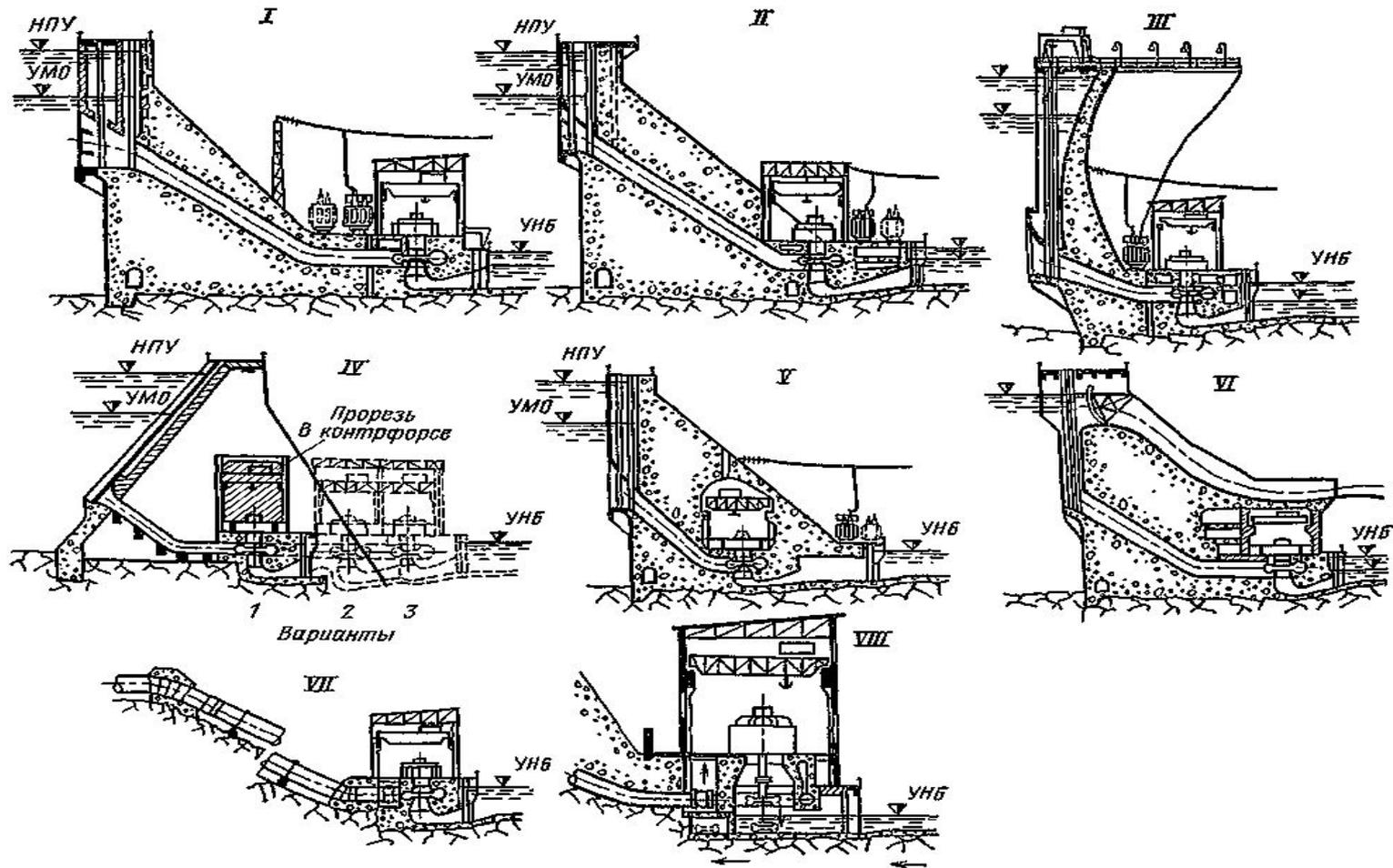


НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
МОСКОВСКИЙ  
СТРОИТЕЛЬНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ





