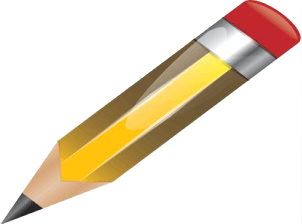


The background of the slide is a light gray gradient. It is decorated with numerous realistic water droplets of various sizes. Some droplets are large and prominent, while others are small and subtle. They are scattered across the slide, with a higher concentration in the top-left and bottom-right corners. The droplets have highlights and shadows, giving them a three-dimensional appearance.

МАЛЫЕ ГЭС. ВОДОПОДВОДЯЩИЕ СООРУЖЕНИЯ И ГИДРОТУРБИНЫ

ЛЕКЦИЯ №4



МАЛАЯ ГИДРОЭНЕРГЕТИКА

Малая гидроэнергетика – это составная часть гидроэнергетики, связанная с использованием энергии водных ресурсов и гидравлических систем при помощи гидроэнергетических установок малой мощности

ГОСТ Р 51238 - 98 Гидроэнергетика малая. Термины и определения

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ МАЛОЙ ГИДРОЭНЕРГЕТИКИ В РОССИИ

В 1892 году состоялся пуск
Зыряновской ГЭС на
Рудном Алтае

Станцию построили на речке
Березовка (приток р.Бухтарма)





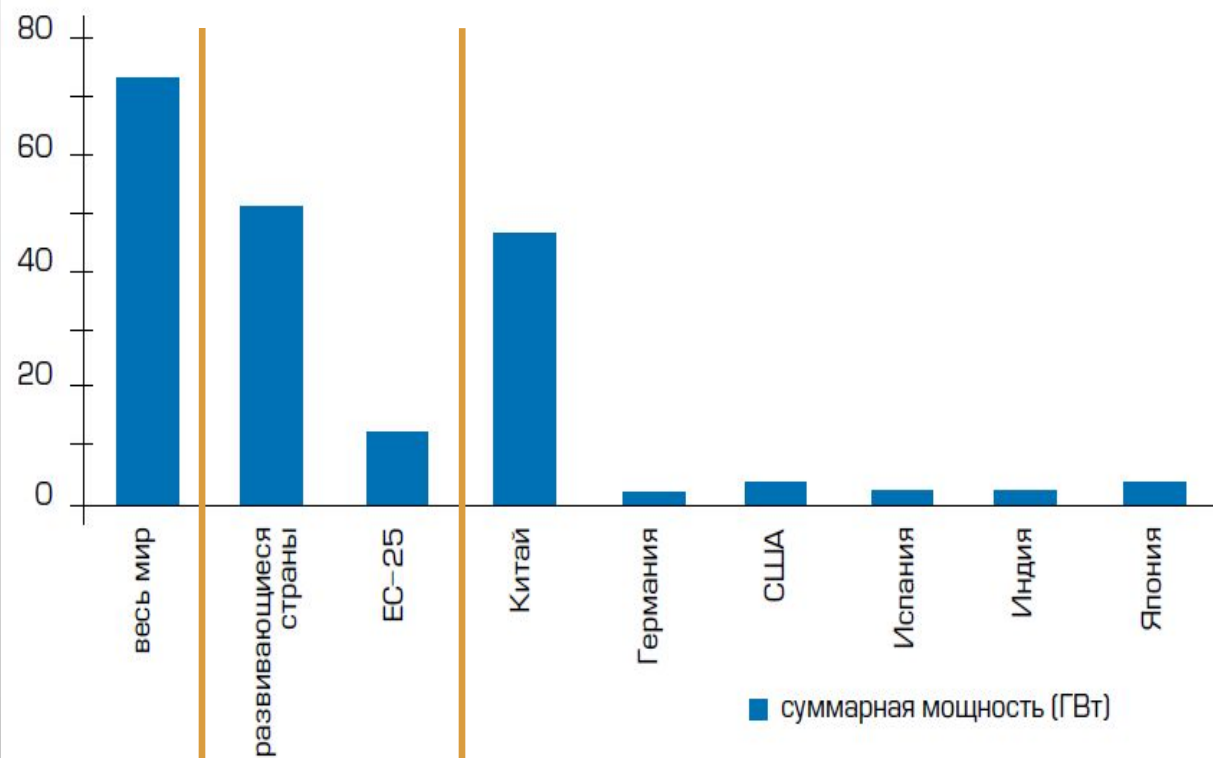
ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ МАЛОЙ ГИДРОЭНЕРГЕТИКИ В РОССИИ



КЛАССИФИКАЦИЯ ОБЪЕКТОВ МАЛОЙ ГИДРОЭНЕРГЕТИКИ

Страна	Мощность
Австрия, Германия, Польша, Испания	До 2 МВт
Латвия и Швеция	До 5 МВт
Греция, Ирландия, Португалия	До 10 МВт
США	До 15 МВт (до 30 МВт после 1980 г.)
СССР	До 30 МВт

СУММАРНАЯ МОЩНОСТЬ МАЛОЙ ГИДРОЭНЕРГЕТИКЕ В МИРЕ



- В «старых» членах Евросоюза (EU-25) имеется **16,8 тысяч малых ГЭС** средней мощностью 0,7 МВт, что обеспечивает суммарную мощность 10 ГВт.
- В Китае действует около **83 тысяч** малых ГЭС.

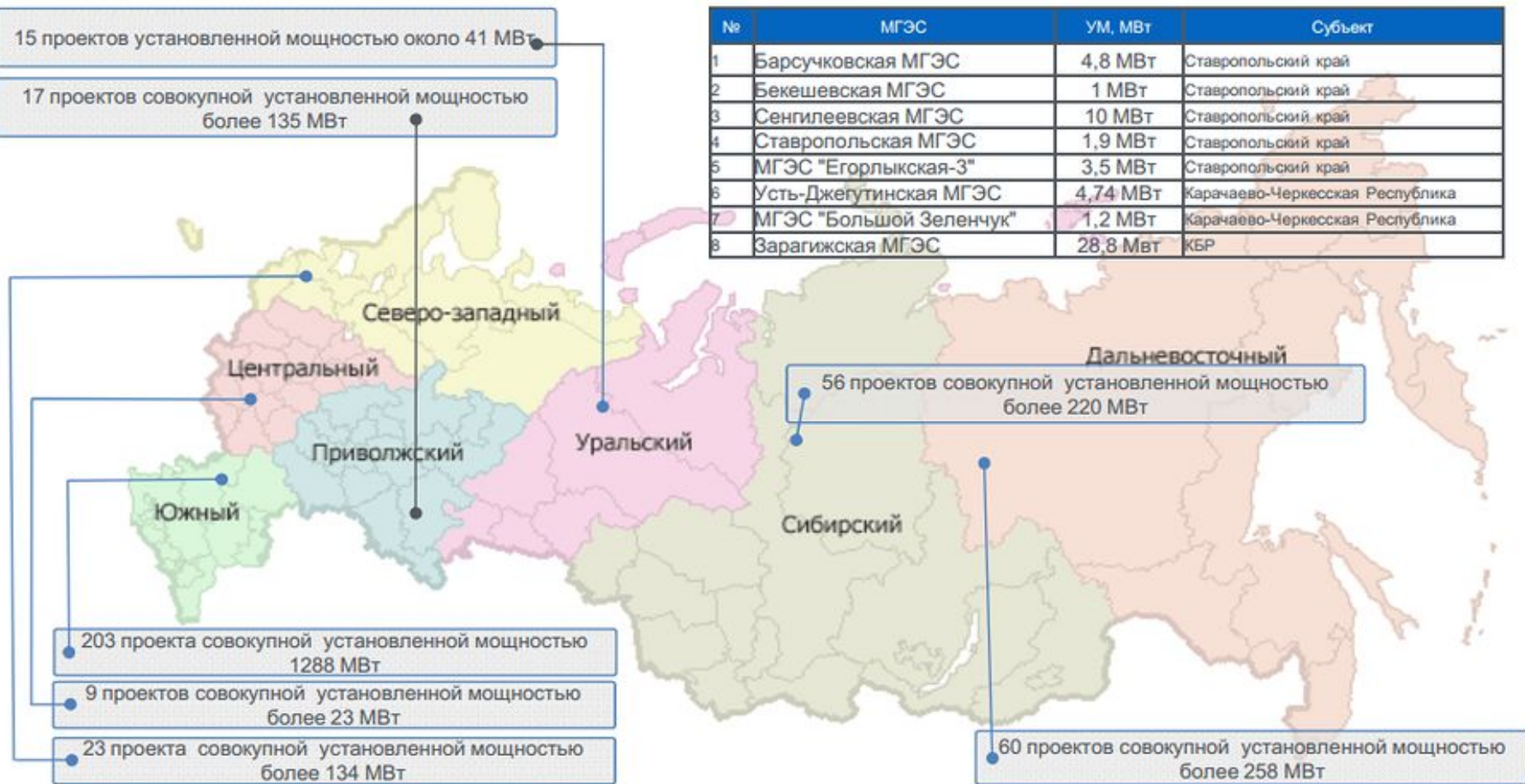


РусГидро

Программа развития МГЭС

Пилотные проекты включены в Инвестиционную программу

№	МГЭС	УМ, МВт	Субъект
1	Барсучковская МГЭС	4,8 МВт	Ставропольский край
2	Бекешевская МГЭС	1 МВт	Ставропольский край
3	Сенгилеевская МГЭС	10 МВт	Ставропольский край
4	Ставропольская МГЭС	1,9 МВт	Ставропольский край
5	МГЭС "Егорлыкская-3"	3,5 МВт	Ставропольский край
6	Усть-Джегутинская МГЭС	4,74 МВт	Карачаево-Черкесская Республика
7	МГЭС "Большой Зеленчук"	1,2 МВт	Карачаево-Черкесская Республика
8	Зарагужская МГЭС	28,8 МВт	КБР



Проектные институты в рамках инновационной программы выполняют актуализации карты створов МГЭС на основе ГИС

ПРОИЗВОДИТЕЛИ МАЛЫХ ГЭС В РОССИИ

ЗАО "Норд Гидро"

АО «НПО ЦКТИ» ("Научно-производственное объединение по исследованию и проектированию энергетического оборудования им. И.И. Ползунова")

ООО «Энерго-Альянс»,

АО «МНТО ИНСЭТ» - микроГЭС, ГА для мини, малых ГЭС

НПЦ «Ранд», г. Санкт-Петербург

ОА «Напор»

АО «НИИЭС»

АО «Ленинградский металлический завод»

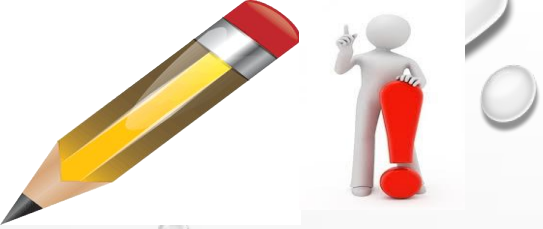
ООО «Энергомашкорпорация»

