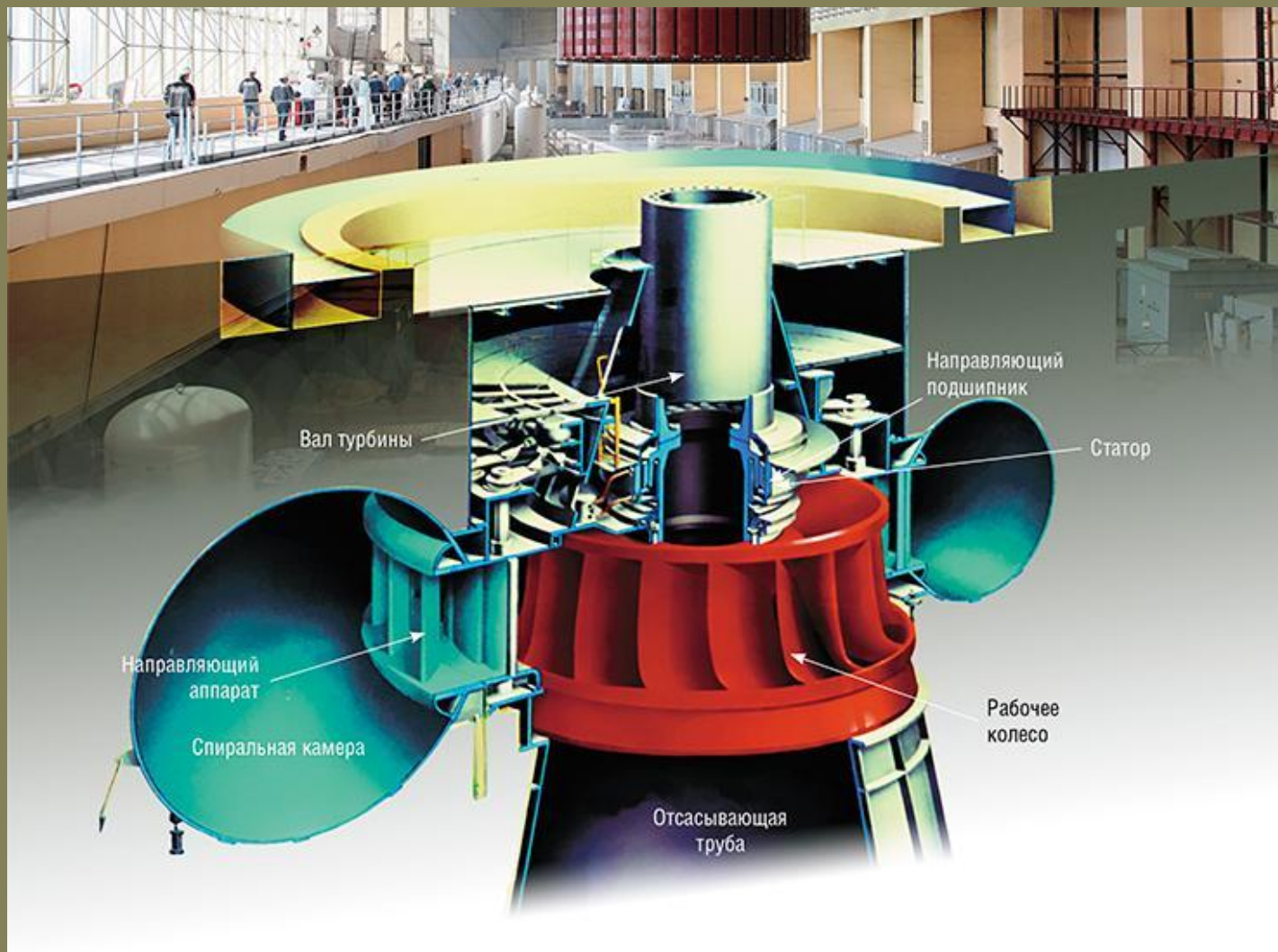


ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ

Лекция 3

Состав гидротурбины

СОСТАВ ГИДРОТУРБИНЫ



турбинная камера

Система регулирования подачи
энергоносителя

Рабочее колесо

Отсасывающая труба

ТУРБИННАЯ КАМЕРА

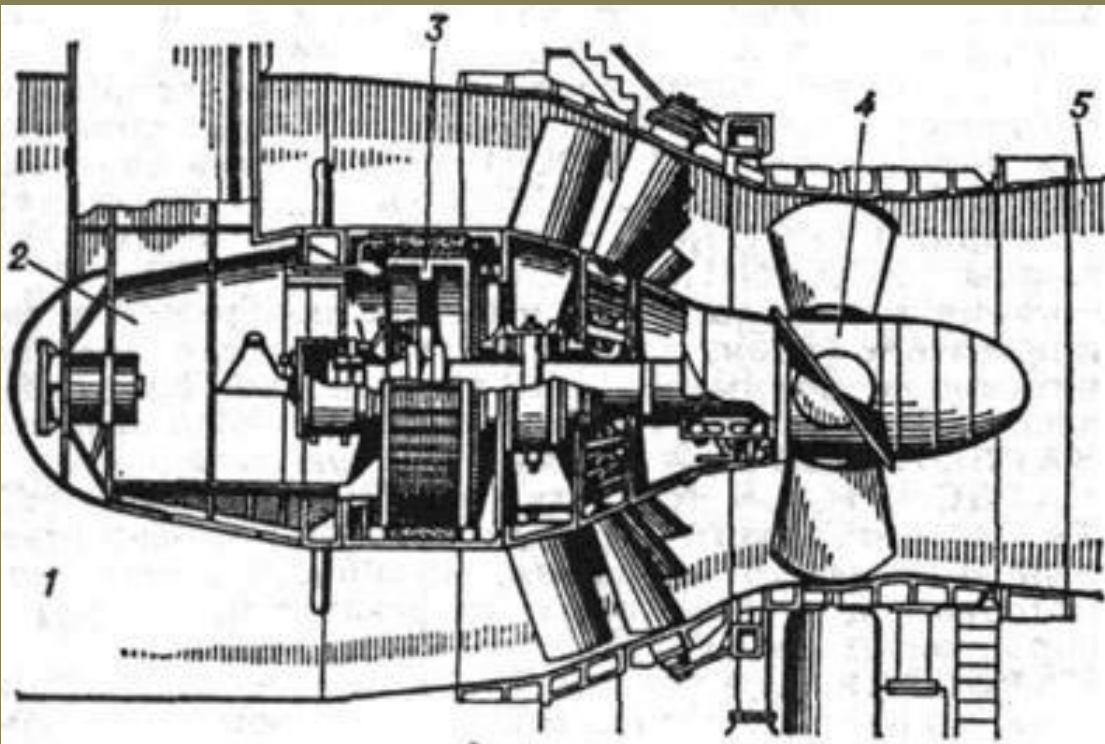
Назначение — подвод воды к направляющему аппарату

Требования:

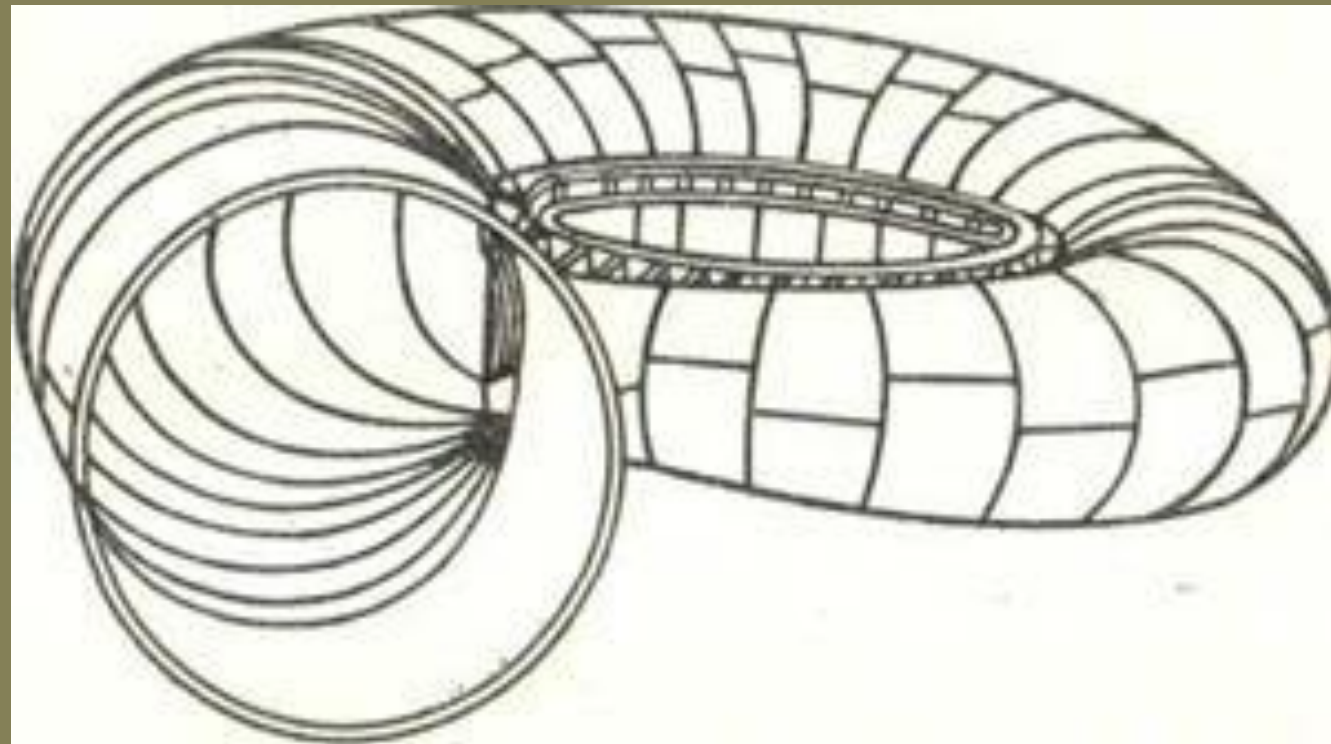
- 1. Равномерная подача воды по периметру статора и направляющего аппарата**
- 2. Гидравлические потери должны быть минимальными**
- 3. Форма и размеры турбинной камеры должны соответствовать условиям компоновки здания ГЭС и позволять удобное сопряжение с напорными водоводами ГЭС.**