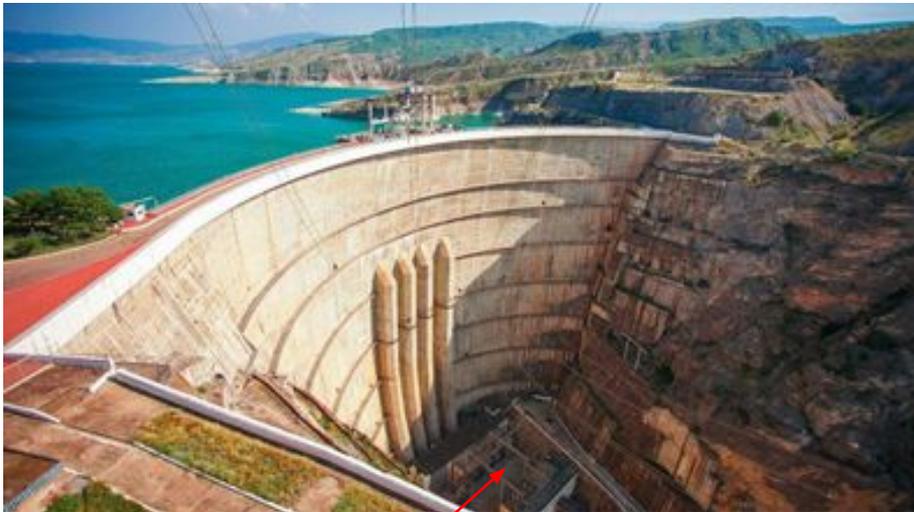
## Схемы приплотинных зданий ГЭС



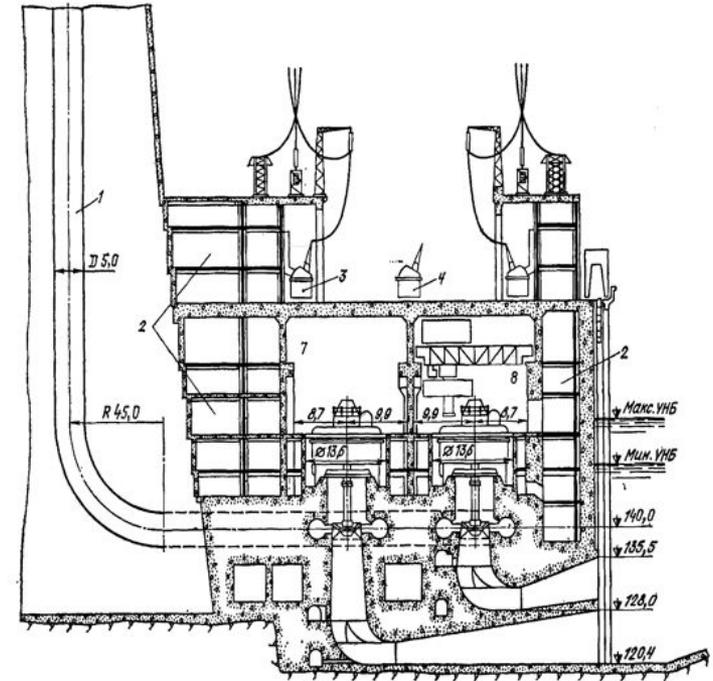
I и II — с бетонной гравитационной плотиной; III — с арочной плотиной; IV — с контрфорсной плотиной; V — здание, встроенное в тело плотины; VI — совмещенное с водосливом; VII и VIII — подвод воды с помощью водоводов