АО «Уралэлектротяжмаш»

ОА «Тяжмаш» г.Сызрань

АО «Энергомаш»

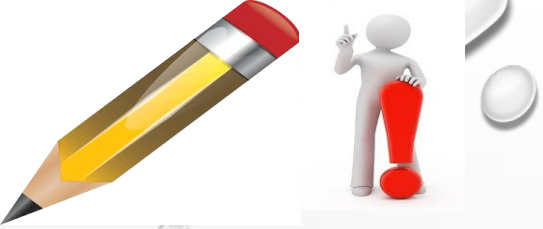
АО «Электросила» - генераторы



КЛАССИФИКАЦИЯ ОБЪЕКТОВ МАЛОЙ ГИДРОЭНЕРГЕТИКИ ПО МОЩНОСТИ

наименование	Установленная мощность	расход	Диаметр рабочего колеса
МикроГЭС	до 100 кВт	$< 0,4 \text{ м}^3/\text{с}$	$< 0,3 \text{ м}$
МиниГЭС	100-1000 кВт	$0,4-12,8 \text{ м}^3/\text{с}$	$0,3-0,8 \text{ м}$
Малые ГЭС	1-30 МВт	$>12,8 \text{ м}^3/\text{с}$	$>0,8 \text{ м}$

ГОСТ Р 51238 - 98 Гидроэнергетика малая. Термины и определения



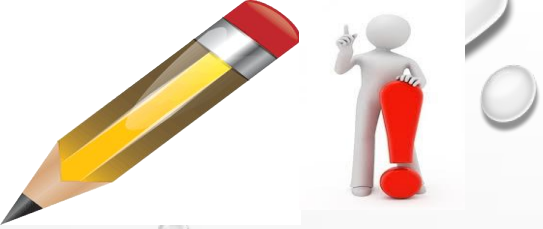
ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ ДЛЯ МАЛЫХ ГЭС

Небольшие реки, ручьи

технологические водотоки (промышленные и
канализационные сбросы)

Ирригационные каналы в сельской местности

Искусственные водоёмы



КЛАССИФИКАЦИЯ ОБЪЕКТОВ ТИПУ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ ПОТОКА

Напорные

Кинетические



$$\mathcal{E}_{1-2} = \mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2 = \rho g W \cdot \left(\left(z_1 - \frac{p_1}{\rho g} \right) - \left(z_2 - \frac{p_2}{\rho g} \right) + \left(\frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} - \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} \right) \right)$$

КЛАССИФИКАЦИЯ ОБЪЕКТОВ МАЛОЙ ГИДРОЭНЕРГЕТИКИ

Напорные

Плотинные



Деривационные

стационарные



Мобильные



ЧЕМАЛЬСКАЯ ГЭС



ЗЕЛАЙРСКАЯ ГЭС



ЭЗМИНСКАЯ ГЭС



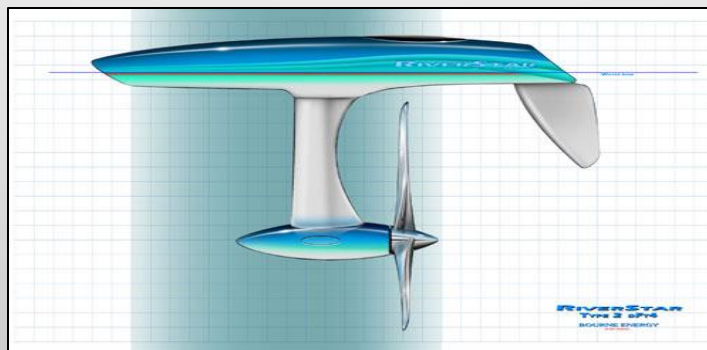
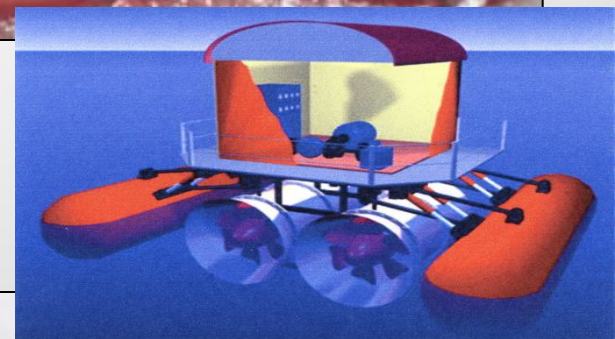
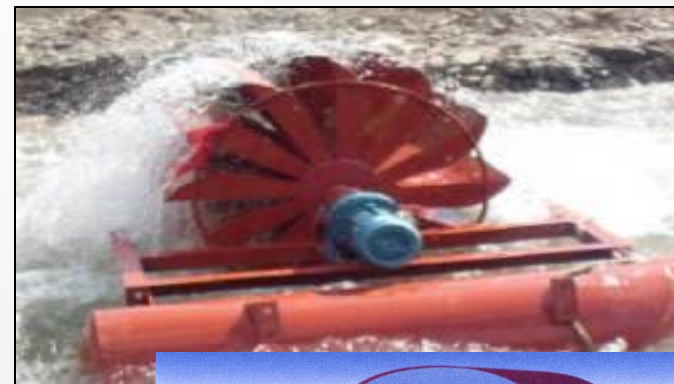
КЛАССИФИКАЦИЯ ОБЪЕКТОВ МАЛОЙ ГИДРОЭНЕРГЕТИКИ

Кинетические (безнапорные, свободнопоточные)

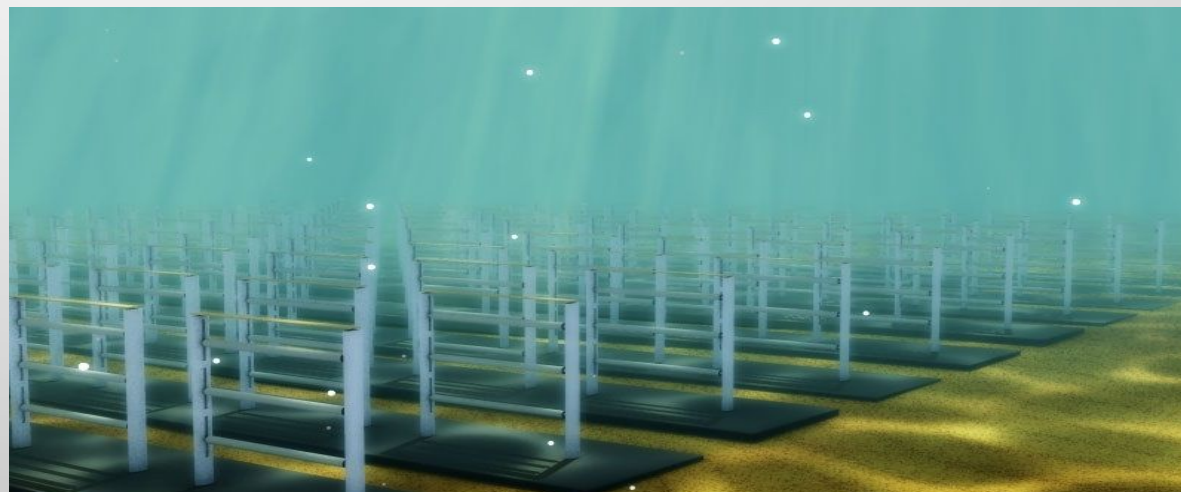
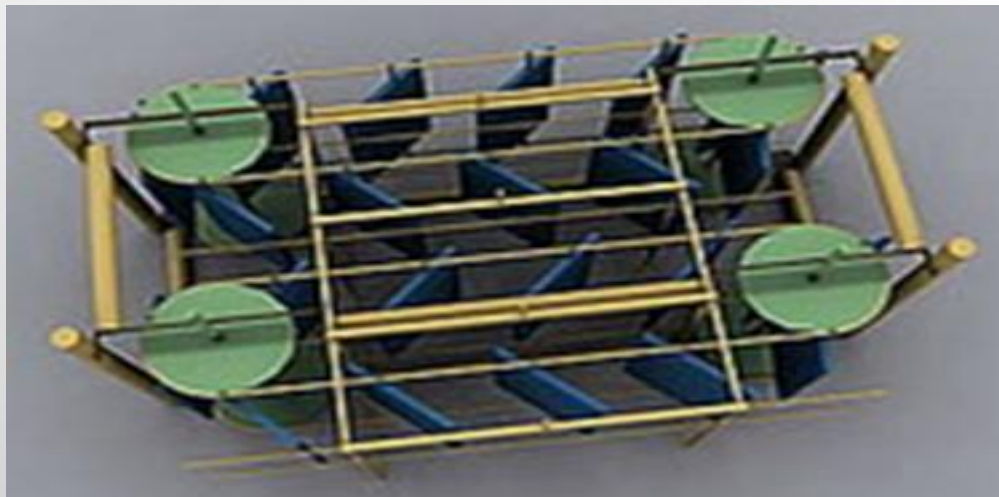
гирляндные

наплавные

погружные



КЛАССИФИКАЦИЯ ОБЪЕКТОВ МАЛОЙ ГИДРОЭНЕРГЕТИКИ



МИНИ-ГЭС НА СТОЧНЫХ ВОДАХ В ТОМСКЕ



9 сентября 2014 года

Мощность: 1000 кВА

**Годовая выработка:
3 млн. кВт*ч**



МГЭС на сбросах Минской ТЭЦ-2, Белоруссия

Станции введена в эксплуатацию в 2007 г.