ВИДЫ ТУРБИННЫХ КАМЕР

прямоосные

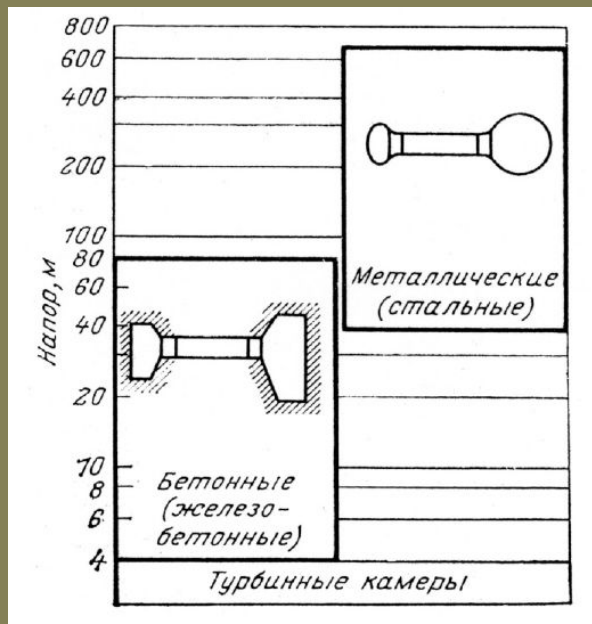


спиральные



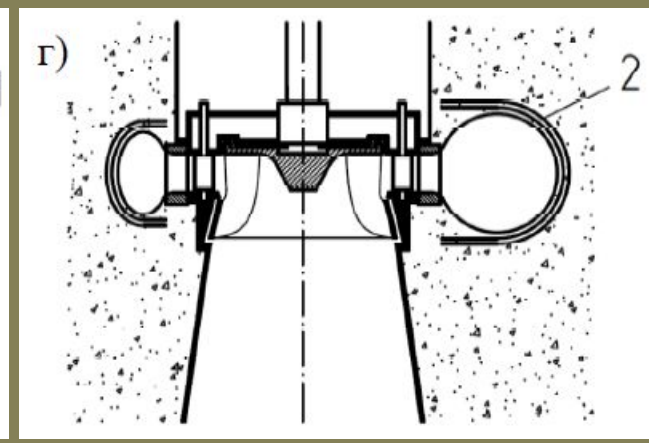
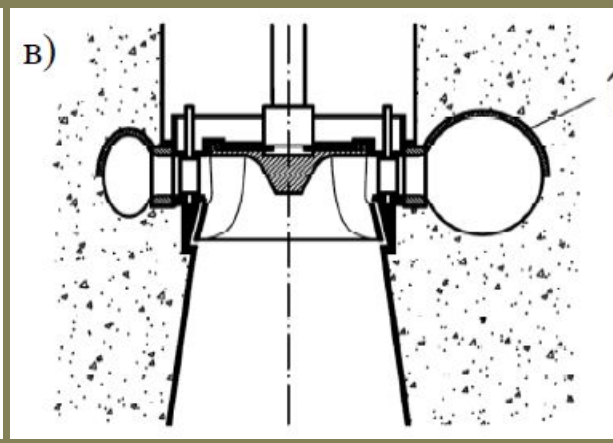
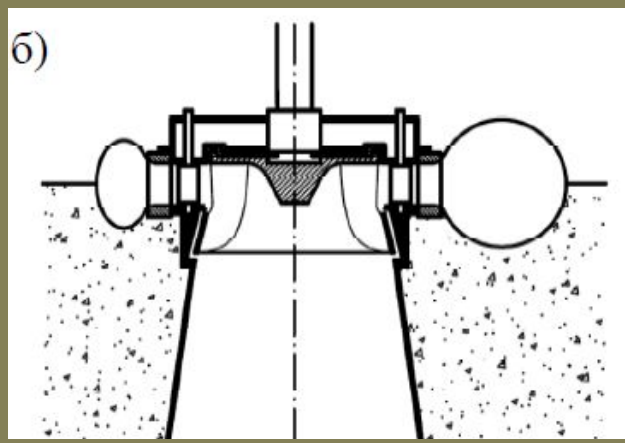
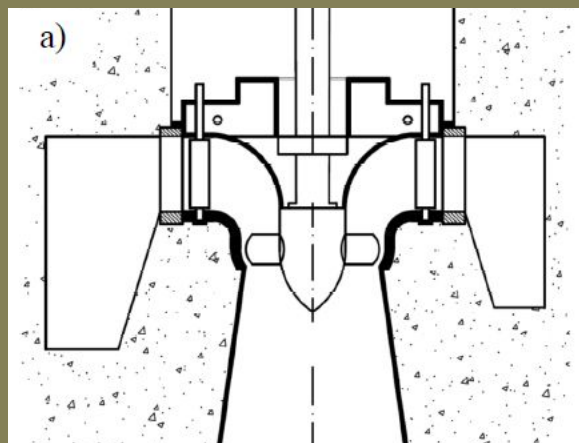
ВЫБОР ФОРМЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ ТУРБИННЫХ КАМЕР

Области использования по напору



Рекомендации по применению спиральных камер с различной облицовкой

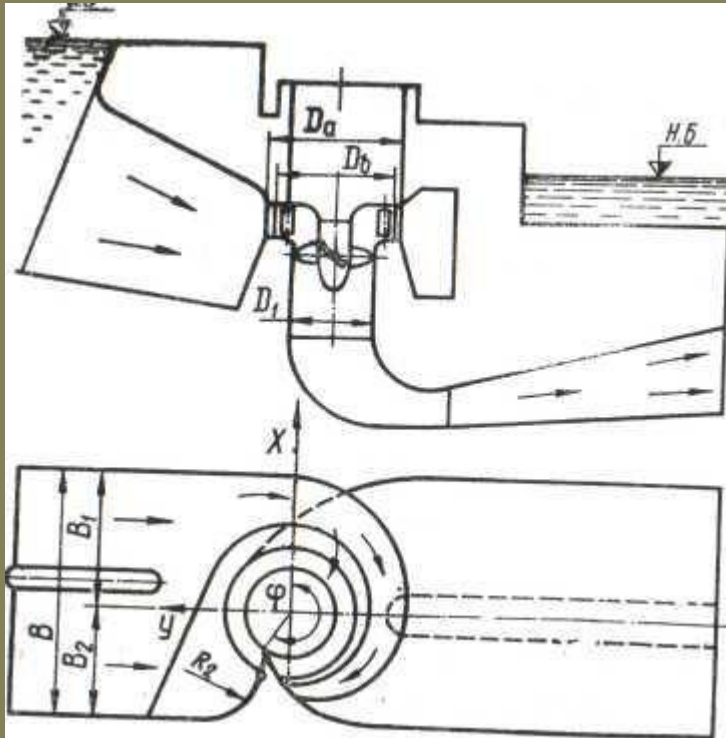
Условия применения	Тип облицовки спиральной камеры	Поперечное сечение	Примечание
Напор 10 – 50 м	Бетонная	Тавровое	Рис. 3.2,а
Напор 40 – 700 $P_{\text{макс}} D_{\text{вх}} < 1200^*$	Металлическая (стальная оболочка)	Круглое	Рис. 3.2,б,в
Напор 100 – 300 $P_{\text{макс}} D_{\text{вх}} > 1200^*$	Сталежелезобетонная (стальная оболочка в железобетонном кожухе)	Круглое	Рис. 3.2,г
* В формуле $P_{\text{макс}}$ – максимальное давление (МПа), $D_{\text{вх}}$ – диаметр входного сечения спиральной камеры (см)			



а) - бетонная, б) и в) – металлическая, г) - сталежелезобетонная; 1 – битумные маты, 2 – армокаркас

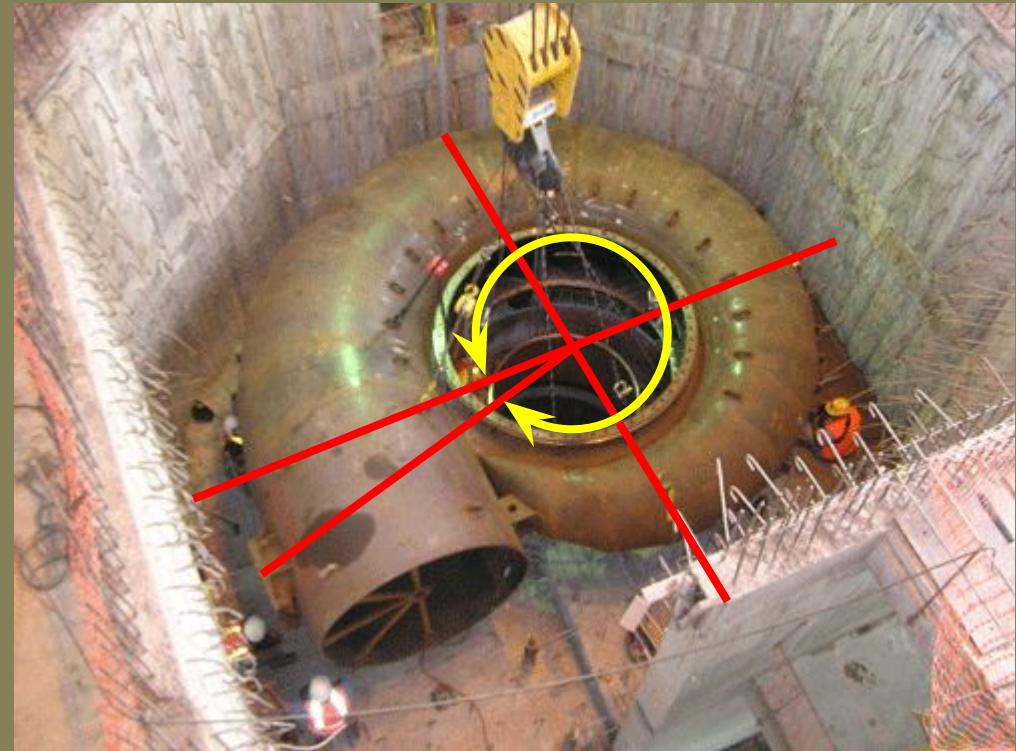
ТИПЫ СПИРАЛЬНЫХ КАМЕР ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Бетонная
Напор до 80 м