## Приплотинное здание ГЭС. Арочная плотина

### Чиркейское здание ГЭС

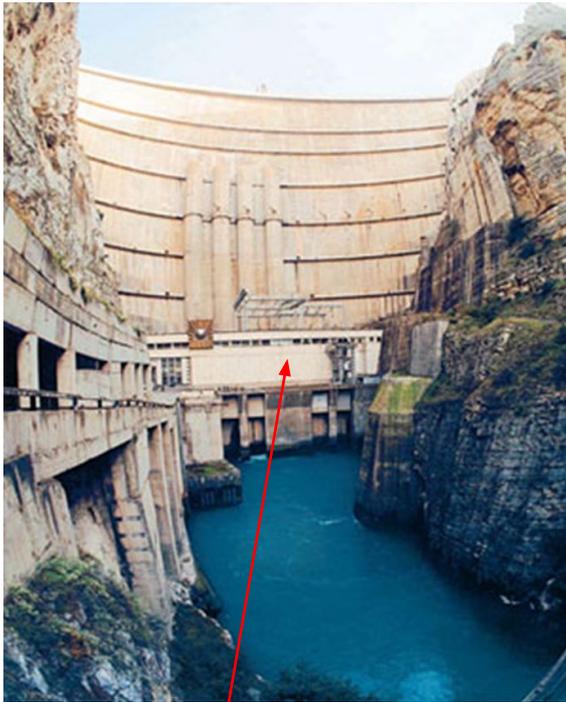


Здание ГЭС



Поперечный разрез по зданию ГЭС

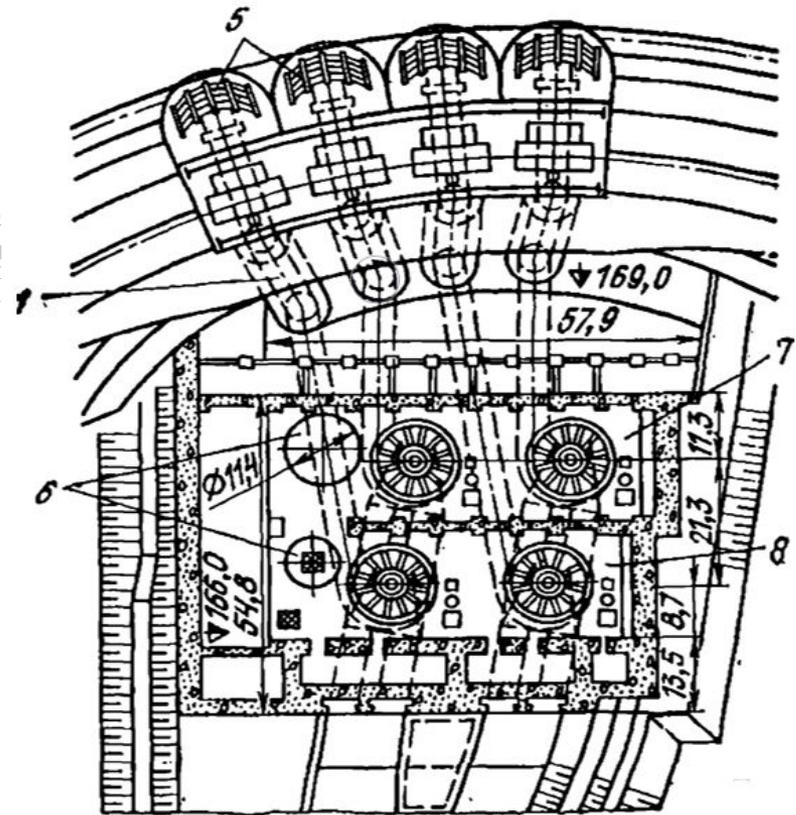
## Приплотинное здание Чиркейского здания ГЭС



Здание ГЭС



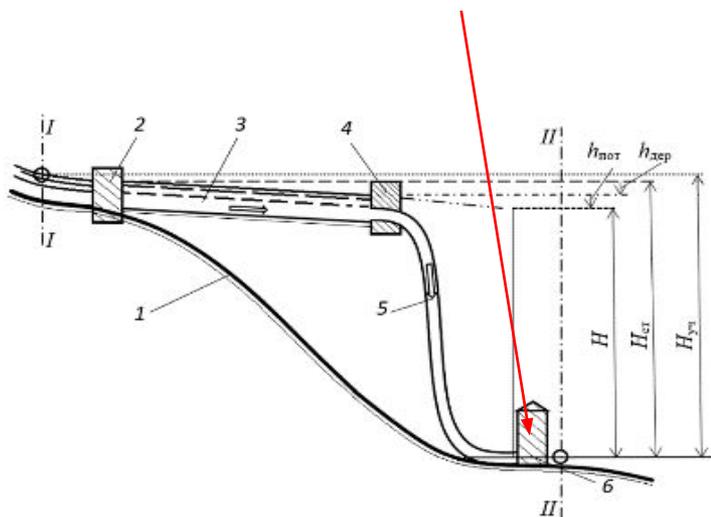
НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
МОСКОВСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ  
СТРОИТЕЛЬНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ



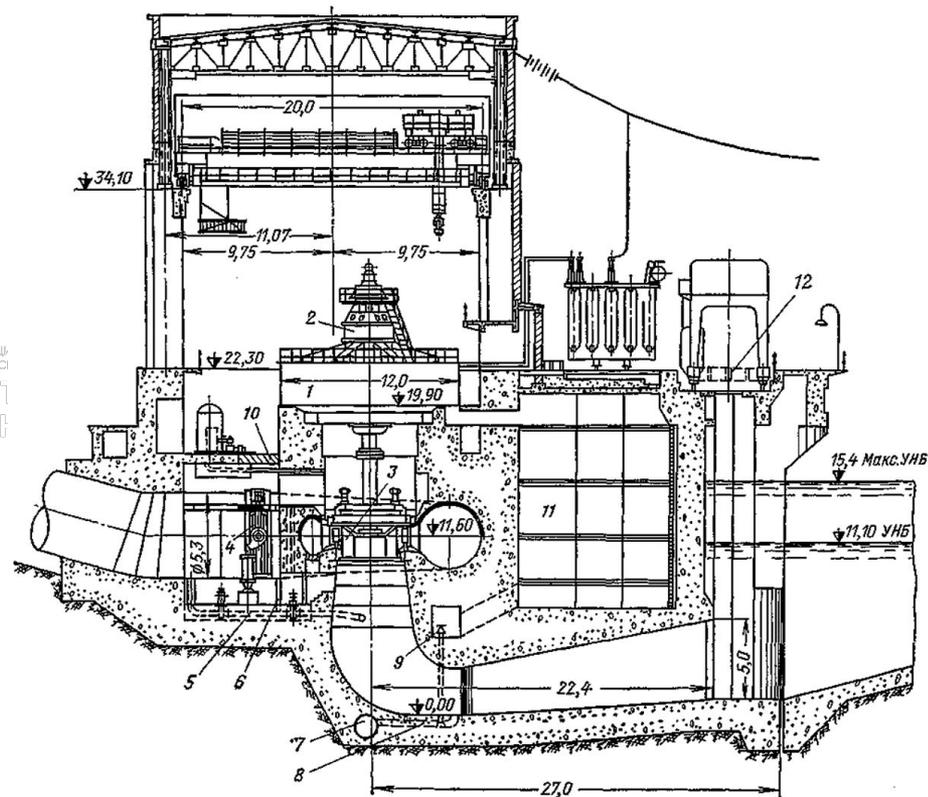
1 — турбинный водовод; 6 — монтажная площадка;  
7 — первый машинный зал; 8 — второй машинный зал