На станции установлено
два гидроагрегата ГАС
мощностью по 130 кВт
с пропеллерной
турбиной $\varnothing 1000$ мм



ИНСЭТ



КАПИТАЛОВЛОЖЕНИЯ И ОКУПАЕМОСТЬ МГЭС

Строительство МГЭС на
существующих гидроузлах

1100\$-
1800\$

Восстановление не
действующих МГЭС

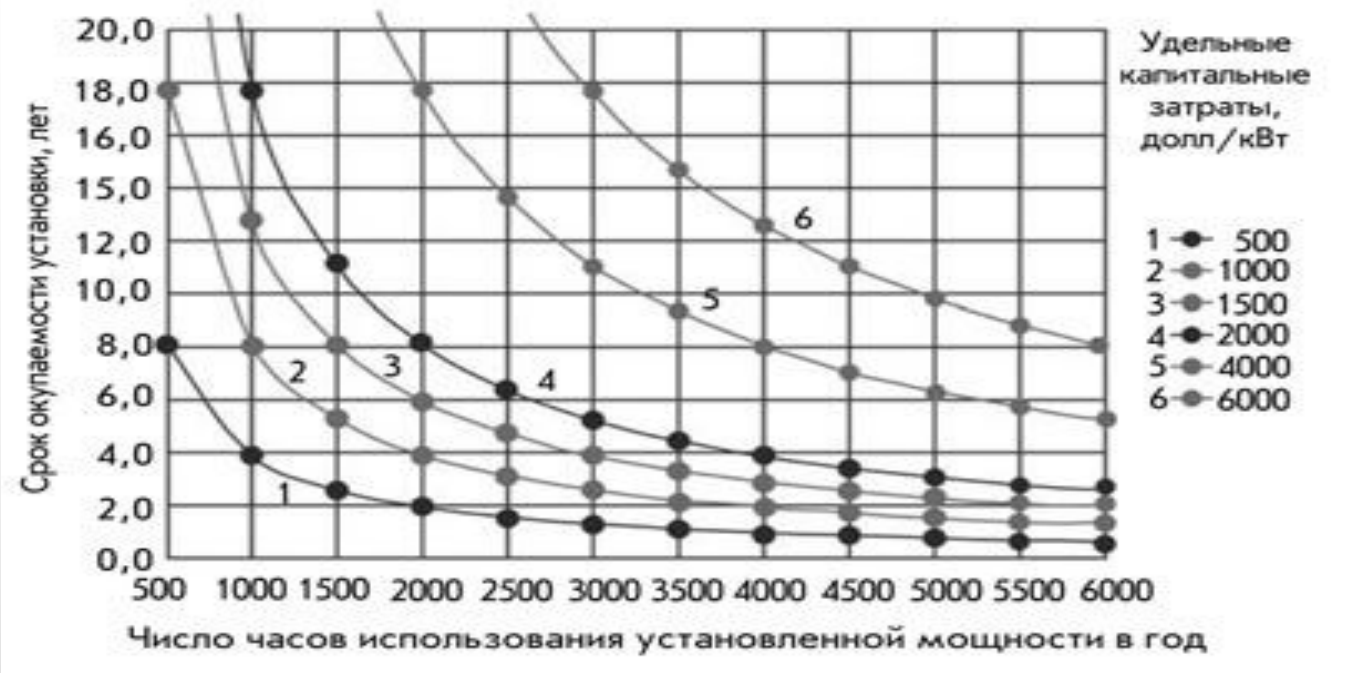
1100\$-
3500\$

Новое строительство МГЭС
(деривационная схема)

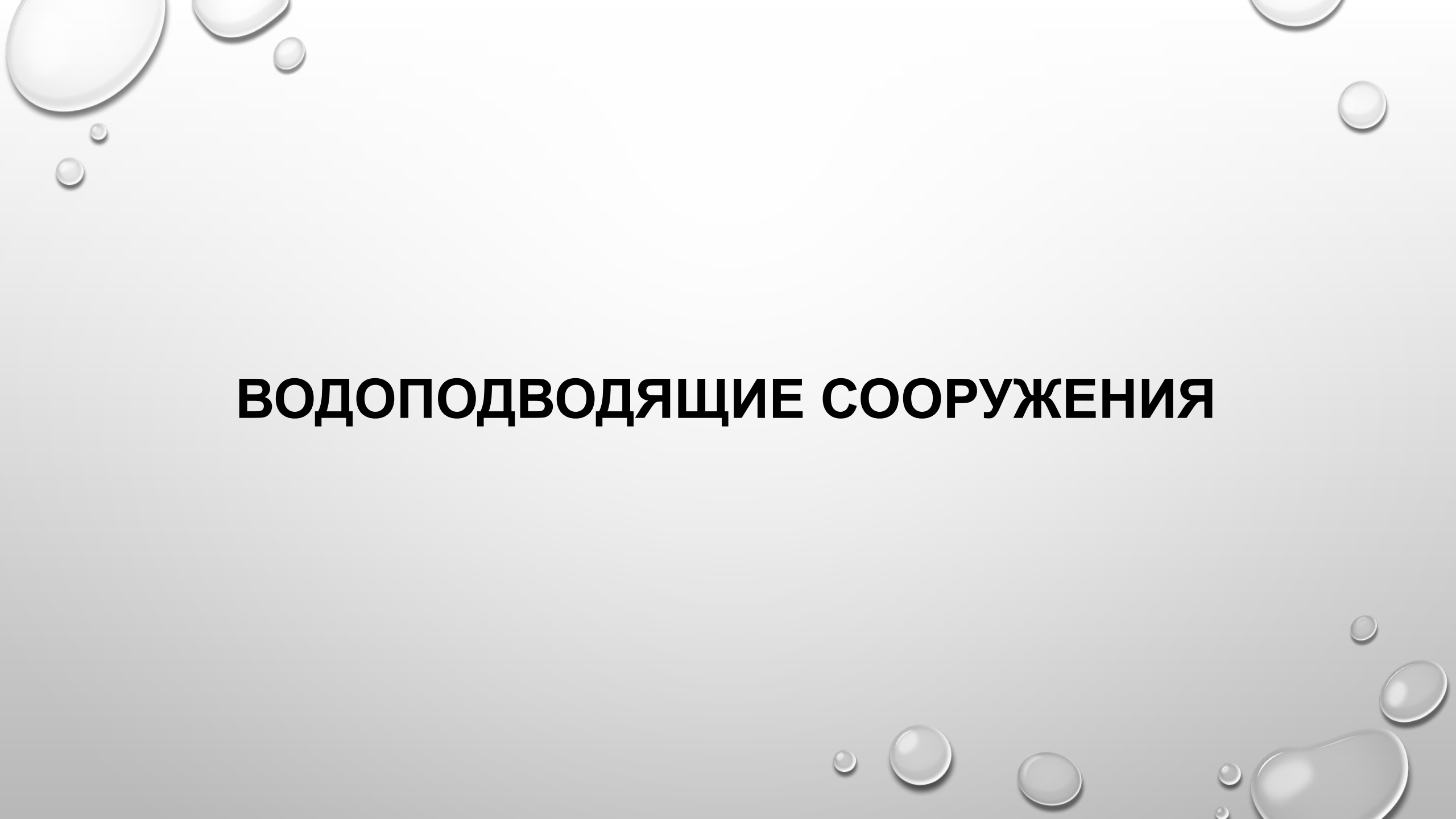
1200\$-
2500\$

Новое строительство МГЭС
(кроме деривационной)

1700\$-
4500\$

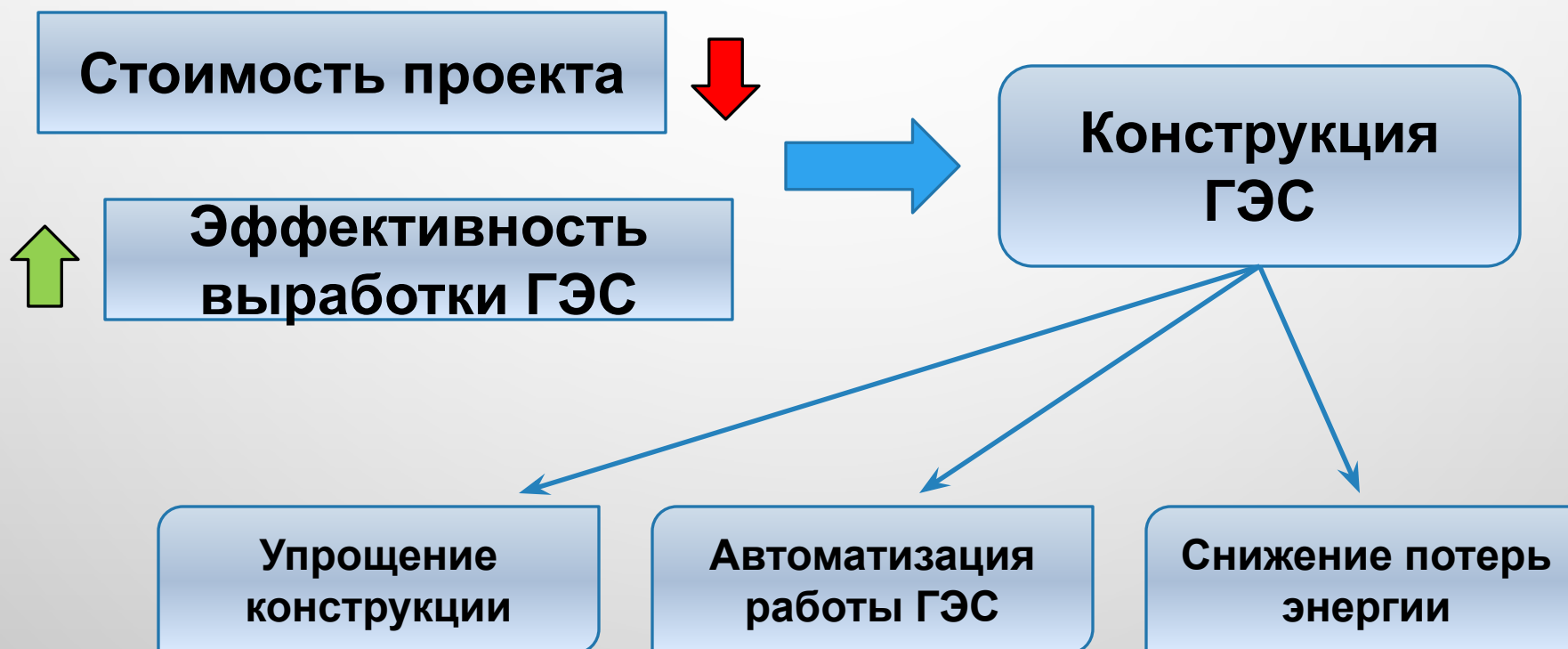


8760 ч. – 2880 ч. (4 мес.) = 5880 ч. – для
средних широт

The image features a light gray gradient background. In the top-left and bottom-right corners, there are clusters of realistic water droplets of various sizes, rendered with soft shadows and highlights to give them a three-dimensional appearance. The text is centered horizontally in the middle of the frame.