180-270 °

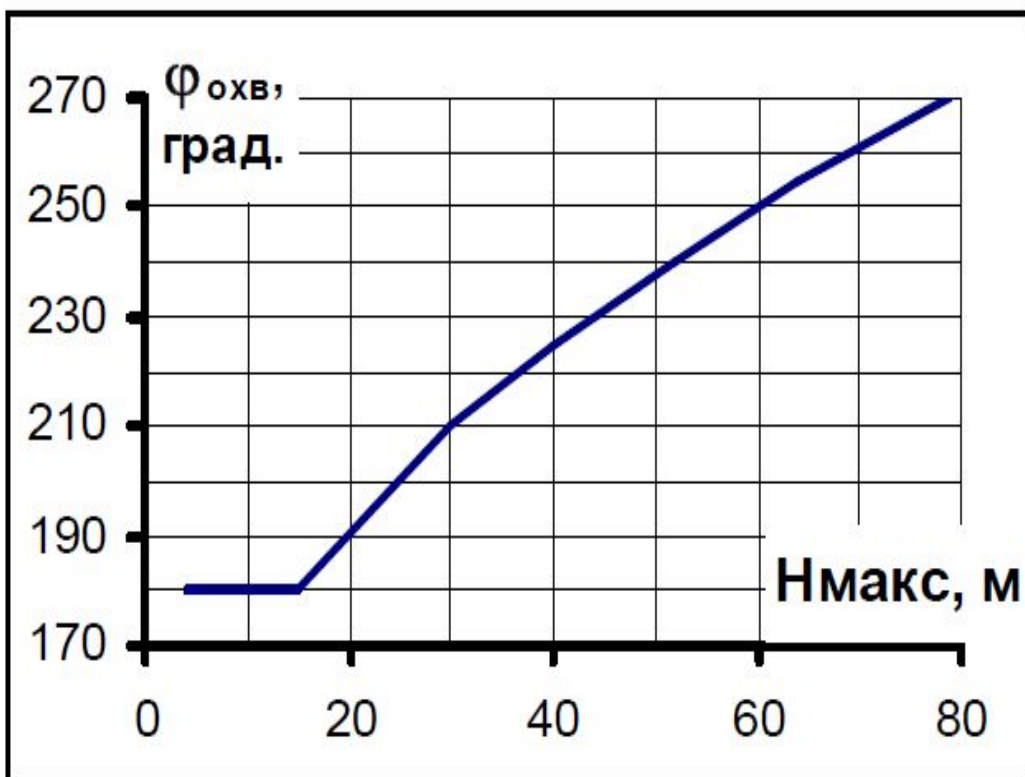
Металлическая
Напор 40-500 м



345-360 °

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СПИРАЛЬНЫХ КАМЕР - I

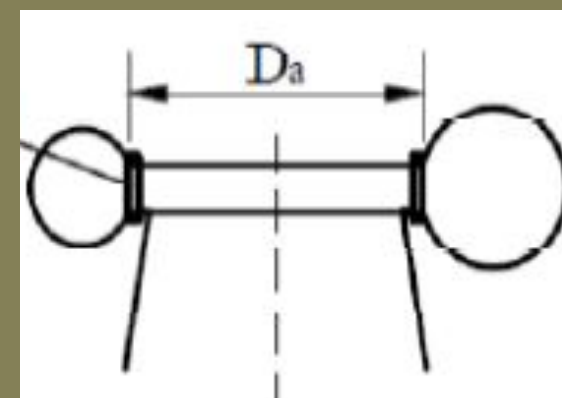
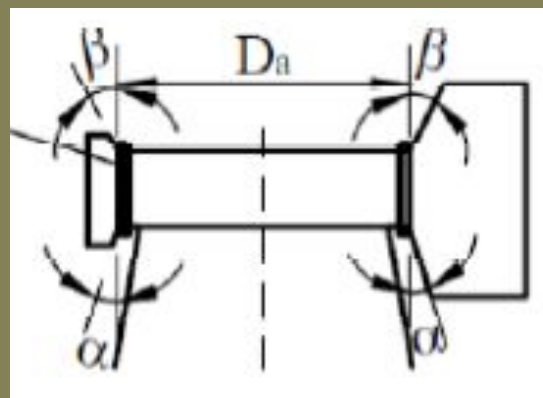
Зависимость угла охвата бетонных
спиральных камер от напора



диаметр входных кромок статорных колонн

$D_a = (1,5 - 1,55) D_l$ - для бетонных спиральных камер

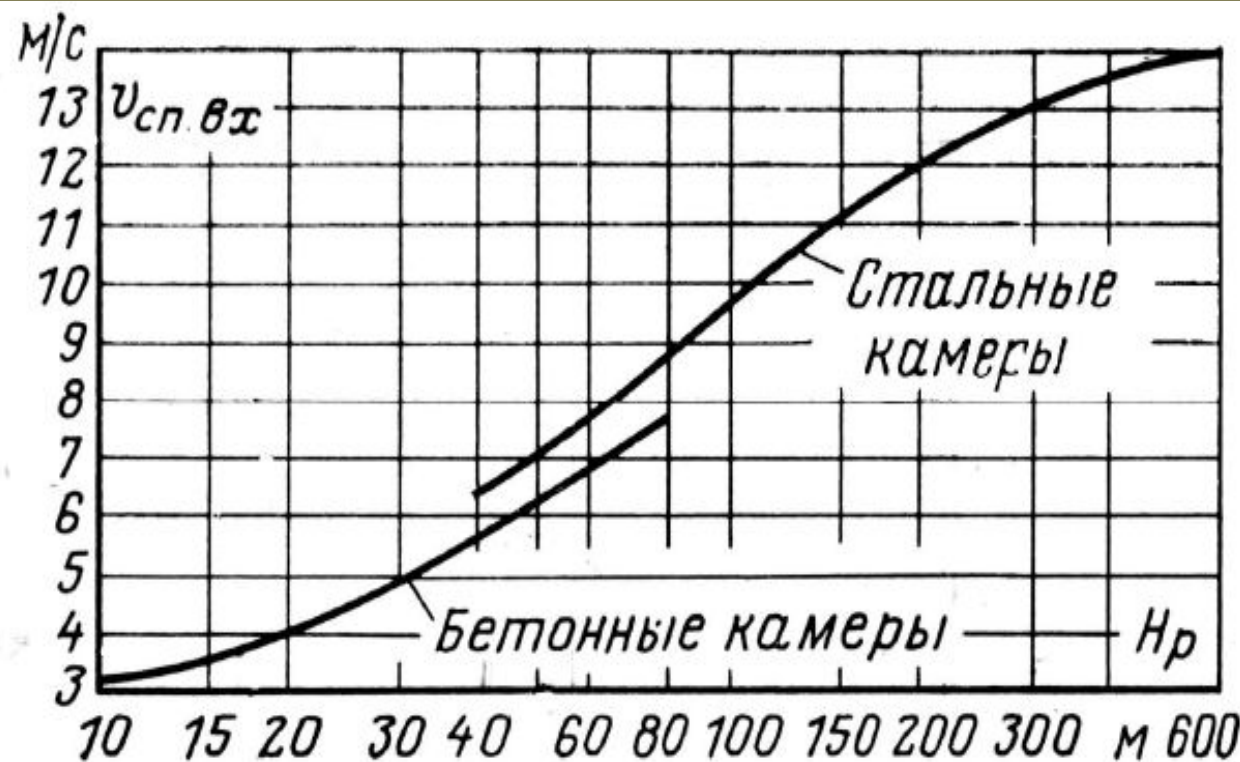
$D_a = (1,55 - 1,64) D_l$ - для металлических спиральных камер



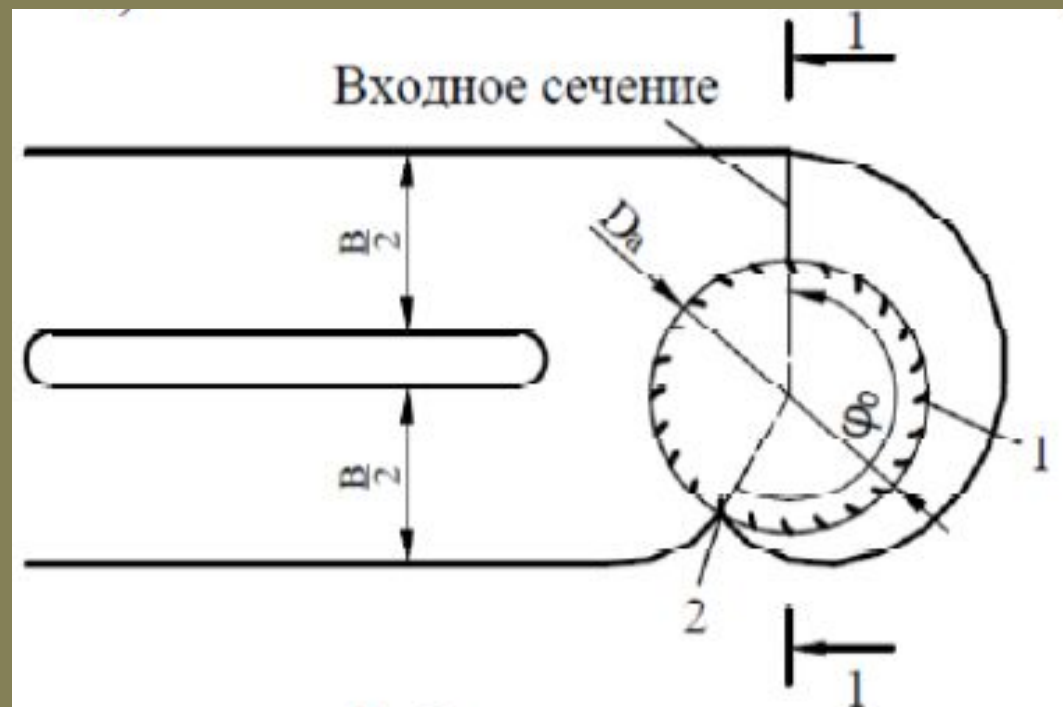
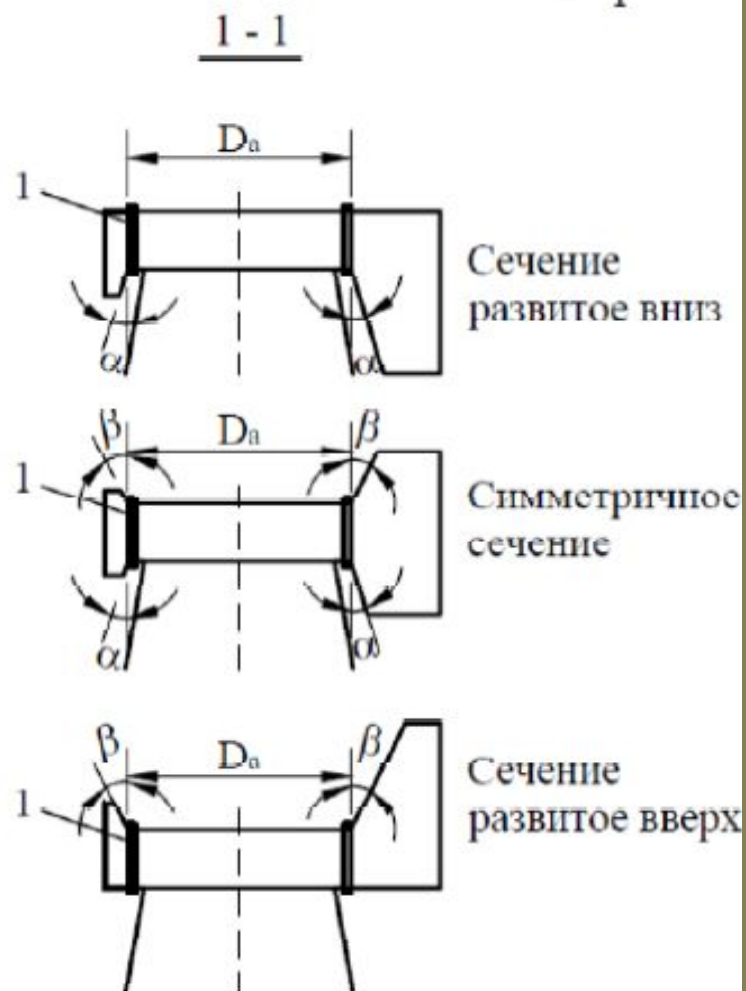
ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СПИРАЛЬНЫХ КАМЕР -2