## Обособленное здание ГЭС

### Обособленное здание ГЭС



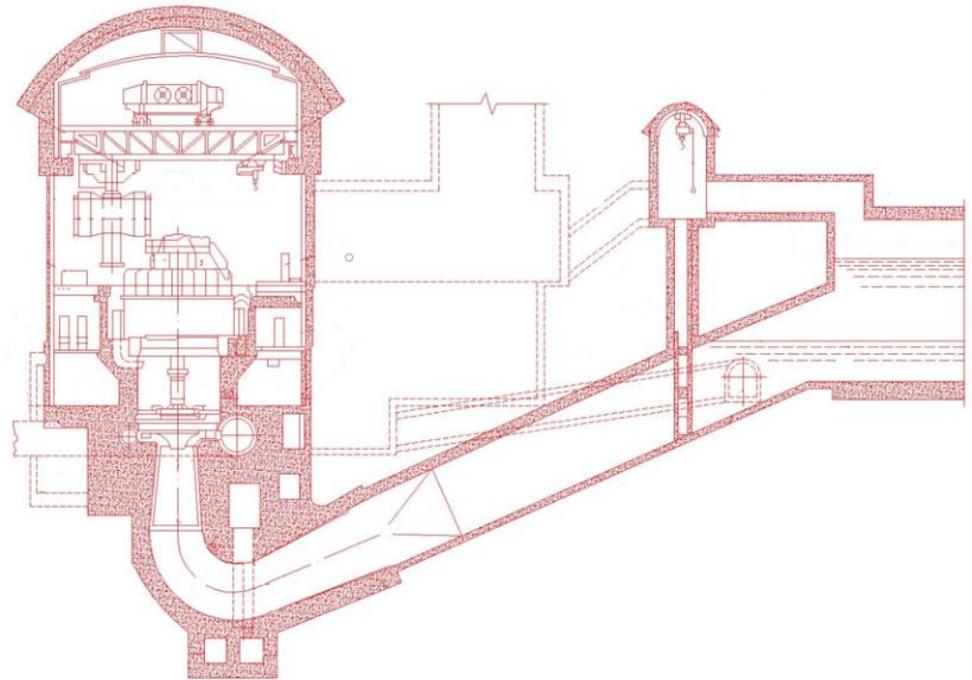
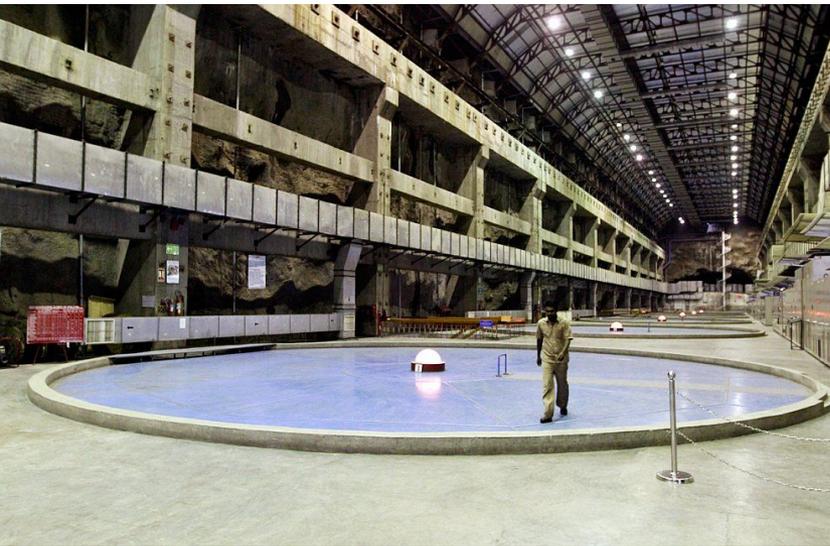
- 1 — поверхность земли; 2 — плотина;  
3 — деривация; 4 — водоприемник;  
5 — водовод