ВОДОПОДВОДЯЩИЕ СООРУЖЕНИЯ

ЗАДАЧА ВЫБОРА КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ГЭС



ОСНОВНЫЕ КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Гидротехнические сооружения ГЭС

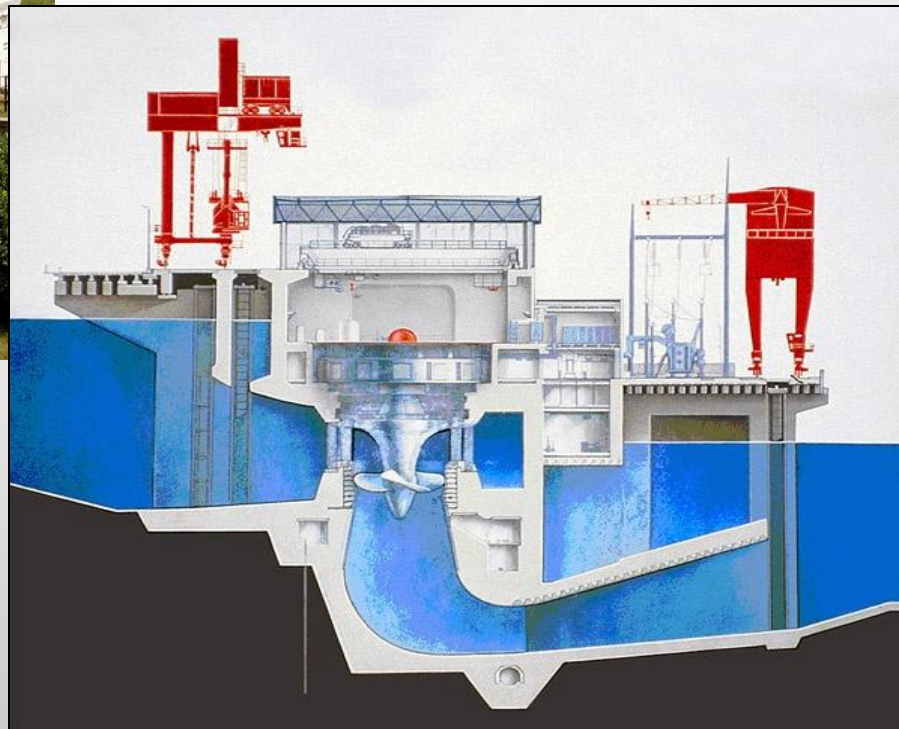
Водоподводящие сооружения

гидротурбина

генератор

**Система стабилизации выходных
параметров**

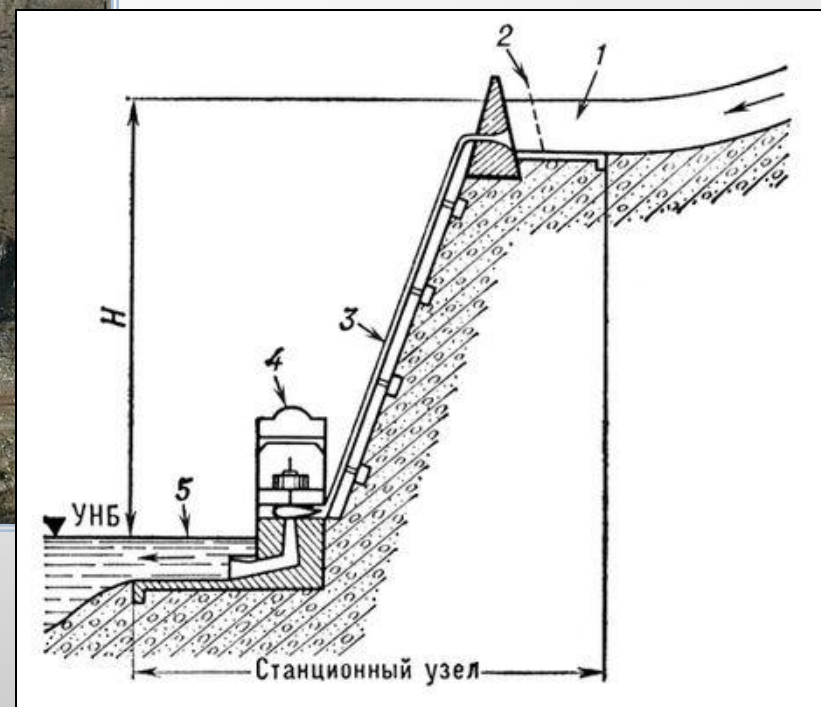
ПЛОТИННЫЕ ГЭС



ДЕРИВАЦИОННЫЕ ГЭС



Эзминская
ГЭС

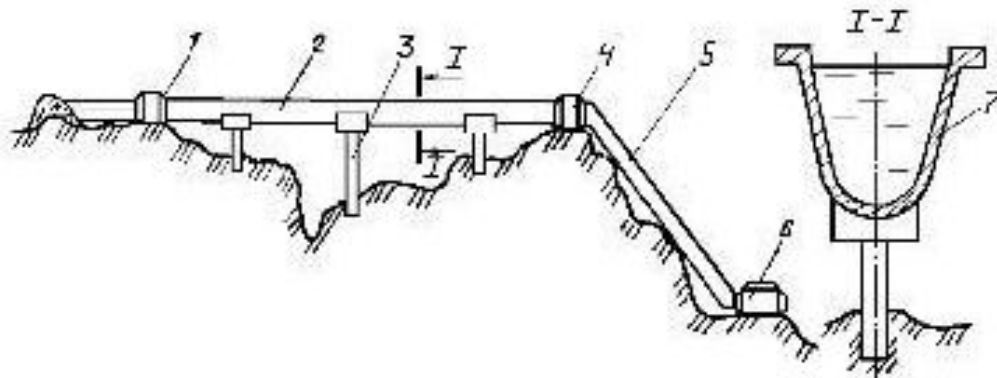


СВОБОДНОПОТОЧНЫЕ ГЭС





ВОДОПОДВОДЯЩИЕ СООРУЖЕНИЯ



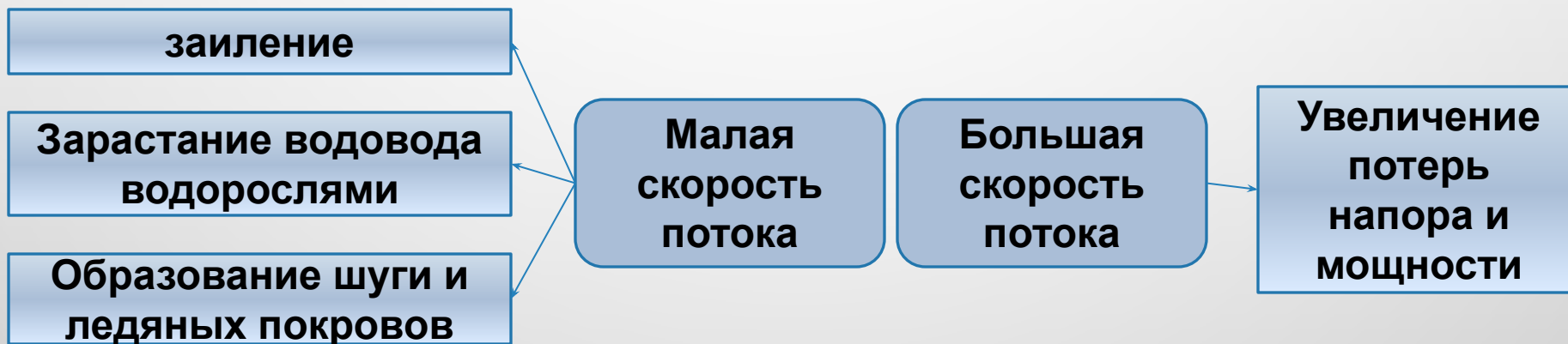
1. Каналы-деривации и безнапорные лотки
2. Водоприёмники
3. Водоводы





РАСЧЁТ ПАРАМЕТРОВ БЕЗНАПОРНОЙ ДЕРИВАЦИИ

1. При строительстве безнапорного участка деривации очень важен выбор уклона i дна канала, от которого зависит скорость протока воды в нем



$$v = 1,0 \div 1,5 \text{ м}^3 / \text{с}$$

$$v > (t_H)^{0.06}$$

t_H - минимальная температура наружного воздуха,
С°

РАСЧЁТ ПАРАМЕТРОВ БЕЗНАПОРНОЙ ДЕРИВАЦИИ

$$\Delta h = i \cdot L$$

Уклон канала определяют по формуле Шези:

$$i = \frac{v^2}{C^2 \cdot R},$$

R - гидравлический радиус живого сечения канала, м;

C - коэффициент Шези

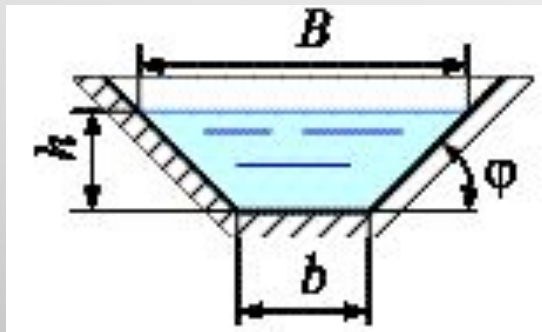
РАСЧЁТ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАДИУСА БЕЗНАПОРНОЙ ДЕРИВАЦИИ

$$R = \frac{\omega}{\chi},$$

Площадь живого сечения

χ - смоченный периметр, длина линии, по которой жидкость в живом сечении соприкасается с твердыми поверхностями

Водоток трапециевидного сечения

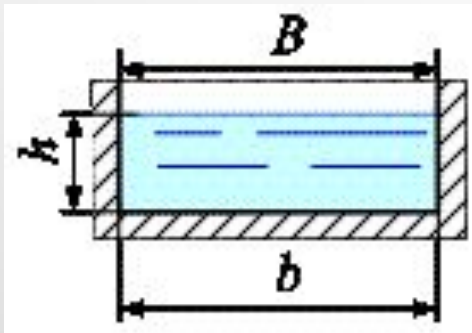


$$\omega = (b + \operatorname{ctg}(\varphi) \cdot h) \cdot h$$

$$\chi = b + 2h\sqrt{\operatorname{ctg}^2(\varphi) + 1}$$

РАСЧЁТ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАДИУСА БЕЗНАПОРНОЙ ДЕРИВАЦИИ

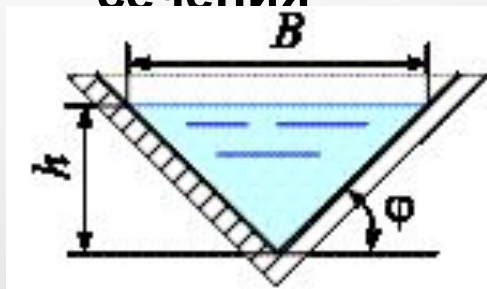
Водоток прямоугольного



$$\omega = b \cdot h$$

$$\chi = b + 2h$$

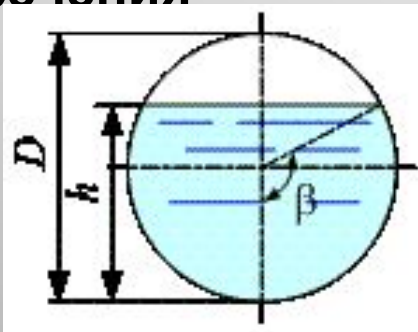
Водоток треугольного
сечения



$$\omega = \operatorname{ctg}(\varphi) \cdot h^2$$

$$\chi = 2h\sqrt{\operatorname{ctg}^2(\varphi) + 1}$$

Водоток круглого
сечения



$$a = 1 - 2\frac{h}{d}$$

$$\beta = \arccos(a)$$

$$\omega = \frac{d^2}{4}(\beta - a \sin(\beta))$$

$$\chi = \beta \cdot d$$

РАСЧЁТ КОЭФФИЦИЕНТА ШЕЗИ

$$C = \frac{R^{1/6}}{n},$$

Коэффициент
шероховатости
(справочная величина)

Материал стенок русла	Коэффициент шероховатости
Сталь	0,012
Чугун	0,013
Бетон	0,013
Нескальный грунт	0,025
Скальный грунт	0,040

НАПОРНЫЙ ВОДОВОД

На крупных ГЭС:

Сложная армированная железобетонная конструкция

На малых ГЭС:

Может отсутствовать у гидроэлектростанций плотинного типа.

