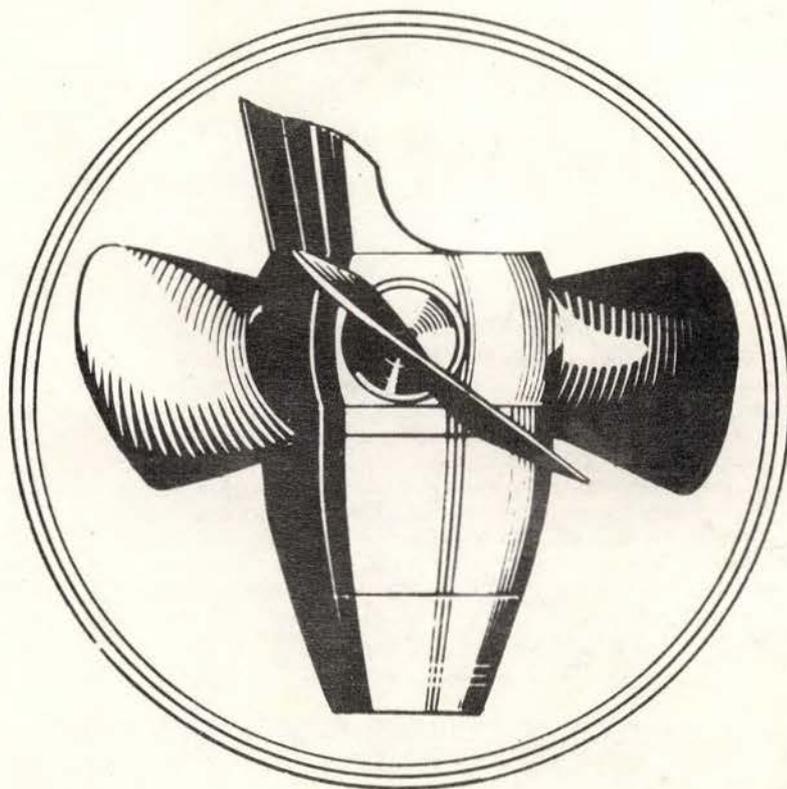


НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ИНФОРМАЦИИ  
ПО ТЯЖЕЛОМУ, ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМУ И ТРАНСПОРТНОМУ МАШИНОСТРОЕНИЮ

УДК 621.224.001.2(085)

Г 98



# ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ТУРБИНЫ

18·7·75

МОСКВА · 1975

1

Каталог „Гидравлические турбины“ 1975 г. составлен по материалам Ленинградского Металлического завода им. XXII съезда КПСС и Харьковского турбинного завода им. С. М. Кирова. Описания конструкций некоторых гидротурбин и затворов взяты из предыдущего каталога „Гидротурбостроение в СССР“ 1970 г.

В данном каталоге представлены краткие описания конструкций гидротурбин и гидромеханического оборудования (регуляторы, затворы и маслонапорные установки), спроектированных и изготовленных ЛМЗ им. XXII съезда КПСС и ХТГЗ им. С. М. Кирова. Помещены таблицы технических характеристик турбин, выпущенных и спроектированных этими заводами с 1950 по 1974 г.

Составители: В. И. Григорьев, С. В. Капустина, Н. Н. Ковалев (ШКТИ им. И. И. Ползунова), Ю. М. Вронский, Л. А. Клявин, В. А. Галкин (ЛМЗ им. XXII съезда КПСС), С. Н. Орлова (ХТГЗ им. С. М. Кирова), Р. П. Боровкова (НИИИНФОРМТЯЖМАШ)

3



ПОВОРОТНО-  
ЛОПАСТНЫЕ  
И РАДИАЛЬНО-  
ОСЕВЫЕ  
ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ  
ТУРБИНЫ  
ЛЕНИНГРАДСКОГО  
МЕТАЛЛИЧЕСКОГО  
ЗАВОДА  
ИМ. XXII СЪЕЗДА КПСС

## Технические характеристики поворотных-лопастных и радиально-осевых гидравлических турбин

Название ГЭС и тип установки	Год изготовления головного образца	Напор, м			Расход воды		Скорость вращения, об/мин			Мощность, кВт		Рабочее колесо				Механизм поворота лопастей
		максимальный	расчетный	минимальный	при расчетном напоре, м <sup>3</sup> /с	приведенный, л/с	нормальная	приведенная	разгонная при сохранении комбинаторной завязности	максимальная	при расчетном напоре	Условный диаметр, мм	Количество лопастей	Втулочное отношение		
														по цилиндру	по сфере	
<b>I. Поворотные-лопастные турбины</b>																
Верхне-Свирская ГЭС ПЛ 91-В-800*	1950	17,0	13,0	10,6	408	1770	68,2	151	146	46000	46000	8000	4	0,41	-	Крестовинный
Дыховская ГЭС ПЛ 495-В-400 .....	1950	29,8	25,8	23,5	108	1320	187,5	142	380	27300	24100	4000	6	0,45	0,50	Крестовинный, лопасть заодно с цапфой
Цимлянская ГЭС ПЛ 495-В-600 .....	1951	23,5	17,5	17,5	276	1520	88,3	134	180	50000	41500	6600	6	0,45	0,50	Крестовинный
Нарвская ГЭС ПЛ 495-В-660 .....	1952	25,0	20,6	20,6	268	1360	88,3	118	180	48000	48000	6600	6	0,45	0,50	"
Горьковская ГЭС ПЛ 510-В-900 .....	1953	18,0	12,2	7,8	585	2070	62,5	156	135	70000	59000	9000	4	0,41	-	"
✓ ВоГЭС им. Ленина ПЛ 587-В-930 (опытный агрегат).	1954	27,0	25,9	14,0	713	2000	68,2	140	140	132000	115000	9300	6	0,45	0,50	"
Камская ГЭС** ПЛ 548-Г-450 .....	1957	21,0	16,0	11,0	162	2000	125,0	140	280	26500	21800	4500	4	0,42	-	Бескрестовинный
✓ ВоГЭС им. XXII съезда КПСС ПЛ 587-В-930 (штатный агрегат)...	1957	30,0	19,0	14,0	713	1800	68,2	145	132	126000	108500	9300	6	0,45	0,50	Крестовинный
Орточальская ГЭС ПЛ 661-В-370 .....	1958	11,25	10,0	7,0	78	1790	125,0	143	270	6300	6300	3700	4	0,33	0,378	Бескрестовинный, лопасть заодно с цапфой
Фархадская ГЭС ПЛ 587-В-400 .....	1959	35,0	30,3	29,6	115	1310	187,5	136	380	30000	30000	4000	6	0,40	0,46	Крестовинный, лопасть заодно с цапфой

\* ПЛ 91-В-800 - поворотная-лопастная гидротурбина с рабочим колесом типа ПЛ 91, вертикальным валом (В), с диаметром рабочего колеса  $D_1 = 800$  см.

\*\* ПЛ 548-Г-450 - поворотная-лопастная гидротурбина с рабочим колесом типа ПЛ 548, горизонтальным валом (Г), с диаметром рабочего колеса  $D_2 = 450$  см.

Название ГЭС и тип установки	Направляющий аппарат				Сервомотор		Спиральная камера					Отсасывающая труба		Направляю- щий подшип- ник		Тип регулятора	Тип масляной установки	Тип загвора перед тур- биной
	Диаметральное расстояние между осями лопаток, мм	Высота направляю- щего аппарата, мм	Количество лопаток	Профиль лопатки	Тип	Диаметр, мм	Тип	Профиль сечения	Угол охвата в пла- не, град	Скорость воды во входном сечении, м/с	Скоростной коэффициент	Тип	Отношение высоты к диаметру рабо- чего колеса	Материал вкладыша	Смазка			
Верхне-Свирская ГЭС ПЛ 91-В-800	9600	3300	32	Асиммет- ричный	Прямоосный в шахте турбины	700	Бетон- ная	Тавровый с плоским по- толком	192	3,14	0,840	Изогну- тая с коленом № 4А	1,950	Резина	Вода	УК-250	МНУ-20	Нет
Дыховская ГЭС ПЛ 495-В-400	4960	1370	24	То же	То же	500	Сталь- ная свар- ная	-	347	5,80	-	Завод не из- готов- лял	-	"	"	УК-150	МНУ-4	"
Цимлянская ГЭС ПЛ 495-В-600	7700	2640	24	"	"	700	Бетон- ная	Тавровый с плоским по- толком	192	3,73	0,897	Изогну- тая с коленом № 4А	1,915	"	"	УК-150	МНУ-4	"
Нарвская ГЭС ПЛ 495-В-660	7700	2640	24	"	"	700	То же	То же	192	3,62	0,690	То же	1,915	"	"	УК-150	МНУ-14	"
Горьковская ГЭС ПЛ 510-В-900	10800	3700	32	"	"	800	"	"	192	2,94	0,795	"	1,915	"	"	УК-250	МНУ-27	"
ВоГЭС им. Ле- нина ПЛ 587-В-930 (опытный агрегат)	10800	3500	32	Симмет- ричный	"	800	"	"	135	4,24	0,973	"	2,240	"	"	ЭГРК-150	МНУ-20А- 40	"
Камская ГЭС ПЛ 548-Г-450	Расстояние от лопасти рабо- чего колеса до оси цапф 2100		12	Винтовой	Прямоосный вертикаль- ный, в тур- бинном по- мещении	350	Два подводящих во- достова по обе сто- роны специального бычка, в котором расположен гене- ратор		-	-	-	Прямая кониче- ская	-	"	"	РК-100	МНУ-20/25	"
ВоГЭС им. XXII съезда КПСС ПЛ 587-В-930 (штатный агрегат)	10800	3500	32	Симмет- ричный	Прямоосный в шахте турбины	800	Бетон- ная	Тавровый с плоским по- толком	135	4,25	0,980	Изогну- тая	2,240	"	"	РКО-250	МНУ-32	"
Орточальская ГЭС ПЛ 661-В-370	4300	1477	24	То же	То же	300	То же	То же	180	2,80	-	Изогну- тая с коленом № 4	1,915	Баббит	Масло	РКМ-100	МНУ-2,5-1/25	"

Название ГЭС и тип установки	Год изготовления головного образца	Напор, м			Расход воды		Скорость вращения, об/мин				Мощность, кВт		Рабочее колесо				Механизм по- ворота лопа- стей
		максимальный	расчетный	минимальный	при расчетном напоре, м <sup>3</sup> /с	приведенный, л/с	нормальная	приведенная	разгонная при сохранении компо- наторной зависи- мости	максимальная	при расчетном напоре	Условный диаметр, мм	Количество лопа- стей	Втулочное отношение			
														по цилиндру	по сфере		
Выгостровская ГЭС ПЛ 661-В-550 ..... ВоГЭС им. XXII съезда КПСС (22-й агрегат опытный) ПЛ 587-В-930 ..... 1961	1961	14,4	12,00	10,80	203,0	1940	93,75	142,5	195	22800	20800	5500	4	0,355	-	Бескостовинный	
Уч-Курганская ГЭС ПЛ 587-В-500 ..... 1961	1961	36,0	25,75	18,50	186,5	1470	115,40	111,0	255	52100	41750	500	7	0,500	-	Бескостовинный, шафта на опоре качения	
Уч-Курганская ГЭС ПЛ <sub>2</sub> 707-В-500 ... Воткинская ГЭС ПЛ 661-В-930 ..... 1961	1962	36,0	25,75	18,50	207,0	1630	115,40	110,0	255	52100	45500	500	4x2	0,450	-	Бескостовинный, наклонная серьга	
Беломорская ГЭС ПЛ 661-В-550 ..... 1962	1961	23,5	17,50	12,50	710,0	2000	32,50	140,0	145	107000	107000	9300	4	0,400	-	Бескостовинный	
Борисоглебская ГЭС ПЛ 661-В-500 ..... 1962	1962	9,3	17,15	6,10	208,0	2570	68,20	140,0	150	9200	8200	5500	4	0,355	-	Бескостовинный, полость сервомо- тора совмещена с полостью меха- низма поворота	
Верхне-Туломская ГЭС ПЛ 646-В-420 1963	1962	20,1	19,00	16,75	174,0	1590	115,40	131,0	260	29000	29000	5000	4	0,300	0,36	То же	
Меттур-Таннел ГЭС ПЛ 646-В-450 ..... 1963	1963	62,0	55,00	51,60	118,0	900	187,50	106,1	415	58700	58700	4200	8	0,490	0,55	Бескостовинный, наклонная серьга	
Череповецкая ГЭС ПЛ 548-Г-550 ..... 1963	1963	48,8	47,00	24,40	130,0	968	136,40	90,0	310	56700	56700	4500	8	0,460	0,51	То же	
Путкинская ГЭС ПЛ 661-В-500 ..... 1964	1963	15,0	10,50	8,70	220,0	2400	93,75	160,0	210	25000	21000	5500	4	0,300	0,35	Бескостовинный	
Палакагорская ГЭС ПЛ 661-В-550 ..... 1965	1964	23,2	20,10	19,00	165,0	1470	115,40	128,5	260	29000	29000	5000	4	0,300	0,36	Бескостовинный, полость сервомо- тора совмещена с полостью меха- низма поворота	
		11,8	8,00	7,40	147,0	1720	68,20	129,0	160	10200	10200	5500	4	0,355	-	То же	

Название ГЭС и тип установки	Направляющий аппарат				Сервомотор		Спиральная камера					Отсасывающая труба		Направляю- щий подшип- ник		Тип регулятора	Тип маслonaпорной установки	Тип затвора перед турбиной
	Диаметральное расстояние между осями лопаток, мм	Высота направляю- щего аппарата, мм	Количество лопа- ток	Профиль лопатки	Тип	Диаметр, мм	Тип	Профиль сечения	Угол охвата в плane, град	Скорость воды во входном сечении, м/с	Скоростной коэффи- циент	Тип	Отношение высо- ты к диаметру рабочего колеса	Материал вкладыша	Смазка			
Фархадская ГЭС ПЛ 587-В-400	4960	1328	24	"	"	500	Завод не изготав- лял	"	"	"	Завод не из- готов- лял	"	Резина	Вода	ПК-100	МНУ-4	"	
Выгостровская ГЭС ПЛ 661-В-550	6400	220	24	Асиммет- ричный	Прямоосный на крышке турбины	350	Бетон- ная	Трапеци- дальный	180	4,38	0,650	Изогну- тая с коленом № 4	1,915	Резина	Вода	ПК-100	МНУ-4-25	Нет
ВоГЭС им. XXII съезда КПСС (22-й агрегат опытный, ПЛ 587-В-930	10800	3500	32	Симмет- ричный	Торовый (4 плунжера на крышке тур- бины)	425	То же	Тавровый	135	4,24	0,980	Изогну- тая	2,240	"	"	ЭГРК-150	МНУ-20А-40	"
Уч-Курганская ГЭС ПЛ 587-В-500	5800	1750	24	То же	Прямоосный в шахте турбины	500	"	Трапеци- дальный с плоским по- толком	225	4,56	0,900	Изогну- тая с коленом № 4А	2,360	Баббит	Ма- сло	ПК-150	МНУ-10	"
Уч-Курганская ГЭС ПЛ <sub>2</sub> 707-В-500 ..... Воткинская ГЭС ПЛ 661-В-930	5800	1750	24	"	То же	500	"	То же	225	4,56	0,900	То же	2,360	"	"	ПК-150	МНУ-10	"
	1800	3650	32	"	"	700	"	Тавровый	180	3,71	0,960	"	1,915	Резина	Вода	ЭГРК-150	МНУ-30А	"
Беломорская ГЭС ПЛ 661-В-550	6400	2200	24	"	Прямоосный на крышке турбины	350	"	Трапеци- дальный с плоским по- толком	180	2,68	0,760	"	1,915	"	"	ПК-100	МНУ-4	"
Борисоглебская ГЭС ПЛ 661-В-500	5800	2000	24	Асиммет- ричный	Прямоосный, сдвоенный на крышке турбины	250	"	Тавровый	270	2,75	0,630	"	2,460	"	"	ЭГРК-100	МНУ-5,6-40	"

Название ГЭС и тип установки	Год изготовления головного образца	Напор, м			Расход воды		Скорость вращения, об/мин			Мощность, кВт		Рабочее колесо				Механизм по- ворота лопа- стей
		максимальный	расчетный	минимальный	при расчетном напоре, м <sup>3</sup> /с	приведенный, л/с	нормальная	приведенная	разгонная при сохранении комби- наторной зависимо- сти	максимальная	при расчетном напоре	Условный диаметр, мм	Количество лопастей	Втулочное отношение		
														по цилиндру	по сфере	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Серебрянская ГЭС (двухперовая) ПЛ <sub>2</sub> 642-В-360 .....	1969	82,70	75,70	71,00	100	885	250,00	104,0	525	68300	68300	3600	4x2	0,475	0,525	Бескостовинный
Саратовская ГЭС ПЛ 661-В-500 (рыболодъемный) ....	1968	15,00	9,30	5,00	100	1310	83,30	110,0	200	9300	8500	5000	4	-	-	Бескостовинный, полость сервомо- тора совмещена с полостью меха- низма поворота
ГЭС Джардап-Же- лезные Ворота ПЛ 587-В-950 .....	1969	35,46	27,16	17,50	725	1550	71,50	130,0	180	178000	178000	9500	6	0,39	0,45	Бескостовинный с прямой серьгой
Капчагайская ГЭС ПЛ <sub>2</sub> 5С-В-650 .....	1969	42,70	36,10	35,00	348	1370	107,10	115,0	225	130000	11000	6500	4x2	0,37	0,45	Бескостовинный с наклонной серь- гой и стаканами
Саратовская ГЭС ПЛ 548-Г-750 (опыт- ный агрегат № 23) Перепадная ГЭС ПЛ 548-Г-550 .....	1969	15,00	10,60	6,50	570	2900	75,00	173,0	170	47300	47300	7500	4	0,31	0,35	Бескостовинный
Табка 1 ГЭС ПЛ 642-В-600 .....	1970	14,00	11,20	11,08	206	2020	93,75	154,0	210	20600	20600	5500	4	0,30	0,35	То же
Дженпег ГЭС ПЛ 826-ГК-750 ....	1972	49,00	40,00	29,00	284	1248	125,00	118,5	265	103000	103000	6000	8	-	0,55	Бескостовинный со стаканами
Чебоксарская ГЭС ПЛ 811-В-1000 ....	1975	10,67	7,30	4,91	-	-	62,00	140,0	192 без сохранения комбинатор- ной зависи- мости	29000	29000	7500	4	0,30	0,35	Бескостовинный
Чебоксарская ГЭС ПЛ 811-В-1000 ....	1977	18,90	12,40	6,50	753	1200	57,70	140,0	115	80500	80500	10000	4	-	-	Действует от сервомотора, рас- положен в верхней части рабочего ко- леса

Название ГЭС и тип установки	Направляющий аппарат				Сервомотор		Спиральная камера					Отсасывающая труба		Направляю- щий подшип- ник		Тип регулятора	Тип маслонапорной установки	Тип затвора перед тур- биной
	Диаметральное расстояние между осями лопаток, мм	Высота направляю- щего аппарата, мм	Количество лопа- ток	Профиль лопатки	Тип	Диаметр, мм	Тип	Профиль сечения	Угол охвата в плane, град	Скорость воды во входном сечении, м/с	Скоростной коэф- фициент	Тип	Отношение высо- ты к диаметру рабочего колеса	Материал вкладыша	Смазка			
Верхне-Тулום- ская ГЭС ПЛ 646-В-420	4900	1470	24	То же	Прямоосный, сдвоенный	300	Метал- личе- ская свар- ная	Круглый	345	5,60	0,760	"	2,650	"	"	ЭГРК-100	МНУ-5,6	"
Меттур-Таннел ГЭС ПЛ 646-В-450	5250	1570	24	"	Прямоосный, сдвоенный на крышке турбины	300	То же	"	345	4,12	0,600	Изогну- тая	2,300	Баббит	Ма- сло	РКМ-100	МНУ-8	"
Череповецкая ГЭС ПЛ 548-Г-550	-	2440	16	Асиммет- рично-ко- нический	Вертикаль- ный прямо- осный	500	Подвод прямо- точный	-	-	-	-	Прямая кониче- ская подводя- щая ка- мера	-	Баббит	Ма- сло	ЭГРК-100	МНУ-12,5-25 на два агре- гата	Нет
Путкинская ГЭС ПЛ 661-В-500	5800	2000	24	Асиммет- ричный	Прямоосный, сдвоенный на крышке турбины	250	Бетон- ная	Тавровый	270	3,66	0,815	Изогну- тая с коленом № 4А	1,915	Резина	Вода	ЭГРК-100	МНУ-4	"
Палакагорская ГЭС ПЛ 661-В-550	6400	2200	24	Симмет- ричный	Прямоосный на крышке турбины	350	То же	Трапеци- дальный с плоским по- толком	180	2,83	0,760	Изогну- тая с коленом № 4	1,915	"	"	РКМ-100	МНУ-4	"

Название ГЭС и тип установки	Направляющий аппарат				Сервомотор		Спиральная камера					Отсасывающая труба		Направляю- щий подшип- ник		Тип регулятора	Тип масляной ус- тановки	Тип загвора перед тур- биной
	Диаметральное расстояние между осями лопаток, мм	Высота направляюще- го аппарата, мм	Количество лопаток	Профиль лопатки	Тип	Диаметр, мм	Тип	Профиль сечения	Угол охвата в плane, град	Скорость воды во входном сечении, м/с	Скоростной коэффи- циент	Тип	Отношение высоты к диаметру рабо- чего колеса	Материал вкладыша	Смазка			
Серебрянская ГЭС (двухперовая) ПЛ <sub>2</sub> 642-В-360	4200	1260	24	Асиммет- ричный	Прямоосный	450	Метал- личе- ская	Круглый	345	6,47	0,74	Изогну- тая	2,30	Баббит	Масло	ЭГРК-100-2	МНУ-3,6- 2-40	Нет
Саратовская ГЭС ПЛ 661-В-500 (рыбоподъемный)	5800	2000	24	То же	Прямоосный, сдвоенный на крышке тур- бины	250	Бетон- ная	С пло- ским по- толком	225	2,40	0,79	Кониче- ская по чертежу Гидро- проекта	2,90	Резина	Вода	ЭГРКМ- 100-2	МНУ-4- 1/25	"
ГЭС Джардап- Железные Ворота ПЛ 587 <sup>a</sup> -В-950	11000	3560	32	Симмет- ричный	Прямоосный, сдвоенный	600	То же	Тавро- вый	225	4,40	0,84	Изогну- тая	2,70	Баббит	Масло	ЭГРКМ- 250-3	МНУ-36- 2/40	"
Капчагайская ГЭС ПЛ <sub>2</sub> 50-В-650	-	-	24	Асиммет- ричный	Прямоосный, сдвоенный на крышке тур- бины	450	"	Трапе- цеидаль- ный с плоским потол- ком	300	-	-	Изогну- тая с коленом № 4С	-	"	"	ЭГРКМ- 150-2	МНУ-16- 2/40	"
Саратовская ГЭС ПЛ 548-Г-750 (опытный агрегат № 23) .....	Конический, угол наклона оси поворота лопаток к оси турбины 60°		16	То же	Сдвоенный вертикально во внутрен- нем поясе	450	Подвод, прямо- точный	-	-	-	-	Прямая кониче- ская	-	"	"	ЭГРКМ- 150-2	МНУ-30- 2/40 на 2 агрегата	"
Перепадная ГЭС ПЛ 548-Г-550	То же		16	"	Прямоосный, сдвоенный вертикально в шахте тур- бины	400	То же	-	-	-	-	То же	-	"	"	ПОК-100	МНУ-12,5- А-1/40	"

Табка I ГЭС ПЛ 642-В-600	7300	2100	24	"	Прямоосный, двояенный на крышке турбины	500	Бетонная	Тавровый	270	5,10	0,80	Изогнутая с коленом № 4	-	"	"	ЭГРК-2М-200-3	МНУ-20А-2/40	"
Дженпег ГЭС ПЛ 826-ГК-750	Конический, угол наклона оси поворота лопаток к оси турбины 60°		16	"	Прямоосный, двояенный	450	Подвод точный	прямо-	-	-	-	Прямая коническая	-	"	"	ЭГРК-1Т-150-5	МНУ-30М-2/40-60	"
Чебоксарская ГЭС ПЛ 811-В-1000 ....	12000	4300	28	"	Прямоосный, двояенный на верхнем кольце направляющего аппарата	500	Бетонная	Трапециевидальный	210	4,00	-	Изогнутая	-	Резина	Вода	ЭГРК-2М-200-3	МНУ-30А-2/40	"
Юшкозерская ГЭС ПЛ 811-В-500	6000	2150	24	Симметричный	То же	250	То же	Тавровый	210	2,55	-	"	2,43	"	"	ЭГРК-1Т-100-4	МНУ-4А-1/40	"

Название ГЭС и тип установки	Год изготовления головного образца	Напор, м			Расход воды		Скорость вращения, об/мин				Мощность, кВт		Рабочее колесо			Направляющий аппарат			Сервомотор направляющего аппарата		
		максимальный	расчетный	минимальный	при расчетном напоре, м <sup>3</sup> /с	приведенный, л/с	нормальная	приведенная	разгонная при со- хранении комбина- торной зависимости	максимальная	при расчетном напоре	Условный диаметр, мм	Количество лопастей	Тип уплотнения рабочего колеса	Диаметральное расстояние между осями лопаток, мм	Высота направляющего аппарата, мм	Количество лопаток	Профиль лопатки	Тип	Диаметр, мм	
<u>II. Радиально-осевые гидротурбины</u>																					
Усть-Каме- ногорская ГЭС РО 123-В- 545 .....	1951	41,8	39,8	35,9	236,0	1260	83,30	72,0	167	8500	8500	5450	14	Лабиринтное	6250	1985	24	Асимметричный	Прямоосный в шахте турбины	600	
Комсомоль- ская ГЭС РО 123-В-300	1951- 1955	40,0	35,5	35,3	68,5	1280	150,00	75,5	320	2450	21200	3000	14	То же	3500	1050	24	Симметричный	То же	350	
Тавакская ГЭС РО 123-В-305	1951- 1955	34,5	30,0	28,3	67,3	1320	150,00	84,0	300	19000	18000	3050	14	"	3500	1050	24	То же	"	350	
Мингечаур- ская ГЭС РО 211-В-410	1952	62,0	52,0	48,0	136,0	1100	125,00	66,0	240	61500	61500	4100	14	"	4750	1230	24	"	"	600	
Князегуб- ская ГЭС РО 211-В-410	1953	39,5	34,0	29,0	112,0	1146	100,00	70,0	190	37000	33000	4100	14	Гребенчатое	4750	1230	24	"	"	600	
Гомушская ГЭС РО 246-В-265	1953	290,3	285,0	281,0	22,5	182	375,00	59,0	600	57000	55200	2650	17	Лабиринтное	3300	286	24	"	"	450	
Сынмынься ГЭС РО 702-В-550	1960	71,0	63,0	44,0	276,0	1150	100,00	69,5	205	154000	152000	5500	14	То же	6400	1375	24	"	"	750	
Братская ГЭС РО 662-В-550	1960	106,0	96,0	92,0	254,0	860	125,00	70,0	250	230000	217000	5500	14	"	6400	1100	24	"	Прямоосный, сдвоенный на крышке турбины	560	
Храм II ГЭС РО 683-В- 245 .....	1960	324,3	307,3	292,3	20,7	200	428,60	60,0	525	56500	56500	2450	19	Гребенчатое	3000	250	24	"	Прямоосный на спиральной камере	450	

Название ГЭС и тип установки	Спиральная камера					Отсасывающая труба		Направляющий подшипник		Тип регулятора	Тип масляной установки	Тип затвора перед турбиной
	Тип	Профиль сечения	Угол охвата в плане, град	Скорость воды во входном сечении, м/с	Скоростной коэффициент	Тип	Отношение высоты к диаметру рабочего колеса	Вид покрытия вкладыша	Вид смазки			
Усть-Каменогорская ГЭС РО 123-В-545	Металлическая сварная	Круглый	342	5,00	0,782	Изогнутая с коленом № 15	2,00	Резина	Вода	УК-150	МНУ-7	Нет
Комсомольская ГЭС РО 123-В-300 .....	То же	"	360	4,33	0,728	Изогнутая	2,36	Баббит	Масло	Р-100	МНУ-1,7	"
Тавакская ГЭС РО 123-В-305 .....	"	"	360	4,33	0,793	"	2,30	Резина	Вода	Р-100	МНУ-1,7	"
Мингечаурская ГЭС РО 211-В-410 .....	"	"	347	6,83	0,950	Изогнутая с коленом № 15	2,44	"	"	УК-150	МНУ-7	Дисковый Ø 5300 мм
Князегубская ГЭС РО 211-В-410 .....	"	"	345	5,35	0,870	То же	2,00	"	"	УК-150	МНУ-7	Нет
Гюмушская ГЭС РО 246-В-265 .....	Металлическая литая	"	360	10,60	0,630	Изогнутая	2,20	"	"	УК-100	МНУ-1,7	Шаровой Ø 1700 мм
Сынмынься ГЭС РО 702-В-550 .....	Металлическая литая	"	345	6,80	0,850	Изогнутая с коленом № 4	2,50	Баббит	Масло	ЭГР-150	МНУ-8	Нет
Братская ГЭС РО 662-В-550 .....	То же	"	345	6,60	0,570	То же	2,60	Резина	Вода	ЭГР-150	МНУ-12,5	"
Храм II ГЭС РО 683-В-245 .....	Металлическая литая	"	360	10,60	0,570	Чугунная изогнутая с коленом № 10	2,24	Баббит	Масло	Р-100	МНУ-2,5	Шаровой Ø 1700, дисковый Ø 2800 мм
Юнфьнь ГЭС РО 741-В-330 .....	Металлическая сварная	"	345	9,15	0,970	Изогнутая с коленом № 4	2,50	Резина	Вода	Р-100	МНУ-4	Дисковый Ø 5800 мм
Бхакра-Наггал ГЭС РО 638-В-410 .....	То же	"	345	8,10	0,734	Изогнутая с коленом, расширенным в плане	2,44	Баббит	Масло	ЭГР-100-3	МНУ-5,6-1/40	Нет
Красноярская ГЭС РО 697-В-750 .....	"	"	345	9,65	1,000	Изогнутая с коленом № 4	2,60	Резина	Вода	ЭГРМ-150-3	МНУ-20-2/40	"

Название ГЭС и тип установки	Год изготовления головного образца	Напор, м			Расход воды		Скорость вращения, об/мин			Мощность, кВт		Рабочее колесо			Направляющий аппарат			Сервомотор направляющего аппарата		
		максимальный	расчетный	минимальный	при расчетном напоре, м <sup>3</sup> /с	приведенный, л/с	нормальная	приведенная	разгонная при сохранении комбинаторной зависимости	максимальная	при расчетном напоре	Условный диаметр, мм	Количество лопастей	Тип уплотнения рабочего колеса	Диаметральное расстояние между осями лопаток, мм	Высота направляющего аппарата, мм	Количество лопаток	Профиль лопатки	Тип	Диаметр, мм
Юфья ГЭС РО 741-В-330 .....	1963	113,5	89,0	68,6	130,0	960	15000	72,5	360	114000	103000	3800	14	Лабиринтное	4500	760	24	"	Прямоосный в шахте турбины	500
Бхакра-Нангал ГЭС РО 638-В-410	1964	158,5	121,92	79,9	116,0	625	187,50	68,5	393	127000	127000	4100	15	То же	4750	820	24	"	Прямоосный двояный	400
Красноярская ГЭС РО 697-В-750	1964	100,5	93,0	76,0	615,0	1130	93,75	73,0	180	508000	508000	7500	14	Шелевое с канавками	8700	1880	24	"	Прямоосный, двояный на опоре подпятника	$\frac{650}{750}$
Асуанская ГЭС РО 728 <sup>б</sup> -В-630	1966	74,0	62,0	35,0	350,0	150	100	70,0	250	200000	180000	6300	14	Лабиринтное	7300	1890	24	Асимметричный	Прямоосный, двояный на опоре подпятника	500
Балимела ГЭС РО 683-В-280..	1971	289,4	257,0	257,0	28,5	227	375,0	65,5	620	71500	62000	2800	19	-	3300	286	24	Симметричный	Прямоосный на спиральной камере	300