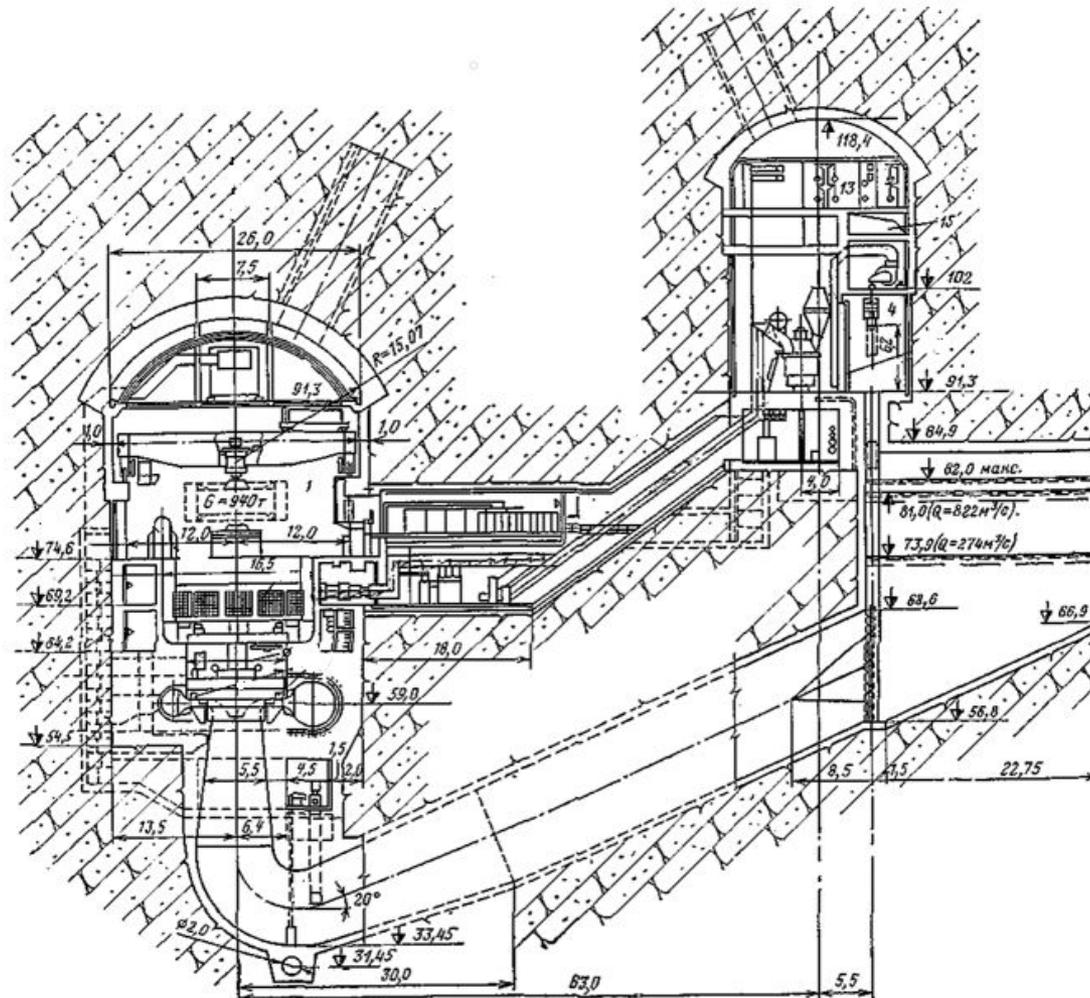
- 1 — гидрогенератор; 2 — подпятник; 3 — радиально-осевая турбина;  
4 — дисковый затвор; 5 — сливная линия из турбинного  
трубопровода; 6 — сливная линия из спиральной камеры; 7 —  
коллектор; 8 — сливная линия из отсасывающей трубы; 9 — привод  
вентилля на сливной линии; 10 — съемная крышка для выемки  
дискового затвора; 11 — технологические помещения; 12 — тележка  
для выкатки трансформатора