У ГЭС деривационного типа может быть использован:

1. Стальной трубопровод
2. Бетонный трубопровод (бетонные кольца)
3. Резиновый трубопровод
4. Рукавный трубопровод

РАСЧЁТ ПАРАМЕТРОВ ВОДОВОДА

1. Диаметр водовода

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{3.14 \cdot v}}$$

2. Потери напора в водоводе

2.1 Потери напора на трение

$$\Delta h_{тр} = \frac{128vQL}{\pi g D^4}$$

v - Кинематический коэффициент

	v
Чистая вода при $t=20\text{ }^{\circ}\text{C}$	$1,01 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$
Чистая вода при $t=10\text{ }^{\circ}\text{C}$	$1,31 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$

РАСЧЁТ ПАРАМЕТРОВ ВОДОВОДА

2.1 Местные потери напора

$$\Delta h_{\text{дон}} = \frac{0.083 \cdot f \cdot Q}{D^4},$$

f - коэффициент местного

элемент	f
Вход в водовод с острыми краями	0,5
Вход в водовод с закругленными краями	0,2
задвижка	0,12
Колено 90%	0,3
Закругление	0,14

Действительный
напор:

$$H_{\text{д}} = H - \sum \Delta h, \text{ м}$$

ГИДРОТУРБИНЫ

СОСТАВ ГИДРОТУРБИНЫ

Спиральная камера

**Система регулирования подачи
энергоносителя**

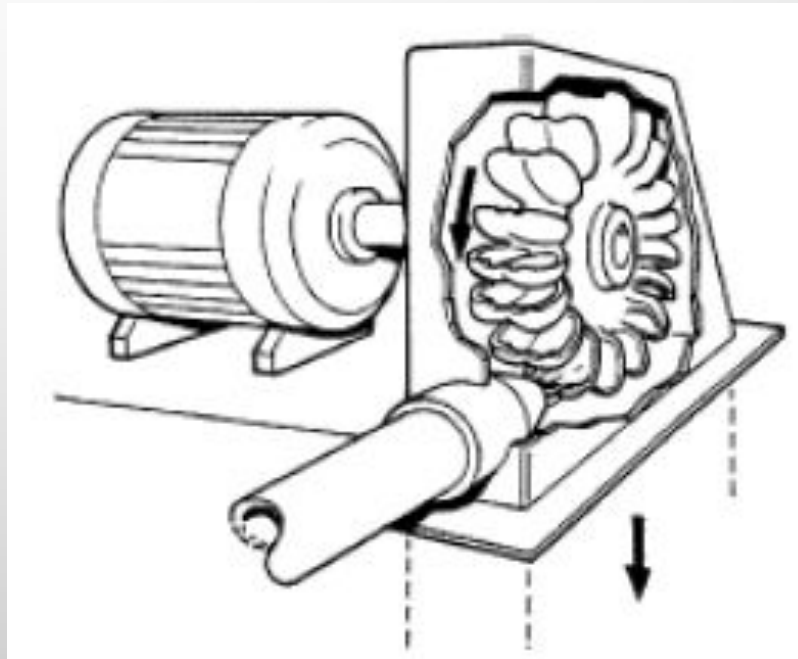
Рабочее колесо

Отсасывающая труба

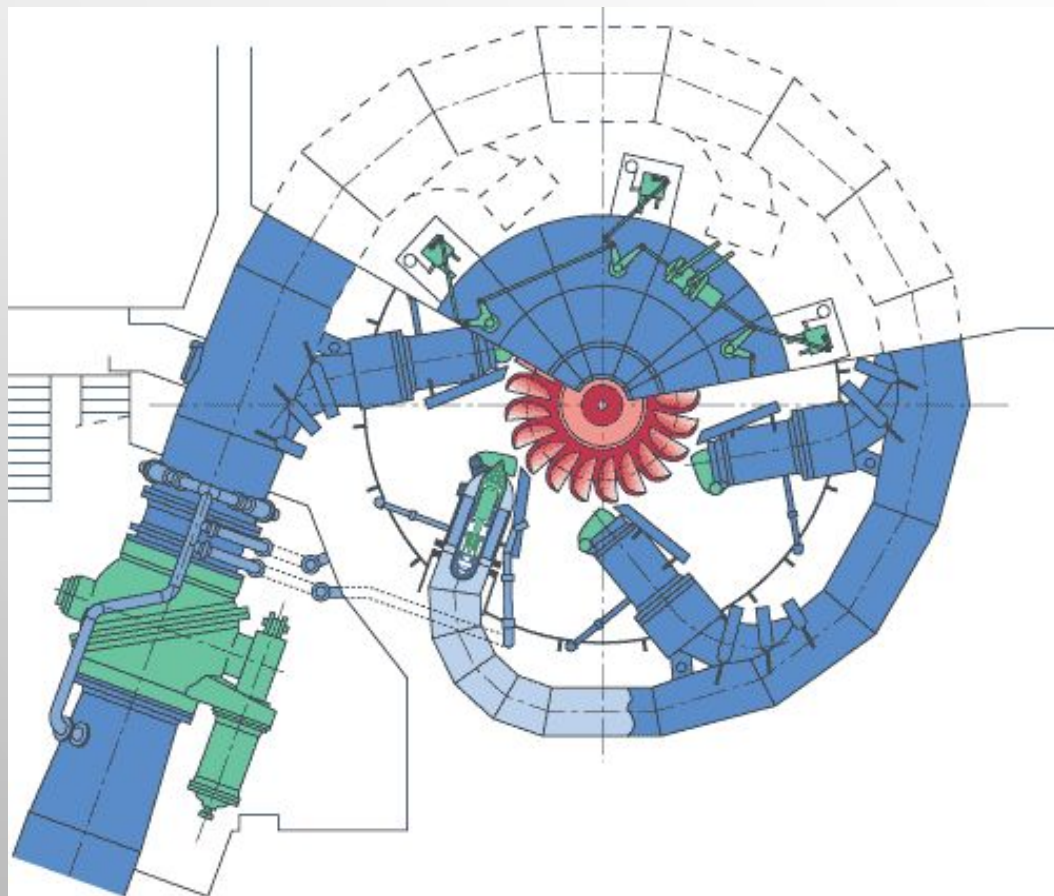
[illegible]

ТИПЫ ГИДРОТУРБИН

1. Турбина Пелтона (Pelton Turbine) - ковшовая активная турбина, использующая высокий напор струи



ЧИСЛО СОПЛ КОВШОВОЙ ТУРБИНЫ

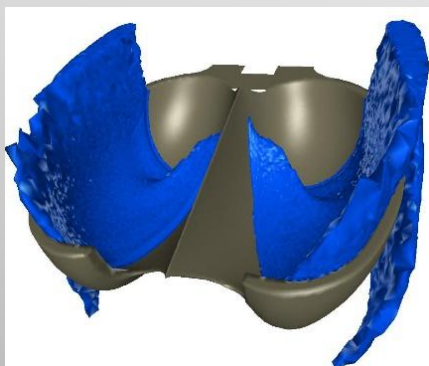


Число сопл может от 1 до 6 (в зависимости от расхода и мощности турбины)

Чем больше сопл, тем равномернее поток поступает на рабочее колесо и тем выше к.п.д. турбины