Название ГЭС и тип установки	Спиральная камера					Отсасывающая труба		Направляющий подшипник		Тип регулятора	Тип масляной установки	Тип загвора перед турбиной
	Тип	Профиль сечения	Угол охвата в плане, град	Скорость воды во входном сечении, м/с	Скоростной коэф- фициент	Тип	Отношение высоты к диаметру рабо- чего колеса	Направляющий подшипник				
								Вид покрытия вкладыша	Вид смазки			
Асуанская ГЭС РО 728 <sup>б</sup> -В-630 ....	Бетонная	Тавровый	285	6,7	0,89	Изогнутая	3,38	Баббит	Масло	ЭГР-150-3	МНУ-12,5- 40Т	Нет
Балимела ГЭС РО 683-В-280 .....	Металлическая	Круглый	360 (объеди- нена со стато- ром)	11,0	0,685	"	2,2	"	Жидкое масло	ЭГР-2М-100-4	МНУ-1,6- 1/40	Шаровой 64200мм
Лоуэр-Силеру ГЭС РО 991-В-285 .....	Металлическая, совмещенная со статором	"	351	13,2	-	"	2,58	"	То же	ЭГРМ-2М- 100-4	МНУ-4А- 1/40Т	Шаровой
Токтогульская ГЭС РО 805-В-535 .....	Металлическая сварная	"	351	11,5	-	Двухъярусное рас- положение, изо- гнутой с коленом № 4	<del>2,6</del> 4,0	"	"	ЭГР-2М- 150-4	МНУ-20К- 1/40	Нет
Капивара ГЭС РО 820-В-605 .....	Металлическая	Переменный	345	6,1	-	Бетонная изогну- тая с конусом	2,57	"	"	ЭГР-2М- 150-4	МНУ-15С- 1/40	-
Усть-Илимская ГЭС РО 810-В-550 .....	Металлическая сварная	Круглый	351	9,6	-	Изогнутая	2,66	Резина	Вода	ЭГРИ-150- 10	МНУ-12,5С- 1/40	-
Локтак ГЭС РО 683-В-200 .....	Металлическая, совмещенная со статором	"	360	10,4	-	"	2,2	Баббит	Жидкое масло	ЭГР-2М- 100-4	МНУ-1,6- 1/40Т	-
Саянская ГЭС РО 805 <sup>а</sup> -В-650 ....	Металлическая	Смешанной конструкции	342	-	-	Изогнутая с коле- ном № 4	2,6	Резина	Вода	ЭГР-1Т- 200-4	МНУ-36- 2/40	-

Название ГЭС и тип уста- новки	Год изготовления головного образца	Напор, м			Расход воды		Скорость враще- ния, об/мин			Мощность, кВт		Рабочее колесо			Направляющий аппарат			Сервомотор направляющего аппарата		
		максимальный	расчетный	минимальный	при расчетном напоре, м <sup>3</sup> /с	приведенный, л/с	нормальная	приведенная	разгонная при со- хранении комбинэ- торной зависимости	максимальная	при расчетном напоре	Условный диаметр, мм	Количество лопастей	Тип уплотнения рабочего колеса	Диаметральное расстояние между осями лопаток, мм	Высота направляю- щего аппарата, мм	Количество лопаток	Профиль лопатки	Тип	Диаметр, мм
Лоуэр-Силе- ру ГЭС РО 991-В-285	1972	199,6	193,6	173,4	67,8	600	300,0	61,5	580	119000	119000	2850	19	Гребен- чатое	3400	456	24	"	Прямоосный в шахте турбины	400
Токтогуль- ская ГЭС РО 805-В-535	1973	183,0	140,0	100,0	240,0	895	166,7	66,2	310	360000	307000	5350	16	Лабирин- тное	6300	1062	20	"	То же	900
Каливара ГЭС РО 820-В-605	1974	50,0	50,0	35,0	375,0	1400	100,0	85,0	210	163000	163000	6050	14	То же	7300	2120	24	Асиммет- ричный	Прямоосный, сдвоенный на опоре под- пятника	500
Усть-Илим- ская ГЭС РО 810-В-550	1973	90,0	85,5	84,0	300,0	1130	125,0	74,3	230	245000	245000	5500	16	Верх- елочное, низ-ци- линдри- ческое	6875	1792	20	Симмет- ричный	Прямоосный на крышке турбины	500
Локтак ГЭС РО 683-В- 200 .....	1974	306,2	298,0	284,4	-	200	500,0	-	870	36100	36100	2000	19	-	2430	206	20	"	Прямоосный на спираль- ной камере	250
Саянская ГЭС РО 805 <sup>а</sup> -В-650	Тех- ниче- ский проект	220,0	194,0	175,0	-	-	142,8	-	270	650000	650000	6500	16	Лабирин- тное	7900	-	20	"	Индивидуаль- ный крыль- чатый	950

# ОПИСАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ПОВОРОТНО-ЛОПАСТНЫХ И РАДИАЛЬНО-ОСЕВЫХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ТУРБИН

## ТУРБИНА ТИПА ПЛ 587<sup>а</sup>-В-950 МОЩНОСТЬЮ 178000 кВт

### (ГЭС Джардап - Железные Ворота)

Вертикальная поворотно-лопастная турбина служит приводом генератора трехфазного тока. Спиральная камера турбины (фиг. 1, табл. 1) — бетонная с углом охвата в плане 225°.

Статор состоит из верхнего и нижнего поясов, сваренных из листового проката и соединенных 12 профилированными колоннами, одна из которых является зубом спиральной камеры. Пояса с колоннами соединены сваркой. Статор выполнен из шести частей, соединенных болтами.

Рабочее колесо имеет шесть поворотных лопастей из нержавеющей стали. Механизм поворота — бескрестовинной конструкции, со стаканами и прямыми серьгами. Камера рабочего колеса — сварная, состоит из трех поясов. Проточная часть камеры выполнена штампованной: в области возможной кавитации — из двухслойной нержавеющей стали, остальная часть — из углеродистой стали. Для осмотра и ремонта периферийных кромок лопастей в камере имеется съемный лист, доступ к которому предусмотрен со стороны спиральной камеры через специальный проход в бетоне. Корпус отлит из стали.

Цапфы лопастей уплотняются пятью резиновыми манжетами, между которыми проложены промежуточные кольца. Три манжета предотвращают утечки масла из корпуса, две — проникновение в него воды. Вал турбины — единый, сварно-кованный, трубчатого сечения, состоит из трех частей, соединенных электрошлаковой сваркой. Нижним фланцем вал крепится к крышке рабочего колеса, верхним соединяется со ступицей ротора генератора.

В средней части вала заодно с ним откован кольцевой направляющий пояс, являющийся опорной поверхностью подшипника. Внутри вала размещены штанги, подводящие масло к сервомотору рабочего колеса.

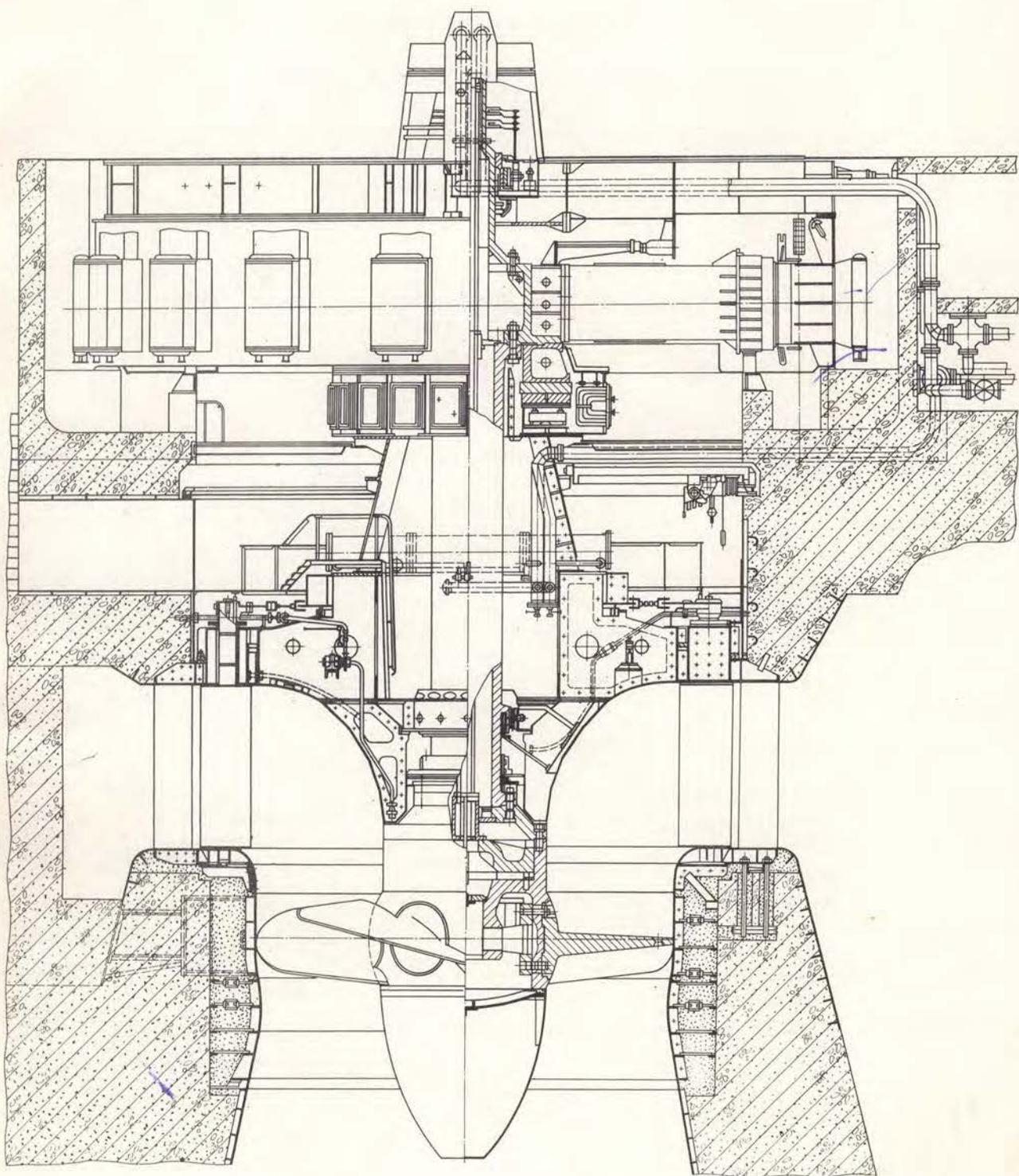
Направляющий аппарат — цилиндрический, состоит из 32 направляющих поворотных лопаток симметричного профиля. Каждая лопатка своими цапфами опирается на три бронзовые втулки, которые смазываются солидолом от автоматической станции. Уплотнение нижних и средних цапф достигается профильными резиновыми манжетами.

Для уменьшения протечек воды из спиральной камеры через закрытый направляющий аппарат предусмотрены профильные резиновые шнуры, заложенные в специальные пазы вдоль тела лопаток — в месте соприкосновения с соседней лопаткой.

Поворот направляющих лопаток осуществляется двоякими сервомоторами, расположенными на крышке турбины. Индивидуальный выем направляющих лопаток не предусмотрен.

Направляющий подшипник, фиксирующий положение вала турбины, — самосмазывающийся сегментный; смазка производится жидким маслом. В месте установки направляющего подшипника к валу приварена юбка, являющаяся опорной шейкой подшипника.

Уплотнение вала — торцевого типа. Рабочей парой уплотнения являются углеграфитовые кольца и контактирующее с ними неподвижное съемное металлическое кольцо, прикрепленное к нажимной втулке. Упругим элементом уплотнения является набор пружин, установленных на нажимной втулке. Пружины обеспечивают герметичность стыка пары трения при



Фиг. 1. Разрез по турбине типа ПЛ 587<sup>а</sup>-В-950 (ГЭС Джардап-Железные Ворота)

изменении давления воды в проточной части турбины и компенсацию износа колец пары.

В кольцевую часть между углеграфитовыми кольцами для охлаждения рабочих поверхностей и предохранения от попадания взвешенных частиц в зону контакта рабочей пары подается чистая вода давлением, несколько превосходящим давление в проточной части.

Все детали уплотнения выполнены из частей, что позволяет производить монтаж и демонтаж деталей уплотнения без разборки обтекаемого конуса.

Маслоприемник состоит из сварного основания, установленного на подставку генератора, сварного корпуса, прикрепленного к основанию, и маслоотражателя. Маслоотражатель, закрепленный на подставке вала генератора, совместно с гребнями основания образует уплотнение, препятствующее попаданию масла на подставку генератора. Основание маслоприемника служит сливной ванной и соединяется трубой с баком МНУ.

В крышке турбины установлены четыре кла-

пана срыва вакуума, лекажный аппарат и два дренажных насоса.

Турбина снабжена регулятором типа ЭГРКМ-250-3, маслonaпорной установкой типа МНУ-36-2/40 и аварийной маслonaпорной установкой (АМНУ).

Максимальное давление в системе регулирования  $40 \text{ кгс/см}^2$

#### Техническая характеристика

Напор, м:	
расчетный .....	27,16
максимальный .....	35,46
минимальный .....	17,5
Мощность, кВт .....	178000
Скорость вращения, об/мин .....	71,5
Диаметр рабочего колеса, мм .....	9500
Количество лопастей рабочего колеса .....	6

## ТУРБИНА ТИПА ПЛ 587 -В-930 МОЩНОСТЬЮ 132000 кВт (ВоГЭС им. XXII съезда КПСС, опытный агрегат)

Вертикальная поворотнo-лопастная турбина служит приводом генератора трехфазного тока.

Турбина установлена на ГЭС в гнездо, подготовленное для обычного агрегата. Закладные и фундаментные части и ряд деталей направляющего аппарата (направляющие лопатки, верхнее и нижнее кольца направляющего аппарата) изготовлены по чертежам серийной турбины. Частичной переделке подвергались лопатки направляющего аппарата. В конструкцию остальных узлов введено большое число новых элементов.

Спиральная камера турбины - бетонная таврового сечения. Угол охвата в плане  $135^\circ$ . Потолок и пол спиральной камеры в зоне монтажного бетона облицованы стальными листами. Отсасывающая труба - изогнутая, высотой  $2,24D_1$ .

Статор - сварно-литой, состоит из 16 профилированных колонн. Камера рабочего колеса - сварная, из штампованных стальных листов без последующей обработки внутренней поверхности, облицована нержавеющей сталью.

Направляющий аппарат состоит из 32 по-

воротных лопаток, отлитых из углеродистой стали. В отличие от серийных турбин эти направляющие лопатки имеют нулевой эксцентриситет, достигнутый соответствующей подрезкой выходных кромок на штатных заготовках, вследствие чего гидравлический момент на направляющей лопатке постоянно действует в направлении закрытия. Смачивание лигнофолевых втулок и цапф направляющих лопастей осуществляется водой. Предусмотрена возможность установки крыльчатых сервомоторов на каждой направляющей лопатке.

В направляющем аппарате применена принципиально новая конструкция крышки турбины - три конусные оболочки, изготовленные из листов толщиной 26 мм и составляющие между собой в сечении треугольник. На верхнем фланце крышки установлена сварная опора подпятника агрегата.

Поворот лопаток направляющего аппарата осуществляется регулирующим кольцом, объединенным с торовым сервомотором. Корпус последнего - разъемный, состоит из восьми частей и имеет внутри четыре неподвижных

плунжера, прикрепленных к крышке турбины. Сервомотор снабжен двумя ручными стопорными устройствами.

Регулирующее кольцо, являющееся корпусом сервомотора, направляется в масляной ванне и связано с цапфами направляющих лопаток посредством серег и рычагов со срезными пальцами. Шарнирные соединения механизма поворота направляющих лопаток выполнены двух типов: на втулках из графитированного капрона без смазки и в виде радиально-сферических роликоподшипников со смазкой их при ревизиях.

Аварийное закрытие турбины может быть осуществлено посредством аварийного золотника, соединяющего сервомотор направляющего аппарата непосредственно с маслонапорной установкой в случае отказа регулятора турбины.

Рабочее колесо турбины подверглось существенным конструктивным изменениям, позволившим уменьшить втулочное отношение по сфере до  $0,45D_1$  (по сравнению с  $0,5D_1$  у штатных турбин ГЭС), повысить максимальную мощность агрегата на 6000 кВт и снизить вес рабочего колеса до 229,4 т (по сравнению с 417,6 т у штатных турбин ГЭС).

Все шесть поворотных лопастей рабочего колеса выполнены полыми сварно-литой конструкции, облицованными по перу листами нержавеющей стали. Поворот лопастей осуществляется в двух цилиндрических и одном коническом роликовых подшипниках. Механизм поворота лопастей — крестовинной конструкции.

Сервомотор с поршнем и штоком встроен внутри корпуса рабочего колеса. Крышкой сервомотора служит нижний фланец вала турбины обычного размера. Смазка трущихся поверхностей механизма поворота лопастей производится за счет протечек масла из сервомотора рабочего колеса. Излишки масла выводятся через внутреннюю полость вала турбины.

Вал турбины представляет собой полую трубу, к которой приварены с плавным переходом литые фланцы.

Направляющий подшипник выполнен с обрешиненными вкладышами. Смазка производится водой, поступающей из спиральной камеры. Резервирование смазки осуществляется от трубопровода технического водоснабжения станции. Опора подпятника агрегата установлена на крышке турбины.

Предусмотрена работа агрегата в режиме синхронного компенсатора.

Турбина снабжена регулятором типа ЭГРК-150 и маслонапорной установкой типа МНУ-20А-40.

#### Техническая характеристика

Напор, м:	
расчетный .....	19
максимальный .....	27
минимальный .....	14
Мощность, кВт .....	132000
Скорость вращения, об/мин .....	68,2
Диаметр рабочего колеса, мм .....	9300
Количество лопастей рабочего колеса .....	6

## ТУРБИНА ТИПА ПЛ 587 -В-930 МОЩНОСТЬЮ 126000 кВт (ВоГЭС им. XXII съезда КПСС, штатный агрегат)

Вертикальная поворотнo-лопастная турбина служит приводом генератора трехфазного тока. Бетонная спиральная камера турбины (фиг. 2, табл. 1) — таврового сечения с плоским потолком. Угол охвата камеры в плане  $135^\circ$ . Верхняя коническая часть отсасывающей трубы имеет облицовку, выполненную из листовой стали.

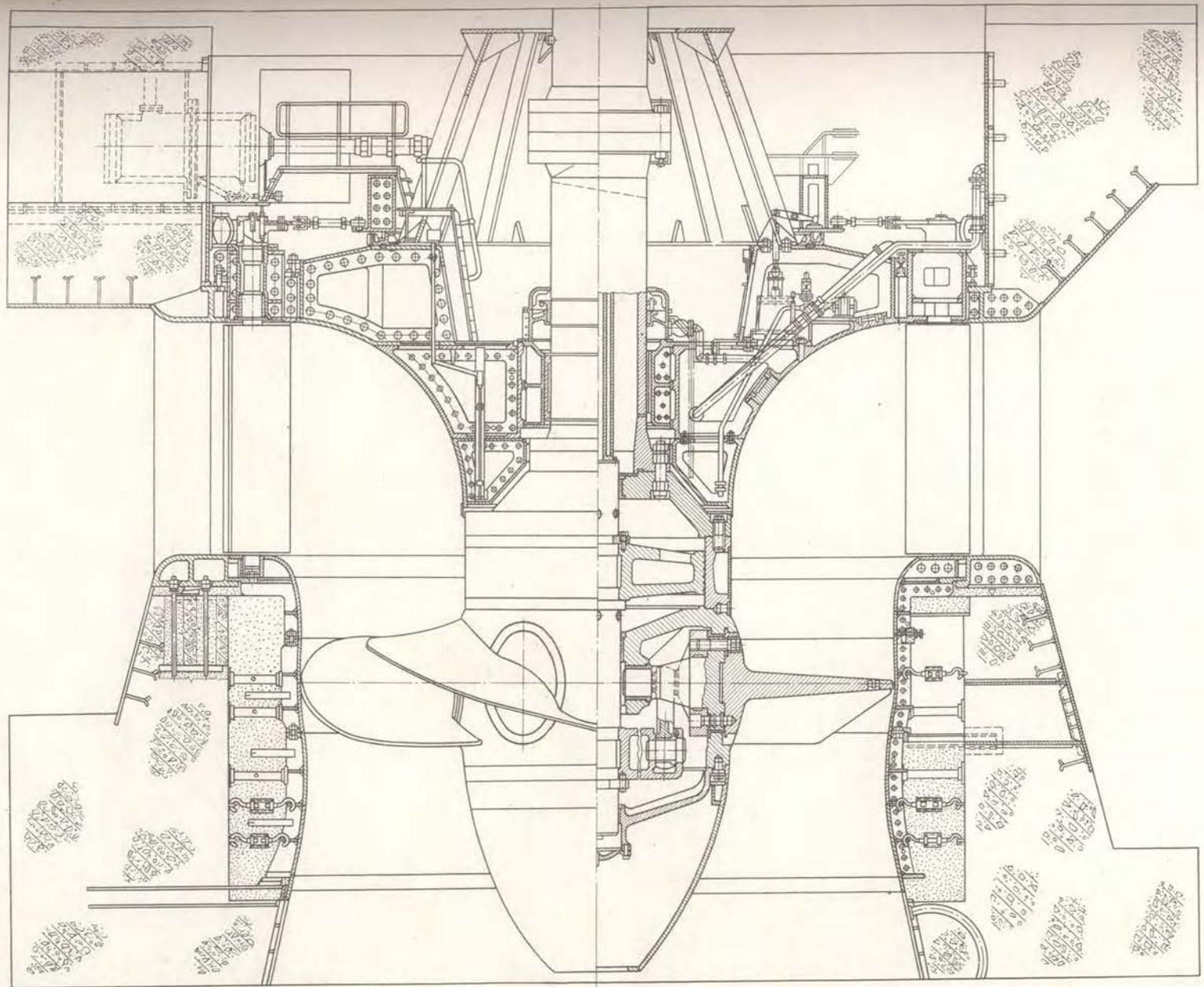
Статор — сварно-литой конструкции, имеет 17 литых колонн, связанных между собой верхним и нижним поясами.

Направляющий аппарат состоит из 32 поворотных лопаток с рычагами, накладками, серь-

гами и регулирующим кольцом, приводимым в движение двумя сервомоторами. При необходимости каждая лопатка может быть вынута через спиральную камеру без демонтажа турбины.

Предусмотрено уплотнение резиновыми шнурами вертикальных пазов в верхнем и нижнем кольцах направляющего аппарата.

Крышка турбины — сварная, из листовой стали сложной конфигурации. На верхней поверхности крышки устанавливается опора подпятника и регулирующее кольцо, приводимое в движение через тяги двумя сервомоторами.



Фиг. 2. Разрез по турбине типа ПЛ 587-В-930 (Волжская ГЭС им. XXII съезда КПСС, штатный агрегат)

установленными в специальных шахтах. Регулирующее кольцо связано с направляющими лопатками через серьги, накладки и рычаги, снабженные срезными пальцами. Для сигнализации о срезе пальцев на каждом рычаге установлено контактное устройство.

Поверот направляющих лопаток осуществляется сервомоторами диаметром 800 мм каждый, приводимыми в действие маслом под давлением, поступающим от главного золотника регулятора по трубам. Один из сервомоторов снабжен стопорным устройством.

Камера рабочего колеса представляет собой по высоте три кольцевых пояса, состоящих каждый из восьми частей, и выполнена сварной из штампованных листов без последующей обработки внутренней поверхности.

Рабочее колесо имеет шесть лопастей. Корпус колеса отливается из углеродистой стали; центральная часть его имеет форму шарового пояса, верхняя — цилиндра, нижняя — усеченного конуса. Внутренняя полость корпуса выполнена в виде шестигранной призмы. Лопастей рабочего колеса — литые, из нержавеющей или низколегированной стали (в последнем случае лопасти облицовываются привариваемой полосой нержавеющей стали).

Вал турбины — сварной, из ковanej углеродистой стали. По всей длине вала расточено

центральное отверстие, служащее для установки штанг, подводящих масло под давлением сервомотору рабочего колеса.

Направляющий подшипник выполнен с обрешиненным вкладышем и расположен в непосредственной близости к рабочему колесу. Смазка подшипника производится водой, поступающей из верхнего бьефа. Резервирование смазки осуществляется от трубопровода технического водоснабжения станции.

Торможение агрегата выполняется тормозами генератора. Воздух для торможения забирается из котла маслонапорной установки.

Схема конструкции системы регулирования разработана с учетом полной автоматизации гидротурбинного оборудования. Система регулирования турбины снабжена регулятором типа РКО-250 и маслонапорной установкой типа МНУ-32.

#### Техническая характеристика

Напор, м:	
расчетный .....	19
максимальный .....	30
минимальный .....	14
Мощность, кВт .....	126000
Скорость вращения, об/мин .....	68,2
Диаметр рабочего колеса, мм .....	9300
Количество лопастей рабочего колеса .....	6

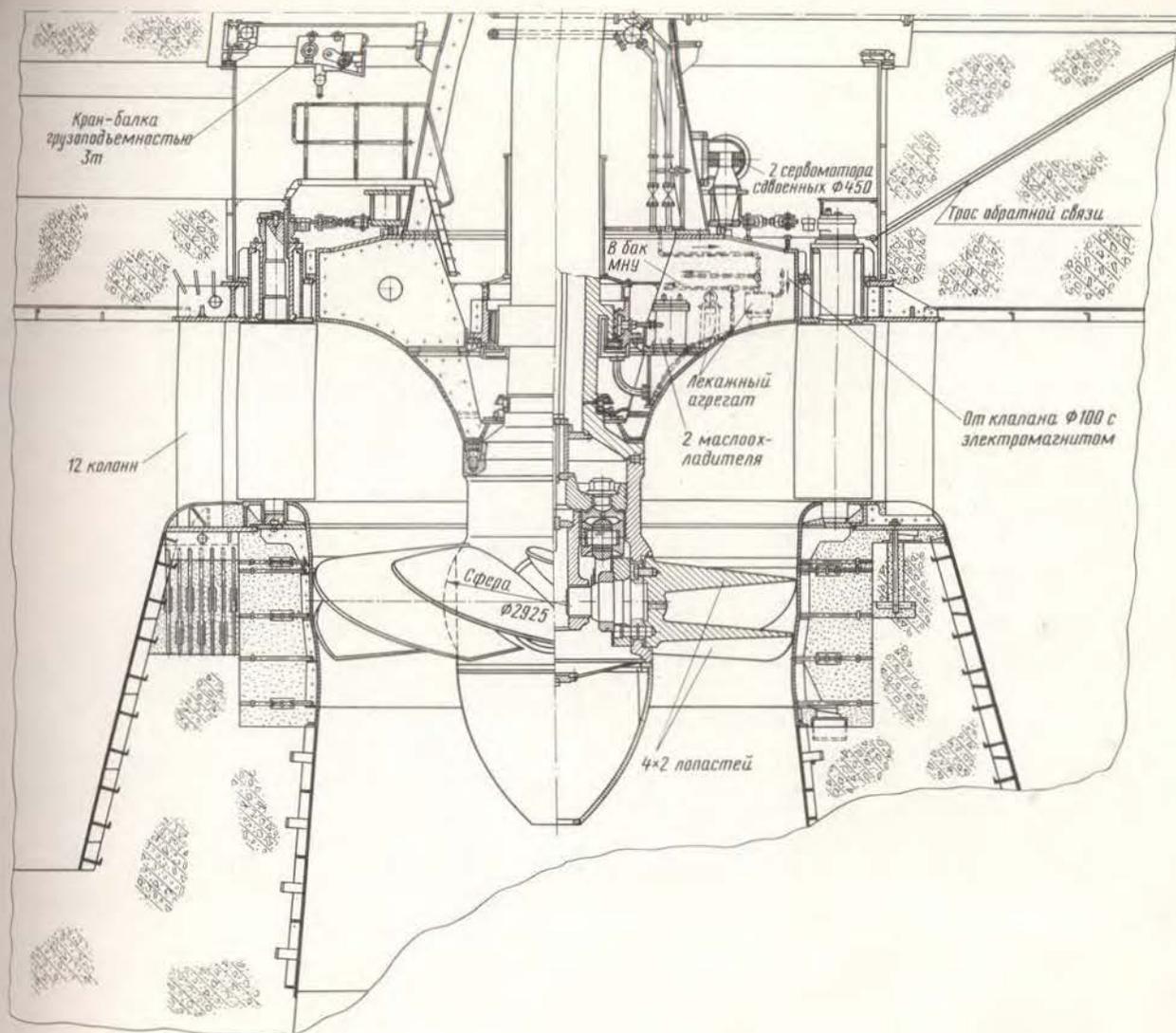
## ТУРБИНА ТИПА ПЛ<sub>2</sub> 50 -В-650 МОЩНОСТЬЮ 130000 кВт (Капчагайская ГЭС)

Вертикальная двухперовая поворотнo-лопастная турбина (фиг. 3, табл. 1) служит приводом генератора трехфазного тока. Подпятник агрегата расположен на крышке турбины. Спиральная камера турбины — бетонная трапециевидального сечения с углом охвата в плане 300°. Потолок спиральной камеры облицован стальными листами толщиной 12 мм, облицовка выполнена сварной. Для ужесточения на поверхности облицовки приварены ребра.

Статор турбины — сварно-литой конструкции, выполнен из шести частей и состоит из верхнего и нижнего поясов, соединенных между собой 12 профилированными литыми колоннами, одна из которых является зубом спиральной камеры. На верхнем поясе имеется фланец для установки верхнего кольца направ-

ляющего аппарата. На нижнем поясе предусмотрен фланец для крепления камеры рабочего колеса и нижнего кольца направляющего аппарата.

Направляющий аппарат состоит из верхнего и нижнего колец, 24 направляющих лопаток, механизма поворота лопаток и стопорного устройства. Лопатки направляющего аппарата асимметричного профиля отлиты из углеродистой стали. Каждая лопатка опирается и направляется в трех лигнофолевых втулках, смазка которых осуществляется водой. Нижняя втулка запрессована в нижнее кольцо направляющего аппарата, две верхние запрессованы в съемный чугунный корпус подшипника, закрепленного на верхнем кольце направляющего аппарата.



Фиг. 3. Разрез по турбине типа ПЛ<sub>2</sub> 50-В-650 (Капчагайская ГЭС)

Уплотнение цапф направляющих лопаток состоит из профильной манжеты и стального кольца. Поворот направляющих лопаток производится двумя прямоосными сдвоенными сервомоторами, закрепленными горизонтально на опоре подпятника. Регулирующее кольцо — сварной конструкции, направляется в специальной опоре, выполненной заодно с крышкой турбины. В местах соприкосновения регулирующего кольца с опорой установлены капроновые накладки, не требующие смазки. Также из капрона выполнены все втулки механизма.

Каждый сервомотор имеет общую тягу, на которой с двух сторон закреплены два чугунных поршня, перемещающихся внутри стальных

цилиндров. Для уменьшения протечек масла поршни снабжены уплотнительными кольцами.

Рабочее колесо — двухперовое с втулочным отношением 0,37/0,45, состоит из корпуса, отлитого из низколегированной стали, четырех сдвоенных лопастей, механизма поворота лопастей, отлитого из чугуна поршня сервомотора, сваренных из листового стали днища и обтекателя. Корпус рабочего колеса имеет сферическую форму, отлит заодно с цилиндром сервомотора. Лопасть, состоящая из фланца, на котором размещены два пера, соединяется с цапфой болтами и шпонками.

В отличие от обычных поворотных лопастных рабочих колес у данного рабочего колеса креп-

ление лопасти к цапфе осуществляется с внутренней стороны корпуса.