Зависимость средней скорости во входном сечении спиральной камеры от напора

Напор расчетный, м	Скорость во входном сечении бетонной СК, м/с	Скорость во входном сечении металлической СК, м/с
10	3	
15	3,5	
20	4	
30	5	
40	5,5	
60	6,9	6,5
80	7,5	7,8
100		9
150		9,7
200		11,1
300		12
400		13
600		13,5

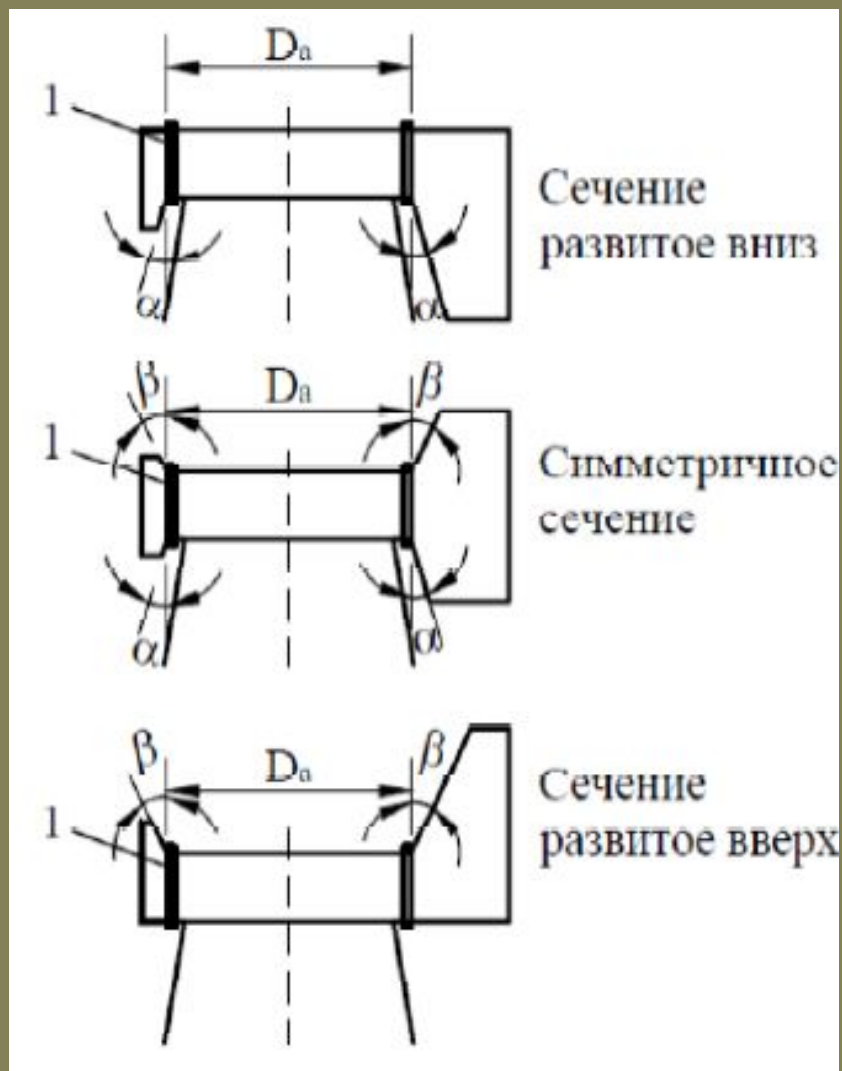


ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ СПИРАЛЬНЫХ КАМЕР ТАВРОВОГО СЕЧЕНИЯ



ϕ_0 – угол охвата, 1 – статорные колонны,
2 – зуб спиральной камеры

КОНСТРУКЦИИ БЕТОННЫХ СПИРАЛЬНЫХ КАМЕР



Развитое вниз сечение применяется:

- на русловых несовмещенных зданиях ГЭС сооружаемых на нескальном основании.
- на русловых зданиях ГЭС, встроенных в водосливную плотину.

Симметричное сечение применяется:

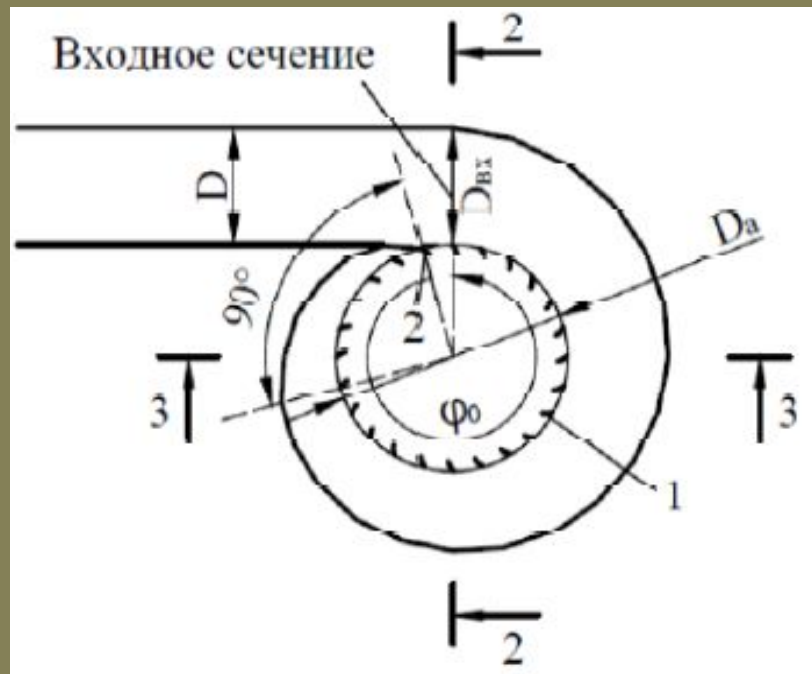
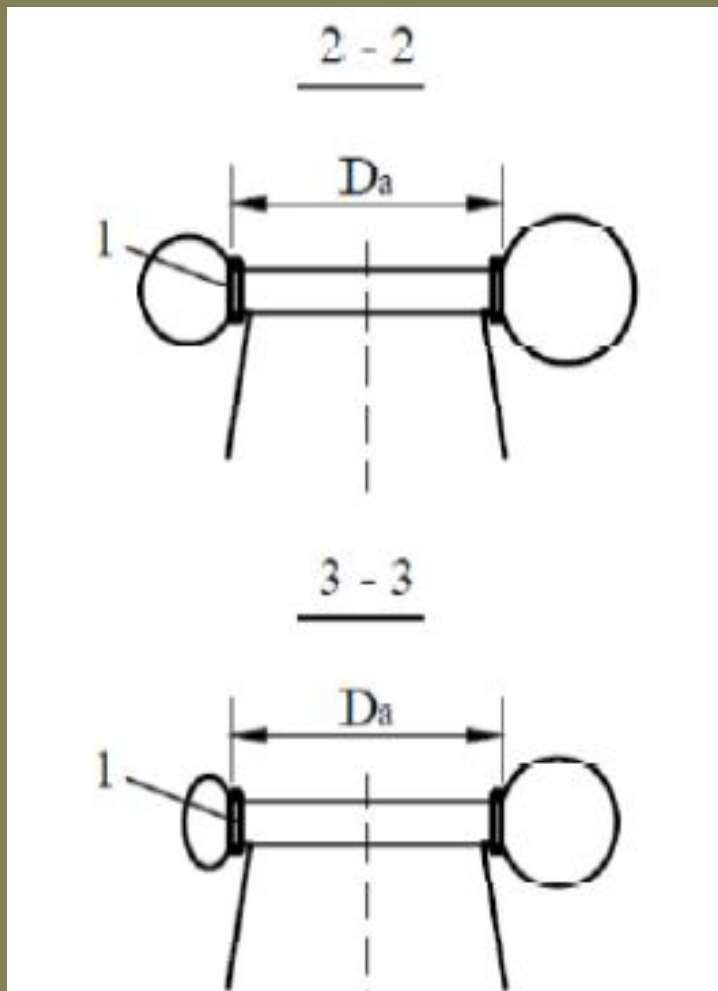
- в русловых совмещенных зданиях ГЭС, чтобы освободить место для прокладки водосбросов вокруг конуса отсасывающей трубы.
- в русловых зданиях ГЭС, размещаемых на скальном основании, чтобы повысить отметку дна водоприемника, уменьшить нагрузку на аварийно-ремонтный затвор водоприемника.