ЛОПАСТИ (ЧАШИ, КОВШИ) КОВШОВОЙ ТУРБИНЫ

**С разделительным клином
(для больших мощностей)**

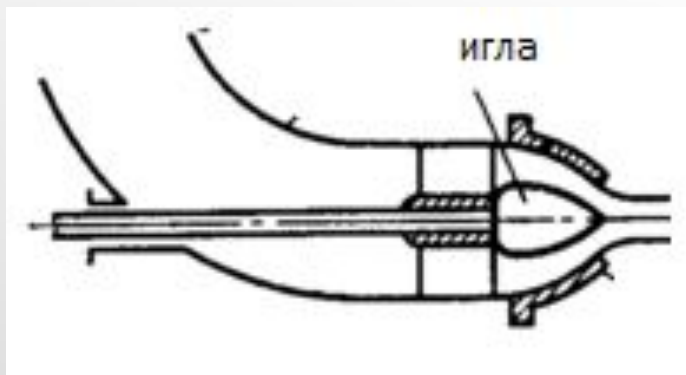


**Без разделительного клина
(для малых мощностей)**

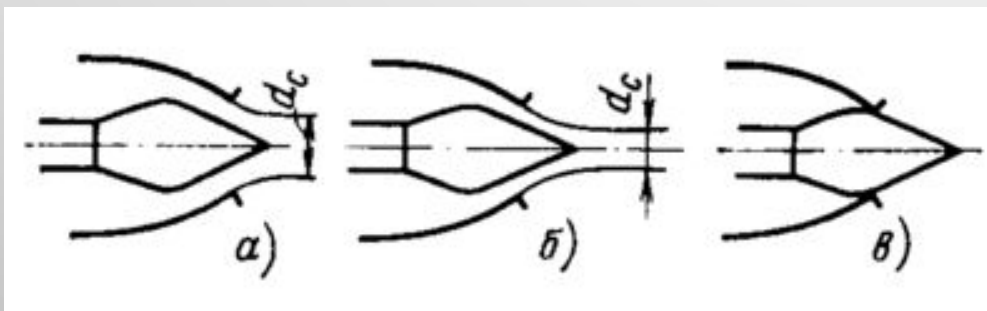


РЕГУЛИРОВАНИЕ РАСХОДА КОВШОВОЙ ТУРБИНЫ

Сопловой аппарат ковшовой турбины

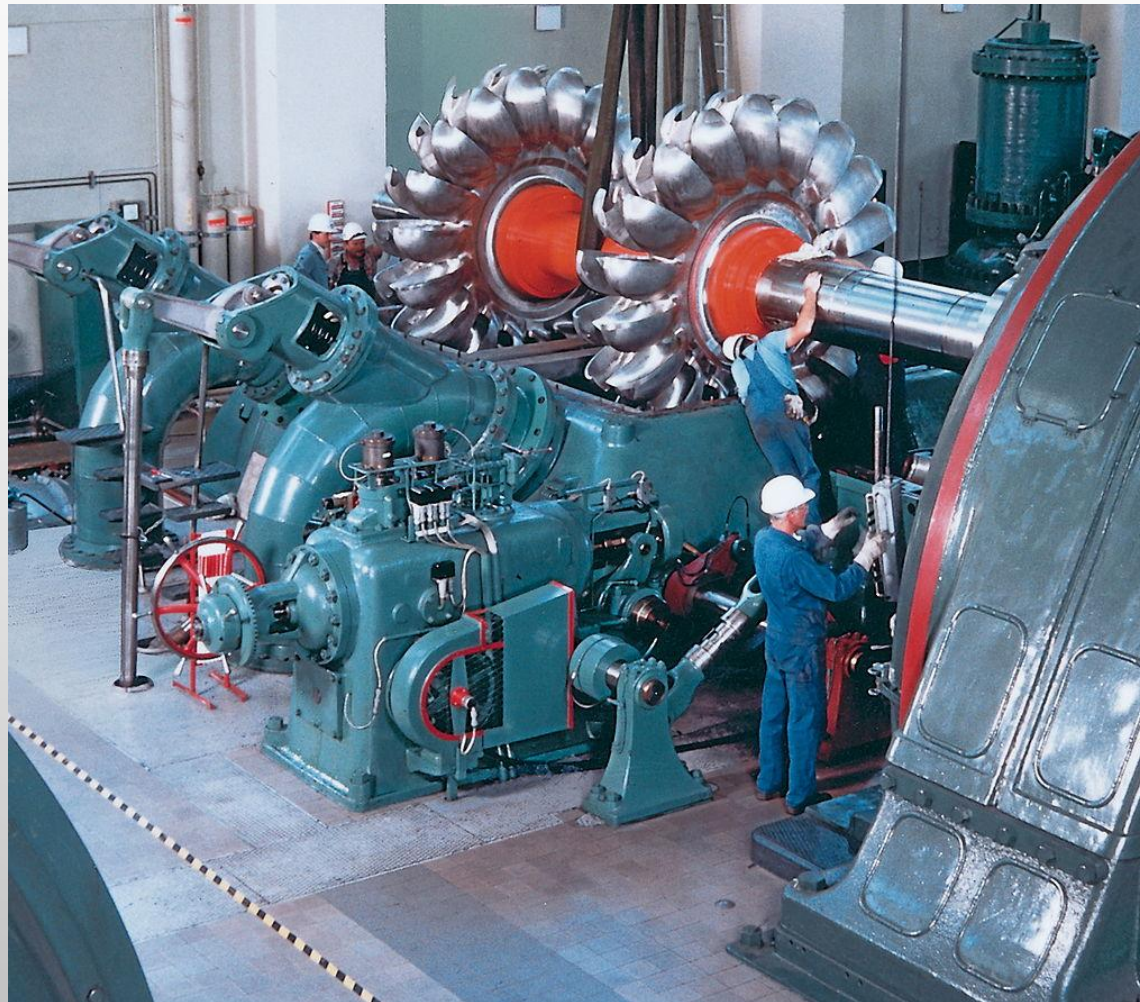


Дефлектор (отклонитель)



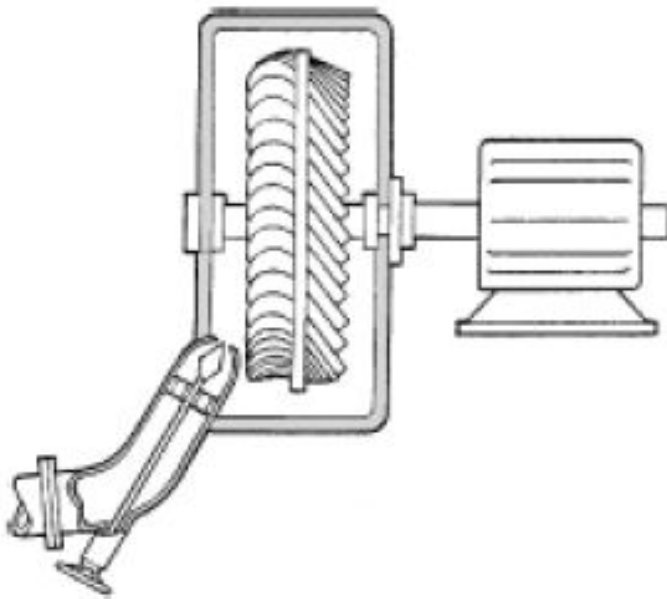
Изменение расхода регулирующей иглой

ДВУХКОЛЕСНАЯ (ТРЕХКОЛЕСНАЯ) КОВШОВАЯ ТУРБИНА



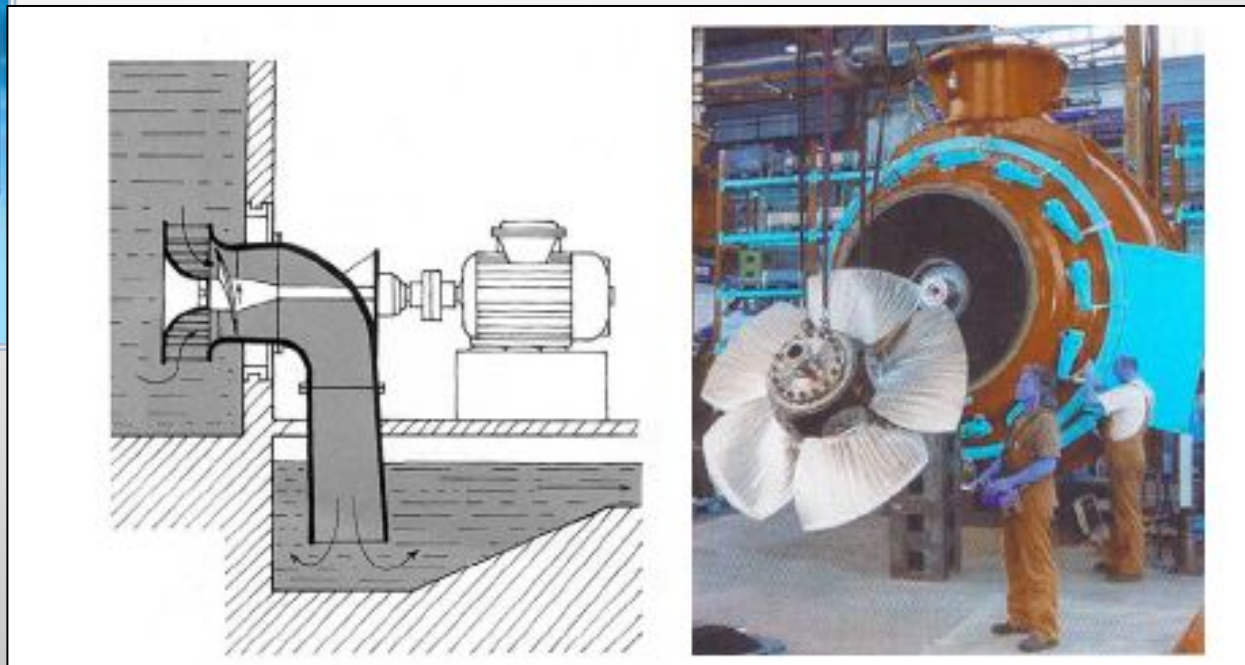
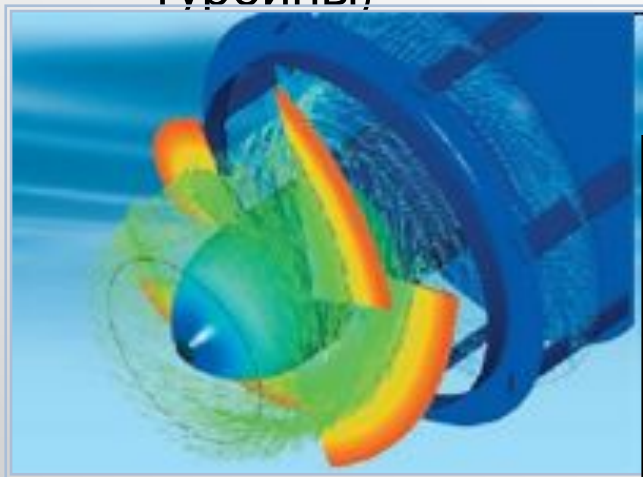
ТИПЫ ГИДРОТУРБИН

2. Турбина Тюрго (Turgo Turbine) – наклонно-струйная активная турбина, использующая высокий напор струи



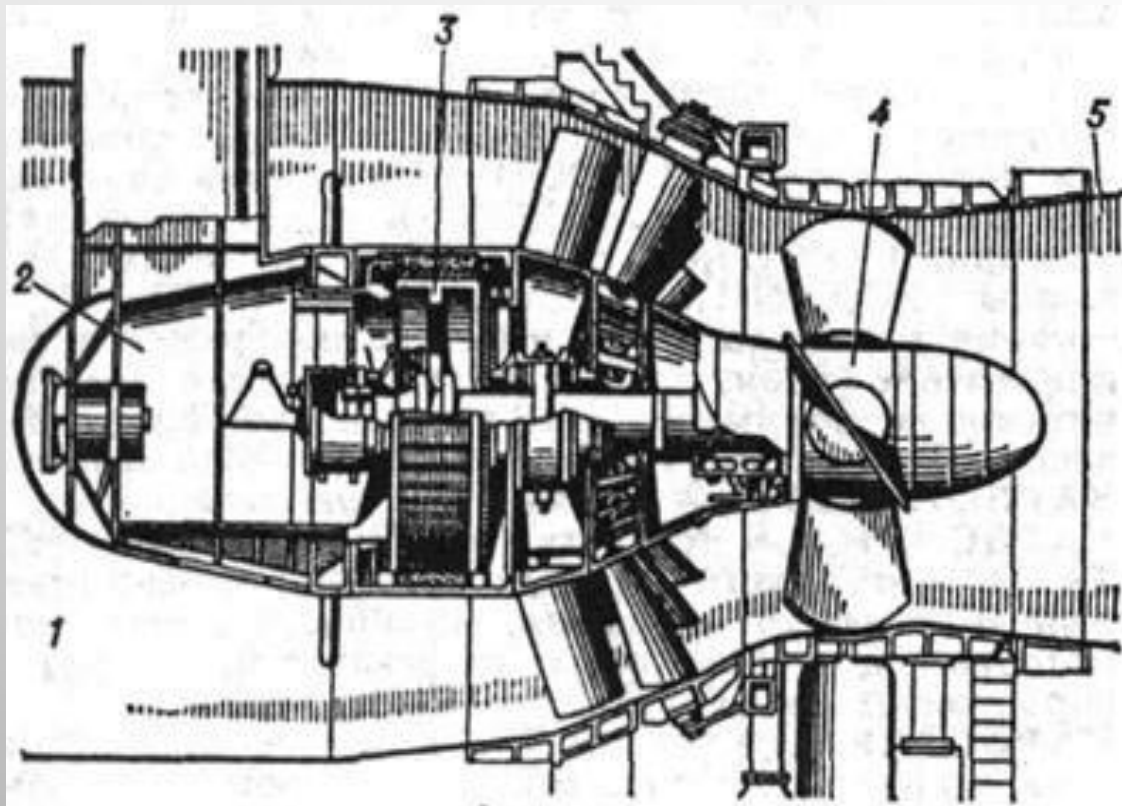
ТИПЫ ГИДРОТУРБИН

3. Турбина Каплана (Kaplan Turbine) - поворотно-лопастная гидротурбина (на малых ГЭС чаще используются пропеллерные турбины)