Поворот лопастей осуществляется сервомотором, расположенным в верхней части корпуса рабочего колеса. Поршень сервомотора через стаканы, наклонные серьги и пальцы рычагов связан с цапфами рабочего колеса. Корпус рабочего колеса крепится болтами непосредственно к фланцу вала, который одновременно является крышкой цилиндра сервомотора. Снизу корпус рабочего колеса закрыт днищем и обтекателем.

Для предотвращения утечки масла из корпуса рабочего колеса, а также от попадания в него воды из камеры турбины предусмотрены съемные уплотнения, состоящие из набора резиновых манжет, расположенных на наружном диаметре фланцев лопастей.

Направляющий подшипник — сегментный, самосмазывающийся на жидкой масляной смазке. Подшипник состоит из чугунного корпуса, вкладыша (12 стальных сегментов), нижней, верхней ванн и крышки. Стальные сегменты вкладыша, внутренняя поверхность которых залита баббитом, устанавливаются на опорном кольце в корпусе подшипника и фиксируются болтами.

При работе турбины циркуляция масла в подшипнике осуществляется за счет напора, создаваемого радиальными отверстиями в кольцевом поясе вала, действующими как центробежный насос.

Вал турбины — сварно-кованый. Тело вала отковано заодно с верхним фланцем, нижний конец вала сварен с нижним большим литым фланцем, который одновременно является крышкой сервомотора рабочего колеса. Вал по всей длине имеет центральное отверстие  $\phi$  850 мм, через которое проходят штанги, состоящие из двух труб, для подвода масла в сервомотор рабочего колеса и отвода из него дренажного масла.

Регулирование турбины осуществляется электрогидравлическим регулятором типа ЭГРКМ-150-2. Питание системы регулирования маслом под давлением производится маслonaпорной установкой типа МНУ-16-2/40.

#### Техническая характеристика

Напор, м:	
расчетный.....	36,1
максимальный .....	42,7 и 46 (статический)
минимальный .....	35
Мощность, кВт .....	111000 и 130000 (при пропуске катастрофического паводка и напоре 40,9 м)
Скорость вращения, об/мин .....	107,1
Диаметр рабочего колеса, мм ...	6500
Количество лопастей рабочего колеса .....	4 двояных

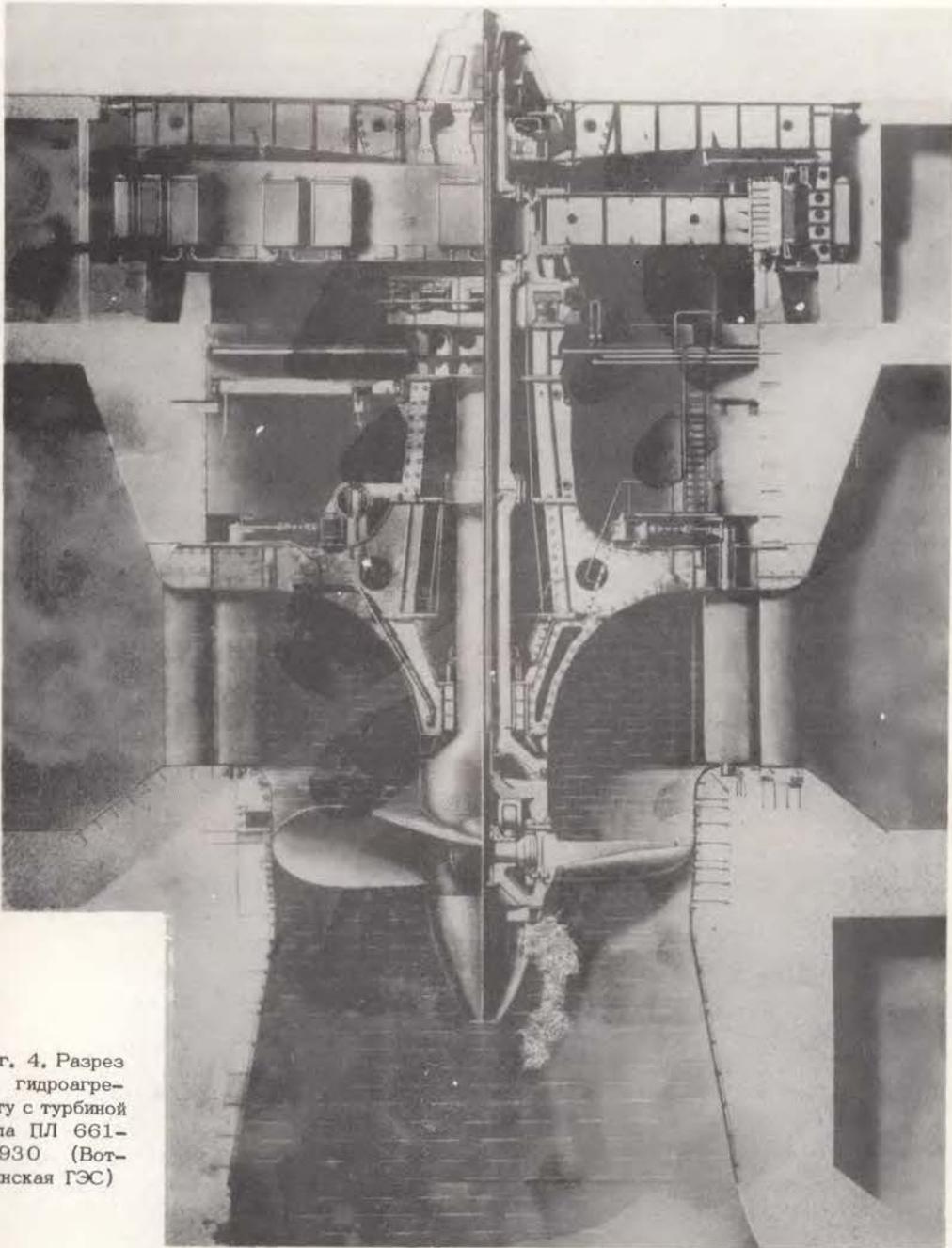
## ТУРБИНА ТИПА ПЛ 661 -В-930 МОЩНОСТЬЮ 107000 кВт (Воткинская ГЭС)

Вертикальная поворотнo-лопастная турбина служит приводом гидрогенератора трехфазного тока мощностью 43750 кВт, с частотой 50 пер/с.

Турбина (фиг. 4, табл. 1) имеет бетонную спиральную камеру таврового сечения с плоским потолком. Угол охвата камеры в плане  $180^\circ$ . Отсасывающая труба высотой  $2,24D_1$  изогнутая. Потолок спиральной камеры, а также конус отсасывающей трубы облицованы стальными листами.

Статор состоит из верхнего и нижнего поясов, скрепленных между собой 16 профилированными колоннами. Статор выполнен сварно-литым из восьми частей.

Направляющий аппарат состоит из 32 литых из углеродистой стали лопаток, сварного из восьми частей нижнего кольца, сварного из четырех частей верхнего кольца и регулирующего кольца. Лопатки направляющего аппарата — трехпорные. Нижние цапфы направляющих лопаток опираются на лигнофолевые втулки, запрессованные в нижнем кольце направляющего аппарата. Верхнее кольцо имеет 32 отверстия, в которых установлены чугунные подшипники, в каждый подшипник запрессованы две лигнофолевые втулки, на которые опираются верхняя и средняя цапфы лопатки. Нижняя цапфа лопатки смачивается водой, верхняя и средняя цапфы смазываются солидолом от ав-



Фиг. 4. Разрез по гидроагрегату с турбиной типа ПЛ 661-В-930 (Воткинская ГЭС)

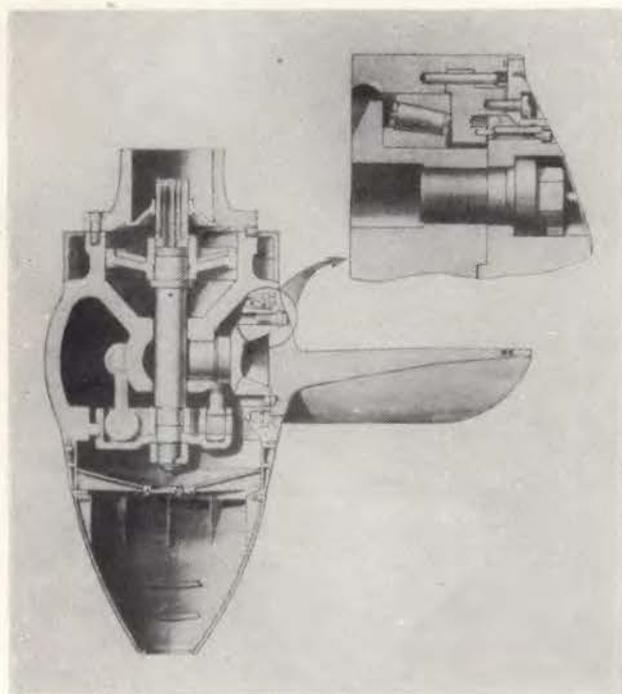
томатически действующей смазочной станции.

Предусмотрен выем лопаток через камеру рабочего колеса в отсасывающую трубу. Для уменьшения протечек воды при закрытом направляющем аппарате вдоль тела лопаток, в местах их соприкосновения друг с другом и по торцам верхнего и нижнего колец, предусмотрены резиновые шнуры, уложенные в специальные пазы.

Поворот лопаток направляющего аппарата

производится двумя сервомоторами с диаметром поршня 700 мм, расположенными в шахте турбины, один из двух сервомоторов имеет стопорное устройство с ручным приводом. Каждый сервомотор состоит из чугунного цилиндра, внутри которого перемещается чугунный поршень с прикрепленным к нему чугунным стаканом.

Поршни уплотнены двумя поршневыми кольцами, а стаканы — сальниками. Поршни посред-



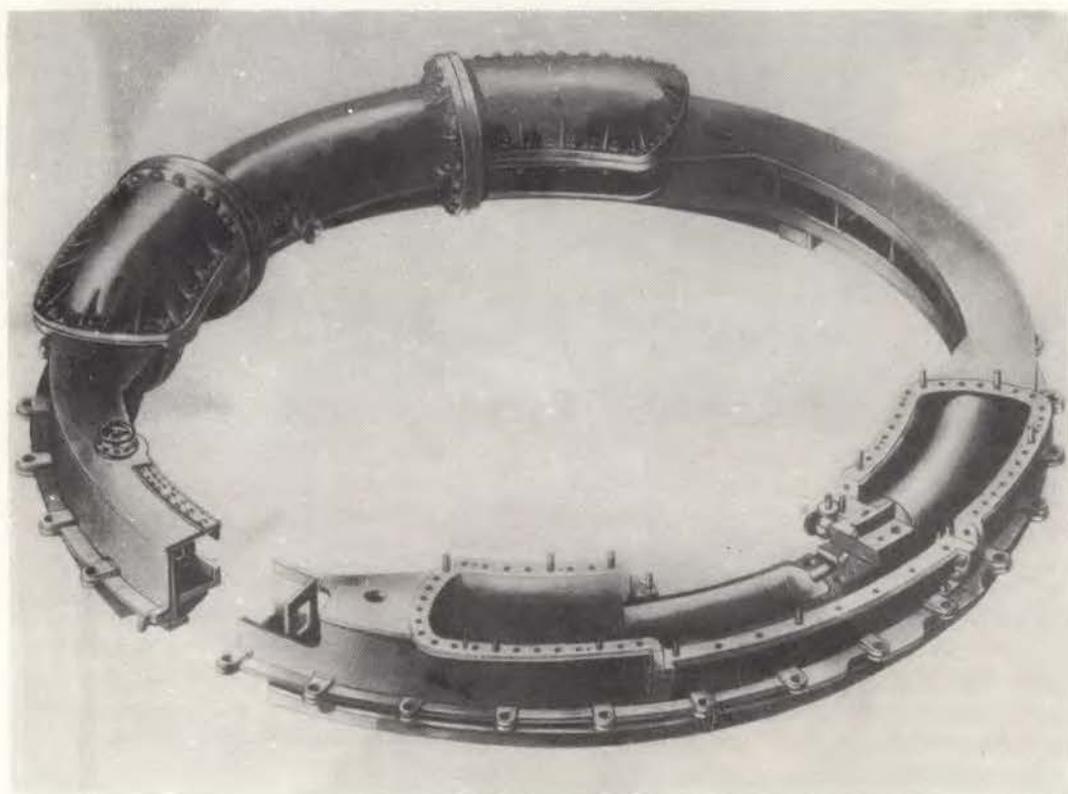
Фиг. 5. Рабочее колесо турбины типа ПЛ 661-В-930

ством стального пальца шарнирно соединены с тягами, идущими к регулируемому кольцу направляющего аппарата турбины.

Рабочее колесо турбины (фиг. 5) состоит из корпуса, отлитого из углеродистой стали, и четырех поворотных лопастей, отлитых из нержавеющей стали. Корпус колеса представляет собой полый цилиндр, разделенный внутри на две части днищем с отлитой вместе с ним траверсой. В стенке нижней части корпуса выполнены четыре отверстия, в которые запрессованы бронзовые втулки для установки цапф рабочего колеса.

Верхняя часть корпуса является цилиндром сервомотора рабочего колеса. Внутри цилиндра сервомотора движется поршень диаметром 3090 мм, который соединен со штоком и стаканами. Шток направляется бронзовой втулкой, закрепленной в центральном отверстии крышки рабочего колеса, а стаканы направляются втулками, закрепленными в днище рабочего колеса. К верхнему концу штока присоединяется выполненная из стальных труб штанга, проходящая через полый вал агрегата.

Поворот лопастей рабочего колеса (фиг. 6)



Фиг. 6. Торový сервомотор диаметром 600 мм турбины типа ПЛ 661-В-930

происходит при подаче масла под давлением через соответствующие отверстия в штоке в одну из полостей сервомотора, расположенных над или под поршнем. Поршень, перемещаясь, поворачивает лопасти, воздействуя на них через стаканы, серьги, рычаги и цапфы лопастей. Уплотнение лопасти рабочего колеса — съемное, состоит из пакета маслостойких манжет, зажатого между нажимным и нижним кольцами.

Вал турбины диаметром 1520 мм — тонкостенный, выполнен в виде кованой обечайки с приварными фланцами.

Направляющий подшипник выполнен с обрешиненными вкладышами. Смазка подшипника производится водой, поступающей из спиральной камеры.

Подпятник агрегата установлен на специ-

альной опоре, размещенной на крышке турбины.

Регулирование турбины осуществляется электрогидравлическим регулятором типа ЭГРК-150, который обеспечивает полную автоматизацию процессов пуска и останова агрегата.

Питание системы регулирования осуществляется от маслonaпорной установки МНУ-30А.

#### Техническая характеристика

Напор, м:	
расчетный .....	17,5
максимальный .....	23,5
минимальный .....	12,5
Мощность, кВт .....	107 000
Скорость вращения, об/мин .....	62,5
Диаметр рабочего колеса, мм .....	9300
Количество лопастей рабочего колеса .....	4

## ТУРБИНА ТИПА ПЛ 642 -В-600 МОЩНОСТЬЮ 103000 кВт

### (Табка I ГЭС)

Вертикальная поворотнo-лопастная турбина (фиг. 7, табл. 1) служит приводом синхронного генератора трехфазного тока с опорой подпятника генератора на крышке турбины. Спиральная камера турбины — железобетонная, таврового сечения с углом охвата в плане 270°.

Статор — сварной конструкции, состоит из верхнего и нижнего поясов, соединенных между собой 24 тонкими колоннами, выполненными из проката.

Направляющий аппарат — цилиндрический. Верхнее кольцо направляющего аппарата — сварное из проката, нижнее — литое из углеродистой стали. 24 направляющие лопатки симметричного профиля — трехпорные, отлиты из стали. Опоры лопаток имеют бронзовые втулки, работающие на густой масляной смазке, подаваемой от автоматической станции. Нижняя цапфа лопатки направляется во втулке, которая запрессована в нижнем кольце, верхняя — двумя втулками, запрессованными в чугунный съемный корпус подшипника.

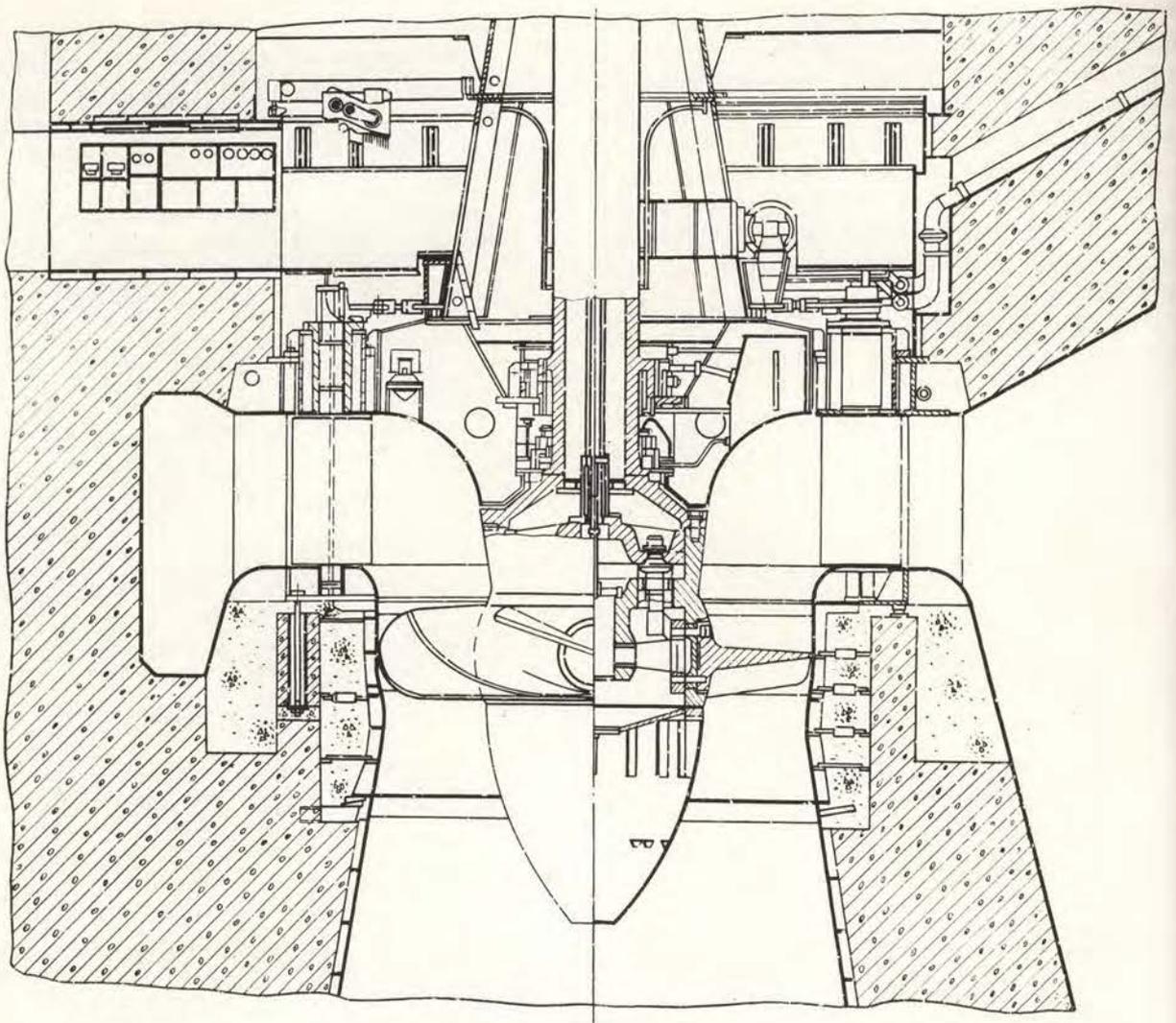
Корпус подшипника фланцем укреплен на верхнем кольце направляющего аппарата. Средние и нижние цапфы направляющих лопаток уплотняются профильными резиновыми манжетами. В верхнем и нижнем кольцах направляю-

щего аппарата предусмотрены уплотнения для уменьшения протечек. Регулирующее кольцо направляющего аппарата имеет бронзовые опорные планки, направляется в специальной опоре.

Для поворота лопаток направляющего аппарата применены два сдвоенных прямоосных сервомотора диаметром 500 мм каждый. Сервомоторы состоят из общей тяги, на которой с двух сторон закреплены чугунные оршни, перемещающиеся внутри стальных цилиндров. Оба цилиндра укреплены на стальном корпусе, который крепится к опоре подпятника.

Рабочее колесо состоит из стального литого корпуса, механизма поворота лопастей и восьми лопастей, отлитых из нержавеющей стали. Снизу корпус рабочего колеса закрывается днищем, к которому крепится сварной конус — обтекатель. Цапфы лопастей своими шейками опираются на втулки из высокооловянистой бронзы.

Поворот лопастей рабочего колеса осуществляется сервомотором, расположенным в верхней части рабочего колеса. Поршень сервомотора соединен со штоком, который направляется бронзовой втулкой, закрепленной в нижнем фланце вала. Вся внутренняя полость рабочего колеса заполнена маслом. Для пред-



Фиг. 7. Разрез по турбине типа ПЛ 642-В-600 (Табка I ГЭС)

отвращения утечки масла через зазоры между цапфами и корпусом в камеру рабочего колеса и попадания воды через эти зазоры внутрь корпуса по периферии фланцев лопастей установлены резиновые манжетные уплотнения.

Вал турбины — единый, сварно-кованой конструкции, трубчатого сечения, наружным диаметром 1200 мм. Нижний фланец вала служит одновременно крышкой рабочего колеса и крепится к корпусу болтами, верхний фланец соединяется с втулкой ротора генератора. В месте установки направляющего подшипника, на валу, имеется кольцевой пояс. В нижней части пояса имеются радиальные отверстия, через которые при работающей турбине масло пере-

качивается из внутренней полости кольцевого пояса в наружную.

Направляющий подшипник состоит из стального разъемного корпуса, 12 самоустанавливающихся сегментов с баббитовой заливкой, работающих на жидкой масляной смазке. При работе турбины циркуляция масла обеспечивается напором, создаваемым радиальными отверстиями в юбке кольцевого пояса вала, действующими как центробежный насос.

Управление турбиной и вспомогательным оборудованием автоматизировано. В системе регулирования применены регулятор типа ЭГРК-2М-200-3 и маслонапорная установка типа МНУ-20А-2/40.

Напор, м:		Мощность, кВт .....	103000
расчетный .....	40	Скорость вращения, об/мин .....	125
максимальный .....	49	Диаметр рабочего колеса, мм .....	6000
минимальный .....	25	Количество лопастей рабочего колеса .....	8

## ТУРБИНА ТИПА ПЛ 811-В-1000 МОЩНОСТЬЮ 80500 кВт (Чебоксарская ГЭС)

Вертикальная поворотнo-лопастная турбина (фиг. 8, табл. 1) служит приводом генератора трехфазного тока зонтичного типа с расположением опоры-пяты на крышке турбины. Спиральная камера турбины — бетонная, трапециевидного сечения с углом охвата в плане  $210^{\circ}$ .

Статор представляет собой сварную из листового проката конструкцию. Верхний кольцевой пояс — сварной из шести частей с приваренными к нему 12 сварными колоннами.

Камера рабочего колеса и фундаментное кольцо изготовлены из листового проката. Обтекаемые поверхности камеры рабочего колеса и нижней части опорного кольца выполнены из листовой двухслойной стали, остальная часть этих деталей выполнена из углеродистой стали.

Отсасывающая труба — изогнутая с одним промежуточным бычком. Конус отсасывающей трубы, облицованный листовой сталью, имеет горизонтальные и вертикальные ребра жесткости.

Цилиндрический направляющий аппарат включает 28 направляющих лопаток асимметричного профиля, верхнее, нижнее и регулирующее кольца. Все эти детали выполнены сварными из листовой углеродистой стали. Каждая лопатка поворачивается в трех втулках из древеснослоистого пластика, смачиваемого проточной водой. Нижняя втулка лопатки запрессована в нижнее кольцо направляющего аппарата, две верхние — в корпусе подшипника лопатки, установленном в верхнем кольце направляющего аппарата. Цапфы лопаток уплотнены V-образными резиновыми манжетами.

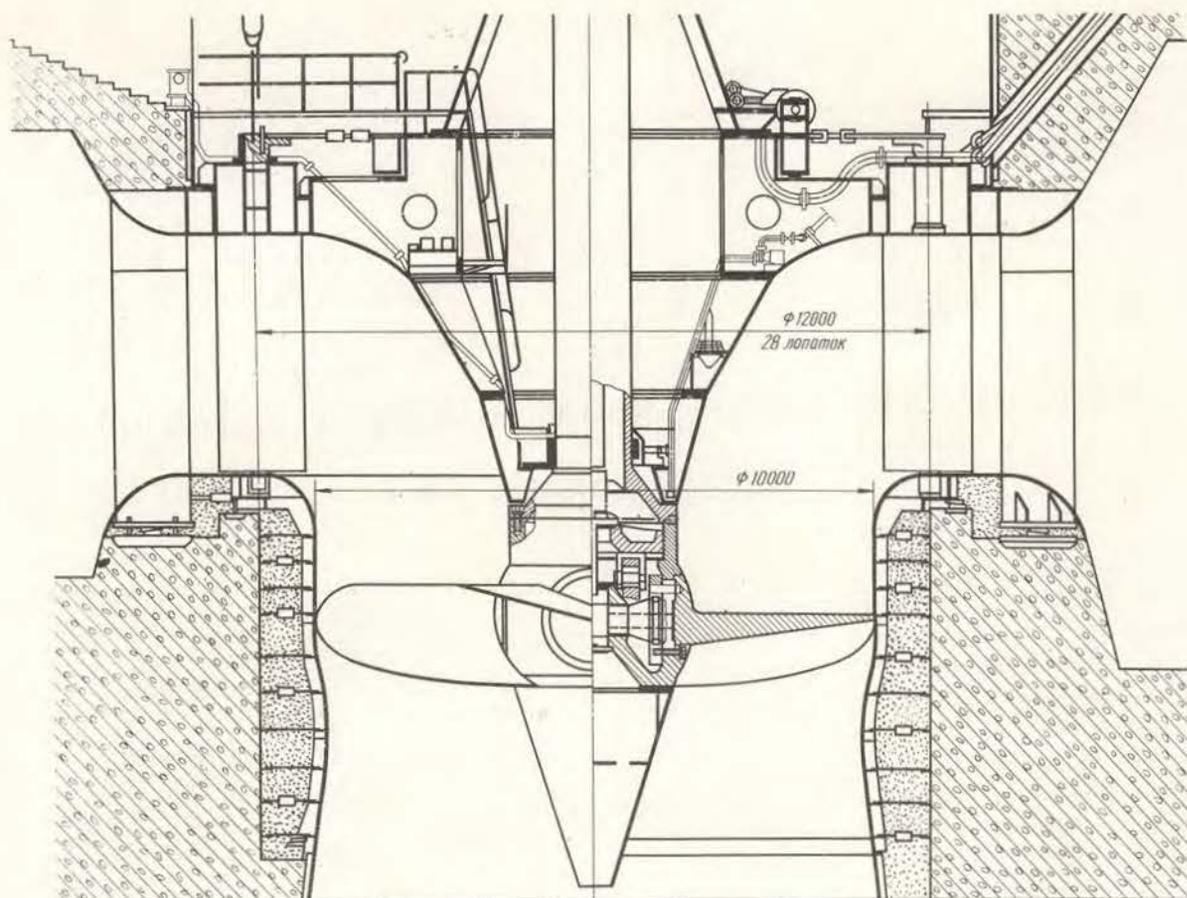
Механизм поворота лопаток состоит из рычагов, накладок и серег. Рычаги изготовлены из стального литья, корпуса подшипников лопаток — из чугунного литья. Уплотнение направляющего аппарата в закрытом положении

осуществляется профильными резиновыми шнурами, заложенными в пазах на лопатках в верхнем и нижнем кольцах. Поворот лопаток производится четырьмя прямоосными сервомоторами двустороннего действия, установленными на верхнем кольце направляющего аппарата. Каждый сервомотор состоит из сварного корпуса (цилиндра), поршня со стаканом, тяги, соединенной шарнирно с поршнем и регулирующим кольцом. Цилиндрическая полость корпуса закрывается по торцам крышками с уплотнениями. К корпусу приварены два патрубка, к которым присоединяются трубы маслопровода системы регулирования.

Рабочее колесо турбины состоит из стального литого корпуса, четырех литых из нержавеющей стали поворотных лопастей и механизма поворота. Снизу к корпусу рабочего колеса укреплен болтами сварной из листового проката конус-обтекатель. Своей верхней частью корпус рабочего колеса крепится к развитуому фланцу вала турбины. Вся внутренняя полость корпуса рабочего колеса заполнена маслом. Для предотвращения утечки масла и попадания воды внутрь корпуса вокруг фланцев лопастей установлены сменные резиновые манжетные уплотнения.

Поворот лопастей рабочего колеса осуществляется механизмом поворота, действующим от сервомотора, расположенного в верхней части корпуса рабочего колеса. Масло в сервомотор подводится от маслоприемника по штангам, расположенным во внутренней полости вала. Лопасты болтами и шпонками соединяются с цапфами и рычагами механизма поворота. Цапфа своими шейками опирается на втулки, изготовленные из высокооловянистой бронзы.

Вал с наружным диаметром 1400 мм — сварно-кованой конструкции трубчатого сече-



Фиг. 8. Разрез по турбине типа ПЛ 811-В-1000 (Чебоксарская ГЭС)

ния. Фланцы соединены с телом вала электрошлаковой сваркой. Вал непосредственно соединяет рабочее колесо со ступицей ротора генератора: нижний фланец вала болтами и шпонками соединяется с корпусом рабочего колеса, а верхний при помощи припасованных и свободных болтов — с фланцем ступицы генератора. Поверхность вала в месте установки направляющего подшипника облицована рубашкой из нержавеющей стали для предохранения от коррозии и износа.

Направляющий подшипник — с резиновыми сегментами на водяной смазке. Корпус подшипника — сварной из стального проката, крепится фланцем к обтекателю. Основной подвод воды для смазки подшипника осуществляется от спиральной камеры. Уплотнения ванны направляющего подшипника турбины выполнены в виде манжеты воротникового типа. Для облегчения демонтажа сегментов подшипника без осушения проточной части турбины в нижней

части корпуса подшипника установлена манжета воротникового типа.

Слив протечек через уплотнение происходит в обтекатель.

Турбина снабжена маслоприемником, который обеспечивает подвод масла под давлением к сервомотору рабочего колеса от золотника регулятора скорости. Внутри маслоприемника размещен механизм обратной связи. Маслоприемник состоит из основания, корпуса и кожуха. Основание служит опорой для корпуса и кожуха и является сливной масляной ванной, соединенной с трубопроводами бака МНУ. Маслоприемник укреплен на подставке, расположенной на верхней крестовине генератора.

Регуляторное оборудование турбины включает колонку управления типа ЭГРК-2М-200-3 с главным золотником, маслonaпорную установку типа МНУ-30А-2/40, аварийный золотник направляющего аппарата, механизмы автоматики.

Техническая характеристика

Напор, м:		Мощность, кВт .....	80500
расчетный .....	12,4	Скорость вращения, об/мин .....	57,7
максимальный .....	18,9	Диаметр рабочего колеса, мм .....	10000
минимальный .....	6,5	Количество лопастей рабочего колеса .....	4

## ТУРБИНА ТИПА ПЛ 646-В-420 МОЩНОСТЬЮ 58700 кВт (Верхне-Тулумская ГЭС)

Вертикальная поворотнo-лопастная турбина служит приводом генератора трехфазного тока. Металлическая спиральная камера турбины (фиг. 9, табл. 1) — круглого сечения. Угол охвата камеры в плане 345°.

Отсасывающая труба — изогнутая. В верхней конусной части трубы имеется облицовка из углеродистой стали, выполненная сварной из трех частей, скрепляемых между собой фланцевыми соединениями.

Статор — сварно-литой из стали, выполнен из четырех частей, состоит из отдельно отлитых верхнего и нижнего поясов и литых колонн, соединяемых сваркой.