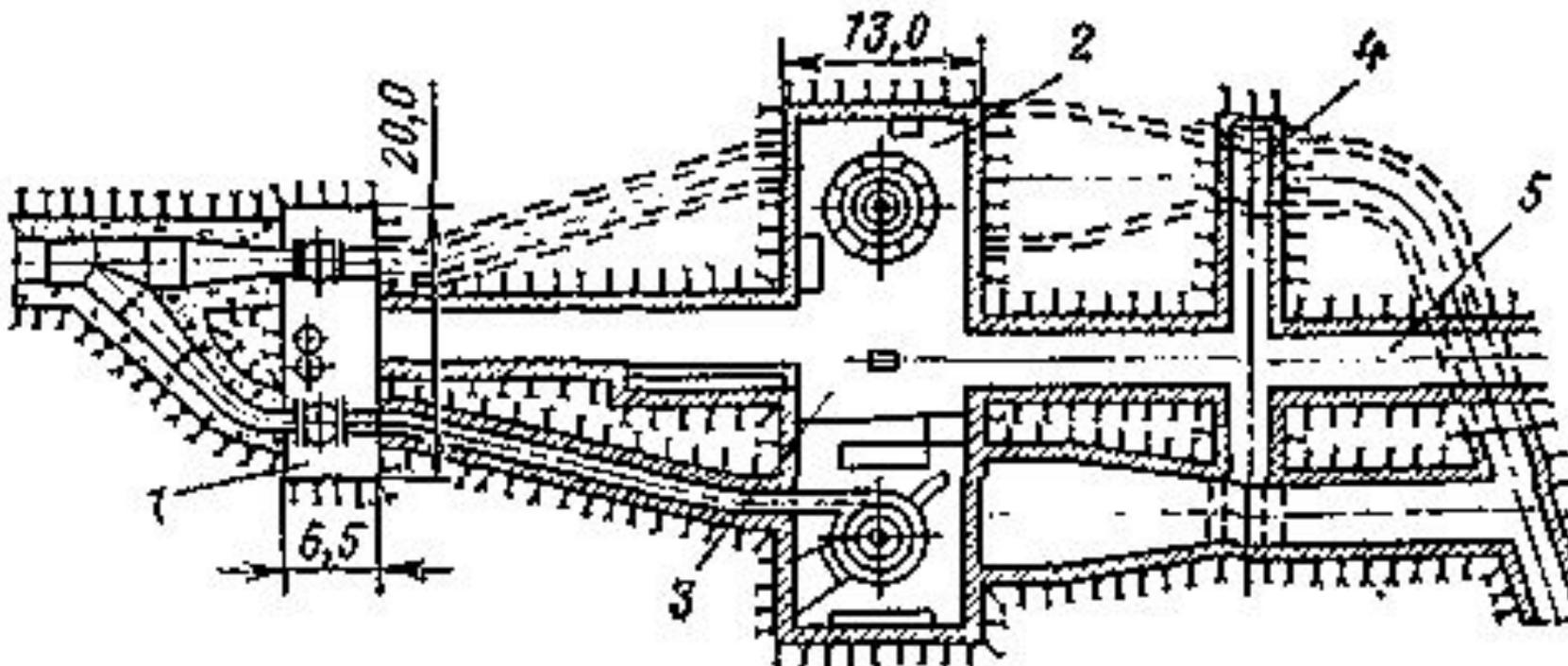
## Подземное здание ГЭС. Однозальная компоновка



## Подземные здания ГЭС. Двухзальная компоновка



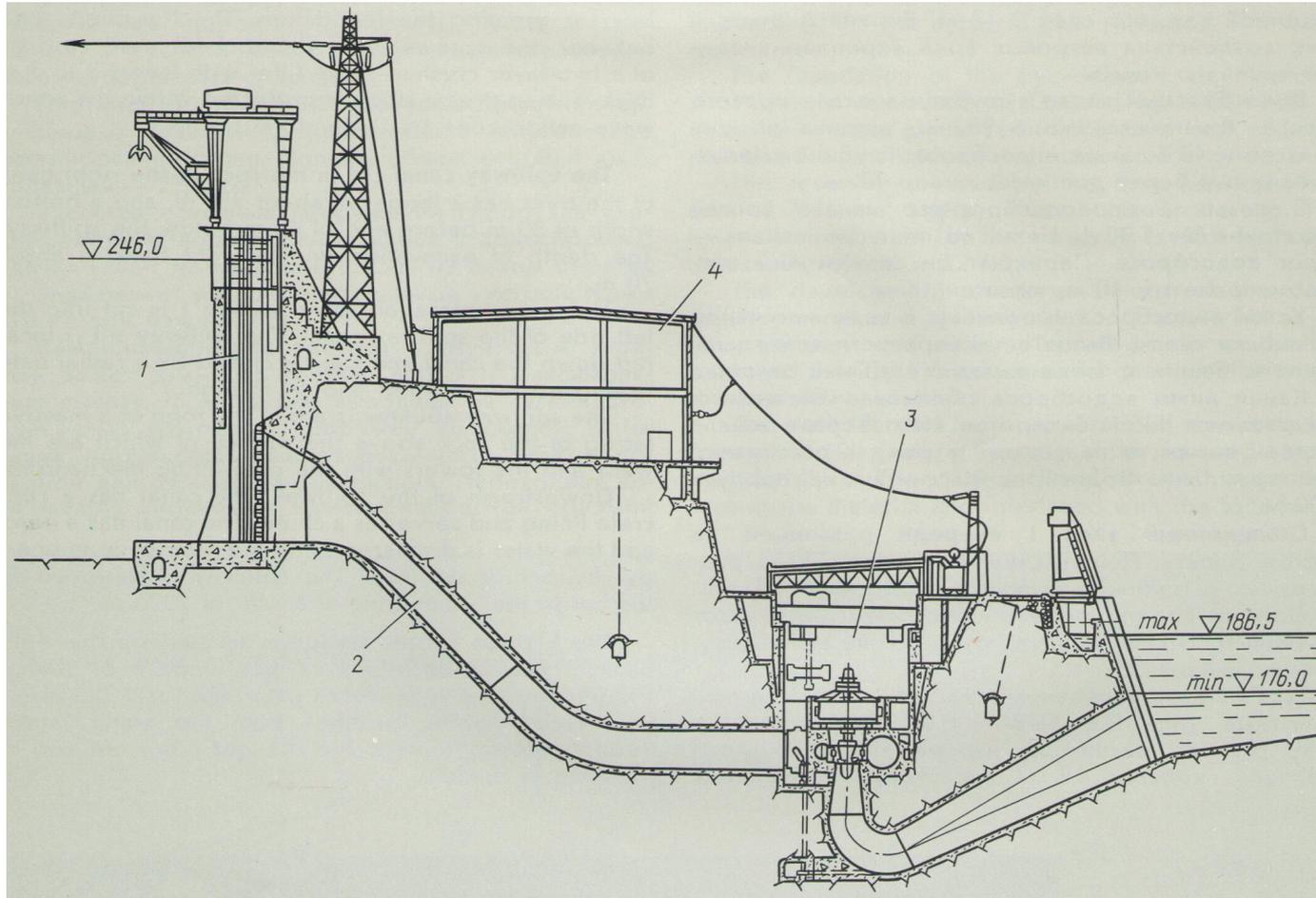
## Подземное здание ГЭС. Трехзальная компоновка