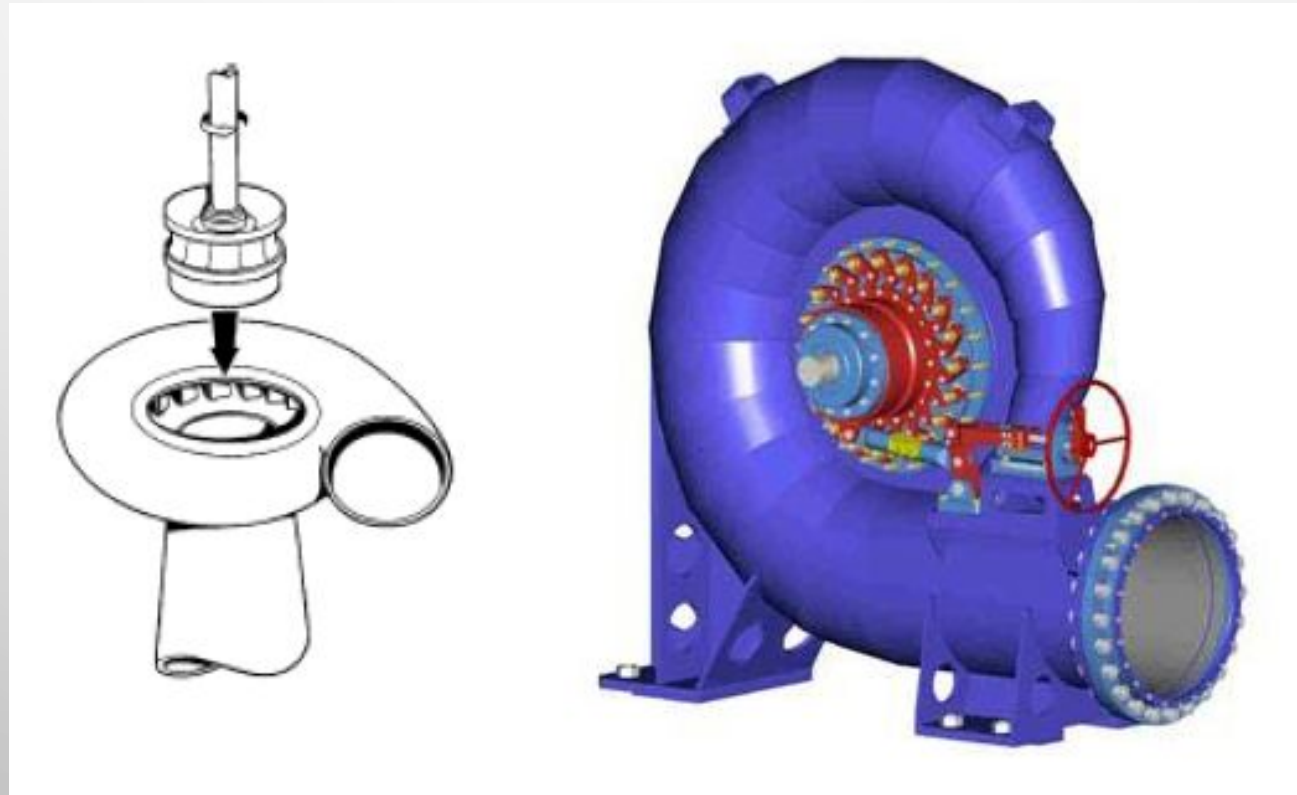
ТИПЫ ГИДРОТУРБИН

4. КАПСУЛЬНАЯ ТУРБИНА



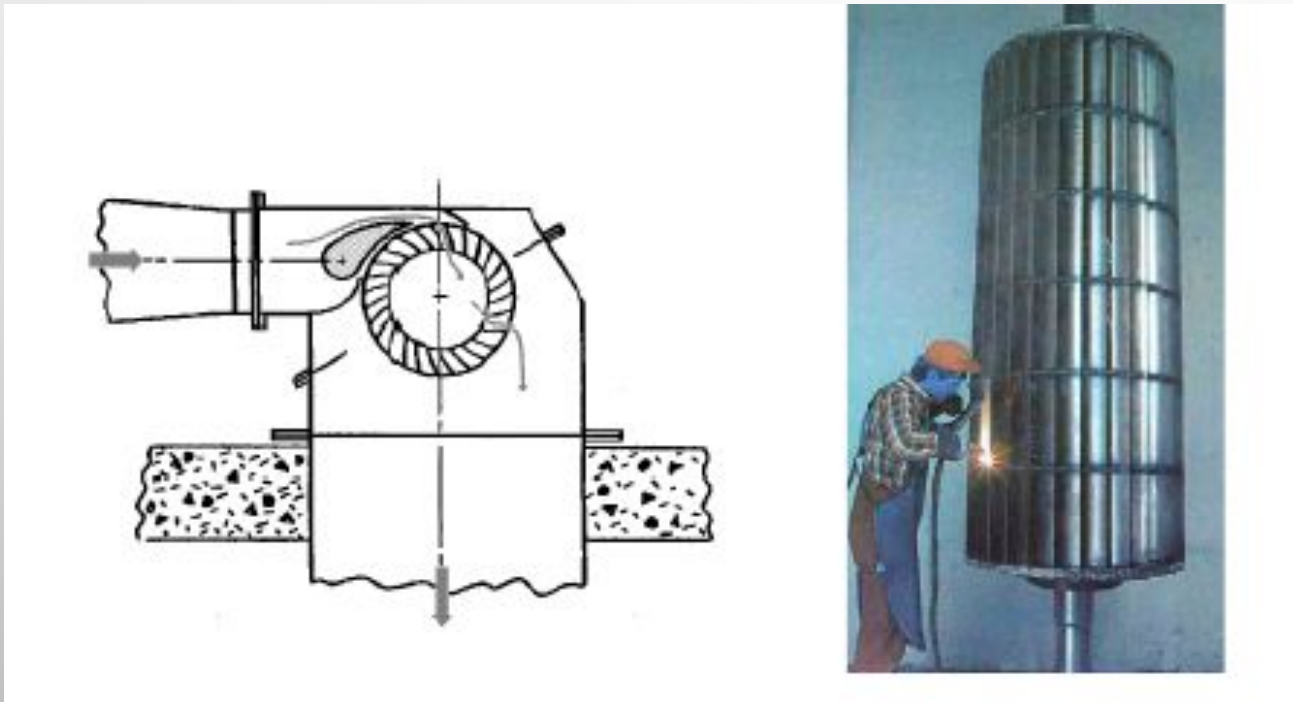
ТИПЫ ГИДРОТУРБИН

5. Турбина Фрэнсиса (Francis Turbine) – радиально-осевая турбина



ТИПЫ ГИДРОТУРБИН

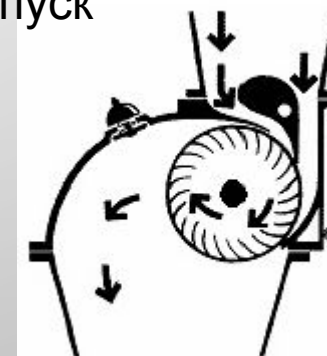
6. Турбина Банки (Banki Turbine) – турбина поперечного течения