Направляющий аппарат имеет 24 направляющие лопатки асимметричного профиля. Нижняя цапфа лопатки направляется в лигнофелевой втулке, запрессованной в нижнем кольце направляющего аппарата, верхняя цапфа — в двух лигнофелевых втулках, запрессованных в чугунный съемный корпус подшипника, крепящийся фланцем к крышке турбины. Сопряжения втулок с цапфами лопаток смачиваются водой. В верхней части лопаток установлены специальные резиновые уплотнения, а для уменьшения протечек из спирали предусмотрены резиновые шнуры.

Поворот направляющих лопаток осуществляется двумя прямоосными сдвоенными сервомоторами диаметром 300 мм каждый, укрепленными на крышке турбины, а также сварным регулирующим кольцом, серьгами, накладками и рычагами, выполненными из стали. Один из сервомоторов снабжен ручным стопорным устройством.

Камера рабочего колеса — сварная, состоит из четырех частей, выполненных из нержавеющей стали, за исключением верхней части цилиндрической поверхности камеры, ребер и фланцев, выполненных из листовой стали.

Рабочее колесо — бескрестовинного типа, состоит из корпуса, восьми лопастей из нержавеющей стали, механизма поворота лопастей, сварного днища и сварного конуса из листовой стали. Механизм поворота лопастей выполнен с наклонными сигнальными серьгами и стальными стаканами, перемещающимися заодно с чугунным поршнем сервомотора. Последний расположен в верхней цилиндрической части корпуса. Цапфы лопастей, пальцы рычагов и стаканы опираются на бронзовые втулки. Корпус рабочего колеса крепится непосредственно к фланцу вала, который является одновременно крышкой цилиндра сервомотора.

Вал турбины имеет сквозное отверстие, через которое проходят маслоподводящие штанги. Нижний фланец, служащий одновременно крышкой рабочего колеса, крепится к корпусу рабочего колеса, верхний — к фланцу вала генератора. В зоне установки резинового вкладыша подшипника вал облицован рубашкой из нержавеющей стали.

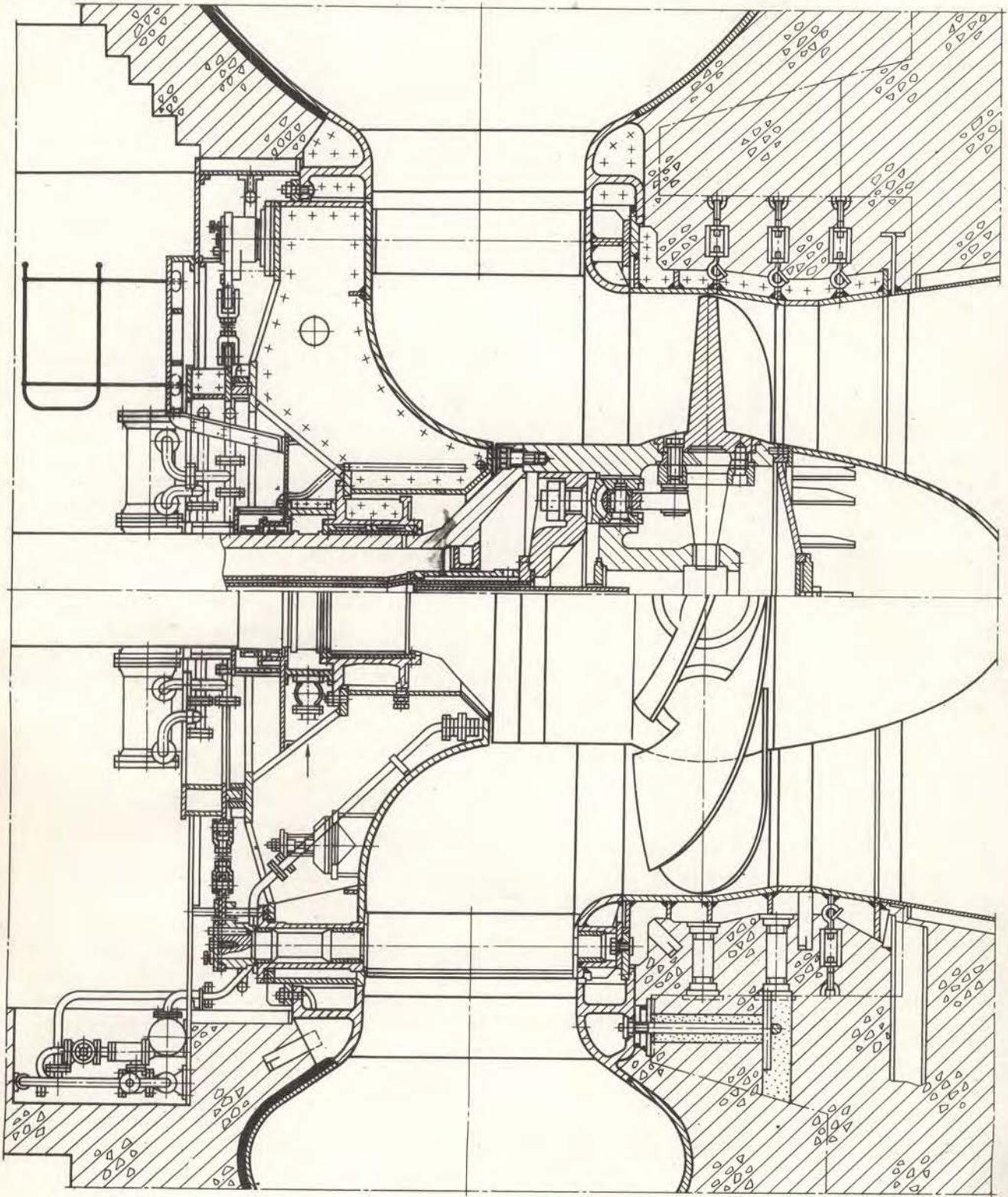
Направляющий подшипник выполнен с обрезиненным вкладышем; смазка производится водой.

Опора подпятника агрегата расположена на крестовине генератора.

Система регулирования турбины включает регулятор типа ЭГРК-100 и маслonaпорную установку типа МНУ-5,6.

Техническая характеристика

Напор, м:	
расчетный .....	55
максимальный .....	62
минимальный .....	51,6
Мощность, кВт .....	58700
Скорость вращения, об/мин .....	187,5
Диаметр рабочего колеса, мм .....	4200
Количество лопастей рабочего колеса .....	8



## ТУРБИНА ТИПА ПЛ 646-В-450 МОЩНОСТЬЮ 56700 кВт

(Меттур-Таннел ГЭС)

Вертикальная поворотнo-лопастная турбина служит приводом генератора трехфазного тока. Сварная металлическая спиральная камера турбины - круглого сечения. Угол охвата камеры в плане  $345^{\circ}$ .

Отсасывающая труба - изогнутая. В верхней конусной части трубы установлена обливочка из углеродистой стали, выполненная из восьми частей, объединенных фланцевыми соединениями.

Статор - сварно-литой из стали, выполнен из четырех частей. Нижний и верхний пояса, а также колонны - литые.

Направляющий аппарат состоит из 24 поворотных лопаток асимметричной формы. Уплотнение средних и нижних цапф направляющих лопаток достигается при помощи профильных манжет, изготовленных из маслостойкой резины.

Поворот направляющих лопаток осуществляется двумя прямоосными двоянными сервомоторами диаметром 300 мм каждый, укрепленными на крышке турбины, а также сварным регулирующим кольцом, серьгами, накладками и рычагами. Регулирующее кольцо направляется в специальной опоре, выполненной заодно с крышкой турбины.

Камера рабочего колеса - сварная из нержавеющей стали, за исключением ребер и фланцев, выполненных из листовой углеродистой стали.

Рабочее колесо состоит из корпуса, отлитого из углеродистой стали, восьми лопастей из нержавеющей стали, механизма поворота, сварного днища и сварного кожуха из листовой

стали. Механизм поворота лопастей выполнен с наклонной серьгой и стаканами, перемещающимися заодно с поршнем сервомотора. На периферии фланцев лопастей установлены резиновые манжетные уплотнения.

К корпусу рабочего колеса сверху крепится вал турбины, фланец которого служит одновременно крышкой цилиндра сервомотора.

Вал турбины - сварной. Нижний фланец вала служит одновременно крышкой рабочего колеса. На приливе у нижнего фланца крепится нижнее кольцо гребенчатого уплотнения подшипника и резиновое кольцо специального уплотнения.

Направляющий подшипник, выполненный с баббитовой заливкой, работает на густой смазке. Корпус направляющего подшипника и гребенчатые лабиринтные уплотнения отлиты из чугуна; остальные детали - сварные из листовой стали.

Опора пяты агрегата расположена на крестовине генератора.

Турбина снабжена регулятором типа РКМ-100 и маслonaпорной установкой типа МНУ-8.

### Техническая характеристика

Напор, м:	
расчетный .....	47
максимальный .....	48,8
минимальный .....	24,4
Мощность, кВт .....	56700
Скорость вращения, об/мин .....	136,4
Диаметр рабочего колеса, мм .....	4500
Количество лопастей рабочего колеса .....	8

## ТУРБИНА ТИПА ПЛ 548-Г-750 МОЩНОСТЬЮ 47300 кВт

(Саратовская ГЭС, опытный агрегат № 23)

Опытная горизонтальная поворотнo-лопастная капсульная турбина с выходным статором диаметром рабочего колеса 7500 мм предназначена для непосредственного соединения с горизонтальным генератором трехфазного тока, размещенным в капсуле со стороны верхнего бьефа.

Капсула гидроагрегата, где размещены почти все механизмы турбины и генератора, установлена в подводной камере полуоткрытого типа шириной  $2D$ . Капсула покоится на массивном бычке толщиной 4500 мм и статоре с восемью колоннами, установленными через  $45^{\circ}$ . Головная часть капсулы представляет собой

сварную конструкцию с продольными и кольцевыми ребрами жесткости, внутри которой расположены агрегатное оборудование и масловодоприемник. Капсула выполнена из двух частей с разъемом в горизонтальной плоскости. Для установки подшипника генератора в капсуле предусмотрена опорная плита и специальная опора для установки масловодоприемника.

Направляющий аппарат — конический, имеет 16 лопаток асимметричного профиля с углом наклона оси поворота лопаток к оси турбины  $60^\circ$ . Наружное кольцо направляющего аппарата — сварное, состоит из восьми частей; внутреннее кольцо выполнено из стального литья и состоит из четырех частей. Регулирующее кольцо — сварное, коробчатого сечения, выполнено из двух частей, его перемещение производится в двух кольцевых направляющих, каждая из которых состоит из восьми частей. Места трения регулирующего кольца и кольцевых направляющих выполнены в виде кольцевых погоньев из нержавеющей стали, приваренных к обработанной поверхности регулирующего кольца. Поворот лопаток осуществляется в подшипниках, втулки которых выполнены из лигнофоля и смачиваются водой. Поворот направляющих лопаток осуществляется двумя прямоосными сервомоторами, установленными вертикально во внутреннем поясе статора турбины. Специальные пальцы соединяют сервомоторы с регулирующим кольцом. Усилие и перемещение поршней сервомоторов через пальцы передаются регулирующему кольцу, которое механизмом поворота, состоящим из рычагов, серег и пространственных шаровых шарниров, соединено с внутренними цапфами направляющих лопаток.

Рабочее колесо турбины расположено конусоно и состоит из литого корпуса, четырех лопастей, механизма поворота лопастей, сварного днища, сварного конуса и др. Лопастей выполнены отъемными и соединены с цапфами болтами и шпонками. Уплотнения лопастей — съемные и состоят из набора манжет, изготовленных из плоских резиновых колец, предотвращающих утечку масла из корпуса рабочего колеса, а также предохраняющих от попадания в него воды. Поворот лопастей осуществляется сервомотором, расположенным внутри верхней цилиндрической части корпуса рабочего колеса. Для защиты внутренней полости корпуса от большого давления сервомотор отделен от него перегородкой. Механизм поворота лопастей — бескрестовинного типа. Со стороны верхнего бьефа к штоку, на котором расположен поршень сервомотора, крепятся штанги рабочего колеса, осуществляющие подвод

масла под давлением от маслоприемника к лопастям сервомотора. В данной гидротурбине маслоприемник объединен в одно устройство с водоприемником, установленным на торце генераторного вала и обеспечивающим подвод масла в сервомотор рабочего колеса и воды для охлаждения обмоток ротора генератора без какого-либо контакта масла и воды. Масловодоприемник состоит из распределительной штанги, корпуса водоприемника, крышки, сливной ванны, корпуса маслоприемника, буксы маслоприемника, кольцевых уплотнений и штанг маслоприемника.

Вал турбины — стальной кованый с двумя фланцами. Тело вала отковано заодно с малым фланцем и приварено к большому литому фланцу, являющемуся одновременно крышкой сервомотора рабочего колеса. Вал выполнен с центральным отверстием диаметром 600 мм, через которое проходят штанги для подвода масла в сервомотор рабочего колеса и отвода из него дренажного масла. С одной стороны вал турбины крепится к фланцу вала генератора при помощи припасованных болтов, с другой — к корпусу рабочего колеса. На фланце, примыкающем к рабочему колесу, со стороны подшипника, имеются две кольцевые опорные плоскости, облицованные наплавленным слоем нержавеющей стали. К одной из них — меньшей — примыкает резиновое кольцо уплотнения.

Капсульный агрегат имеет три подшипника, один из которых относится к турбине. Подшипник с двухрядным расположением сегментов с баббитовой заливкой установлен перед рабочим колесом в переходном конусе капсулы и рассчитан на нагрузку 220 т. Нижняя часть корпуса подшипника — литая из стали с лапами для установки и крепления, верхняя — сварная. Внутри нижней части в специальных пазах установлены четыре балансира, на концы которых в два ряда установлены восемь сегментов (по четыре в ряду). Сегменты опираются через шаровые пяты на балансиры, а балансиры — на корпус через цилиндрические пяты, благодаря чему подшипник становится самоустанавливающимся. Уплотнения подшипника представляют собой отлитые из симулина пояса, располагающиеся по обеим сторонам подшипника. Внутри поясов расположено несколько кольцевых лабиринтов, благодаря которым масло удерживается в подшипнике и предотвращается возможность попадания воды в масляную ванну.

Турбина снабжена регулятором типа ЭГРКМ-150-2 и масляной установкой типа МНУ-30-2/40. Масляная установка обслуживает две турбины. Управление турбины

полностью автоматизировано, пуск и останов турбины производятся дистанционно с пульта управления.

Конструкция и компоновка агрегата позволяют вести полный демонтаж ротора турбины без демонтажа генератора.

Вход в агрегат и выход из него, а также различные коммуникации осуществляются через верхнюю колонну статора и верхней проход, соединяющий головную часть капсулы с помещением, где расположено регуляторное

оборудование. Через этот же верховой проход выводятся шинопровод и трубы масловодоприемника.

#### Техническая характеристика

Напор, м:	
расчетный .....	10,6
максимальный .....	15
минимальный .....	6,5
Мощность, кВт .....	47300
Скорость вращения, об/мин .....	75
Диаметр рабочего колеса, мм .....	7500
Количество лопастей рабочего колеса .....	4

## ТУРБИНА ТИПА ПЛ 826-ГК-750 МОЩНОСТЬЮ 29000 кВт (Дженег ГЭС)

Горизонтальная капсульная поворотнo-лопастная турбина (фиг. 10, табл. 1) служит приводом генератора трехфазного тока с воздушным охлаждением.

Опорный статор турбины является несущей конструкцией агрегата и воспринимает осевую нагрузку от давления воды, весовые нагрузки бетона, ротора генератора и крутящий момент от генератора. Статор выполнен сварным из листовой углеродистой стали. Наружное и внутреннее конические пояса статора соединены между собой восемью колоннами. Во внутреннем поясе статора имеются две плиты с резьбовыми отверстиями для крепления двух сервомоторов направляющего аппарата. К фланцу этого пояса со стороны верхнего бьефа укреплен промежуточный пояс с опорой для подшипника ротора генератора, а со стороны нижнего бьефа установлены наружное кольцо направляющего аппарата и сдвоенная кольцевая опора для установки регулирующего кольца. Верхняя колонна статора — утолщенного профиля, через нее осуществляется доступ внутрь капсулы обслуживающего персонала и, кроме того, в ней уложены масляные и водяные трубопроводы, а также коммуникации электропроводки контроля, автоматики и других нужд. Нижняя колонна статора служит проходом из нижнего помещения турбины через бычок в головную часть капсулы.

Камера рабочего колеса выполнена из углеродистой стали, состоит из трех кольцевых сварных частей — поясов. Для создания жесткости и прочности камеры каждый из поясов снабжен кольцевыми продольными ребрами. Зо-

на сферической части камеры (зона рабочего колеса), которая подвергается наибольшему кавитационному воздействию, изготовлена из листовой нержавеющей стали. Камера имеет горизонтальный разъем, что дает возможность при съеме ее верхней половины производить монтаж и демонтаж рабочего колеса. В конусной части камеры, со стороны нижнего бьефа, имеется лаз диаметром 700 мм, через который может производиться ревизия проточного тракта турбины. Со стороны нижнего бьефа камера крепится к фланцу фундаментного кольца, выполненного из углеродистой стали.

Рабочее колесо турбины состоит из стального корпуса, четырех лопастей, отлитых из нержавеющей стали, сервомотора с деталями механизма поворота лопастей и сварного конуса. Лопасты — отъемные, соединяются с цапфами болтами и шпонками. На цапфы лопастей надеты рычаги, шарнирно соединяющиеся через серьги и стаканы с поршнем сервомотора рабочего колеса. Поршень перемещается под давлением масла и поворачивает лопасти. Масло под давлением поступает в сервомотор через штанги штока и соединенные с ним штанги валов из маслоприемника.

Уплотнения лопастей рабочего колеса — съемные, предназначены для предотвращения утечек масла из корпуса рабочего колеса и попадания воды из камеры турбины в корпус. Манжеты уплотнения выполнены из прессованной маслостойкой резины.

Направляющий аппарат турбины — конический, имеет 16 лопаток асимметричного профиля с углом наклона к продольной оси агре-

гата 60° и состоит из наружного и внутреннего колец, в которых размещены подшипники опорных цапф лопаток. Наружное кольцо — сварное из листовой углеродистой стали, выполненное из восьми частей; внутреннее кольцо — сварно-литое из стали из четырех частей. Механизм поворота лопаток размещается во внутреннем кольце направляющего аппарата. Два двойных сервомотора закреплены вертикально на плитах внутреннего кольца статора. Каждый сервомотор имеет по два цилиндра — корпуса, спаренных общей тягой, на концах которой насажены поршни. При перемещении поршней сервомоторов происходит поворот регулирующего кольца и соответственно направляющих лопаток.

Все соединения серег и рычагов механизма поворота лопаток имеют шаровые шарниры с самосмазывающимися капроновыми втулками в местах трения. Места трения регулирующего кольца выполнены из специальных материалов эпоксидной композиции, не требующих смазки. Такой же материал использован для вкладышей подшипников направляющих лопаток. Направляющая лопатка имеет три опоры: одна расположена в подшипнике наружного кольца и две — в подшипнике внутреннего кольца. Цапфы лопаток уплотняются резиновыми манжетами, в местах трения облицованы листами из нержавеющей стали. Уплотнение лопаток по продольным кромкам осуществляется с помощью резиновых шнуров, уложенных в пазы входных кромок лопаток.

Фланцевые соединения наружного и внутреннего колец со статором и камерой турбины уплотнены резиновыми шнурами. Диаметральные зазоры между сферами наружного и внутреннего колец и торцевыми сферами перьев направляющих лопаток уплотняются также резиновыми шнурами, заложенными в проточенные на сферах колец фасонные пазы.

Подшипник турбины — сегментный с баббитовой заливкой, работает на жидкой масляной смазке. Подшипник расположен перед рабочим колесом и установлен на опоре сварного конуса. Подшипник имеет 12 сегментов, из которых восемь нижних опираются попарно шаровыми пятнами на четыре балансира, опирающихся на пяты в корпусе; четыре верхних сегмента имеют аналогичные шаровые опоры на крышку, но без промежуточных балансиров. Балансиры, шаровые опоры сегментов, корпуса и крышки выполнены из высокопрочной стали и закалены на высокую твердость. Уплотнения подшипника состоят из многорядных гребенчатых колец. Каждое кольцо — сварное из дюралюминия, выполнено из двух половин.

Уплотнение турбины служит для защиты подшипника и внутренней полости капсулы, в которой размещен подшипник. Уплотнение установлено между опорным конусом подшипника и рабочим колесом; оно состоит из двух дисков: неподвижно установленного на опорном конусе подшипника турбины и вращающегося диска, насаженного на вал.

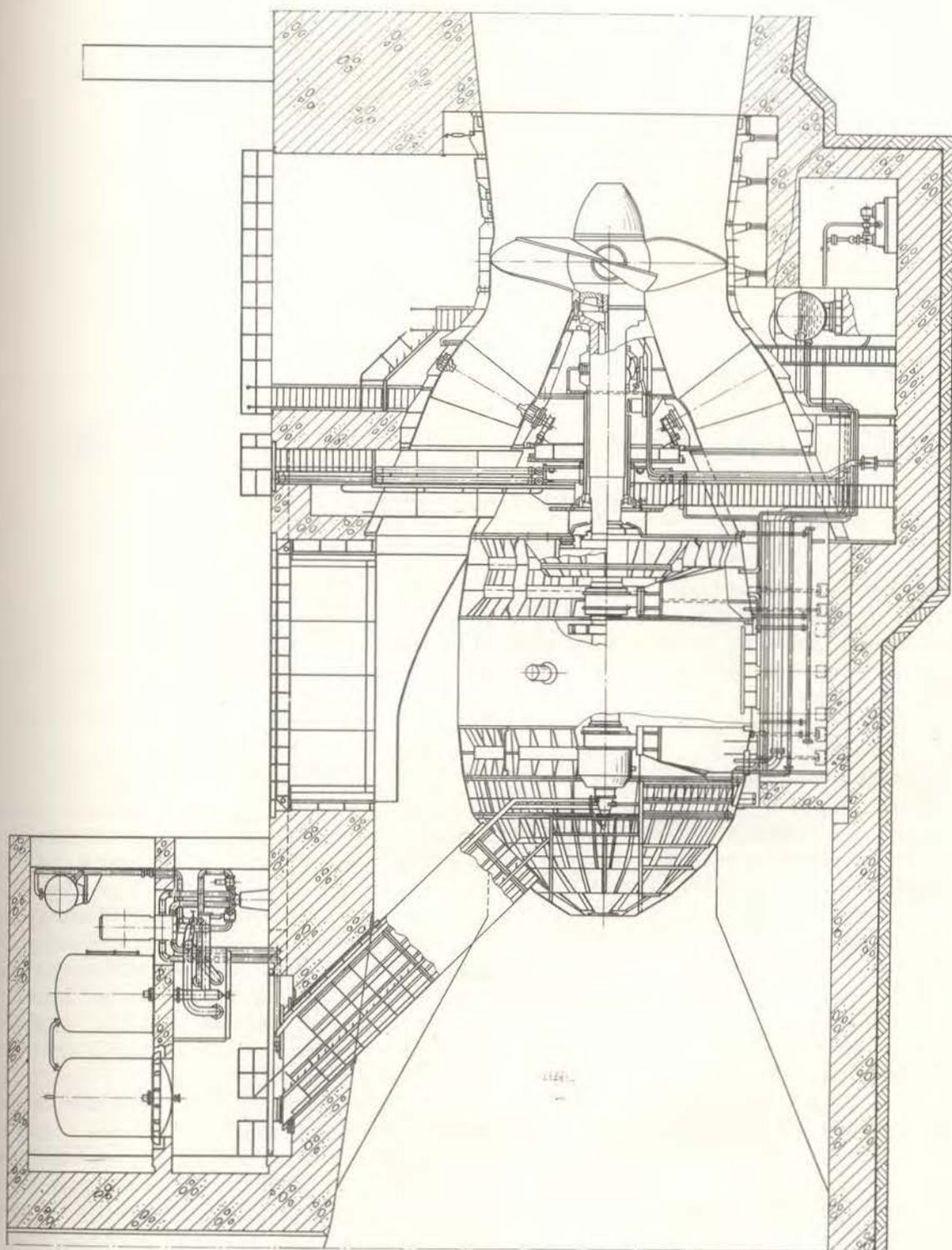
Капсула турбины расположена внутри потока и состоит из следующих частей (по потоку): головной части с проходной колонной, корпуса статора генератора и промежуточного пояса. Все отдельные узлы капсулы выполнены сварными из стального проката. Для обеспечения прочности и жесткости головная часть и все другие узлы капсулы по оболочкам имеют решетку оребрения.

Головная часть состоит из четырех поясов. Первый пояс (по потоку) приваривается на монтаже. Второй состоит из двух частей с патрубком под проходную колонну, третий и четвертый (каждый из четырех частей) имеют фланцы и соединяются между собой болтами. Внутренние поверхности капсулы и проходной колонны теплоизолированы. Герметизация капсулы осуществляется с помощью резиновых шнуров и уплотняющих швов.

Проходная колонна овального поперечного сечения выполнена по длине из двух частей. Нижним фланцем колонна присоединяется к патрубку головной части капсулы, а верхним закрепляется на раме машинного зала. Внутри колонны проходит лестница для входа в капсулу и имеются перегородки для маслопроводов, а также коммуникаций электропроводов и шинопроводов.

Вал турбины выполнен из низколегированной стали, кованным из двух частей, которые сварены между собой электрошлаковым методом. Вал имеет два фланца: одним крепится к рабочему колесу, другим — к валу генератора.

Масловодоприемник турбины служит для подвода масла в сервомотор рабочего колеса и воды для охлаждения полюсов ротора генератора. Масловодоприемник состоит из двух смежных самостоятельных узлов: маслоприемника и водоприемника, расположенных на общей наружной штанге, закрепленной на торце вала генератора и вращающейся вместе с валом. Маслоприемник состоит из сварного стального корпуса и соединенной с ним сварной ванны. С помощью буксы и штанг внутренняя полость маслоприемника разделяется на три зоны: две напорные и одну сливную. Напорные зоны соединены при помощи штанг с полостями сервомоторов. Сливная ванна слу-



Фиг. 10. Разрез по турбине типа ПЛ 826-ГК-750 (Джонсон ГЭС)

1

жит для удаления протечек масла из внутренней полости рабочего колеса, она выполнена из двух половин.

Водоприемник состоит из корпуса, двух крышек, присоединенных к его торцам, распределительного диска, укрепленного на торце генераторного вала на шарикоподшипниковой опоре. Вода для охлаждения обмоток полюсов ротора генератора подается по трубопроводу в два отверстия, расположенных в торцевом поясе крышки, проходит в камеру и через два отверстия в распределительном диске поступает в совмещенные с ними осевые отверстия вала к обмоткам полюсов. На торцах крышек водоприемника установлены кольцевые уплот-

нения из пластиковых материалов: в зоне давления — два кольца, в зоне слива — одно.

Регулирование турбины осуществляется регулятором типа ЭРК-1Т-150-5 и маслостанционной установкой типа МНУ-30М-2/40-60.

#### Техническая характеристика

Напор, м:	
расчетный .....	7,3
максимальный .....	10,67
минимальный .....	4,91
Мощность, кВт .....	29000
Скорость вращения, об/мин .....	62
Диаметр рабочего колеса, мм .....	7500
Количество лопастей рабочего колеса .....	4

## ТУРБИНА ТИПА ПЛ 548-Г-550 МОЩНОСТЬЮ 20600 кВт (Перепадная ГЭС)

Капсульная поворотная-лопастная турбина (фиг. 11, табл. 1) предназначена для непосредственного соединения с горизонтальным генератором, размещенным в капсуле со стороны верхнего бьефа. Капсула состоит из головной части, корпуса статора генератора, внутреннего пояса опорного статора турбины, внутреннего кольца направляющего аппарата и опорного конуса подшипника турбины.

Внутри капсулы расположены ротор генератора, подшипники вращающихся частей агрегата, подпятник, маслосборник, трассы маслопроводов к направляющему аппарату и рабочему колесу, а также маслопроводы системы смазки подшипников и подпятников. Вход в капсулу осуществляется через проходную вертикальную колонну в головной части и через верхнюю колонну опорного статора турбины. Головная часть капсулы выполнена в виде сварной оболочки с внутренним оребрением.

Для улучшения транспортабельности головная часть имеет горизонтальный и вертикальный разъемы.

Статор турбины закреплен на сварном кольце из швеллеров, заложенных в первичный бетон, и состоит из шести частей, каждая из которых имеет одну колонну.

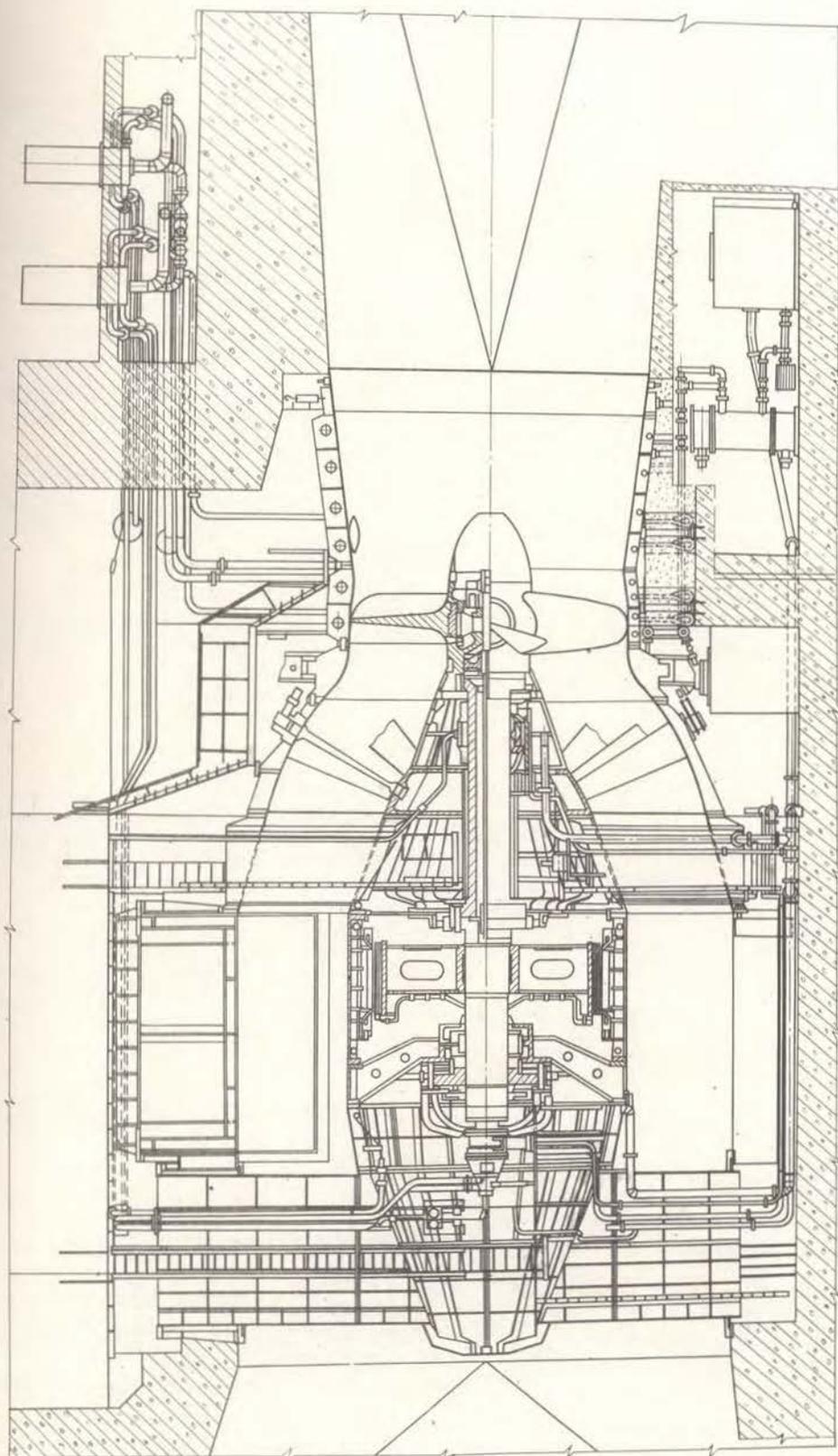
К наружному фланцу статора, со стороны верхнего бьефа, примыкает рама монтажного люка. К внутреннему фланцу, со стороны верхнего бьефа, крепится статор генератора. К на-

ружному и внутреннему фланцам статора, со стороны нижнего бьефа, крепятся наружное и внутреннее кольца направляющего аппарата.