Развитое вверх сечение применяется:

- на русловых несовмещенных зданиях ГЭС и позволяет максимально повысить отметку дна водоприемника, что дает экономию на объемах работ по водоприемнику в условиях скального основания.

Негативным фактором является увеличение высоты турбинной шахты и общее увеличение высоты подводной части агрегатного блока.

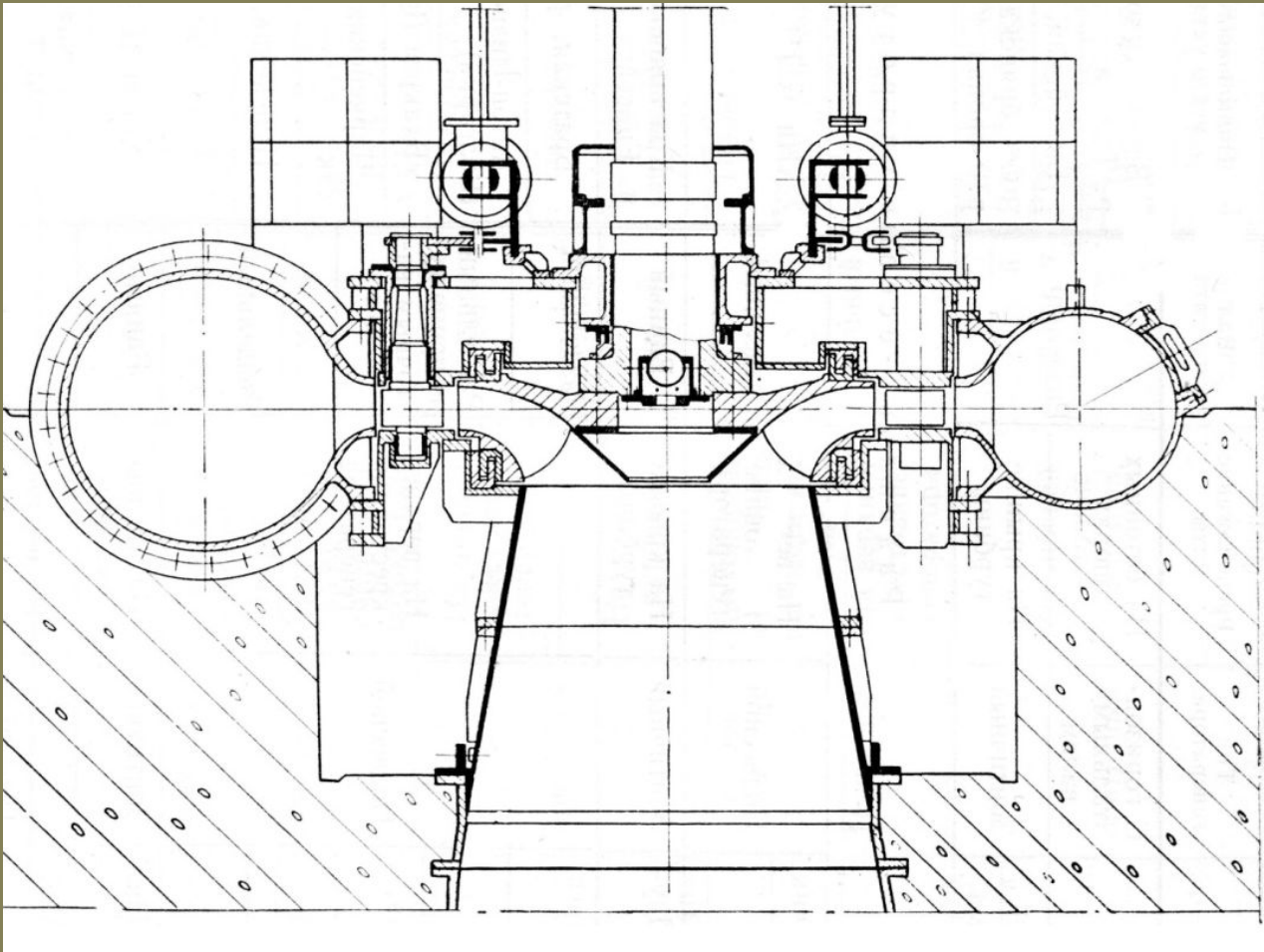
ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ СПИРАЛЬНЫХ КАМЕР КРУГЛОГО СЕЧЕНИЯ



φ_0 – угол охвата, 1 – статорные колонны, 2 – зуб спиральной камеры

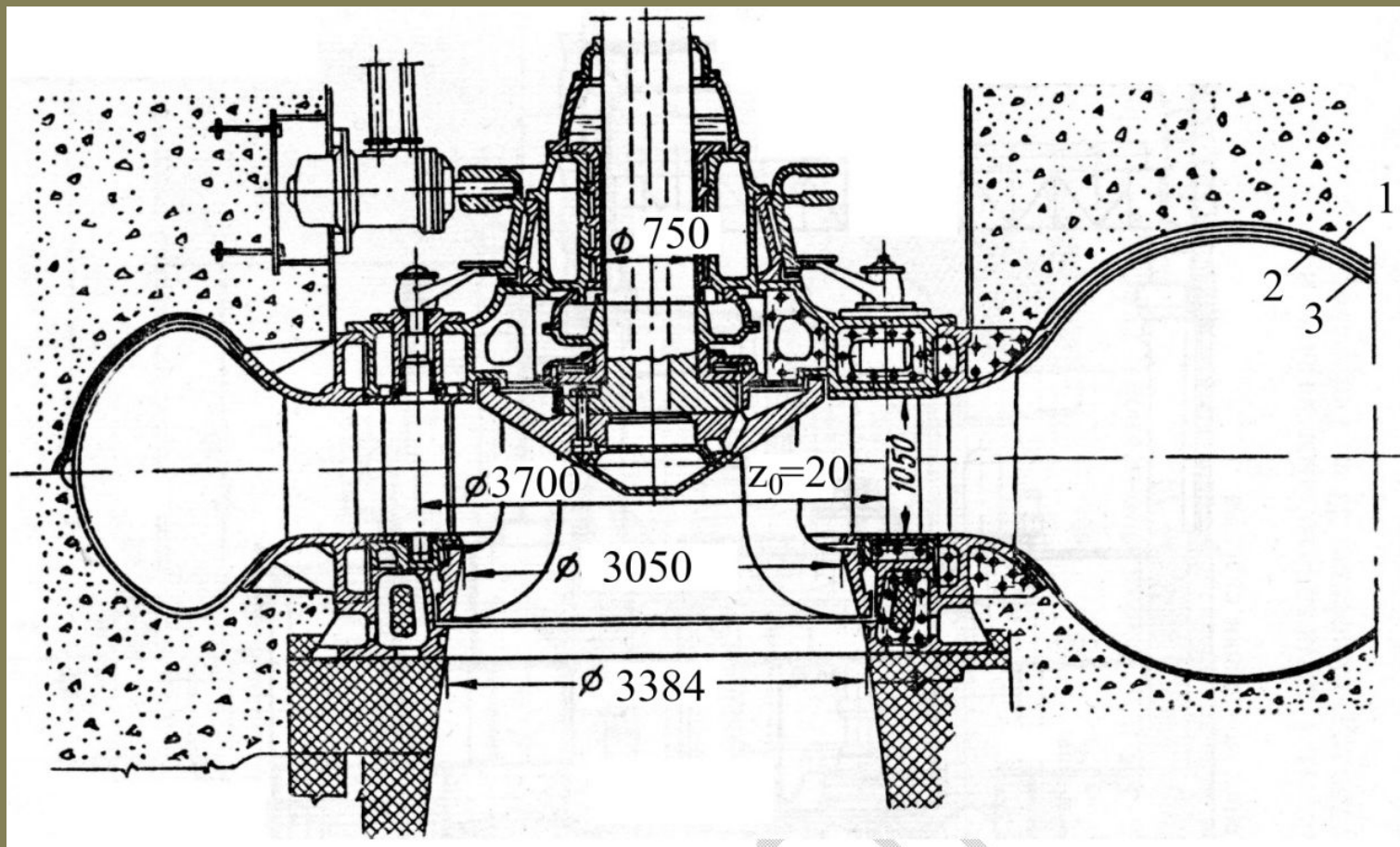
- ❑ Металлические спиральные камеры имеют угол охвата $342 \dots 345$ град.
- ❑ Сечения спиральной части круглые, а на углах от нуля до 90 град – эллиптические.
- ❑ Водовод на подходе к спиральной камере имеет диаметр, равный диаметру входного сечения.

КОНСТРУКЦИИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СПИРАЛЬНЫХ КАМЕР



При диаметрах турбины до 3,5 м
металлические спиральные камеры могут
выполняться с открытой верхней частью

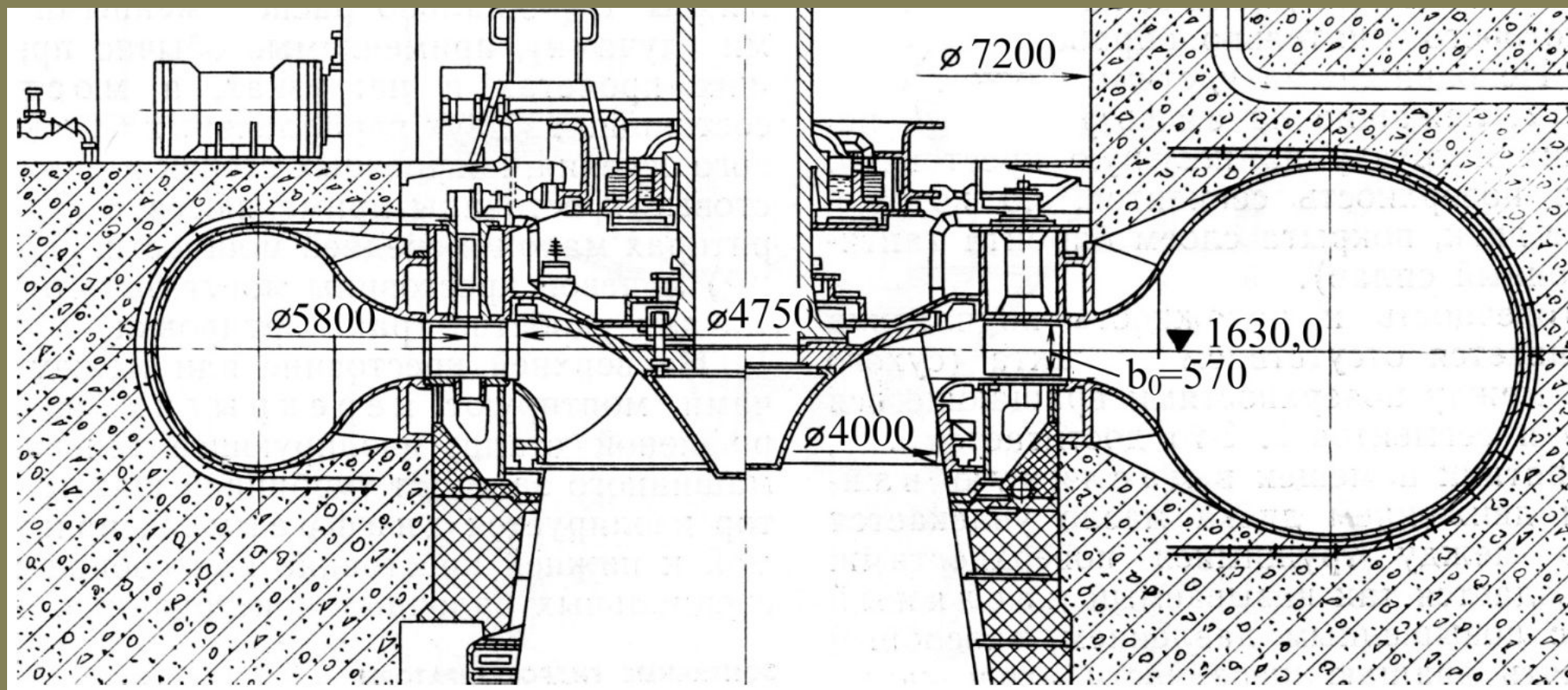
ПРИМЕР СПИРАЛЬНОЙ КАМЕРЫ РАЗМЕЩЕННОЙ ВНУТРИ БЕТОННОГО МАССИВА



1 – гудрон,
2 – войлок,
3 – стальная оболочка
спиральной камеры

Для обеспечения возможности деформации металлической облицовки без передачи нагрузки на бетон, в верхней части спиральной камеры укладывается упругая прокладка из «битумных матов» (войлока, пропитанного битумом)

ПРИМЕР СПИРАЛЬНОЙ КАМЕРЫ С ВНЕШНЕЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ ОБОЛОЧКОЙ



При высоких напорах часть нагрузки от внутреннего давления воды передается на внешнюю железобетонную оболочку вокруг спиральной камеры.

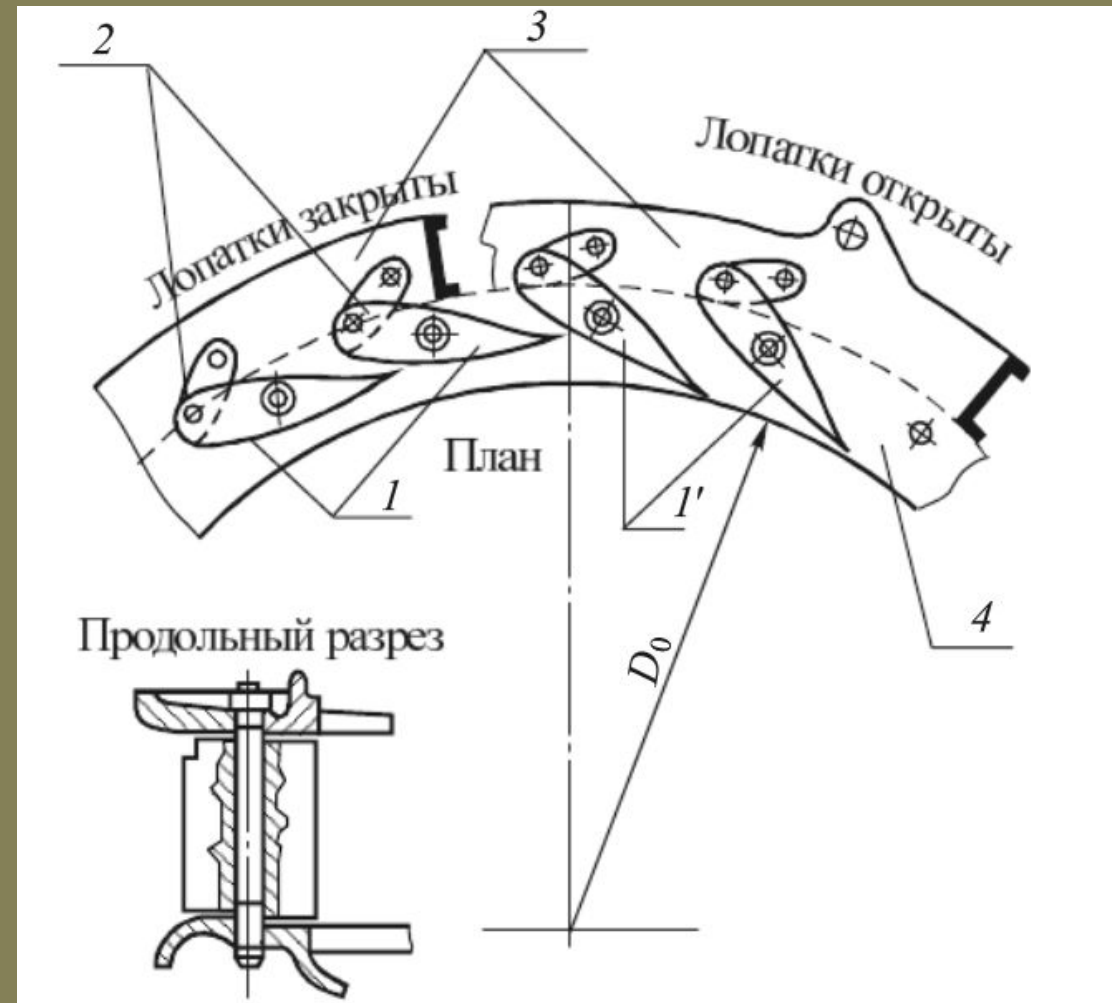
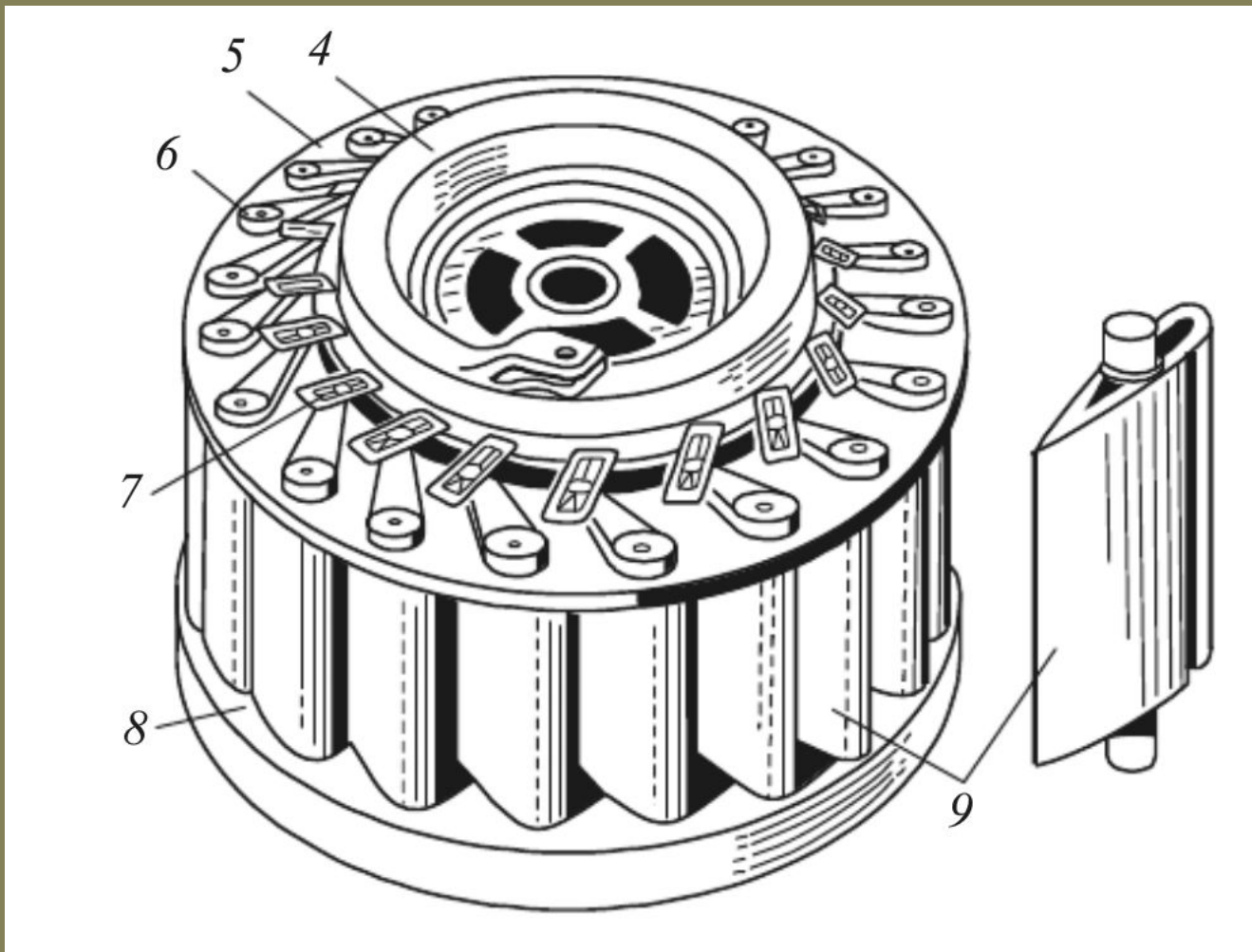
РЕГУЛИРОВАНИЕ ГИДРОТУРБИН

Цель - поддерживать строго *постоянную* частоту вращения вала электрогенератора при *переменной* мощности на клеммах генератора

1. Радиально-осевые и пропеллерные турбины – турбины однократного регулирования, регулируются поворотом лопастей направляющего аппарата, установленного перед входом в колесо турбины
2. Поворотно-лопастные гидротурбины – турбины двукратного регулирования, регулируются как поворотом лопастей направляющего аппарата на входе в колесо, так и путем изменения в ходе работы угла установки лопастей рабочего колеса. При этом должна соблюдаться комбинаторная зависимость между углами поворота лопастей двух лопастных решеток – неподвижной и вращающейся (направляющего аппарата и колеса).