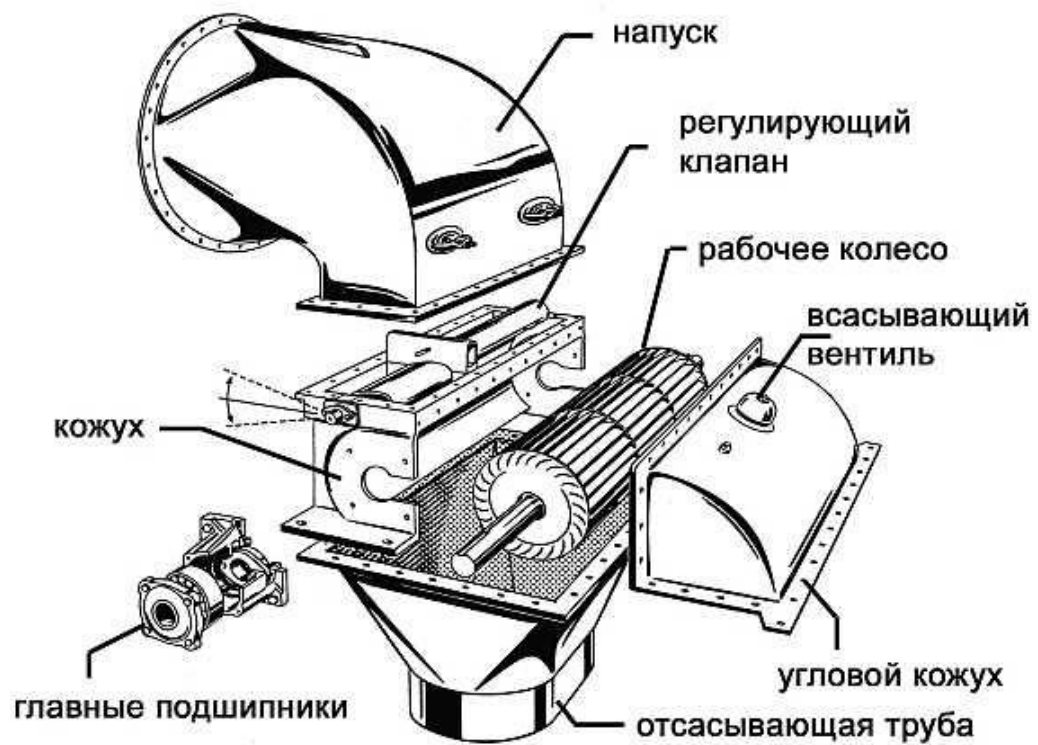
Горизонтальный
напуск



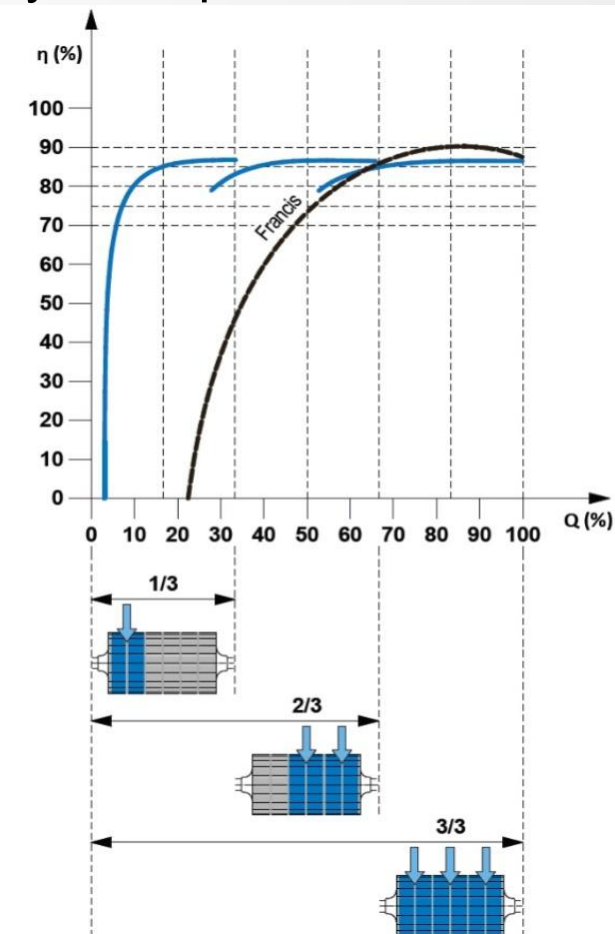
Вертикальный
напуск



КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ГИДРОТУРБИНЫ



Двухкамерное исполнение

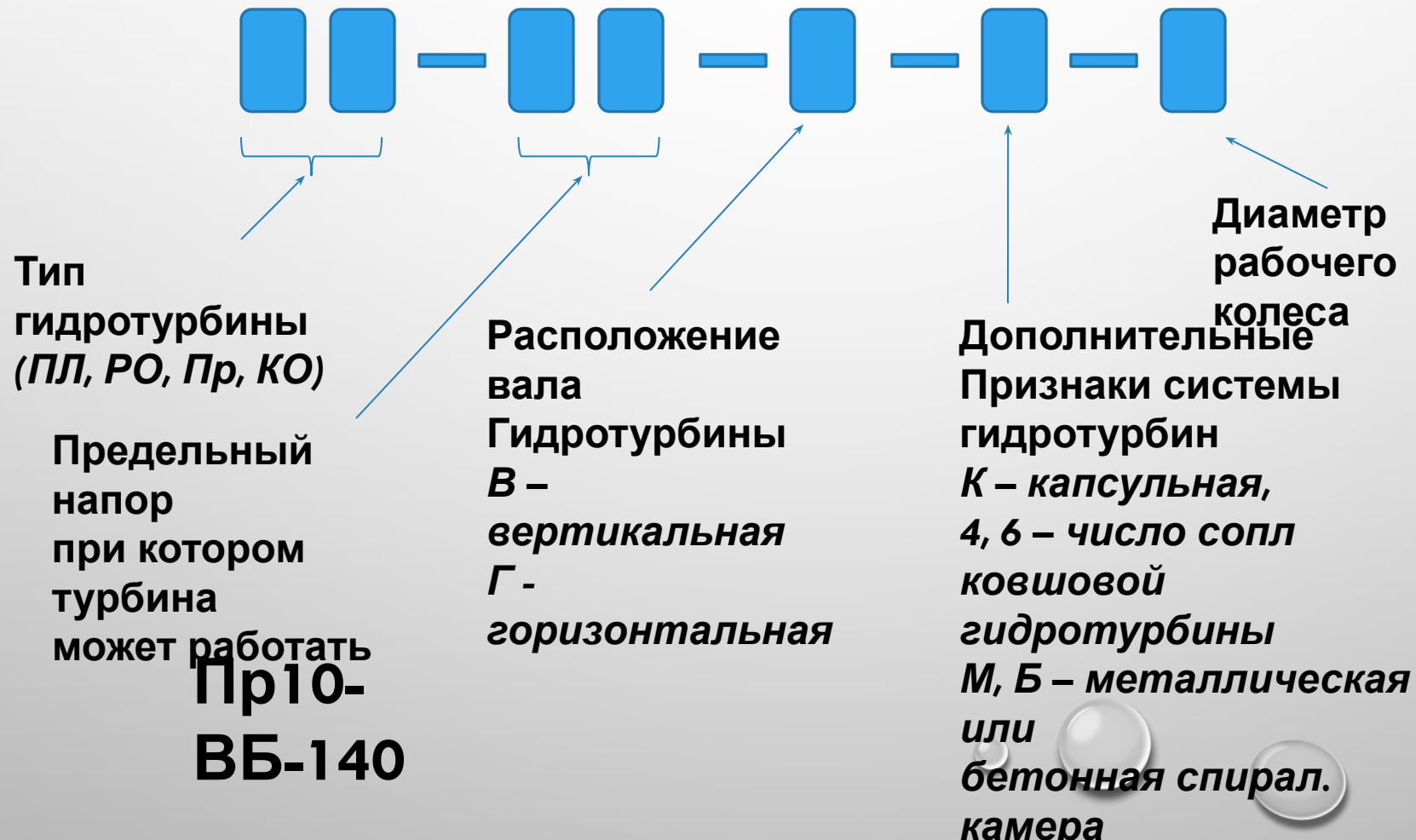


КЛАССИФИКАЦИЯ ТУРБИН ПО НАПОРУ

Вид турбины	Напор, м
Пропеллерная и поворотно-лопастная	3 – 40
Турбина Банки	2-200
Радиально-осевая	10 – 350
Наклонно-струйная	30 - 400
Ковшовая	50 – 1000

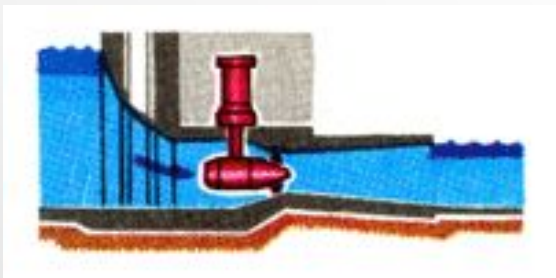


МАРКИРОВКА ГИДРОТУРБИН

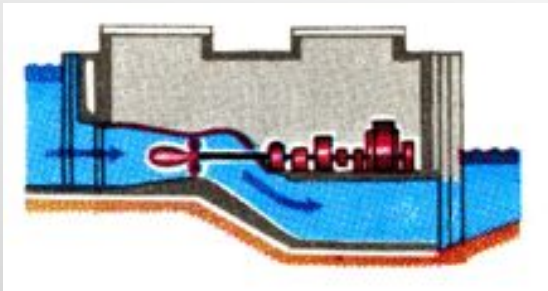


КОМПОНОВКИ ГИДРОАГРЕГАТОВ

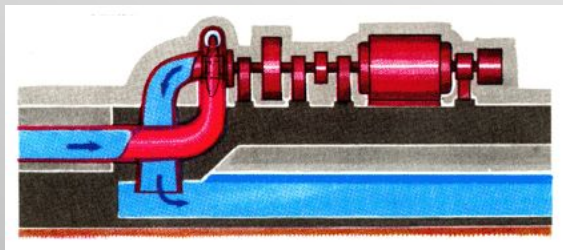
Горизонтальные



Напор: 5-10(15) м, **большой и средний расход**
капсульные гидроагрегаты

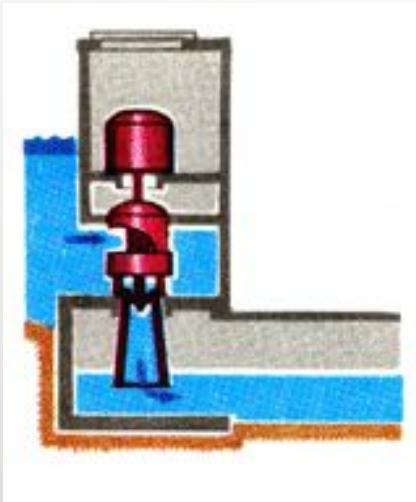


Напор: 5-40 м, **любой расход**
Турбины Каплана и Банки



Напор: 40 м и выше, **малый и средний расход**
Турбина Фрэнсиса (вертикальное исполнение),
Банки, ковшовая, наклонно-струйная

КОМПОНОВКИ ГИДРОАГРЕГАТОВ



Вертикальные

Напор: 20 и более м, **малый и средний расход**
Поворотно-лопастные турбины



Напор: 40 и более м, **большой расход**
Ковшовые, наклонно-струйные турбины, турбины
Фрэнсиса и банки

РАСЧЁТ ПАРАМЕТРОВ ТУРБИН

Малые ГЭС

Расчёт параметров турбины производится индивидуально для объекта на основе модельных характеристик

МикроГЭС

Выбор параметров турбины производится на основе имеющихся модульных элементов или комплектных ГЭС

ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ МИКРОГЭС

Микрогидроэлектростанции с пропеллерными турбинами

Параметры	Тип МикроГЭС					
	МикроГЭС 10Пр		МикроГЭС 15Пр	МикроГЭС 50Пр		МикроГЭС 100Пр
Мощность, кВт	0,6-4,0	2,2-10,0	3,5-15,0	10,0-30,0	10,0-50,0	10,0-100,0
Напор, м	2,0-4,5	4,5-10,0	4,5-12,0	2,0-6,0	4,0-10,0	4,0-12,0
Расход, м ³ /с	0,07-0,14	0,10-0,21	0,10-0,30	0,3-0,8	0,4-1,0	0,4-1,0
Частота вращения, мин ⁻¹	1000	1500	1500	600	750	750
Номинальное напряжение, В	230		400	230, 400		
Номинальная частота тока, Гц	50		50	50		

п/п	Наименование	Габариты в упаковке, мм	Масса в упаковке, кг
1.	МикроГЭС 10Пр		
1.1.	Энергоблок в составе турбины и генератора	2000 x 700 x 650	250
1.2.	Устройство автоматического регулирования УАР-10	640 x 370 x 1050	70
1.3.	Балластное устройство	300 x 1060 x 1120	80
1.4.	Водозаборное устройство (при необходимости)	1000 x 750 x 600	50
2.	МикроГЭС 50Пр		
2.1.	Энергоблок в составе турбины и генератора	3970 x 1000 x 740	1600
2.2.	Устройство автоматического регулирования (УАР-50М)	645 x 630 x 1470	200
2.3.	Блок балластной нагрузки (2шт):	300 x 1060 x 1260	170

Компания

ИНСЕТ

<http://www.inset.ru/>

НАСОСЫ В КАЧЕСТВЕ ГИДРОТУРБИН

- + Простота
конструкции
- Отсутствие возможности
регулирования