Конический направляющий аппарат с наружным регулированием имеет 16 лопаток, отличных из углеродистой стали. Поворот лопаток производится двумя сервомоторами, установленными вертикально в шахте турбины на специальных тумбах. Уплотнение лопаток направляющего аппарата в закрытом положении в местах соприкосновения с наружным и внутренним кольцами осуществляется с помощью резиновых шнуров, уложенных в специальные канавки, выполненные на поверхности колец. Уплотнение по кромкам лопаток достигается при помощи пиловки и пригонкой последних до минимальных зазоров. Двухпорные лопатки установлены в лигнофольевых подшипниках во внутреннем и наружном кольцах.

Самоустанавливающийся подшипник турбины состоит из сегментов с баббитовой заливкой и корпуса, состоящего из двух частей. Нижняя часть корпуса — литая из стали, верхняя — сварная из стального проката. В нижней части имеются лапы для крепления подшипников конуса и специальные пазы, где установлены четыре балансира, на концы которых через резиновые пяты опираются восемь сегментов. Балансиры опираются на корпус через цилиндрические пяты.

Уплотнение подшипника, расположенное



фиг. 11. Разрез по турбине типа ПЛ 548-Г-550 (Переладная ГЭС)

обе стороны, обеспечивает сохранение уровня масла в корпусе подшипника. Уплотнение выполнено из силумина и представляет собой устройство с рядом кольцевых лабиринтов. Труба, отводящая смазку из подшипника, изготовлена в виде петли, что позволяет сохранять в подшипнике постоянный уровень масла. Реле, установленное на вершине петли, контролирует подачу масла через подшипник.

Рабочее колесо диаметром 5500 мм с втулочным отношением 0,35 установлено консольно на валу турбины. В литом из углеродистой стали корпусе рабочего колеса расположен поршень сервомотора, который при помощи штока соединен с крестовиной, а последняя через серьги и рычаги соединяется с лопастями. В зависимости от направления подачи масла поршень перемещает крестовину, осуществляя поворот лопастей рабочего колеса. Уплотнения лопастей выполнены двусторонними из профилированной резины.

Вал — стальной, цельнокованный, с двумя фланцами, один из которых крепится к рабочему колесу, другой — к фланцу вала генератора. Внутреннее отверстие вала используется для установки маслопроводных штанг, соединяющих шток рабочего колеса с масловодоприемником. По одной из штанг подается масло под давлением, по другой осуществляется слив. Зона внутри вала вокруг наружной штанги является дренажной и соединена с баком МНУ.

Турбина снабжена масловодоприемником, представляющим собой совмещенное устройство для подачи масла из системы регулирования в сервомотор рабочего колеса и воды для

охлаждения ротора генератора. Масловодоприемник состоит из распределительной штанги, корпуса водоприемника, крышки, сливной ванны, корпуса маслоприемника, боксы маслоприемника, кольцевых уплотнений и др.

Водоприемник примыкает непосредственно к торцу генераторного вала, на котором установлена распределительная штанга для направления воды в специальные сверления вала генератора. На корпусе водоприемника имеются лапы, центрирующие его положение.

Корпус маслоприемника закреплен на сливной ванне, и его положение сцентрировано независимо от положения корпуса водоприемника двумя специальными опорами. Боксы и штанги делят маслоприемник на три зоны: две напорные, соединенные штангами с соответствующими полостями сервомотора рабочего колеса, одну дренажную, отводящую все протечки из рабочего колеса.

Агрегат управляется регулятором скорости типа ПОК-100, который располагается в помещении бычка между агрегатами. Установка типа МНУ-12,5-А-1/40 (одна на две турбины) снабжает маслом под давлением 40 кгс/см<sup>2</sup> системы регулирования обоих агрегатов.

#### Техническая характеристика

Напор, м:	
расчётный .....	11,18
максимальный .....	13,88
минимальный .....	11,08
Мощность, кВт .....	20600
Скорость вращения, об/мин .....	93,75
Диаметр рабочего колеса, мм .....	5500
Количество лопастей рабочего колеса .....	4

## ТУРБИНА ТИПА РО 805-В-650 МОЩНОСТЬЮ 650000 кВт (Саянская ГЭС) \*

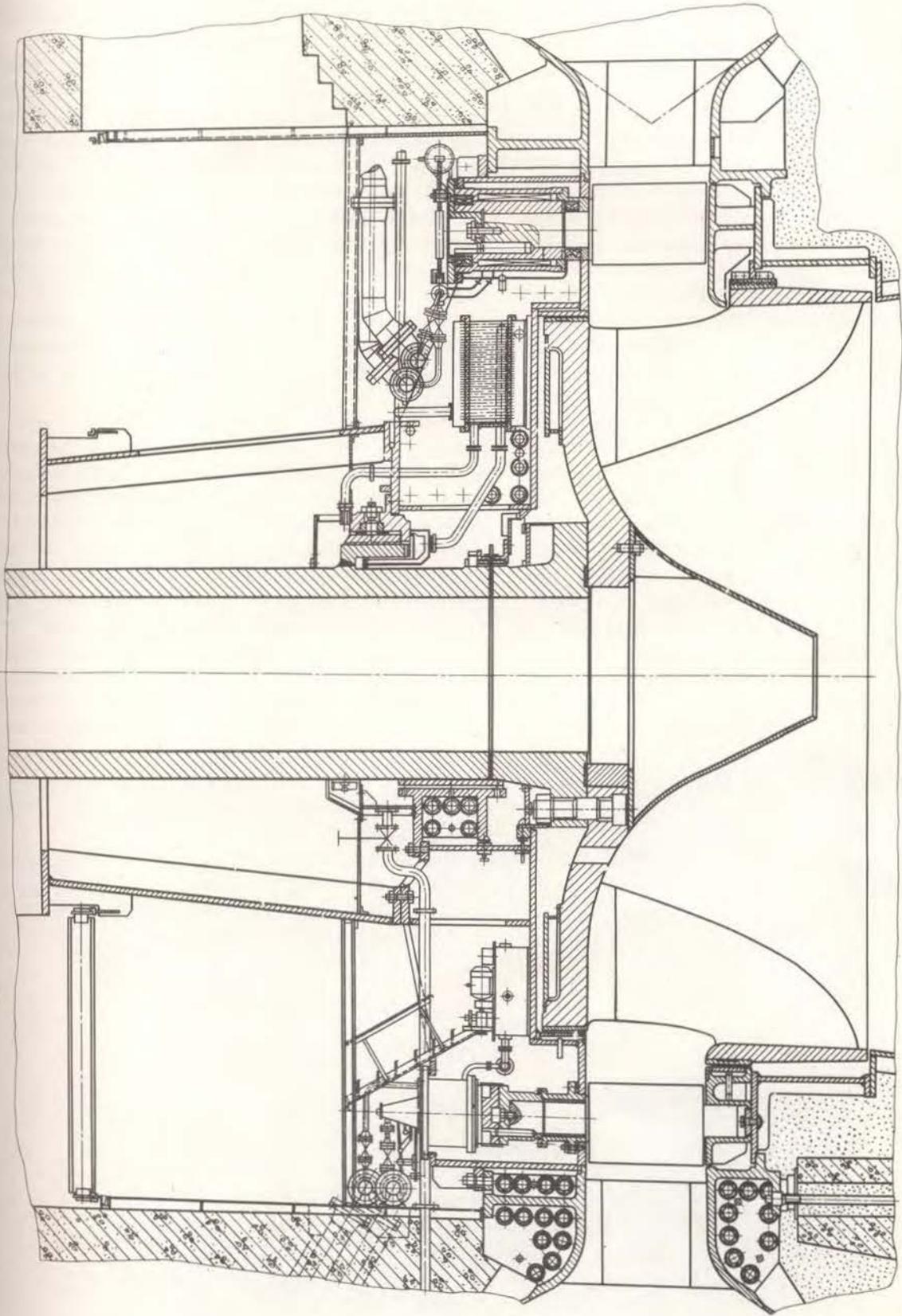
Вертикальная радиально-осевая турбина (фиг. 12, табл. 1) предназначена для привода генератора трехфазного тока зонтичного типа с расположением опоры-пятны на крышке турбины.

Турбина устанавливается в здании ГЭС приплотинного типа, подвод воды к турбине осуществляется по сталежелезобетонному трубопроводу.

\* Технический проект.

Спиральная камера турбины — одноподводная металлическая сварная с углом охвата в плане 342°. Звенья спиральной камеры выполнены из листовой стали различной толщины — от 32 до 35 мм. В спиральной камере предусмотрен лаз диаметром 600 мм.

Статор — сварно-литой. Пояса и колонны выполнены литыми из стали. Колонны соединяются с поясами электрошлаковой сваркой. Статор изготавливается из шести частей, имеет 12 колонн разной толщины. В больших сечени-



Фиг. 12. Разрез по турбине типа PO 805-B-650 (Саянская ГЭС)

ях спиральной камеры колонны статора имеют максимальную толщину 338 мм, а у зуба спирали максимальная толщина колонны составляет 238 мм.

Направляющий аппарат турбины нормализованной конструкции имеет 20 лопаток симметричного профиля. Конструктивно направляющий аппарат состоит из сварной крышки, литого из стали нижнего кольца, отлитых из нержавеющей стали лопаток, чугунных подшипников, рычагов, стяжек и сварного регулирующего кольца. Лопатки направляющего аппарата — трехпорные, поворачиваются во втулках из древесного пластика, запрессованных в нижнее кольцо и подшипники. В верхней части подшипников располагаются манжетные уплотнения лопаток. Уплотнения направляющего аппарата для условий ГЭС имеют особое значение.

Уплотнение между лопатками по вертикали достигается тщательной подгонкой. Между торцами лопаток, крышкой и нижним кольцом устанавливаются специальные упругие бронзовые уплотнения. Одновременный поворот направляющих лопаток осуществляется регулирующим кольцом, связанным с лопатками через рычаги, накладки и регулируемые стяжки. Привод механизма поворота направляющих лопаток осуществляется сервомоторами диаметром 950 мм, установленными в нишах прохода шахты турбины.

Каждый сервомотор состоит из сварного цилиндра, внутри которого перемещается поршень, шарнирно соединяющийся через палец и крышку с проушинами и тягой. Тяга другим концом соединена с пальцем регулирующего кольца. Цилиндр сервомотора средним фланцем крепится к опорному фланцу ниши сервомотора.

Рабочее колесо турбины состоит из литого

верхнего обода, 16 штампогнутых лопастей и нижнего обода, выполненного сварным из вальцованных стальных листов. В верхнем обode для разгрузки осевого усилия предусмотрено 16 отверстий диаметром 120 мм.

Сверху на верхний обод установлен кожух из листовой стали, который закрывает балансировочное отверстие. На нижней части верхнего обода укреплен сварной из листовой стали конус рабочего колеса. Рабочее колесо имеет лабиринтное уплотнение. Верхнее лабиринтное уплотнение состоит из внутреннего кольца, выполненного заодно с ободом, и наружного кольца (подвижного), которое центрируется и закрепляется при монтаже. Нижнее лабиринтное уплотнение размещается в нижней части обода, причем внутреннее кольцо закрепляется на нижнем обode, а наружное кольцо выполнено заодно с опорным.

Вал турбины — единый, состоит из кованой трубы диаметром 2000 мм и приваренных фланцев. Вал крепится болтами к рабочему колесу и ступице ротора генератора. В зоне направляющего подшипника на валу имеется съемная рубашка. Для впуска воздуха под рабочее колесо предусмотрен специальный клапан диаметром 500 мм, установленный на подставке вала со стороны генератора.

Направляющий подшипник на водяной смазке состоит из чугунного корпуса и обрезиненного вкладыша. Подшипник устанавливается в крышке турбины и крепится к ней с помощью фланца. Подвод воды для смазки подшипника осуществляется сверху через ванну подшипника.

Предусмотрена работа агрегата в режиме синхронного компенсатора.

Турбина снабжена электрогидравлическим регулятором скорости типа ЭГР-1Т-200-4 и маслонпорной установкой типа МНУ-36-2/40 с рабочим давлением 40 кгс/см<sup>2</sup>.

#### Техническая характеристика

Напор, м:	
расчетный .....	194
максимальный .....	220
минимальный .....	175
Мощность, кВт .....	650000
Скорость вращения, об/мин .....	142,8
Диаметр рабочего колеса, мм .....	6500
Количество лопастей рабочего колеса .....	16

# ТУРБИНА ТИПА РО 697-В-750 МОЩНОСТЬЮ 508000 кВт (Красноярская ГЭС)

Вертикальная радиально-осевая турбина (фиг. 13, табл. 1) служит приводом гидрогенератора трехфазного тока, опора пяты которого находится на крышке турбины.

Спиральная камера турбины — круглой формы сварная (комбинированная из стали разных марок), отсасывающая труба — изогнутая высотой  $2,6D_1$ .

Статор, состоящий из шести частей, выполняется сварным из литых заготовок, верхнего и нижнего поясов и 12 профилированных колонн.

Крышка турбины диаметром 10 м — сварная с ужесточающим коническим поясом в средней части. На наружной поверхности крышки устанавливается опора пяты генератора.

Направляющий аппарат высотой  $0,25D_1$  состоит из 24 лопаток асимметричного профиля. Смазка цапф лопаток — водяная. Втулки механизма привода регулярной смазки не требуются.

Поворот направляющих лопаток осуществ-

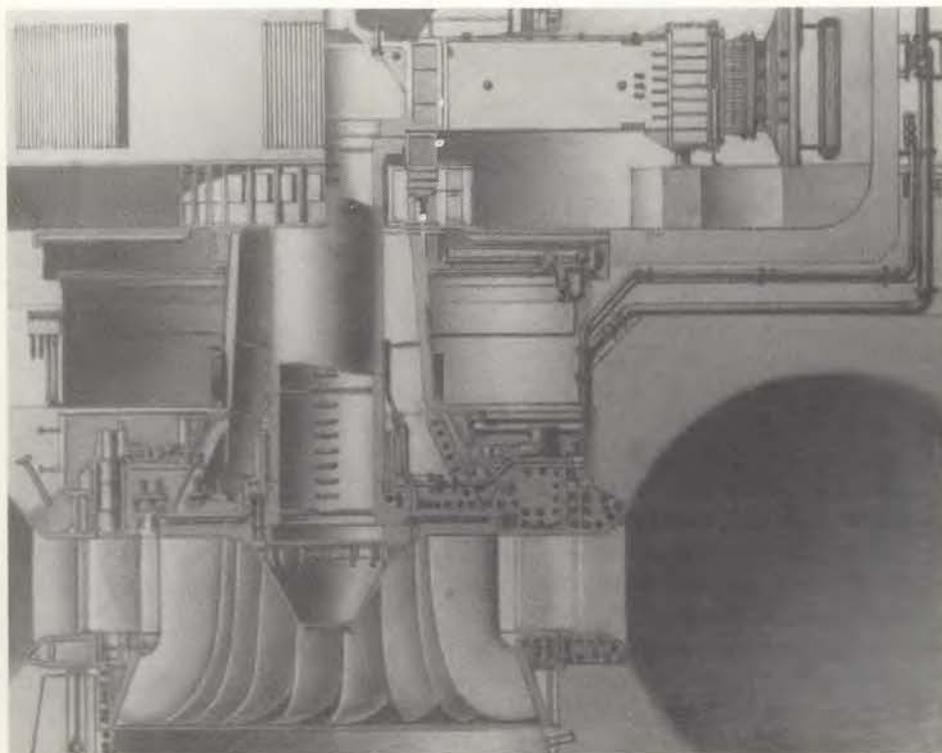
ляется двумя попарно сдвоенными прямоосными сервомоторами диаметром 650 мм, расположенными в шахте турбины на опоре подпятника и работающими при давлении масла в системе регулирования  $40 \text{ кгс/см}^2$ .

Рабочее колесо (фиг. 14) — сварное, имеет верхний и нижний ободы, 14 отлитых в кокиль лопастей с наплавленным антикавитационным покрытием в опасных зонах и удлиненный конус-обтекатель.

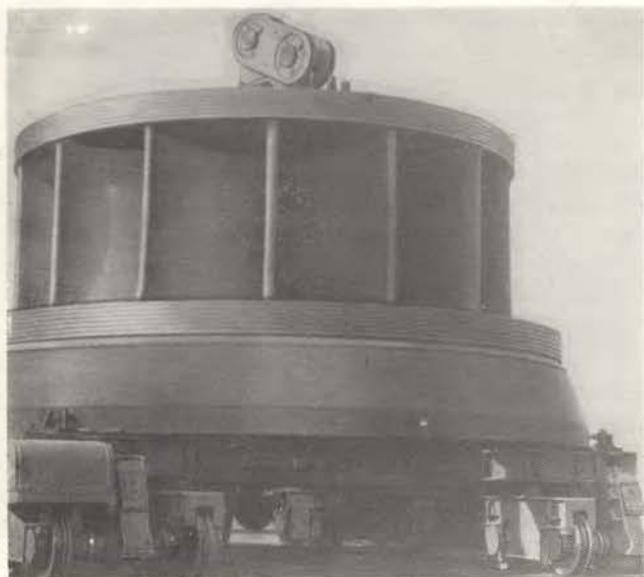
По обоим ободам закреплены уплотнения. Наибольший диаметр рабочего колеса 8650, высота 4000 мм, вес около 250 т. Предусмотрен впуск воздуха под рабочее колесо.

Вал агрегата — единый (фиг. 15) диаметром 2300 и длиной 7700 мм, трубчатый, сварен из отдельных поковок и соединяется непосредственно со ступицей ротора генератора. В зоне подшипника вал облицован рубашкой из нержавеющей стали.

Направляющий подшипник, выполненный с



Фиг. 13. Разрез по турбине типа РО 697-В-750 (Красноярская ГЭС)



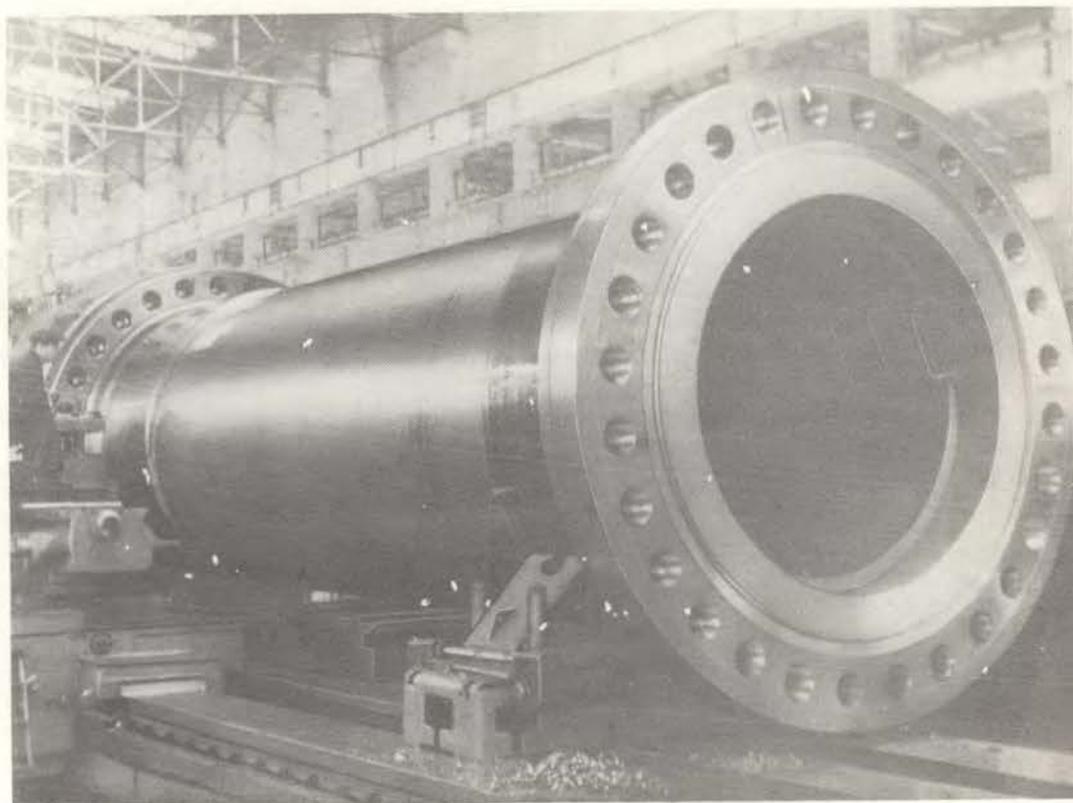
фиг. 14. Рабочее колесо турбины перед погрузкой на лихтер

обрезиненным вкладышем, расположен внутри крышки турбины. Смазка осуществляется водой.

Турбина снабжена регулятором типа ЭГРМ-150-3 и маслонапорной установкой типа МНУ-20-2/40.

#### Техническая характеристика

Напор, м:	
расчетный .....	93
максимальный .....	100,5
минимальный .....	76
Мощность, кВт .....	50800
Скорость вращения, об/мин .....	93,75
Диаметр рабочего колеса, мм .....	7500
Количество лопастей рабочего колеса .....	14



Фиг. 15. Обработка вала турбины

# ТУРБИНА ТИПА РО 805-В-535 МОЩНОСТЬЮ 360000 кВт (Токтогульская ГЭС)

Вертикальная радиально-осевая турбина (фиг. 16, табл. 1) служит приводом гидрогенератора трехфазного тока подвесного типа.

Турбина установлена в здании гидростанции приплотинного типа. Отличительной особенностью компоновки агрегатов является двухъярусное расположение отсасывающих труб в здании ГЭС и подвод воды к турбинам индивидуальными трубопроводами диаметром 7 м.

Спиральная камера турбины — металлическая сварная одноподводная с углом охвата в плане  $351^\circ$ . Диаметр входного патрубка 5217 мм. Спиральная камера состоит из звеньев, выполненных из листовой стали разной толщины и разных марок. Звенья сварены между собой и со статором на месте монтажа. Для создания необходимой прочности в зоне крепления со статором спиральная камера имеет ребра жесткости.

Статор состоит из четырех секторов, которые соединяются между собой по верхнему и нижнему поясам на месте монтажа с помощью сварки. 19 литых колонн статора имеют три типоразмера. Верхний и нижний пояса статора представляют собой граненую сварную конструкцию, в которой прорезаны отверстия под колонны. Каждая колонна сваривается поясами на месте монтажа.

Отсасывающие трубы — изогнутые глубиной 2,6 и 4Д с коленом серии 4. В конической части, до места перехода конуса в колено, трубы облицованы металлическими листами, колено и диффузор не облицованы. Для отсасывающей трубы глубиной 2,6Д конус по высоте состоит из двух частей, а для трубы глубиной 4Д — из четырех частей. Облицовка конуса обеих отсасывающих труб состоит из фундаментного кольца, конической облицовки и сопрягающего пояса между ними.

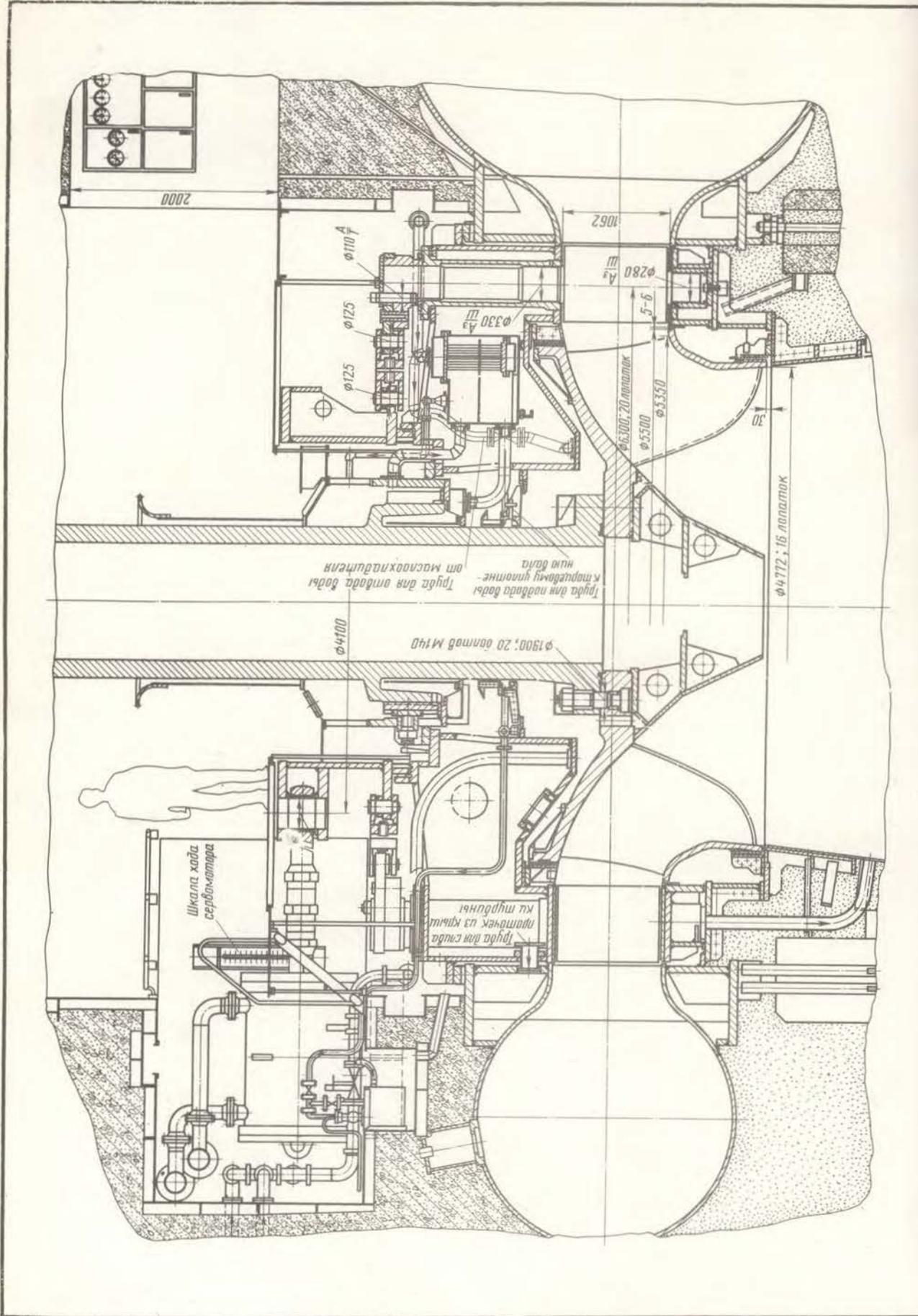
Направляющий аппарат включает механизм поворота лопаток, крышку турбины, одновременно являющуюся верхним кольцом направляющего аппарата, направляющие лопатки, подшипники лопаток и нижнее кольцо с запрессованными в нем нижними подшипниками лопаток.

Механизм поворота лопаток состоит из регулирующего кольца, серег и рычагов, установленных на цапфах лопаток. Серьги соединяют регулирующее кольцо через накладки и срезные пальцы с рычагами лопаток. Шарнир-

ное соединение серег выполнено на бронзовых втулках. Накладка соединяется с рычагом срезным пальцем, рычаг с лопаткой — клинковой цилиндрической шпонкой.

Направляющий аппарат имеет 20 направляющих лопаток симметричного профиля. Лопатки — трехпорные, выполнены из нержавеющей стали. Два верхних и нижний опорные подшипники цапф лопаток — бронзовые. Смазка подшипников — густая, осуществляется от специальной станции автоматической подачи смазки. В верхние подшипники смазка подается через специальное сверление в корпусе подшипника, а в нижний подшипник она попадает через осевое отверстие в теле лопатки. Резиновые манжеты предохраняют подшипники лопаток от попадания воды. Поворот направляющих лопаток осуществляется двумя прямоосными сервомоторами. Диаметр сервомотора 900, максимальный ход 600 мм. Один из сервомоторов снабжен ручным стопорным устройством. Установка сервомотора на стопор позволяет производить работы в системе регулирования без осушения спиральной камеры турбины. Каждый сервомотор представляет собой цилиндр, внутри которого перемещается поршень, шарнирно соединенный с регулирующим кольцом при помощи тяги. Торцы цилиндра сервомотора закрыты крышками. В крышке, через которую проходит тяга, предусмотрено уплотнение манжетного типа. Цилиндры сервомоторов изготовлены сварными из углеродистой стали, поршни — литые, чугунные, тяги — из качественной углеродистой стали.

Рабочее колесо — сварное из двух частей, соединяемых между собой: по верхнему ободу — призонными болтами, по нижнему — сваркой. Условный диаметр рабочего колеса 5350 мм. 16 лопастей колеса выполнены штампованными из нержавеющей стали. К верхнему ободу крепится сварной обтекаемый конус. Призонные болты соединяют рабочее колесо и вал турбины. На верхнем и нижнем ободах рабочего колеса установлены лабиринтные уплотнения гребенчатого типа, состоящие из неподвижных и вращающихся колец. Вращающиеся кольца закрепляются на ободах рабочего колеса сваркой, неподвижное кольцо верхнего уплотнения установлено на крышке турбины и закреплено болтами. Неподвижное



кольцо нижнего уплотнения укреплено болтами на фланце опорного кольца. В верхней части нижнего обода имеется щелевой зазор, защищающий входную кромку обода от истирания взвешенными в воде частицами. Другое, неподвижное, кольцо щелевого лабиринта закреплено на нижнем кольце направляющего аппарата с помощью сварки. Кольца лабиринтных уплотнений изготавливаются из нержавеющей стали.

Вал турбины — цельнокованый, фланцы вала и направляющий пояс выполнены заодно целое с телом. Диаметр вала 1500, длина 6100, диаметр направляющего пояса под подшипник 1950 мм. Внутри вала имеется отверстие диаметром 1150 мм, необходимое для подачи воздуха под рабочее колесо при частичных нагрузках агрегата. Вал изготовлен из высококачественной углеродистой стали.

Направляющий подшипник турбины — самосмазывающийся, работающий на жидкой масляной смазке. Подшипник состоит из 12 стальных сегментов с баббитовой заливкой. Сегменты опираются на сферические концы упорных болтов подшипника. Снизу сегменты опираются на опорное кольцо, установленное в корпусе подшипника.

Корпус подшипника — стальной, укреплен шпильками и штифтами на крышке турбины, снизу к корпусу подшипника укреплена разъемная масляная ванна, сваренная из стальных листов, куда заливается масло. Циркуляция масла в подшипнике осуществляется через радиальные отверстия в направляющем поясе, ко-

торые при вращении вала действуют подобно центробежному насосу и перекачивают масло из внутренней полости нижней ванны в полость между сегментами и корпусом подшипника, затем масло проходит через отверстия в вертикальной стенке, собирается в сборнике и по сливным трубам поступает в два диаметрально расположенных маслоохладителя.

Регулирование турбины осуществляется электрогидравлическим регулятором типа ЭГР-2М-150-4 и маслonaпорной установкой типа МНУ-2ОК-1/40. Турбина работает на автоматическом управлении: пуск и останов турбины, распределение нагрузки осуществляются дистанционно с пульта управления.

#### Техническая характеристика

Напор, м:

расчетный .....	140
максимальный .....	183
минимальный .....	100

Мощность, кВт .....

Скорость вращения, об/мин .....

Диаметр рабочего колеса, мм .....

Количество лопастей рабочего колеса .....