СИСТЕМА РЕГУЛИРОВАНИЯ РАСХОДА И МОЩНОСТИ

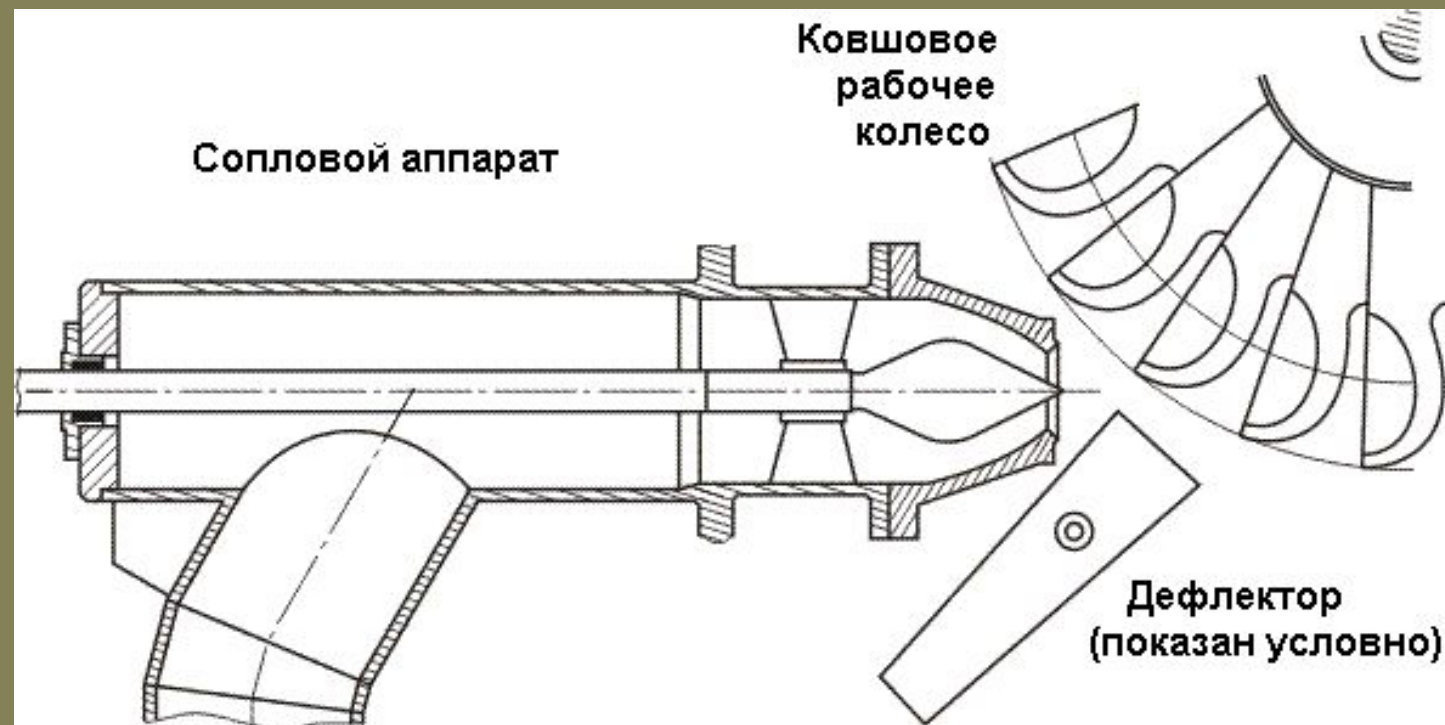
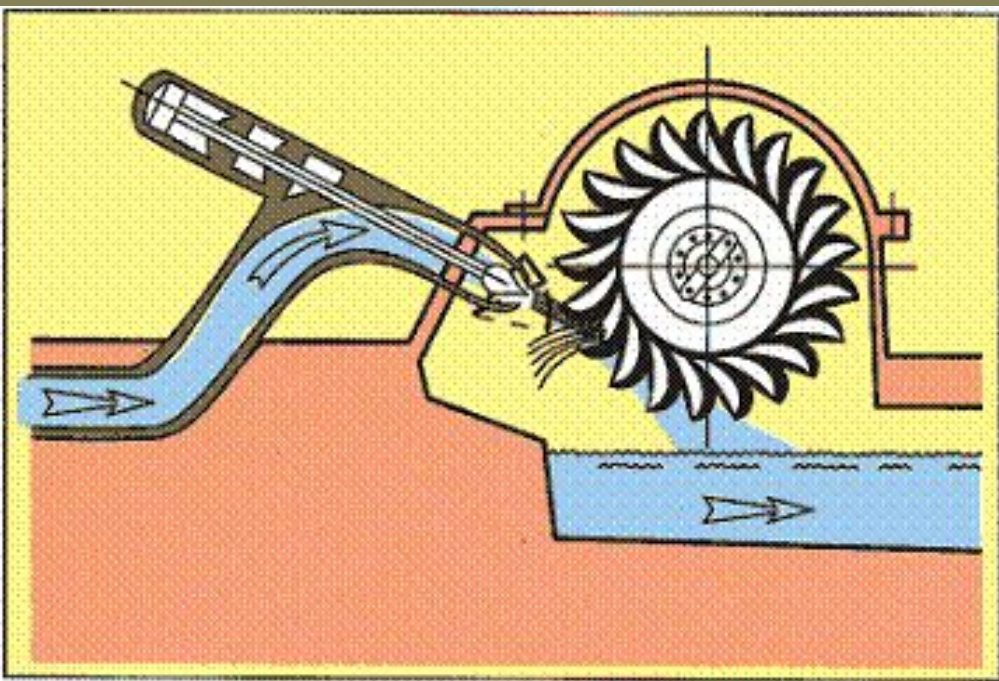
Направляющий аппарат



СИСТЕМА РЕГУЛИРОВАНИЯ РАСХОДА И МОЩНОСТИ

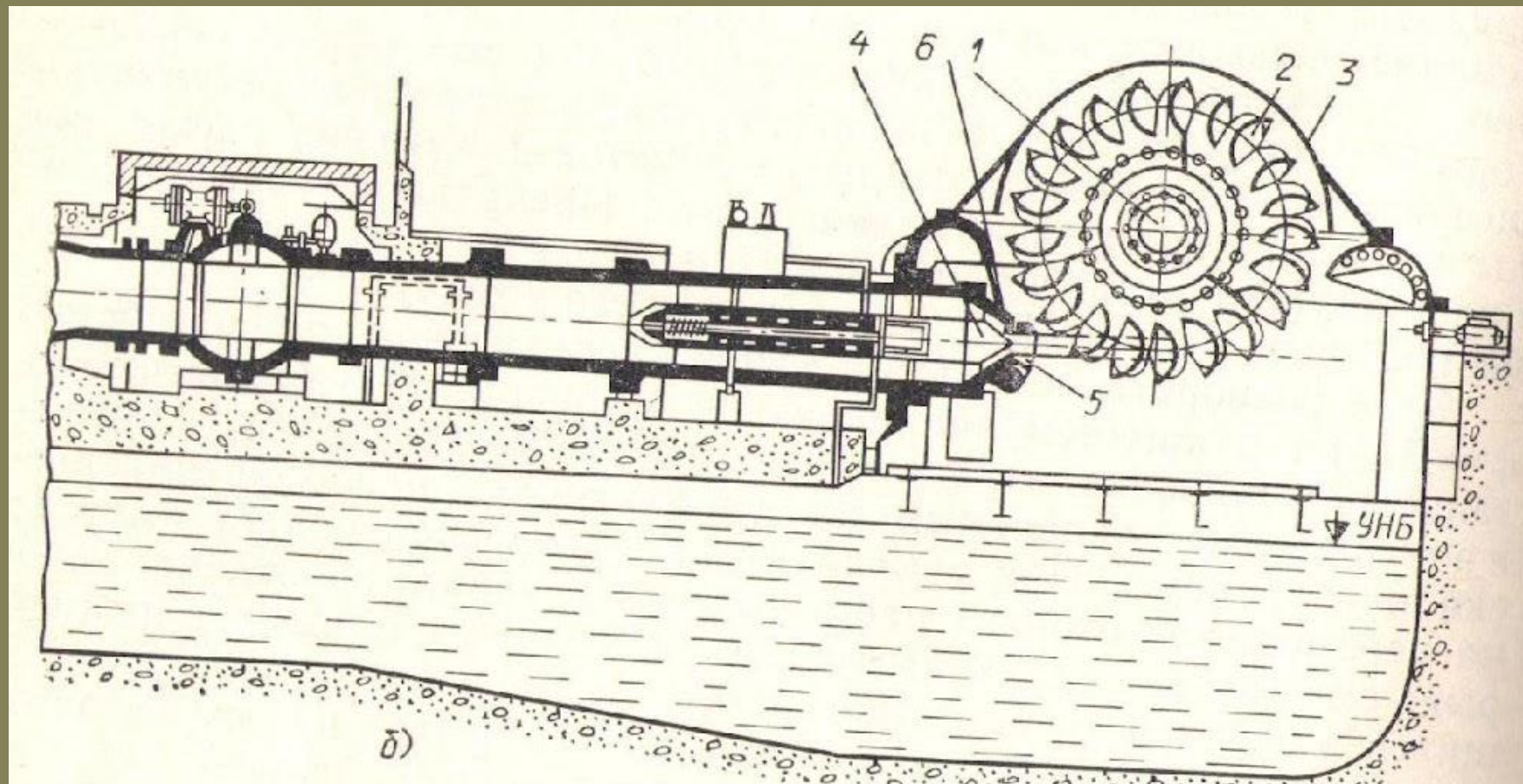
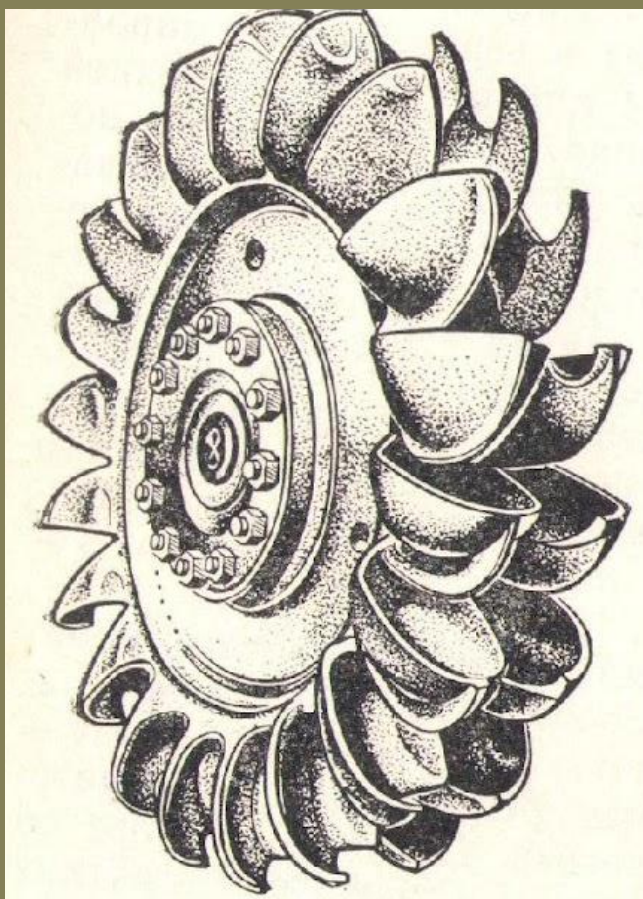
Ковшовая (активная) турбина