- 1 — помещение турбинных затворов; 2 — машинный зал; 3 — монтажная площадка;  
4 — помещения затворов отсасывающих труб; 5 — транспортный туннель



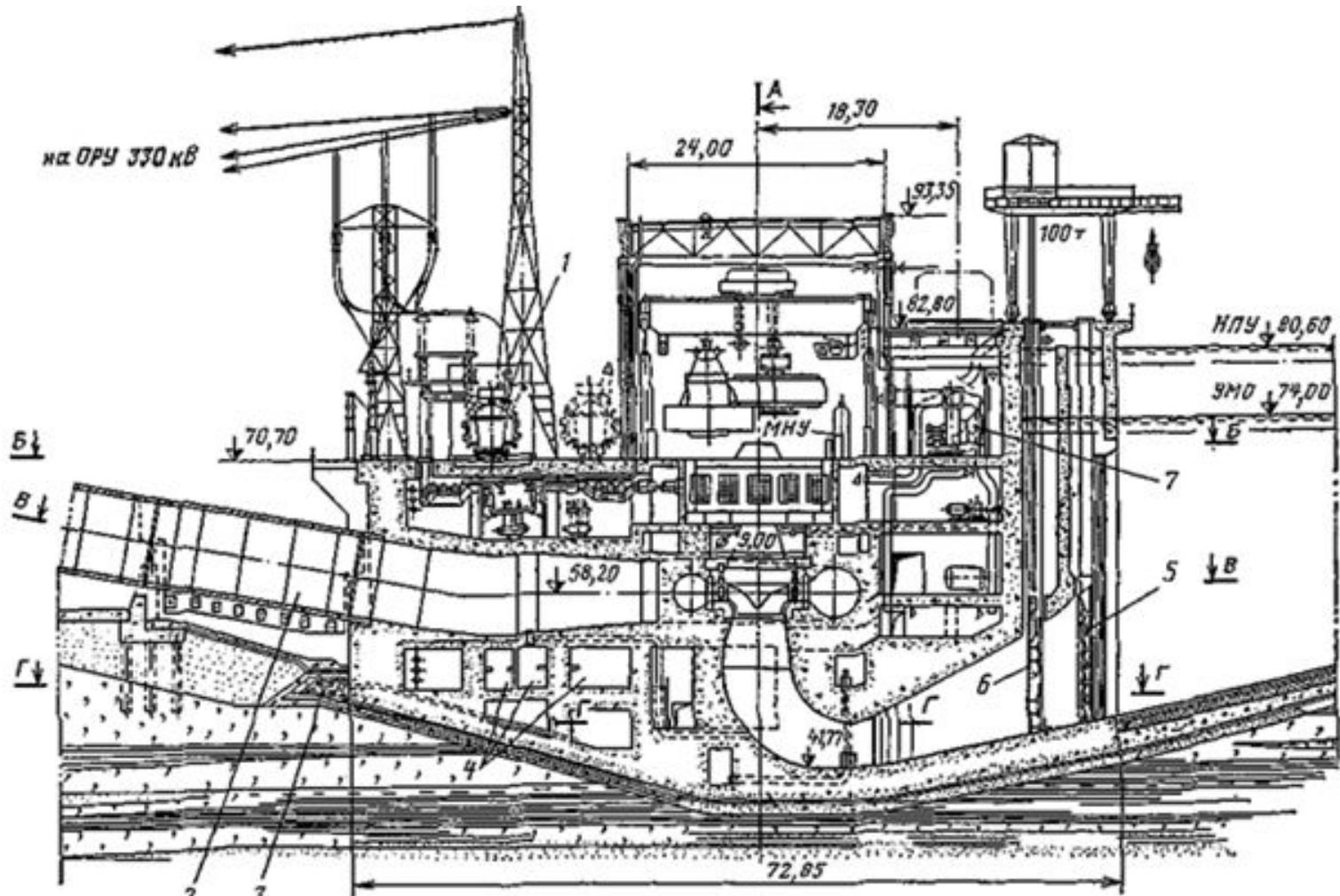
## Полуподземное здание ГЭС



1 — водоприемник; 2 — водовод; 3 — полуподземное здание ГЭС;  
4 — крытое распределительное устройство

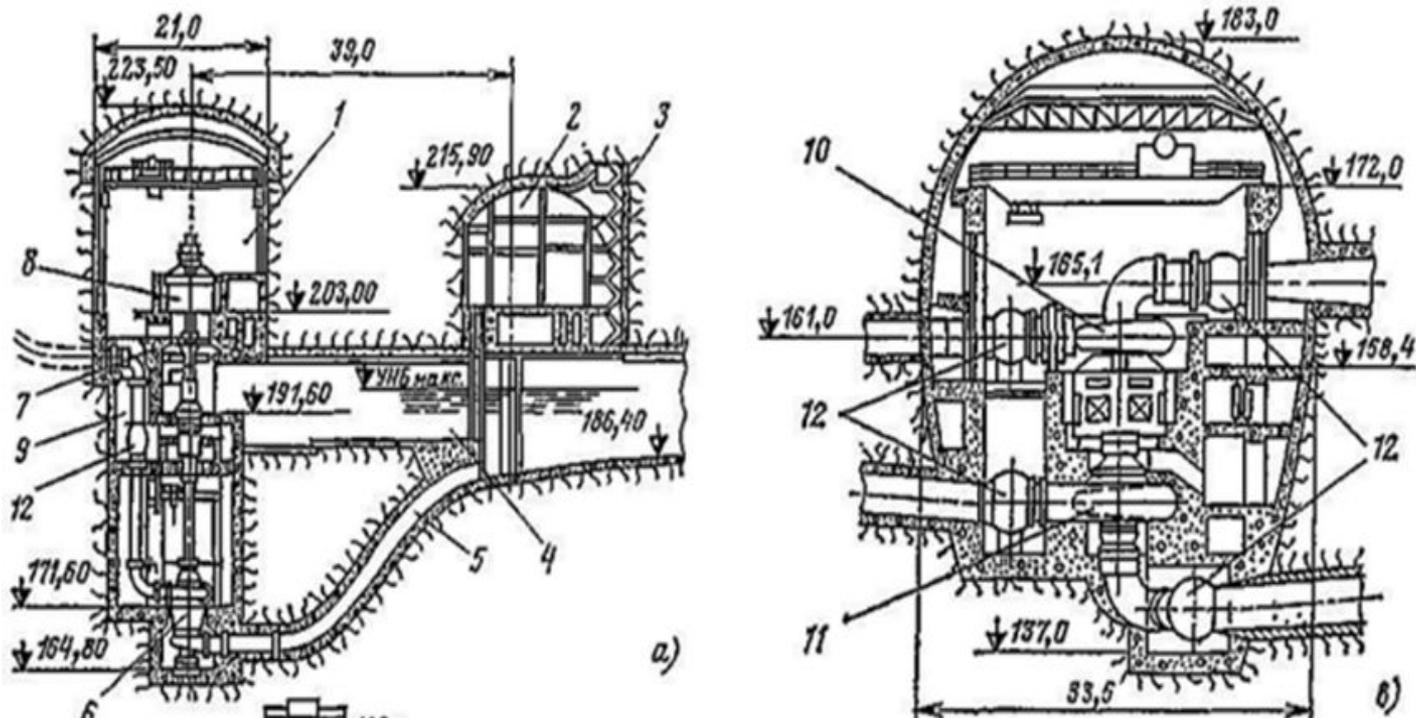


## Наземное здание ГАЭС с двухмашинными агрегатами



- 1 — трансформатор; 2 — компенсатор; 3 — дренаж; 4 — кабельные коридоры;  
5 — сороудерживающая решетка; 6 — затвор; 7 — вентиляционная

## Подземное здание ГАЭС с трехмашинными агрегатами



а — с ковшевой турбиной; б — с радиально-осевой турбиной:

1 — здание ГЭС; 2 — помещение затворов;

3 — лифтовой блок; 4 — выходной канал; 5 — всасывающий водовод; 6 — насос; 7 — вал агрегата;

8 — двигатель-генератор; 9 — напорный водовод; 10 — радиально-осевая турбина;

11 — одноступенчатый насос; 12 — затворы