## ТУРБИНА ТИПА РО 810-В-550 МОЩНОСТЬЮ 245000 кВт

### (Усть-Илимская ГЭС)

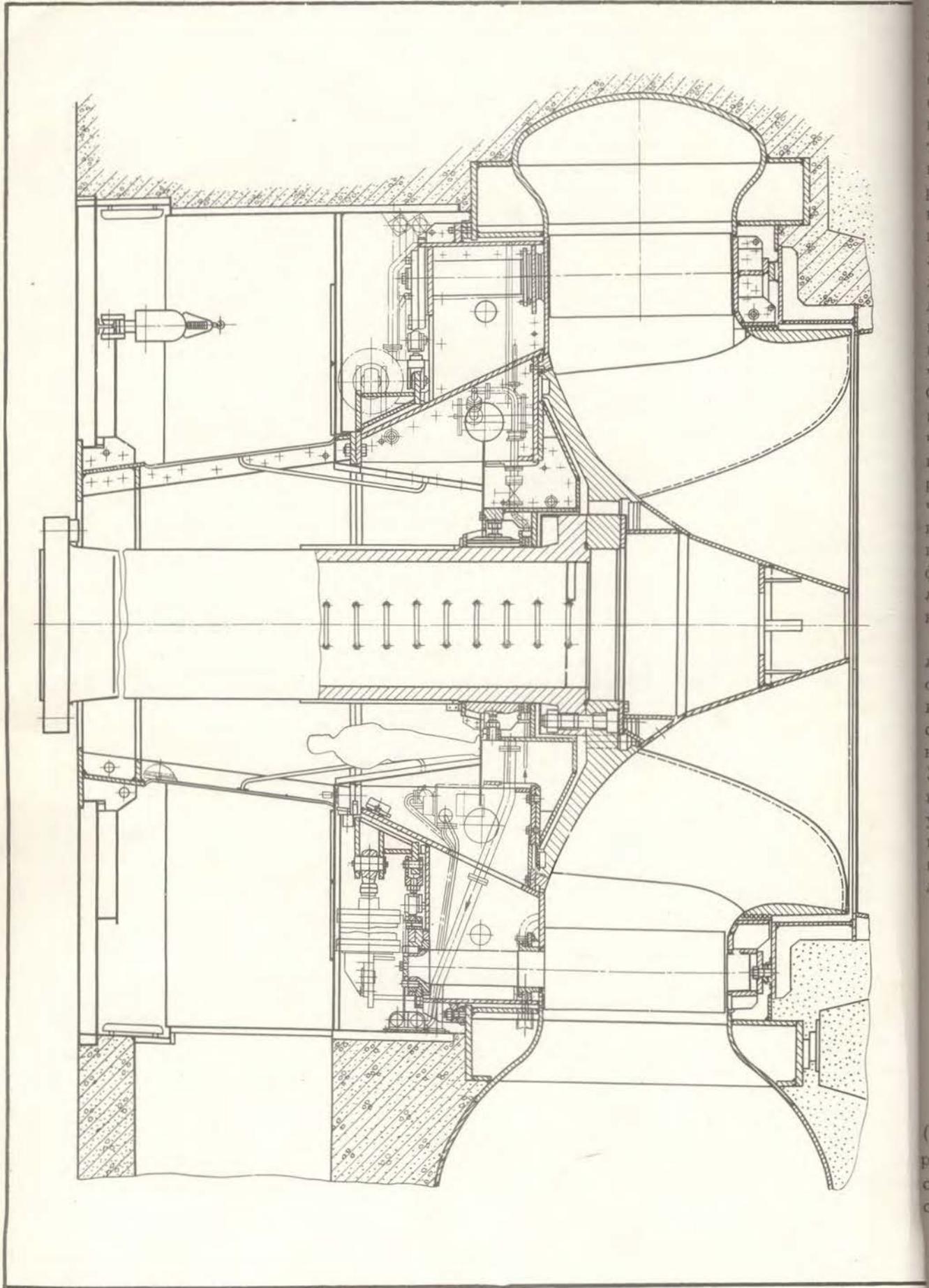
Вертикальная радиально-осевая турбина (фиг. 17, табл. 1) служит приводом генератора трехфазного тока зонтичного типа с опорой подпятника на крышке турбины.

Подвод воды к турбинам осуществляется индивидуальными напорными трубопроводами диаметром 7,8 м.

Спиральная камера турбины — металлическая сварная из листовой стали переменной толщины от 23 до 24 мм, состоит из 21 звена. Сечение спиральной камеры — круглое с углом охвата в плане 351°.

Статор изготовлен из четырех частей и представляет собой систему полых колонн, сваренных из стальных листов толщиной 50 мм, пропущенных через верхний и нижний пояс статора коробчатой формы. Ребра жесткости внутри коробок поясов придают необходимую прочность. Пояса статора выполнены из гнутых стальных обечаек с толщиной стенок 32 мм. Число обечаек равно числу звеньев спиральной камеры.

Направляющий аппарат — нормализованной конструкции, имеет 20 лопаток симметрично-



го профиля. Лопатки — трехпорные, направляются верхним и нижним подшипниками с втулками из синтетического материала, которые смачиваются проточной водой. В шарнирных соединениях стяжек или серег механизма поворота установлены капроновые втулки, не требующие регулярной смазки. Механизм поворота лопаток имеет короткую серьгу, которая состоит из тяги с вилкой. Серьга резьбовым концом пропущена через отверстия в пальце, а вилкой соединяется с поясом регулирующего кольца. Привод механизма поворота лопаток осуществляется четырьмя одноцилиндровыми сервомоторами двустороннего действия, закрепленными на крышке турбины. Сервомоторы передают усилия механизму поворота через четыре точки регулирующего кольца. Сервомотор направляющего аппарата состоит из сварного стального цилиндра с крышками, чугунного поршня, стальной тяги и стакана, прикрепленного к поршню. Диаметр сервомотора 550 мм. Для уменьшения протечек воды через закрытый направляющий аппарат на лопатках, крышке турбины и нижнем кольце направляющего аппарата уложены резиновые профильные уплотнительные шнуры. Уплотнение лопаток по кромкам достигается припиловкой на монтаже.

Рабочее колесо цельносварное, имеет 16 лопастей, штампованных из стали. Верхний обод — литой из стали, нижний обод выполнен из двух частей из стали. Соединение лопастей с верхним и нижним ободами, а также частей нижнего обода производится электросваркой. Уплотнение рабочего колеса: верх — «елочное», низ — цилиндрическое. К верхнему ободу снизу укреплен обтекаемый конус. В верхнем ободе имеются разгрузочные отверстия для отвода протечек, проникающих через лабиринтное уплотнение и подшипник.

Вал диаметром 1500 мм — единый с генератором, сварен из двух кованных обечаек из стали вместе с фланцами. На валу в месте установки направляющего подшипника и уплотнения приварена рубашка из нержавеющей стали.

Направляющий подшипник — сегментный, корпус выполнен из двух частей, в котором установлено 12 обрезиненных сегментов, работающих на водяной смазке. Вода под давлением для смазки и охлаждения подшипника подается из ванны, укрепленной на верхнем фланце корпуса. Конструкция подшипника выгодно отличается от обычных своей компактностью и удобством ремонта.

Каждая турбина снабжена регулятором типа ЭГРИ-150-10 и маслonaпорной установкой типа МНУ-12,5С-1/40. Система регулирования и аппаратура автоматики обеспечивают дистанционный автоматический пуск, работу на холостом ходу и под нагрузкой при индивидуальном и групповом регулировании, работу в компенсаторном режиме гидрогенератора, а также аварийный и нормальный останов агрегата.

#### Техническая характеристика

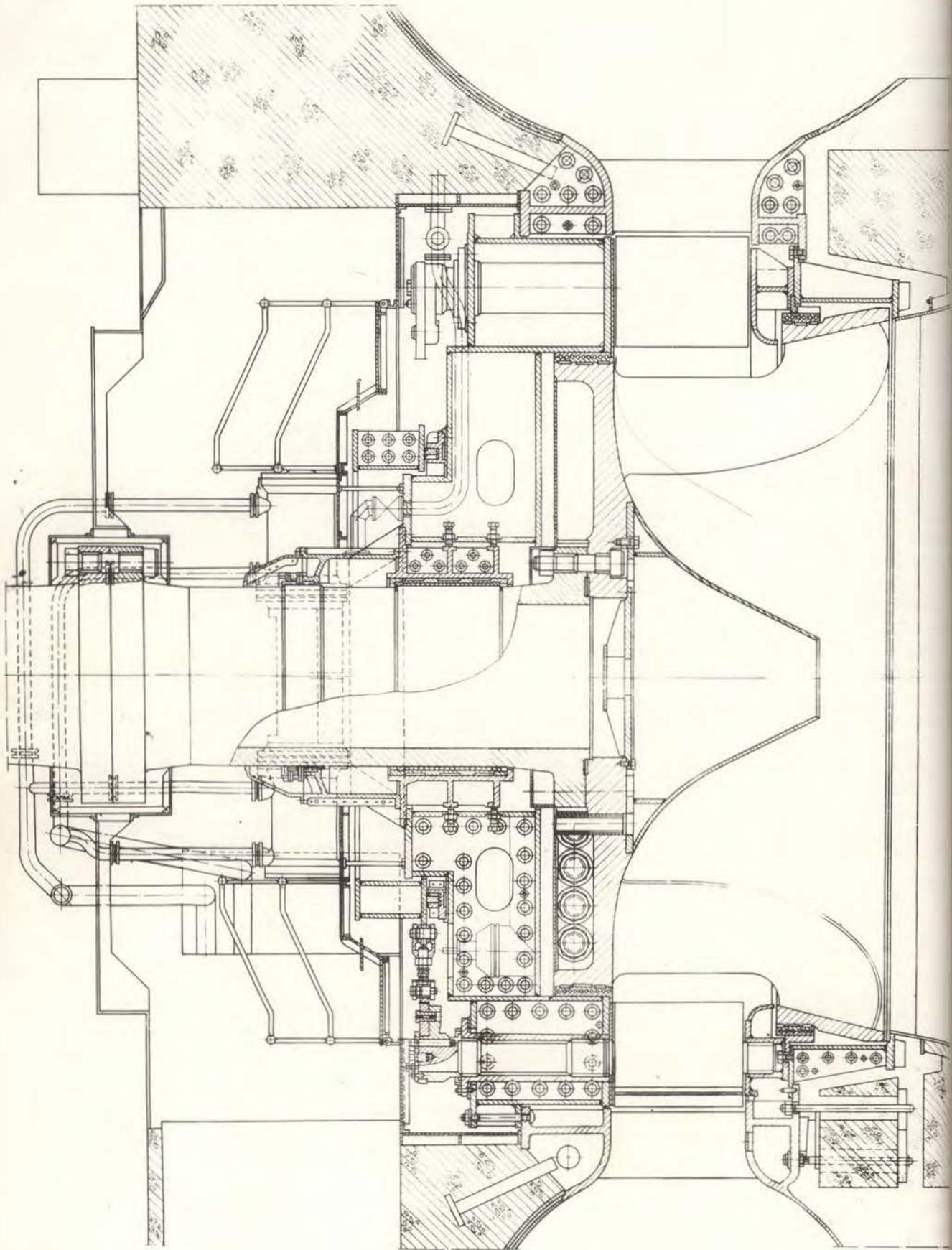
Напор, м:	
расчетный .....	85,5
максимальный .....	90
минимальный .....	84
Мощность, кВт .....	245000
Скорость вращения, об/мин .....	125
Диаметр рабочего колеса, мм .....	5500
Количество лопастей рабочего колеса .....	16

## ТУРБИНА ТИПА РО 662-В-550 МОЩНОСТЬЮ 230000 кВт (Братская ГЭС)

Вертикальная радиально-осевая турбина (фиг. 18, табл. 1) служит приводом генератора трехфазного тока. Металлическая сварная спиральная камера турбины — круглого сечения с углом охвата в плане 345°.

Статор — сварно-литой из стали, состоит из двух поясов, соединенных между собой 12 колоннами обтекаемой формы.

Направляющий аппарат, установленный на статоре, состоит из 24 поворотных лопаток, отлитых из углеродистой стали. Лопатки могут поворачиваться вокруг своей оси, параллельной оси вращения рабочего колеса, при помощи специального привода от положения полного закрытия (при соприкосновении лопаток друг с другом) до положения максимального откры-



тия. В закрытом положении гидравлический момент действует на открытие направляющего аппарата, но его величина меньше момента трения, что исключает самооткрытие лопаток при потере давления в системе регулирования. Своими цапфами лопатки опираются на нижние и верхние подшипники. Нижняя цапфа каждой лопатки направляется лигнофоловой втулкой, запрессованной в нижнем конце направляющего аппарата, верхняя цапфа — двумя лигнофоловыми втулками, запрессованными в чугунный съемный подшипник, закрепленный фланцем к крышке турбины.

Нижнее кольцо направляющего аппарата — сварное из четырех частей, выполнено из листовой стали со штампованным плавным порогом. Нижние цапфы лопаток смачиваются водой, верхние смазываются солидолом.

Все остальные трущиеся поверхности деталей направляющего аппарата смазываются густой смазкой. Для уплотнения направляющего аппарата в закрытом положении предусмотрено специальное уплотнение, состоящее из профильных шнуров, закладываемых в пазы вдоль тела лопаток в местах их соприкосновения, а также в пазы крышки и нижнего кольца направляющего аппарата под торцами лопаток.

Поворот направляющих лопаток осуществляется двумя сдвоенными сервомоторами двустороннего действия диаметром 560 мм, расположенными на сварной крышке турбины. Один из сервомоторов снабжен ручным стопорным устройством.

Рабочее колесо — сварно-литое, выполнено из двух симметричных частей, которые по верхнему ободу соединены припасованными болтами и шпильками, а по нижнему ободу — сваркой. 14 лопастей отдельно отлиты из стали и соединены с ободами при помощи сварки. К верхнему ободу рабочего колеса приварен стальной обтекатель. Направляющий подшипник — литой чугунный, выполнен с восемью обрезиненными вкладышами. Смазка производится водой, подаваемой из трубопровода технических нужд гидроэлектростанции, резервированная смазка — от резервного пожарного трубопровода.

Предусмотрена полная автоматизация управления оборудования, т. е. пуск, поддержание нормального режима работы, распределение нагрузки между агрегатами. Нормальный и аварийный остановы осуществляются автоматически, причем пуск и останов требуют одного командного импульса. Система регулирования турбины обеспечена регулятором типа ЭР-150 и маслonaпорной установкой типа МНУ-12,5.

#### Техническая характеристика

Напор, м:	
расчетный .....	96
максимальный .....	106
минимальный .....	92
Мощность, кВт .....	230000
Скорость вращения, об/мин .....	125
Диаметр рабочего колеса, мм .....	5500
Количество лопастей рабочего колеса .....	14

## ТУРБИНА ТИПА РО 728<sup>б</sup>-В-630 МОЩНОСТЬЮ 200000 кВт (Асуанская ГЭС)

Вертикальная радиально-осевая турбина служит приводом генератора трехфазного тока (50 пер/с) зонтичного типа.

Железобетонная спиральная камера турбины (фиг. 19, табл. 1) — таврового сечения, облицована листами углеродистой стали. Угол охвата камеры в плане 285°. Отсасывающая труба высотой 3,38D<sub>1</sub> — изогнутая, конусная часть и бычок облицованы стальными листами.

Статор — сварной, состоит из верхнего и нижнего поясов, сваренных из листового проката и соединенных 12 отдельно отлитыми симметрично расположенными профилированными колоннами.

Направляющий аппарат — цилиндрический, состоит из 24 поворотных лопаток, отлитых из углеродистой стали. Своими цапфами лопатки опираются на бронзовые втулки, нижняя из которых запрессована в нижнем кольце направляющего аппарата, а две верхние — в чугунный съемный подшипник, крепящийся фланцем к крышке турбины. Цапфы лопаток смазываются густой смазкой. Для предотвращения протечек между верхней цапфой лопатки и крышкой турбины установлено резиновое уплотнение.

Во избежание прижатия торца пера лопатки к крышке турбины давлением воды предусмотрено специальное устройство, позволяющее по-

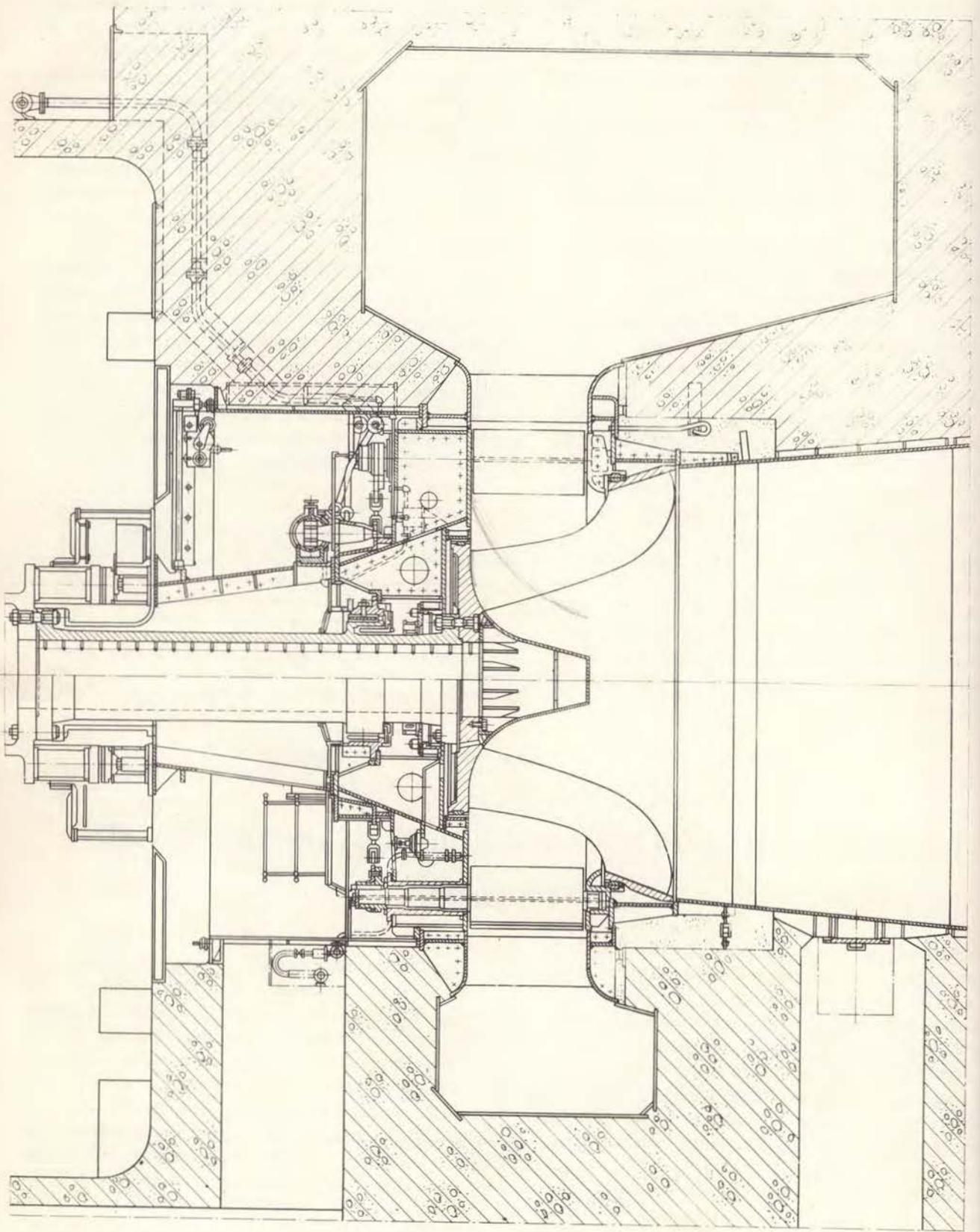


FIG. 1. A. ENGINE, IN. FEATURES. FIG. 1. A. ENGINE, IN. FEATURES.

лучше равные зазоры между торцами лопатки и сопряженными поверхностями крышки турбины и нижнего кольца. Для уменьшения протечек воды через закрытый направляющий аппарат предусмотрено специальное уплотнение, состоящее из профильных шнуров, закладываемых в пазы тела лопаток, а также в пазы крышки и нижнего кольца направляющего аппарата.

Поворот лопаток при регулировании, пуске и останове турбины осуществляется двумя прямоосными сдвоенными сервомоторами диаметром 500 мм каждый, прикрепленными к опоре подпятника при помощи регулирующего кольца, серег, накладок и соединенных с ними срезными пальцами рычагов. Сервомоторы снабжены ручными стопорными устройствами.

Крышка турбины — сварная из листовой стали, состоит из четырех частей, соединенных болтами. Наружным фланцем крышка опирается на фланец верхнего пояса статора и крепится к нему шпильками.

Внутри крышки установлены два клапана срыва вакуума и два маслоохладителя подшипника. На верхней поверхности крышки устанавливается опора подпятника.

Рабочее колесо — сварно-литое, неразъемное, имеет 14 лопастей, изготовленных из нержавеющей стали. Отдельно отлитые лопасти, верхний и нижний ободы соединены сваркой. В ступице предусмотрены отверстия для пропускания воды из полости над рабочим колесом в отсасывающую трубу.

Рабочее колесо соединяется с валом агрегата припасованными болтами. К верхнему ободу крепится обтекатель, наружная поверхность которого является продолжением внут-

ренней криволинейной поверхности верхнего обода. С верхней стороны к рабочему колесу крепится стальной кожух, закрывающий балансировочные грузы. Камерой рабочего колеса и опорой для нижнего кольца направляющего аппарата служит фундаментное кольцо. Оно изготовлено сварным из листовой стали в виде цилиндрической оребренной конструкции. Верхний фланец соединен со статором, нижний через сопрягающий пояс — электросваркой с облицовкой конуса отсасывающей трубы.

Вал агрегата — единый трубчатый сварной. Верхний фланец соединен со ступицей ротора генератора, нижний — с рабочим колесом. Фланцы и барабан вала откованы отдельно и затем сварены между собой. В зоне установки направляющего подшипника на вал имеется приварной кольцевой пояс, являющийся опорной шейкой подшипника.

Направляющий подшипник представляет собой стальной литой корпус, состоящий из четырех частей и опирающийся непосредственно на крышку турбины.

Внутри корпуса располагаются 12 самоустанавливающихся сегментов с баббитовой заливкой.

Подшипник — самосмазывающийся, работает на жидкой масляной смазке.

В систему автоматического управления и регулирования типа ЭГР-150-3 входят электрогидравлический регулятор, маслonaпорная установка типа МНУ-12,5-40Т, сервомоторы направляющего аппарата, масляные трубопроводы и передачи обратной связи, специальная электрическая и гидромеханическая аппаратура, контактные устройства, двигатели и другие узлы.

#### Техническая характеристика

Напор, м:	
расчетный .....	62
максимальный .....	74
минимальный .....	35
Мощность, кВт .....	200000
Скорость вращения, об/мин .....	100
Диаметр рабочего колеса, мм .....	6300
Количество лопастей рабочего колеса .....	14

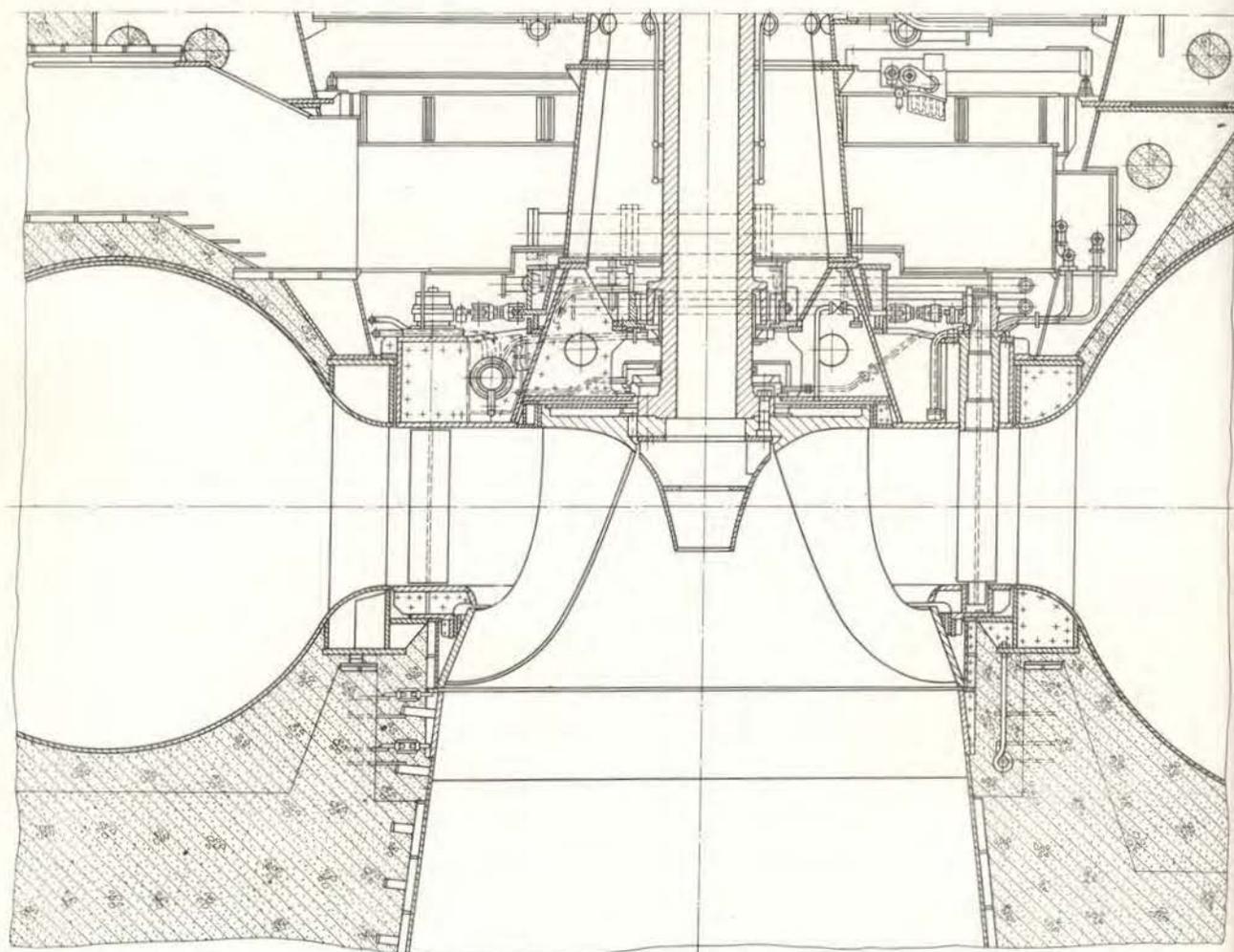
# ТУРБИНА ТИПА РО 820 -В-605 МОЩНОСТЬЮ 163000 кВт (Капивара ГЭС)

Вертикальная радиально-осевая турбина (фиг. 20, табл. 1) является приводом синхронного генератора зонтичного типа с опорой подпятника, расположенной на крышке турбины.

Металлическая спиральная камера турбины — переменного сечения с углом охвата в плане  $345^\circ$ , диаметр ее входного патрубка равен 8500 мм. Спиральная камера изготовлена из листовой стали и состоит из звеньев, которые свариваются между собой и со статором на месте монтажа. Отсасывающая труба — изогнутая, имеет облицовку толщиной 20 мм из углеродистой стали.

Статор турбины состоит из верхнего и нижнего поясов коробчатой формы, сваренных из листового проката и соединенных между собой 24 профилированными колоннами, включая зуб. Коробчатая форма поясов обеспечивает прочность и жесткость. Колонны статора пропущены через пояса и приварены к их верхнему и нижнему основаниям.

Направляющий аппарат состоит из крышки турбины, нижнего кольца, 24 стальных литых лопаток и механизма поворота лопаток. Профиль лопаток асимметричной формы с отрицательной кривизной (вогнутость направлена от



Фиг. 20. Разрез по турбине типа РО 820-В-605 (Капивара ГЭС)

оси турбины). Каждая лопатка опирается своими цапфами на три опоры с бронзовыми втулками, которые смазываются густой смазкой от автоматической станции. Нижние цапфы лопаток, торцы пера, соприкасающиеся один с другим, поверхности лопаток облицованы нержавеющей сталью. Уплотнение средних и нижних цапф направляющих лопаток достигается при помощи профильных резиновых манжет. Поворот лопаток производится двумя прямоосно сдвоенными сервомоторами, установленными на опоре подпятника регулирующего кольца серег, накладок и рычагов. Все шарниры механизма поворота выполнены с капроновыми втулками, не требующими смазки в процессе их эксплуатации. Регулирующее кольцо сварной конструкции поворачивается в специальной опоре, выполненной заодно с крышкой турбины, и имеет бронзовые опорные планки.

Трущиеся поверхности регулирующего кольца смазываются жидким маслом. Крышка турбины — сварной конструкции, выполнена из четырех частей. Нижняя плоскость крышки, соприкасающаяся с водой, закрывается при помощи электросварки облицовкой из нержавеющей стали. Для уменьшения протечек воды через закрытый направляющий аппарат предусмотрены резиновые уплотнения, устанавливаемые в канавках крышки и нижнего кольца. На каждой турбине имеются два сдвоенных прямоосных сервомотора с общей тягой, на которой с двух сторон закреплены чугунные поршни. Стальные цилиндры укреплены в сварном корпусе, закрепленном на опоре подпятника. Для фиксации направляющего аппарата в открытом и закрытом положениях на регулирующем кольце предусмотрены два стопора, которые при помощи маховика заводятся в специальные вырезы в опоре подпятника.

Рабочее колесо турбины — сварно-литой конструкции, выполнено из нержавеющей стали,

состоит из литого верхнего обода, 14 лопастей, изготовленных из проката, и нижнего обода, свальцованного из частей. Все части колеса сварены между собой электросваркой. Для уменьшения объемных потерь на верхнем и нижнем ободах рабочего колеса установлены лабиринтные уплотнения, выполненные из нержавеющей стали в виде колец с цилиндрическими канавками. Вращающиеся кольца уплотнений закреплены электросваркой на ободах рабочего колеса. Неподвижные кольца укреплены: нижнее — к нижнему кольцу направляющего аппарата при помощи сварки, верхнее — к крышке турбины при помощи болтов.

Вал турбины — единый (без промежуточного фланцевого соединения) сварно-кованый трубчатого сечения. Нижним фланцем вал крепится к верхнему ободу рабочего колеса; верхним фланцем — к втулке ротора генератора. В месте установки направляющего подшипника на валу имеется кольцевой пояс, служащий опорной поверхностью подшипника. Направляющий подшипник с баббитовым вкладышем на жидкой масляной смазке состоит из стального разъемного корпуса, 12 самоустанавливающихся сегментов с баббитовой заливкой, нижней и верхней масляных ванн. При работе турбины циркуляция масла осуществляется за счет напора, создаваемого радиальными отверстиями, расположенными в нижней части кольцевого пояса вала.

Для управления гидротурбиной установлен регулятор типа ЭГР-2М-150-4 (электрогидравлический регулятор на магнитных усилителях с диаметром главного золотника 150 мм). Для питания маслом под давлением гидравлической части системы регулирования гидротурбины используется маслonaпорная установка типа МНУ-15С-1/40. Пуск, нормальный и аварийный остановы, поддержание нормального режима работы производятся автоматически.

#### Техническая характеристика

Напор, м:	
расчетный .....	50
максимальный .....	50
минимальный .....	35
Мощность, кВт .....	163000
Скорость вращения, об/мин .....	100
Диаметр рабочего колеса, мм .....	6050
Количество лопастей рабочего колеса .....	14

# ТУРБИНА ТИПА РО 638<sup>a</sup> -В-410 МОЩНОСТЬЮ 155000 кВт

(Чарвакская ГЭС)

С. К.

Радиально-осевая турбина (фиг.21) является приводом генератора трехфазного тока с опорой подпятника на верхней крестовине генератора. Спиральная камера турбины - металлическая сварная круглого сечения с углом охвата в плане  $345^{\circ}$ , диаметр входного патрубка 4267 мм. Спиральная камера выполнена из 26 звеньев, изготовленных из листовой стали, толщина звеньев от 28 до 32 мм. Для прочности в зоне крепления спиральной камеры со статором установлены ребра жесткости. Для входа в спиральную камеру предусмотрен лаз.