Сопло или игла



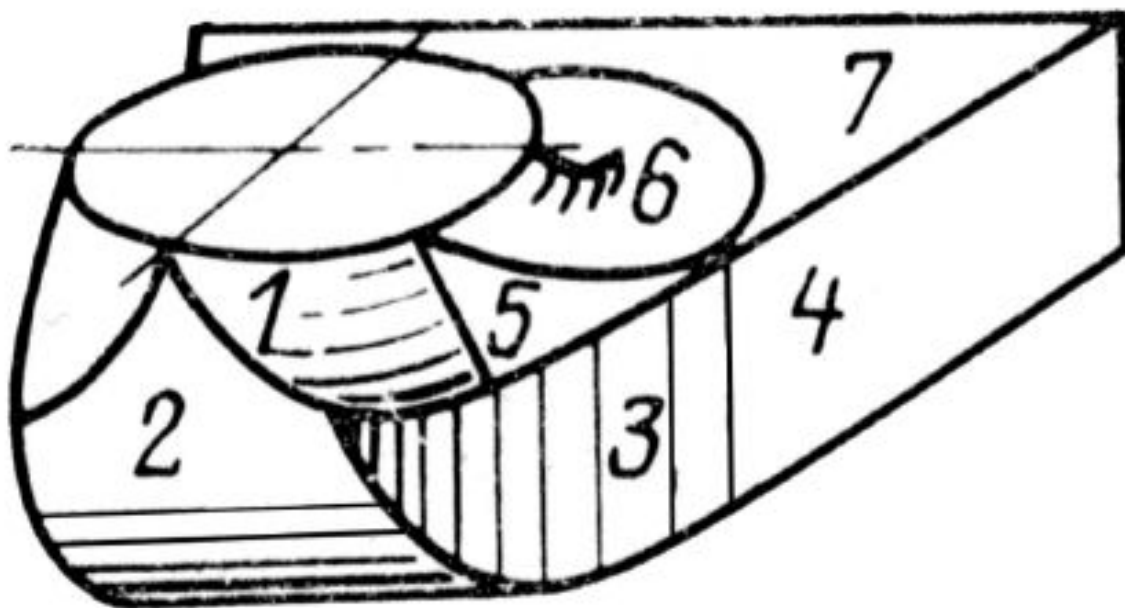
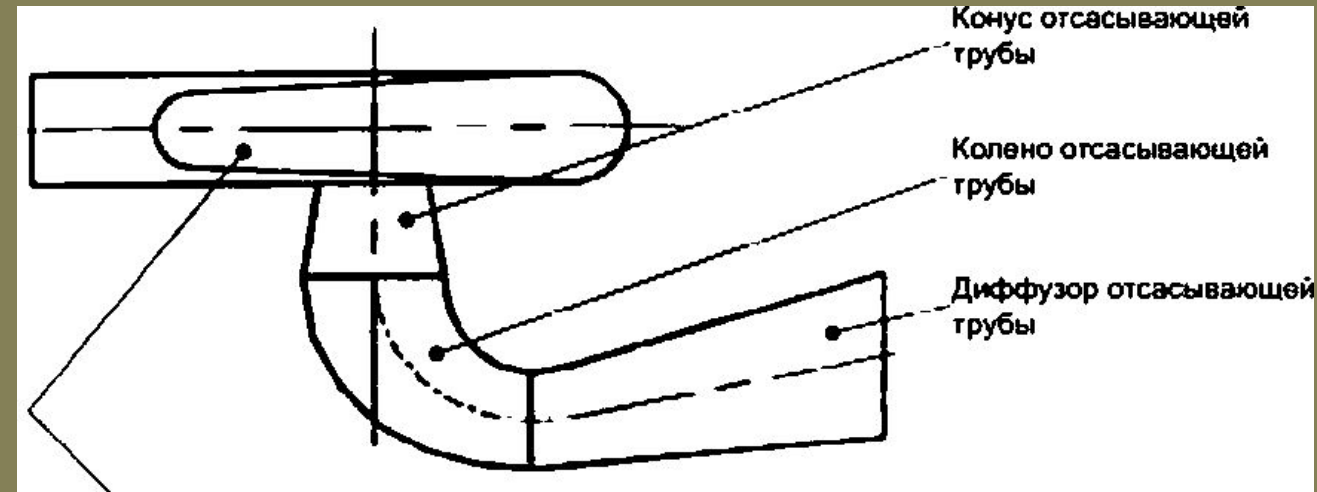
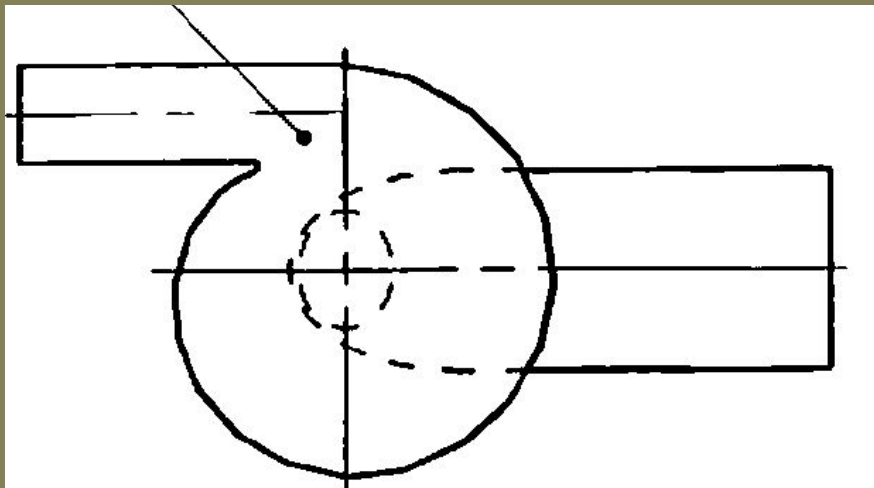
Ковшовые гидротурбины регулируются путем изменения проходного сечения соплового аппарата за счет поступательного движения регулировочной иглы.

РАБОЧЕЕ КОЛЕСО АКТИВНОЙ ГИДРОТУРБИНЫ



1- обод, 2- ковши, 3- кожух, 4- игольчатый затвор, 5 – дефлектор (заслонка), 6 – выходное отверстие

ОТСАСЫВАЮЩАЯ ТРУБА ГИДРОТУРБИНЫ



Типовое колено ЛМЗ

- 1 – коническая часть
- 2, 3 – цилиндрические части
- 4, 5, 7 – плоские части
- 6 – торовая часть

ОТСАСЫВАЮЩАЯ ТРУБА ГИДРОТУРБИНЫ

Геометрические размеры отсасывающих труб и их элементов

Напор, м	Отсасывающая труба			Конус		
	Высота $\bar{h}$	Длина $\bar{L}_{тр}$	Ширина B_1	Высота $\bar{h}_{ex}$	Диаметр выходного отверстия D_k	Угол расширения β
До 80	2 – 2,3	4 – 5	2,5 – 2,8	0,7 – 0,8	1,2 – 1,5	8 – 11°
80 – 170	2,5 – 3		2,5 – 3	1,2 – 1,3	1,1 – 1,4	6 – 9°
170 – 230	2,5 – 3,5	4,5 – 5		1,2 – 1,6	1,05 – 1,25	
230 и более	3 – 3,5	5 – 6	1,25 – 2,7	1,5 – 1,6	1,3 – 0,95	

Напор, м	Колено		Отводящий диффузор			Промежуточный бычок (при $B_1 > 8-10$ м)	
	Высота $\bar{h}_k$	Длина L_k	Высота входного отверстия $\bar{h}'_k$	Высота выходного отверстия $\bar{h}_1$	Угол наклона α_D	Толщина δ	Расстояние от оси турбины L_δ
До 80	0,9 – 1	1,2 – 1,5	0,58 – 0,7	1,15 – 1,35	не более 12°	(0,1 – 0,15) B_1	не менее 1,4
80 – 170	0,9 – 1,2	1,4 – 1,8	0,6 – 0,7	1 – 1,3			равно $\bar{L}_k$
170 – 230	0,9 – 1,4	1,5 – 2	0,65 – 0,74	1 – 1,5			
230 и более	1,1 – 1,5	1,5 – 2,2	0,7 – 1,1	1,1 – 1,5	не более 20°		

ОТСАСЫВАЮЩАЯ ТРУБА ГИДРОТУРБИНЫ

Геометрические размеры отсасывающих труб и их элементов