Статор - сварно-литой конструкции, выполнен из четырех частей, соединенных между собой болтами. Верхний пояс статора - литой, нижний - комбинированный. Статор имеет 12 литых сильно развитых в длину и толщину колонн, которые соединены со статором при помощи сварки. Наружный диаметр статора 6850 мм.

Отсасывающая труба турбины - изогнутая с коленом, имеет облицовку металлом в конической части до места перехода конуса в колено. Облицовка конуса отсасывающей трубы конструктивно состоит из фундаментного кольца, нижней части конуса и сопрягающего пояса. Фундаментное кольцо - жесткой конструкции из листовой стали. Облицовка нижней части конуса - стальная, сварена из четырех частей.

Направляющий аппарат - нормализованной конструкции, имеет 24 профилированные лопасти, которые подвешиваются на рычагах, укрепленных на верхних цапфах. Конструкция подвески позволяет регулировать торцевые зазоры между пером лопасти и верхним и нижним кольцами направляющего аппарата. Направляющие лопасти - литые из углеродистой стали, трехопорные, поворачиваются в трех подшипниках из древесного пластика, смазываемого водой. Одновременный поворот на одинаковый угол всех направляющих лопаток производится регулирующим кольцом, связанным с рычагами при помощи серег. Регулирующее кольцо приводится в движение двумя сдвоенными прямоосными сервомоторами, установленными на крышке турбины. Диаметр каждого сервомотора 400 мм.

Уплотнение направляющего аппарата в закрытом положении обеспечивается за счет точной пригонки выходных кромок пера и торцов лопаток.

Рабочее колесо - сварно-литое из нержавеющей стали и имеет 15 штампованных лопастей из кавитационноустойчивых материалов. Лопасти электрошлаковой сваркой соединены с ободами. Рабочее колесо снабжено лабиринтными уплотнениями шелевого типа, что позволяет менять лабиринтные кольца в случае износа.

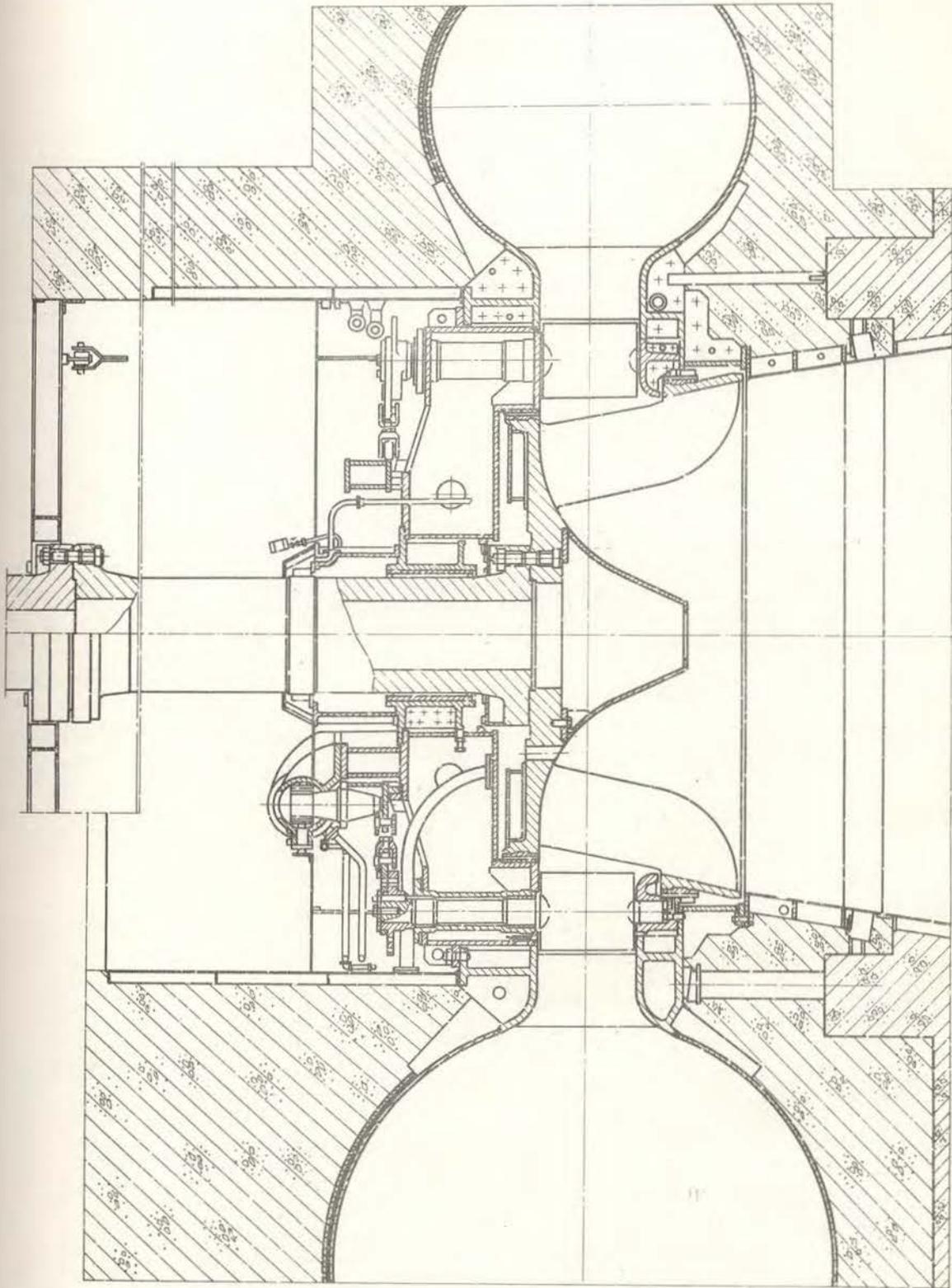
Вал турбины с наружным диаметром 1000 мм - цельнокованный, выполнен в форме тонкостенной стальной трубы с двумя фланцами. В зоне сопряжения с резиновым вкладышем подшипника вал облицовывается нержавеющей сталью.

Направляющий подшипник - резиновый, состоит из корпуса и вкладыша, выполненного из двух частей. Сверху и снизу вкладыши подшипника снабжены уплотнениями. Над подшипником установлено резиновое торцевое уплотнение, которое смачивается очищенной водой от трубопровода технического водоснабжения. Для уплотнения подшипника при длительных остановках и для смены торцевого уплотнения в конструкции подшипника предусмотрено специальное запорное устройство, расположенное над подшипником, что дает возможность демонтировать последний без осушения турбины. Запорное устройство состоит из кольца с уплотнительным шнуром, которое при необходимости может быть поджато вращением упорных винтов к торцам колец, одно из которых установлено на рабочем колесе, другое - на нижней части крышки.

Турбина снабжена электрогидравлическим регулятором типа ЭГР-100-3 и маслonaпорной установкой типа МНУ-5,6-1/40. Предусмотрена работа агрегата на автоматическом управлении. Пуск и останов агрегатов, а также распределение нагрузки осуществляются дистанционно с пульта управления, расположенного в здании ГЭС. Предусматривается работа агрегата в режиме синхронного компенсатора.

## Техническая характеристика

Напор, м:	
расчетный .....	118
максимальный .....	148,6
минимальный .....	90
Мощность, кВт .....	155000
Скорость вращения, об/мин .....	187,5
Диаметр рабочего колеса, мм .....	4100
Количество лопастей рабочего колеса .....	15
Вес турбины с закладными частями без регулятора и затвора, т .....	320,6



Фиг. 21. Разрез по турбине типа ГО 6386-В-410 (Чарьякская ГЭС)

# ТУРБИНА ТИПА РО 638 -В-410 МОЩНОСТЬЮ 127000 кВт (Бхакра-Наггал ГЭС)

Вертикальная радиально-осевая турбина (фиг. 22, табл. 1) служит приводом гидрогенератора трехфазного тока,

Металлическая спиральная камера турбины - круглого сечения. Угол охвата камеры в плане  $345^{\circ}$ . Спиральная камера состоит из 26 звеньев, изготовленных из листовой стали толщиной от 28 до 32 мм. Звенья соединены между собой и со статором сваркой.

Отсасывающая труба - изогнутая. Облицовка конуса отсасывающей трубы - сварная из четырех частей, оребренная. Толщина листов облицовки 14 мм.

Статор - сварно-литой из четырех частей. К литым поясам (верхнему и нижнему) приварены литые профилированные колонны; к нижнему поясу статора - камера рабочего колеса.

Фундаментное кольцо - сварное жесткой конструкции, выполнено из листовой стали. Сопрягающий пояс - вальцованный из листов.

Направляющий аппарат - цилиндрический, состоит из 24 литых стальных поворотных лопаток. Уплотнение цапф направляющих лопаток достигается при помощи профилированных манжет. Уплотнение направляющего аппарата в закрытом положении обеспечивается за счет

точной пригонки выходных кромок пера и торцов лопаток.

Поворот направляющих лопаток осуществляется двумя сдвоенными прямоосными сервомоторами диаметром 400 мм. Сервомоторы снабжены стопорным устройством.

Рабочее колесо диаметром 4100 мм - цельнолитое, имеет 15 лопастей из кавитационно-стойких материалов, выполнено с лабиринтными уплотнениями. Предусмотрено специальное устройство для впуска воздуха под рабочее колесо.

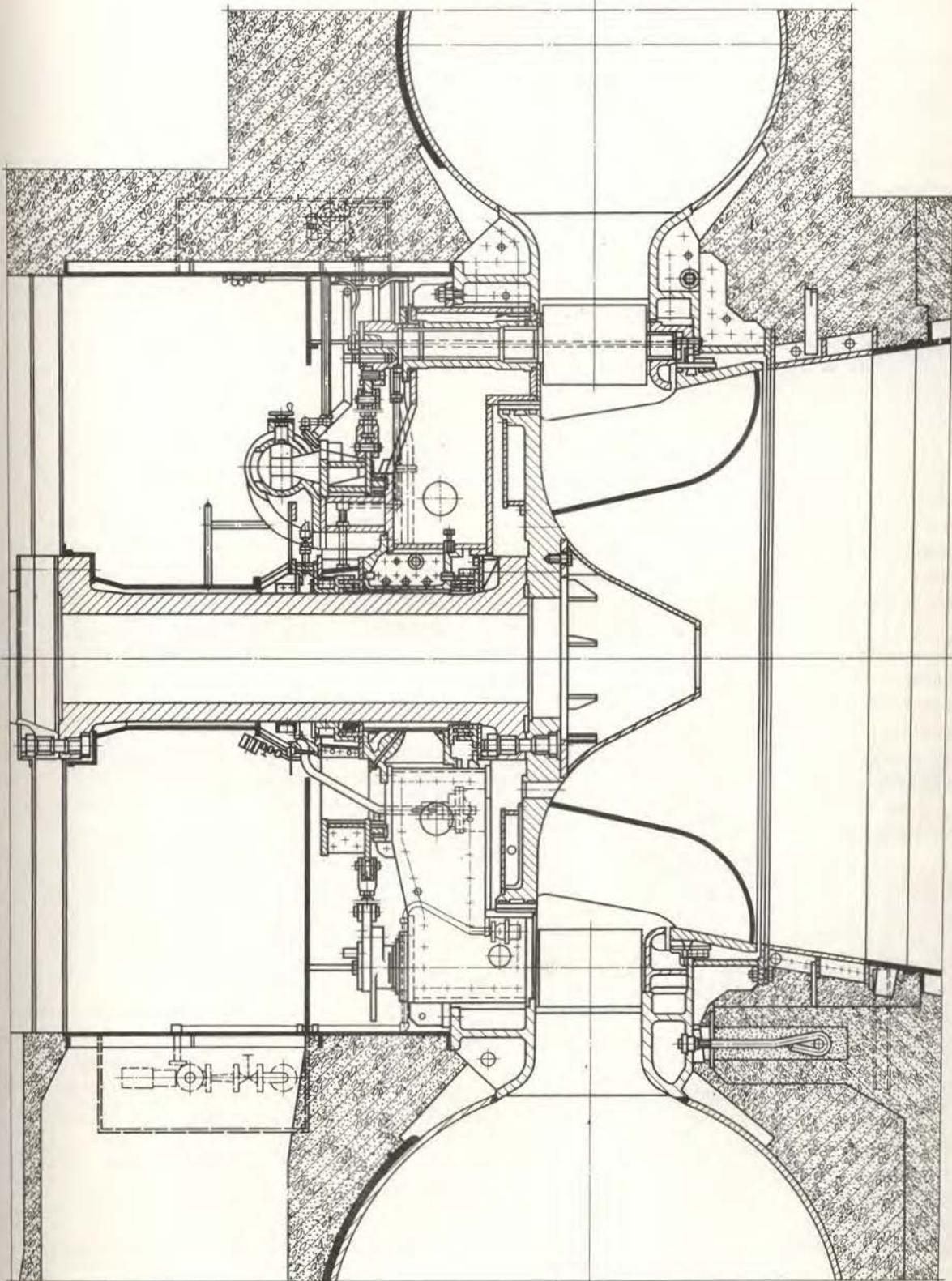
Вал турбины диаметром 1000 мм - цельнокованный в виде тонкостенной стальной трубы с двумя фланцами. Болты фланцевого соединения сверху закрываются сварными крышками. К нижней крышке крепится лабиринтное кольцо и запорное устройство.

Направляющий подшипник турбины выполнен с баббитовой заливкой. Смазка осуществляется маслом.

Опора подпятника агрегата расположена на крестовине генератора. В систему регулирования входят регулятор типа ЭР-100-3 и маслонапорная установка типа МНУ-5,6-1/40.

## Техническая характеристика

Напор, м:	
расчетный .....	121,92
максимальный .....	158,5
минимальный .....	79,86
Мощность, кВт .....	127000
Скорость вращения, об/мин .....	187,5
Диаметр рабочего колеса, мм .....	4100
Количество лопастей рабочего колеса .....	15



Фиг. 2.2. Разрез по турбине типа ГО 638-В-410 (Бхапра-Наггал ГЭС)

# ТУРБИНА ТИПА РО 991-В-285 МОЩНОСТЬЮ 119000 кВт (Лоуэр-Силеру ГЭС)

Вертикальная радиально-осевая турбина (фиг. 23, табл. 1) непосредственно соединяется с генератором трехфазного тока подвешенного типа с опорой пяты на верхней крестовине генератора. Вода к турбине подводится отдельным напорным трубопроводом, на котором непосредственно перед турбиной установлен шаровой затвор диаметром 2,6 м.

Спиральная камера турбины — металлическая круглого сечения с углом охвата в плане  $351^\circ$ , объединена со статором и состоит из четырех отдельных сварно-литых частей, выполненных из углеродистой стали. Спиральная камера включает отдельный патрубок, соединяющий ее с шаровым затвором.

Статор — сварно-литой конструкции, имеет 12 литых колонн, включая зуб спиральной камеры; максимальный диаметр статора 5323 мм.

Направляющий аппарат состоит из 24 лопаток симметричного профиля из нержавеющей стали. Каждая лопатка установлена на трех подшипниках, имеющих бронзовые втулки. Смазка подшипников осуществляется от специальной автоматической станции густой смазки. Регулирующее кольцо направляющего аппарата, располагающееся с внешней стороны относительно осей лопаток, состоит из двух частей, соединяемых между собой болтами, поворачивается в кольцевой опоре, установленной на спиральной камере. Осевой и радиальный подшипники регулирующего кольца представляют собой бронзовые накладки, прикрепленные к кольцу. Для смазки подшипников используется жидкое масло, которое заливается в опору кольца. Втулки подшипников поворотного механизма регулирующего кольца выполнены из синтетических материалов, не требующих смазки.

Поворот лопаток производится регулирующим кольцом с помощью рычагов, закрепленных на цапфах лопаток и регулируемых по длине стяжек. Для поворота регулирующего кольца направляющего аппарата предусмотрены два прямоосных сервомотора, установленных в специальных нишах шахты турбины и прикрепленных к спиральной камере. Диаметр сервомоторов 400 мм. Сервомоторы приводятся в действие от системы регулирования, где давление масла  $40 \text{ кгс/см}^2$ . Цилиндры сервомоторов — сварные из углеродистой стали, поршни — литые чугунные, тяги — из качественной углеродистой стали.

Конструкция направляющего аппарата позволяет заменять направляющие лопатки, втулки и уплотнительные манжеты подшипников лопаток без разборки агрегата.

Рабочее колесо турбины — неразъемное сварно-литой конструкции с 19 штампованными лопастями. Лопасти между верхним и нижним ободами рабочего колеса соединены сваркой. Лабиринтное уплотнение рабочего колеса гребенчатого типа, выполнено из нержавеющей стали и состоит из вращающихся и неподвижных колец. Вращающиеся кольца насаживаются в горячем состоянии на верхний и нижний ободы рабочего колеса и дополнительно закрепляются винтами и штифтами. Невращающиеся кольца лабиринтных уплотнений крепятся сваркой к крышке турбины и верхнего пояса конуса описывающей трубы.

Вал турбины — цельнокованный полый, изготовлен из высококачественной углеродистой стали заодно с фланцами и направляющим поясом под подшипник турбины.

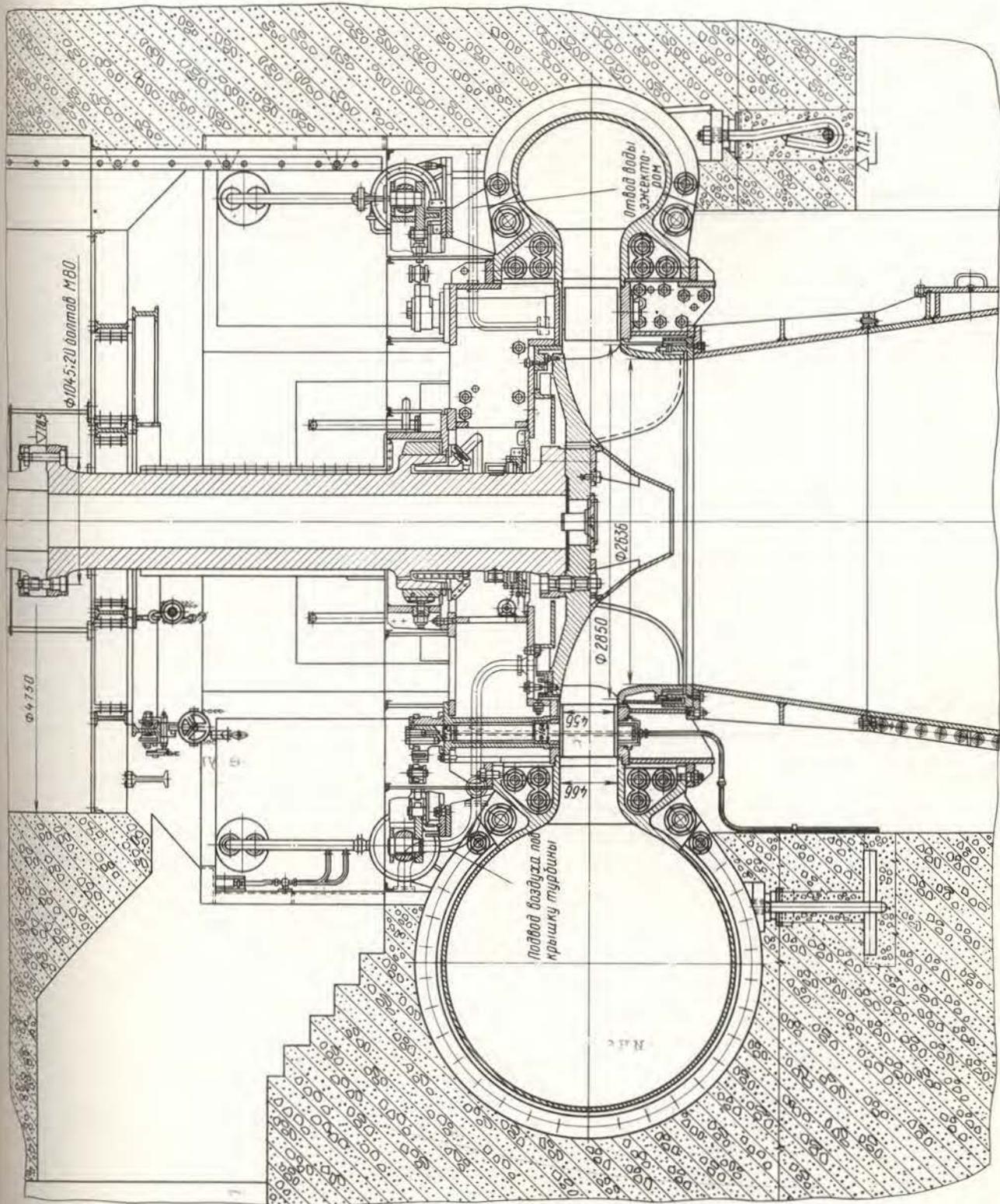
Фланцы вала крепятся к рабочему колесу и валу генератора призонными болтами. Уплотнение вала — резиновое кольцо, выполненное из пресованной резины.

Направляющий подшипник турбины — самосмазывающегося типа, состоит из восьми сегментов с баббитовым слоем. Сегменты — саморегулирующиеся. Корпус подшипника, выполненный из стали, установлен на крышке турбины. Подшипник снабжен маслоохладителем, установленным в шахте турбины. Циркуляция масла в системе смазки подшипника происходит с помощью радиальных отверстий в направляющем поясе вала турбины, работающих как насос.

Для управления работой агрегата турбина снабжена регулятором типа ЭГРМ-2М-100-4. Питание маслом системы регулирования обеспечивается маслонпорной установкой типа МНУ-4А-1/40Т.

### Техническая характеристика

Напор, м	
расчетный .....	193,6
максимальный .....	199,6
минимальный .....	173,4
Мощность, кВт .....	119000
Скорость вращения, об/мин .....	300
Диаметр рабочего колеса, мм .....	2850
Количество лопастей рабочего колеса .....	19



Фиг. 23. Разрез по турбине типа ГС 991-В-285 (Лоуэр-Силверу ГЭС)

# ТУРБИНА ТИПА РО 683-В-280 МОЩНОСТЬЮ 71500 кВт (Балимела ГЭС)

Вертикальная радиально-осевая турбина (фиг. 24, табл. 1) служит приводом гидрогенератора трехфазного тока.

Вода к турбине подводится отдельным напорным трубопроводом, на котором перед турбиной предусмотрен шаровой затвор диаметром 4200 мм с компенсатором.

Сварная металлическая спиральная камера турбины — круглого сечения с углом охвата в плане  $360^\circ$ , изготовлена из листов разной толщины, которые привариваются к литому статору и составляют с ним единое целое.

Сверху к спирали приварены две опоры под сервомоторы, снизу — опоры для установки камеры на бетон.

Отсасывающая труба — изогнутая высотой 2,20 м. Для предохранения бетона от размывания водой конус отсасывающей трубы облицован стальными листами. Конус — съемный и имеет два лаза для осмотра рабочего колеса.

Направляющий аппарат турбины имеет 24 лопатки симметричного профиля. Верхняя цапфа лопатки укреплена в подшипнике на крышке турбины, нижняя — непосредственно на нижнем кольце направляющего аппарата. Цапфы вращаются в подшипниках с бронзовыми втулками, смазываемыми густой масляной смазкой. Направляющий аппарат — с наружным регулированием (регулирующее кольцо расположено снаружи относительно направляющих лопаток). Поворот направляющих лопаток осуществляется двумя одинарными прямоосными сервомоторами диаметром 300 мм.

Регулирующее кольцо вместе с сервомото-

рами расположено на верхней незабетонированной части спиральной камеры. Один из сервомоторов снабжен ручным стопором.

Рабочее колесо — сварно-литое, состоит из верхнего и нижнего ободов и 19 лопастей. Для уменьшения разрушений при эксплуатации колесо изготовлено из кавитационностойкой нержавеющей стали.

Рабочее колесо крепится к валу турбины болтами. Крутящий момент передается призонными болтами со сменными втулками.

Для уменьшения объемных потерь на рабочем колесе установлены верхнее и нижнее лабиринтные уплотнения гребенчатого типа.

Вал турбины — полый с наружным диаметром 650 и внутренним 400 мм.

В нижней части вала турбины установлен обратный воздушный клапан для впуска воздуха под рабочее колесо, а также для предотвращения выплеска воды на генератор через вал.

Подшипник турбины — с баббитовым вкладышем на жидкой масляной смазке.

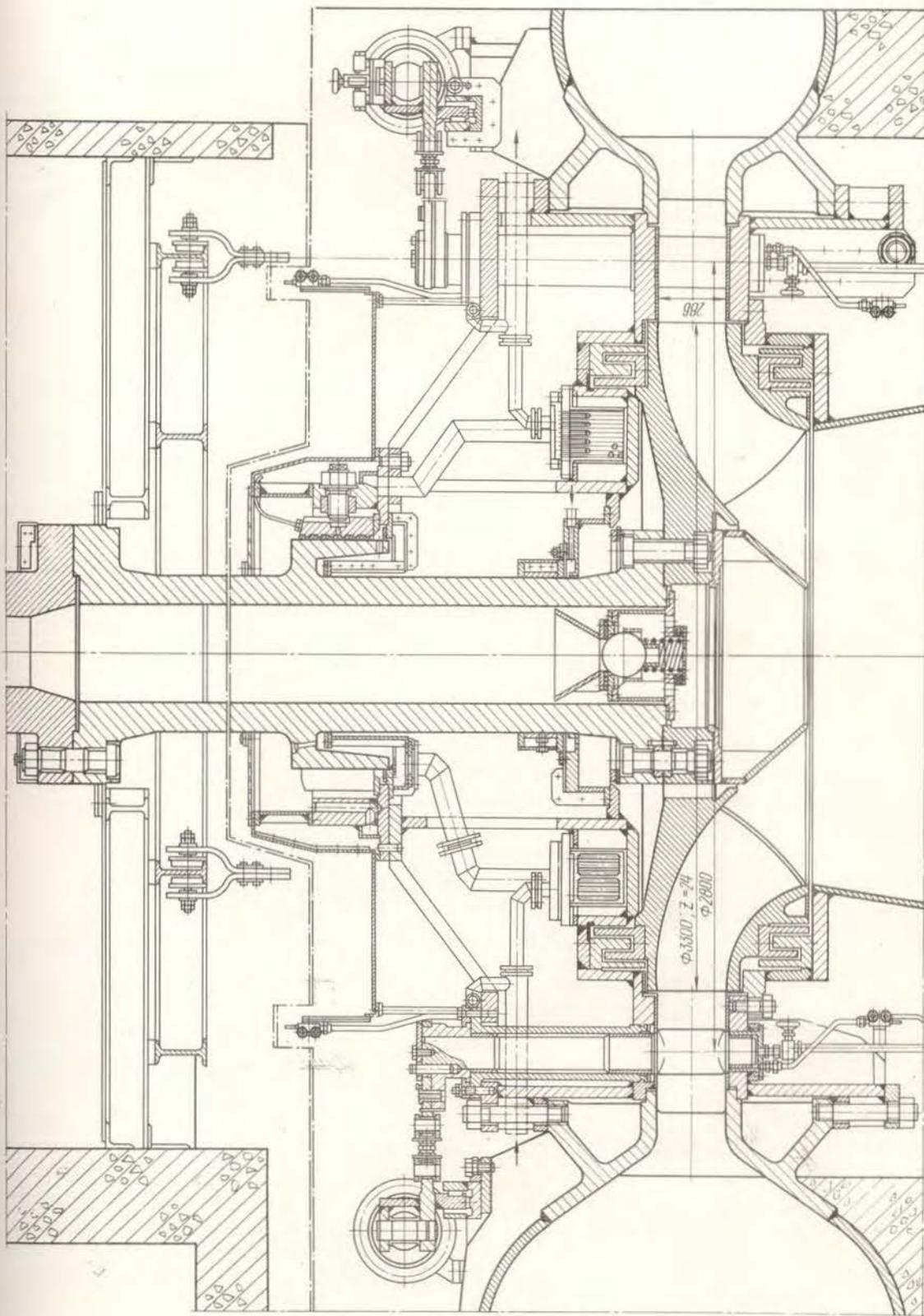
Холостой выпуск диаметром 600 мм присоединен к специальному патрубку спиральной камеры и служит для сброса воды при повышении давления в напорном трубопроводе, при сбросах нагрузки и быстром закрытии направляющего аппарата. Холостой выпуск имеет автоматическое и ручное управление.

Шаровой затвор приводится в действие двумя качающимися сервомоторами.

Система регулирования турбины включает регулятор типа ЭГР-2М-100-4 и маслonaпорную установку типа МНУ-1,6-1/40.

## Техническая характеристика

Напор, м:	
расчетный .....	257
максимальный .....	289,4
минимальный .....	257
Мощность, кВт .....	71500
Скорость вращения, об/мин .....	375
Диаметр рабочего колеса, мм .....	2800
Количество лопастей рабочего колеса .....	19



Фиг. 24. Разрез по турбине типа РО 683-В-280 (Балимела ГЭС)

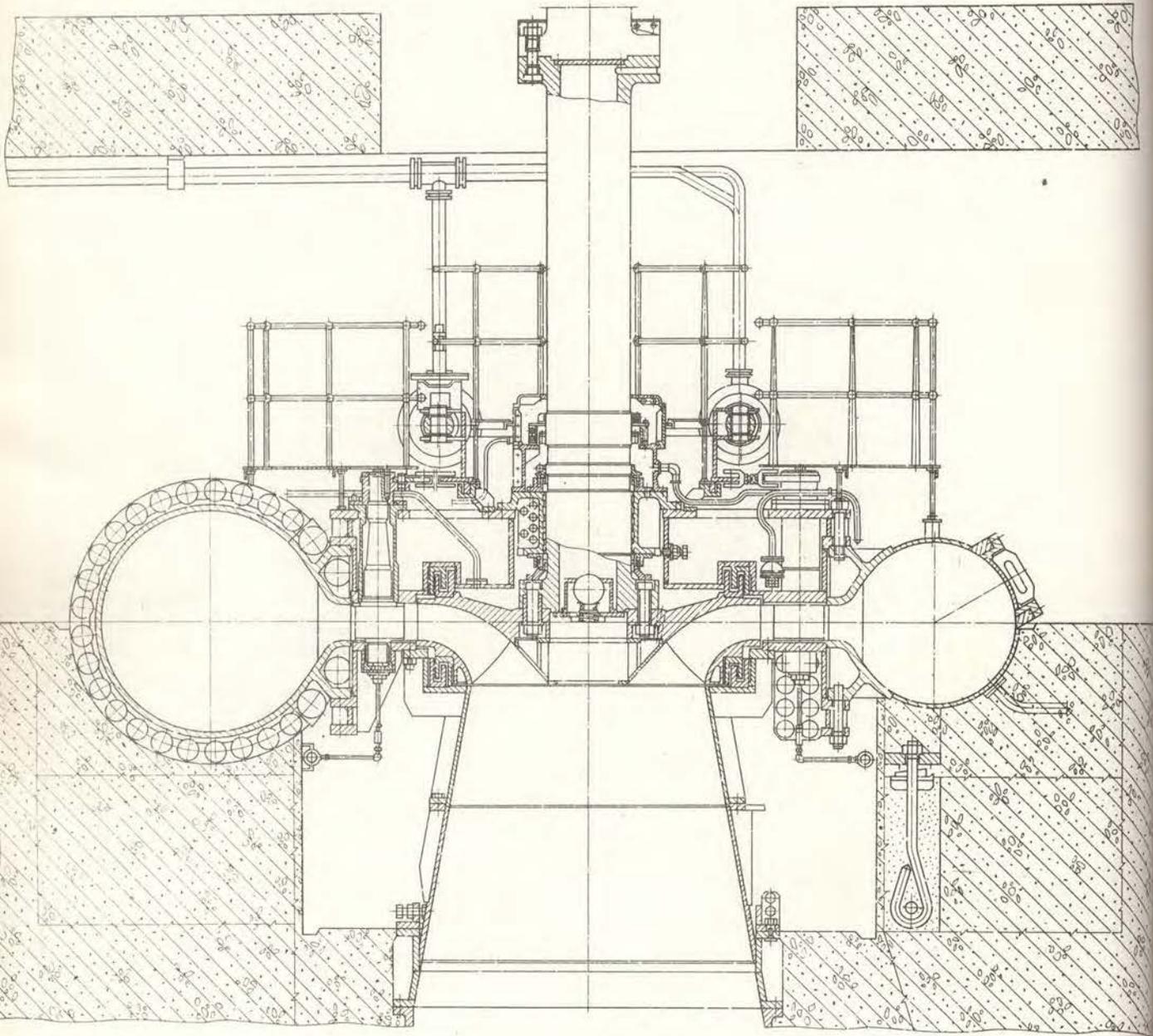
# ТУРБИНА ТИПА РО 683-В-245 МОЩНОСТЬЮ 56500 кВт (Храм II ГЭС)

Вертикальная радиально-осевая турбина служит приводом гидрогенератора трехфазного тока.

Литая стальная спиральная камера турбины (фиг. 25, табл. 1) выполнена заодно со статором. Нижняя половина камеры залита бе-

тоном до уровня оси направляющего аппарата. Отсасывающая труба - изогнутая высотой  $2,02D_1$ .

Верхняя часть конуса отсасывающей трубы облицована двухслойной листовой сталью. Направляющий аппарат состоит из 24 пово-



Фиг. 25. Разрез по турбине типа РО 683-В-245 (Храм II ГЭС)

ротных направляющих лопаток из износостойчивой нержавеющей стали с положительной кривизной профиля.

На омываемых поверхностях крышки турбины и нижнего кольца направляющего аппарата предусмотрены сменные износостойчивые облицовки. Крышка турбины, нижнее кольцо направляющего аппарата и регулирующие кольцо — сварные.

Поворот направляющих лопаток осуществляется двумя сервомоторами диаметром 450 мм каждый, установленными на спиральной камере турбины. Один из сервомоторов снабжен стопорным устройством.

Рабочее колесо — сварное из нержавеющей стали, состоит из верхнего и нижнего поясов и 19 лопастей. Уплотнение — гребенчатого типа, выполнено в виде крупной резьбы с острыми вершинами. Каждая турбина снабжена двумя взаимозаменяемыми рабочими колесами.

Рабочее колесо турбины обеспечивает достаточно высокий КПД при амплитуде пульсаций за ним не более 2,5% напора. Предусмотрен впуск воздуха под рабочее колесо через полость вала турбины; внутри вала у нижнего фланца имеется автоматический воздушный кла-

пан, соединяющийся с атмосферой через радиальные отверстия в стенке вала.

Вал турбины — сварной, кованое тело соединено с литыми фланцами (верхним и нижним).

Холостой выпуск обеспечивает максимальный расход воды 14 м<sup>3</sup>/с. Шаровой затвор диаметром прохода 1700 мм приводится в действие двумя сервомоторами качающегося типа.

Подпятник агрегата расположен на верхней крестовине генератора.

Система регулирования турбины снабжена регулятором типа Р-100 и маслонапорной установкой типа МНУ-2,5.

#### Техническая характеристика

Напор, м:	
расчетный .....	307
максимальный .....	324,3
минимальный .....	292,35
Мощность, кВт .....	56500
Скорость вращения, об/мин .....	428,6
Диаметр рабочего колеса, мм .....	2450
Количество лопастей рабочего колеса .....	19

## ТУРБИНА ТИПА РО 683-В-200 МОЩНОСТЬЮ 36100 кВт (Локтак ГЭС)

Вертикальная радиально-осевая турбина служит приводом генератора трехфазного тока. Вода к турбине подводится напорным трубопроводом, на котором непосредственно перед турбиной установлен шаровой затвор с противорагонным компенсатором. Затвор диаметром 1300 мм управляется от маслонапорной установки.

Статор турбины диаметром 3560 мм — литой с 18 колоннами. Металлическая спиральная камера турбины — круглого сечения с углом охвата в плане 360°, выполнена разъемной из двух частей, соединяемых болтами. В районе зуба спиральная камера отлита заодно со статором, остальная часть спирали изготовлена из листовой стали и соединена со статором при помощи сварки. К верхней части спирали приварены две опоры для установки сервомоторов направляющего аппарата, к нижней — опорные лапы, позволяющие крепить

спираль фундаментными болтами в первичном бетоне.

Направляющий аппарат состоит из 20 трехопорных лопаток симметричного профиля. Опорные подшипники лопаток имеют бронзовые втулки, работающие на густой масляной смазке, которая подается к подшипникам специальной автоматической станцией. Резиновые манжеты на средней и нижней опорах лопаток предохраняют подшипники от попадания воды. Нижнее кольцо направляющего аппарата — сварное из двух частей, соединенных между собой болтами. На нижнем кольце установлены нижние подшипники цапф лопаток.

Верхняя плоскость нижнего кольца, расположенная в зоне проточного тракта, облицована листами нержавеющей стали, прикрепляемыми к кольцу электрозаклепками. Крышка турбины — сварная неразъемная, в ней установлены подшипники верхней и средней опор ло-

патов. Нижняя плоскость крышки со стороны проточного тракта облицована листами нержавеющей стали.

Механизм поворота лопаток включает: рычаги, установленные на цапфах лопаток; серьги, выполненные в виде талрепов, соединяющие регулирующее кольцо с рычагами лопаток; регулирующее кольцо и сервомоторы направляющего аппарата. Регулирующее кольцо — сварное, состоящее из двух частей, соединенных болтами, расположено с наружной стороны по отношению к осям лопаток. В опоре регулирующего кольца установлены бронзовые вкладыши. Смазка трущихся поверхностей регулирующего кольца осуществляется маслом, которое заливается в опору.

Два прямоосных сервомотора направляющего аппарата диаметром 250 мм, расположенные на спиральной камере, представляют собой цилиндр, внутри которого перемещается поршень. К поршню крепится стакан, который проходит через крышку сервомотора и уплотняется манжетами. Внутри стакана размещена тяга, соединяющая поршень с регулирующим кольцом. Тяга выполнена из двух частей, соединенных между собой талрепом.

Цилиндры сервомоторов — сварные из углеродистой стали, поршни — литые чугуновые, тяги — кованые из качественной углеродистой стали.

Рабочее колесо турбины диаметром 2000 мм — сварно-литой конструкции, выполнено из кавитационностойкой нержавеющей стали. Верхний и нижний ободы — литые. 19 лопастей рабочего колеса присоединены к ободам при помощи сварки.

К валу турбины рабочее колесо крепится 12 болтами, восемь из которых призонные. В рабочее колесо и фланец вала в зоне призонной части болта вставлены специальные сменные втулки, что позволяет производить замену рабочего колеса прямо на ГЭС. Для плавного изменения направления потока воды на верхнем ободе колеса укреплен сварной обтекатель. Рабочее колесо имеет уплотнения гребенчатого типа, которые состоят из неподвижных и вращающихся колец. Вращающиеся кольца закреплены на ободах рабочего колеса за счет напрессовки и дополнительно крепятся с помощью болтов и штифтов. Неподвижное кольцо верхнего уплотнения установлено в крышке

турбины с помощью болтов и штифтов, неподвижное кольцо нижнего уплотнения укреплено на верхнем поясе конуса отсасывающей трубы и распирается в радиальном направлении центрирующими болтами. Лабиринтные уплотнения выполнены из нержавеющей стали.

Еал турбины — цельнокованый из высококачественной углеродистой стали, выполнен вместе с фланцами. Вал внутри имеет отверстие для подвода воздуха при нестационарных режимах работы турбины.

Направляющий подшипник турбины — сегментный, состоит из корпуса, шести стальных сегментов с баббитовым слоем и упорных болтов, имеющих сферические концы для обеспечения самоустанавливаемости сегментов. Сегменты снизу опираются на опорное кольцо, установленное в корпусе. Подшипник работает на жидкой масляной смазке. Для электроизоляции от блуждающих токов, разрушающих баббитовый слой, сегменты и опорное кольцо имеют электроизоляционную прокладку между телом сегмента и опорными вкладышами.

Регулирование гидротурбины осуществляется с помощью электрогидравлического регулятора типа ЭГР-2М-100-4 и маслonaпорной установки типа МНУ-1,6-1/40. В комплект регулятора входят гидравлическая колонка управления типа ЭГР-100-4 с главным золотником диаметром 100 мм и шкаф электрооборудования типа ЭГР-2М (на магнитных усилителях).

Применение магнитных усилителей на пермалловых сердечниках, установка бесконтактных датчиков обратных связей, применение высококачественных материалов и механизмов обеспечивают высокую надежность и точность работы регулятора.

#### Техническая характеристика

Напор, м:	
расчетный .....	298
максимальный .....	306,2
минимальный .....	284,4
Мощность, кВт .....	36100
Скорость вращения, об/мин .....	500
Диаметр рабочего колеса, мм .....	2000
Количество лопастей рабочего колеса .....	19



ПОВОРОТНО-  
ЛОПАСТНЫЕ  
И РАДИАЛЬНО-  
ОСЕВЫЕ  
ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ  
ТУРБИНЫ  
ХАРЬКОВСКОГО  
ТУРБИННОГО  
ЗАВОДА  
им. С. М. КИРОВА

## Технические характеристики поворотных-лопастных и радиально-осевых гидравлических турбин

Таблица 2

Название ГЭС и тип установки	Год изготовления головного образца	Напор, м			Расход воды		Скорость вращения, об/мин			Мощность, кВт		Рабочее колесо				Механизм поворота лопастей
		максимальный	расчетный	минимальный	при расчетном на- поре, м <sup>3</sup> /с	приведенный, л/с	нормальная	приведенная	разгонная при со- хранении комбина- торной зависимости	максимальная	при расчетном напоре	Условный диаметр, мм	Количество лопастей	Втулочное от- ношение		
														по цилиндру	по сфере	

## 1. Поворотные-лопастные турбины

Ондская ГЭС ПЛ 577-В-370 .....	1954	32,5	26,0	25,3	91,6	1310	150,0	109,0	320	20800	20800	3700	7	0,514	0,659	Дифференци- альный
Каунасская ГЭС ПЛ 661-В-500 .....	1954	20,0	15,0	13,0	187,5	1940	125,0	161,5	260	23400	23400	5000	4	0,370	0,400	"
Каховская ГЭС ПЛ 548-В-800 .....	1954	16,5	13,8	8,9	485,0	2040	62,5	135,0	150	58500	51800	8000	4	0,410	-	Крестовин- ный с верх- ней диафраг- мой
Иркутская ГЭС ПЛ 577-В-720 .....	1955	32,0	26,0	25,0	410,0	1550	83,3	118,0	167	90000	90000	7200	7	0,500	0,550	Бескresto- винный
Новосибирская ГЭС ПЛ 548-В-800 .....	1956	19,8	14,3	11,5	500,0	2060	62,5	132,5	138	58600	58600	8000	4	0,410	-	Крестовин- ный с верх- ней диафраг- мой
✓ Павловская ГЭС ПЛ 577-В-550 .....	1956	32,0	22,0	21,0	221,0	1560	83,2	97,5	190	42500	42500	5500	7	0,500	0,550	То же
Кременчугская ГЭС ПЛ 661-В-800 .....	1958	16,9	14,2	9,5	490,0	2020	62,5	129,0	135	58000	58000	8000	4	0,400	-	Бескresto- винный
Краснооскольская ГЭС ПЛ 661-В-200	1958	12,5	11,6	7,0	20,0	1890	214,3	126,0	500	2000	2000	2000	4	-	0,400	Дифференци- альный
Чир-Юрт I ГЭС ПЛ 642-В-370 .....	1959	45,3	42,5	39,5	95,0	1070	187,5	107,0	400	36000	36000	3700	8	0,486	0,520	То же
ВоГЭС (рыбоход) ПЛ 587-В-330 .....	1960	21,5 26,0	17,0 22,0	14,8	46,0 58,0	1295	187,5	150,0	375	11000 13400	11000 13400	3300	6	-	0,500	"
Иовская ГЭС ПЛ 577-В-450 .....	1960	36,0	32,0	31,0	145,0	1280	136,4	108,5	275	41500	41500	4500	7	0,500	0,556	"

Название ГЭС и тип установки	Направляющий аппарат				Сервомотор		Спиральная камера					Отсасывающая труба		Направляю- щий под- шипник		Тип регулятора	Тип масляной установки	Тип затвора перед тур- биной
	Диаметральное расстояние между осями лопаток, мм	Высота направляю- щего аппарата, мм	Количество лопаток	Профиль лопатки	Тип	Диаметр, мм	Тип	Профиль сечения	Угол охвата в плane, град	Скорость воды во входном сечении, м/с	Скоростной коэф- фициент	Тип	Отношение высо- ты к диаметру рабочего колеса	Материал вкладыша	Смазка			
Ондская ГЭС ПЛ 577-В-370	4300	1250	24	Симмет- ричный	Шахтный	400	Бетон- ная	Трапеци- дальный	175	4,07	7,850	Изогну- тая	1,915	Резина	Вода	РК-100	МНУ-4-25	Нет
Каунасская ГЭС ПЛ 661-В-500	5800	200	24	То же	То же	500	То же	То же	180	3,56	0,942	-	1,915	"	"	РК-150	МНУ-7-25	-
Каховская ГЭС ПЛ 548-В-800	9300	3200	32	"	"	600	"	Особой фор- мы	180	3,68	0,992	Укоро- ченная изогну- тая с коленом № 20	1,540	"	"	РК-200	МНУ-20-25	-
Иркутская ГЭС ПЛ 577-В-720	8400	2500	32	"	Прямоосный сдвоенный	600	"	Тавровый	192	3,62	0,850	Изогну- тая	1,915	Баббит	Ма- сло	РК-200	МНУ-20-25	-
Новосибирская ГЭС ПЛ 548-В-800	9300	3200	32	"	Шахтный	600	"	Трапеци- дальный	180	3,47	0,930	То же	1,915	Резина	Вода	РК-150	МНУ-36-40	-
Павловская ГЭС ПЛ 577-В-550	6350	1920	24	"	"	500	"	То же	192	4,00	0,860	Изогну- тая с коленом № 4А	1,915	"	"	РК-150	МНУ-14-20	-
Кременчугская ГЭС ПЛ 661-В-800	9300	3200	32	"	Прямоосный в шахте турбины	600	"	Тавровый с плоским по- толком	180	3,00	0,792	То же	1,915	"	"	РК-200	МНУ-20-25	-
Красносколь- ская ГЭС ПЛ 661-В-200	2358	800	16	"	Кольцевой с прямоуголь- ными сече- ниями	170х х225	"	Тавровый	192	2,80	0,815	Изогну- тая с коленом № 4А	2,100	"	"	РК-100	МНУ-1,7-25	-
Чир-Юрт I ГЭС ПЛ 642-В-370	4300	1300	24	Асиммет- ричный	Шахтный	500	"	Круглый	270	5,20	0,800	Изогну- тая с коленом № 4А	1,915	"	"	РК-100	МНУ-8-25	-

Название ГЭС и тип установки	Год изготовления головного образца	Напор, м			Расход воды		Скорость вращения, об/мин			Мощность, кВт		Рабочее колесо					Механизм пово- рота лопастей
		максимальный	расчетный	минимальный	при расчетном на- поре, м <sup>3</sup> /с	приведенный, л/с	нормальная	приведенная	разгонная при со- хранении комбина- торной зависимости	максимальная	при расчетном напоре	Условный диаметр, мм	Количество лопастей	Втулочное отношение			
														по цилиндру	по сфере		
Юйцзуй ГЭС ПЛ 661-В-500 .....	1960	17,00	14,30	12,00	187,5	1880	125,0	165,0	240	20750	20750	5000	4	0,370	0,400	Крестовинный со стаканом	
Цилилуйская ГЭС ПЛ 548-В-800 .....	1960	17,70	14,30	8,00	500,0	2060	62,5	132,0	130	58600	58600	8000	4	0,410	-	Крестовинный с верхней диафраг- мой	
Мамаканская ГЭС ПЛ 642-В-300 .....	1960	46,40	45,00	31,70	55,3	918	214,3	96,0	460	22200	22200	3000	8	-	0,520	Дифференциальный	
Егорлыкская ГЭС ПЛ 587-В-300 .....	1961	30,91	27,40	27,40	65,0	1140	214,3	135,0	430	15750	15750	3300	6	-	0,500	"	
Днепродзержинская ГЭС ПЛ 661-В-930	1961	12,50	9,85	8,50	552,0	2039	51,7	148,0	108	48200	45400	9300	4	0,350	-	Бескрестовинный, полость сервомо- тора совмещена с механизмом по- ворота	
Головная ГЭС ПЛ 642-В-550 .....	1961	31,20	23,30	22,30	180,0	1210	107,0	119,0	215	36500	36500	5500	8	0,500	-	Крестовинный	
Кумская ГЭС ПЛ 577-В-450 .....	1962	38,00	32,00	29,00	147,0	1280	136,4	108,5	275	41500	41500	4500	7	0,500	0,550	Дифференциальный	
Ивайловградская ГЭС ПЛ 642-В-370 .....	1963	48,14	43,00	37,94	89,5	998	187,5	105,7	400	36000	36000	3700	8	0,486	0,566	"	
Вилейская I ГЭС ПЛ 80-В-410 .....	1963	68,00	55,00	48,00	164,0	1318	187,5	103,5	390	79500	79500	4100	8	-	0,547	"	
Киевская ГЭС ПЛ 984-ГК-600 .....	1963	11,80	7,70	5,60	290,0	2920	85,7	185,0	200	23000	19200	6000	4	0,350	-	Бескрестовинный	
Чардарьинская ГЭС ПЛ 661-В-500 .....	1963	23,00	15,80	10,00	195,0	1960	115,4	145,0	250	26000	26000	5000	4	0,370	0,400	Крестовинный с нижней диафраг- мой	
Саратовская ГЭС ПЛ 661-В-1030 ...	1964	14,70	9,70	6,50	705,0	2150	50,0	160,0	110	59300	59300	10300	4	0,300	0,350	Крестовинный, по- лость сервомото- ра совмещена с механизмом пово- рота	

Название ГЭС и тип установки	Направляющий аппарат				Сервомотор		Спиральная камера					Отсасывающая труба		Направляющий подшипник		Тип регулятора	Тип масляной установки	Тип загвора перед турбиной
	Диаметральное расстояние между осями лопаток, мм	Высота направляющего аппарата, мм	Количество лопаток	Профиль лопатки	Тип	Диаметр, мм	Тип	Профиль сечения	Угол охвата в плане, град	Скорость воды в входном сечении, м/с	Скоростной коэффициент	Тип	Отношение высоты к диаметру рабочего колеса	Материал вкладыша	Смазка			
ВоГЭС (рыбоход) ПЛ 587-В-330	3850	1240	24	Симметричный	Торовый	250	Бетонная	Трапецидальный	180	3,65	0,950	Изогнутая	0,915	Резина	Вода	РК-100	МНУ-4 МНУ-1,7	Нет
Иовская ГЭС ПЛ 577-В-450	5200	1575	24	Асимметричный	Шахтный	500	То же	Полукруглый с плоским толком	180	4,06	0,716	"	1,915	"	"	РК-150	МНУ-5,6-25	-
Юйцзуй ГЭС ПЛ 661-В-500	5800	200	24	Симметричный	Шахтный	500	"	Трапецидальный	180	3,56	0,942	Раструбная с коноидом	2,300	"	"	РК-150	МНУ-20-25	-
Цилилуйская ГЭС ПЛ 548-В-800	9300	3200	32	То же	То же	600	"	То же	180	3,40	0,900	Изогнутая	1,915	"	"	РК-200	МНУ-20-25	-
Мамаканская ГЭС ПЛ 642-В-300	3500	1050	24	"	Торовый	400	Металлическая сварная	Круглый	345	4,38	0,650	Изогнутая с коленом № 4А	1,915	"	"	РК-100	МНУ-1,6-25	-
Егорлыкская ГЭС ПЛ 587-В-300	3850	1240	24	Асимметричный	Шахтный	350	Бетонная	Трапецидальный с плоским толком	270	4,03	0,770	То же	1,915	"	"	РК-100	МНУ-1,6-25	-
Днепродаержинская ГЭС ПЛ 661-В-930	10800	3720	32	Симметричный	Торовый на крышке турбины	600	То же	То же	180	2,80	0,905	Изогнутая с коленом № 4	1,315	"	"	ЭГРК-150	МНУ-36-40	-
Головная ГЭС ПЛ 642-В-550	6350	1925	24	То же	Крыльчатый на крышке турбины	450	"	Тавровый	345	4,10	0,725	Изогнутая с коленом № 4А	1,915	Баббит	Масло	РК-100	МНУ-5,6-40	-

Продолжение табл. 2

Название ГЭС и тип установки	Год изготовления головного образца	Напор, м			Расход воды		Скорость вращения; об/мин			Мощность, кВт		Рабочее колесо				Механизм пово- рота лопастей
		максимальный	расчетный	минимальный	при расчетном на- поре, м <sup>3</sup> /с	приведенный, л/с	нормальная	приведенная	разгонная при со- хранении комбина- торной зависимости	максимальная	при расчетном на- поре	Условный диаметр, мм	Количество лопастей	Втулочное отношение		
														по шильдру	по сфере	
Сыщэютань ГЭС ПЛ 661-В-500 .....	1964	20,00	14,30	12,00	171,5	1810	125,0	165,0	250,0	20750	20750	5000	4	0,370	0,400	Дифференциальный
Тхак-Ба ГЭС ПЛ 5А-В-450 .....	1965	36,00	30,00	20,70	137,5	1255	136,5	111,5	285,7	43000	37000	4500	8	-	0,500	Крестовинный с верхней диафраг- мой
Кластерфосс ГЭС ПЛ 984-Г-450 .....	1969	7,00	5,03	3,50	119,0	2600	85,7	166,5	255,0	5330	5330	4500	4	-	-	Крестовинный
Варихе ГЭС ПЛ 20-В-500 .....	1975	15,32	14,92	14,92	175,0	1810	115,4	147,4	235,0	23800	23800	5000	4	0,400	-	Бескрестовинный
Вигеланде-Бруг ГЭС ПЛ 30-В-330 .....	1972	18,35	19,5	15,25	75,6	-	187,5	-	400,0	13400	13400	3300	6	0,368	0,425	Крестовинный
Днепрогэс II ПЛ 40-В-680 .....	1973	20,75	38,30	30,20	350,0	1375	56/140	124,5	215,0	107000	107000	6800	6	0,380	0,430	Бескрестовинный, полость сервомо- тора совмещена с полостью рабоче- го колеса
Днепрогэс II Пр 40-В-800 (пропел- лерная) .....	1974	38,30	34,30	30,20	364,0	1250	107,1	122,5	215,0	115000	115000	6800	6	0,350	-	То же
Костешты-Стынка I ГЭС ПЛ 30-В-350	1975	29,60	27,30	18,70	65,0	1150	187,5	116,0	400,0	16700	16700	3300	6	0,380	0,425	Крестовинный

Название ГЭС и тип установки	Направляющий аппарат				Сервомотор		Спиральная камера					Отсасывающая труба		Направляющий подшипник		Тип регулятора	Тип масляной установки	Тип затвора перед турбиной
	Диаметральное расстояние между осями лопаток, мм	Высота направляющего аппарата, мм	Количество лопаток	Профиль лопатки	Тип	Диаметр, мм	Тип	Профиль сечения	Угол охвата в плане, град	Скорость воды во входном сечении, м/с	Скоростной коэффициент	Тип	Отношение высоты к диаметру рабочего колеса	Материал вкладыша	Смазка			
Кумская ГЭС ПЛ 577-В-450	5200	1575	24	Асимметричный	Шахтный	500	Бетонная	Полукруглый с плоским потолком	180	4,16	0,735	Изогнутая	1,915	Резина	Мыльная эмульсия	РК-150	МНУ-56-25	Нет
Ивацковская ГЭС ПЛ 642-В-370	4300	1300	24	То же	Прямоосный на спиральной камере	345	Металлическая сварная	Круглый	345	5,80	0,870	Изогнутая с коленом № 4А	1,950	"	Вода	РК-100	МНУ-8-25	Дисковый с диаметром 4500 мм
Видойская ГЭС ПЛ 80-В-410	4750	1440	24	"	Прямоосный в шахте турбины	500	То же	То же	345	6,20	0,720	Бетонная с коленом торообразного типа	4,700	"	"	ЭГРК-100	МНУ-125-40	Дисковый с диаметром 6000 мм
Киевская ГЭС ПЛ 984-ГК-600	2400	-	24	"	Прямоосный на фундаменте ГЭС	450	Подводный точный	Квадратный, переходящий в круглый	-	2,40	-	Горизонтальная прямоосная	-	Баббит	Масло	ЭГРК-150	МНУ-4-40	-
Чардарьинская ГЭС ПЛ 661-В-500	5800	2000	24	Симметричный	Торовый	250	Бетонная	Трапециевидный с плоским потолком	180	3,67	0,920	Изогнутая	1,915	Резина	Вода	ЭГРК-100	МНУ-56-40	-
Саратовская ГЭС ПЛ 661-В-1030	11950	4275	32	То же	Прямоосный на крышке турбины	650	То же	Тавровый	136	2,01	0,645	Изогнутая с колесом № 4	2,250	"	"	ЭГРК-150-2	МНУ-25-2/40	-

Название ГЭС и тип установки	Направляющий аппарат				Сервомотор		Спиральная камера					Отсасывающая труба		Направ- ляющий подшипник		Тип регулятора	Тип масляной установки	Тип затвора перед турбиной
	Диаметральное расстояние между осями лопаток, мм	Высота направляю- щего аппарата, мм	Количество лопаток	Профиль лопатки	Тип	Диаметр, мм	Тип	Профиль сечения	Угол охвата в плане, град	Скорость воды во входном сечении, м/с	Скоростной коэф- фициент	Тип	Отношение высо- ты к диаметру рабочего колеса	Материал вкладыша	Смазка			
Сыцьютань ГЭС ПЛ 661-В-500	5200	1575	24	Симмет- ричный	Шахтный	500	Бетон- ная	Трапе- цеидаль- ный	180	3,00	0,795	-	1,915	Ре- зина	Во- да	РКМ-150	МНУ-5,6- 25	Нет
Тхак-Ба ГЭС ПЛ 5А-В-450	5250	1690	24	Асиммет- ричный	Прямоосный сдвоенный	400	То же	То же	345	5,00	0,910	Бетонная кониче- ская	2,300	"	"	РКМ-150	МНУ-5,6- 25	"
Клостерфосс ГЭС ПЛ 984-Г-450	-	1800	24	То же	Прямоосный в нише шах- ты турбины	350	"	Прямо- уголь- ный, пе- реходя- щий в круглый	-	-	-	Прямоос- ная ко- ническая	-	Баб- бит	Ма- сло	РКМ-100	МНУ-5,6А -1/40	Аварий- но-ре- монтный
Варшихе ГЭС ПЛ 20-В-500	6000	2150	24	Симмет- ричный	Прямоосный, качающийся на крышке турбины	400	"	Трапе- цеидаль- ный	189	-	-	Изогну- тая	-	"	"	ПОК-100	МНУ-5,6- 1/40	-
Вигеландс-Бруг ГЭС ПЛ 30-В-330	-	-	24	То же	Прямоосный	350	"	То же	225	3,65	0,830	Изогну- тая с коленом № 4С	-	"	"	РКМ-100	МНУ-4В- 1/40	-
Днепрогэс II ПЛ 40-В-680	8150	2400	24	"	Прямоосный на крышке турбины	450	"	"	187°30'	3,40	0,760	Изогну- тая с коленом № 4	-	"	"	ЭГРК-2М- 150-3	МНУ-16- 2/40	-
Днепрогэс II ПР 40-В-800 (пропеллерная) ...	8500	2550	24	"	Прямоосный, качающийся на крышке турбины	450	"	"	187°30'	3,40	0,760	То же	-	"	"	ЭГР- 2М-1504	МНУ-16- 2/40	-
Костешты-Стыл- ка I ГЭС ПЛ 30-В-350	3850	1235	24	"	Прямоосный в нише шах- ты турбины	400	"	"	345	3,10	0,595	"	-	"	"	РКМ-100	МНУ-4- 1/40	-

Название ГЭС и тип установки	Год изготовления головного образца	Напор, м			Расход воды		Скорость вращения, об/мин			Мощность, кВт		Рабочее колесо			Направляющий аппарат			
		максимальный	расчетный	минимальный	при расчетном напоре, м³/с	приведенный, л/с	нормальная	приведенная	разгонная при со- хранении комбина- торной зависимости	максимальная	при расчетном напоре	Условный диаметр, мм	Количество лопастей	Тип уплотнения рабочего колеса	Диаметральное расстояние между осями лопаток, мм	Высота аппарата, мм	Количество лопаток	Профиль лопатки

## II. Радиально-осевые турбины

Ереванская ГЭС РО 82-В-200	1959	90,20	83,55	81,7	29,0	800	300,0	66,0	585	22500	21200	2000	15	Лабиринтное с канавками	2650	400	16	Асиммет- ричный
Перепадная I ГЭС РО 82-В-225	1939	40,40	38,50	38,4	25,0	800	187,5	66,0	356	8350	8350	2250	15	Лабиринтное	2830	450	24	Симмет- ричный
Антон-Ивановцы ГЭС РО 662-В-225	1963	122,40	114,50	92,4	40,0	730	300,0	63,0	600	41200	41200	2250	14	Лабиринтное с канавками	2650	450	16	Асиммет- ричный
Плявиньская ГЭС РО 984-В-600	1964	40,00	34,00	29,0	280,0	1330	88,3	91,0	165	85000	85000	6000	15	Щелевое с канавками	7100	2100	24	Симмет- ричный
Наглу ГЭС РО 702-В-225 .....	1965	75,00	61,00	42,0	42,0	1100	250,0	72,0	500	26000	23500	2250	14	Лабиринтное	2650	560	16	Асиммет- ричный
Ингульская ГЭС РО 960 <sup>в</sup> -В-450	1970	404,00	325,00	280,0	90,0	208	250,0	61,0	415	306000	265000	4500	13	Лабиринтное щелевое	5400	450	24	Симмет- ричный
Чиркейская ГЭС РО 989 <sup>б</sup> -В-450	1970	207,00	170,00	156,0	168,0	650	200,0	66,0	360	290000	256000	4500	17	То же	5400	720	24	То же
Нурекская ГЭС РО 957-В-475	1971	275,00	223,00	207,0	155,0	475	200,0	61,0	360	310000	310000	4750	17	Щелевое	5800	570	24	"
Мансур Эдлахби ГЭС РО 728 <sup>б</sup> - В-150 .....	1971	55,00	38,00	28,0	15,4	1111	333,3	80,0	700	5300	5300	1500	14	Гребенчатое щелевое	2750	270	16	Асиммет- ричный
Шамбская ГЭС РО 310-В-225	1973	314,65	267,70	257,7	37,0	446	500,0	67,7	835	87400	87400	2250	15	Гребенчатое	2750	270	16	То же
Виллойская II ГЭС РО 75-В-450	1975	67,00	55,00	51,0	175,6	1210	136,4	81,3	290	88000	88000	4500	14	Гребенчатое с канавками	5650	1570	24	"

Название ГЭС и тип установки	Сервомотор направляющего аппарата		Спиральная камера					Отсасывающая труба		Направляющий подшипник		Тип регулятора	Тип масляной установки	Тип затвора перед турбиной
	Тип	Диаметр, мм	Тип	Профиль сечения	Угол охвата в плане, град	Скорость воды во входном сечении, м/с	Скоростной коэффициент	Тип	Отношение высоты к диаметру рабочего колеса	Вид смазки	Вид покрытия вкладыша			
Ереванская ГЭС РО 82-В-200 ...	Шахтный	350	Металлическая литая	Круглый	337,5	5,92	0,643	Изогнутая с коленом № 15	2,783	Вода	Резина	P-100	МНУ-2,5-25	Нет
Перепадная I ГЭС РО 82-В-225 ...	"	240	Металлическая	"	360,0	-	-	Изогнутая	-	Масло	Баббит	P-100	МНУ-1,7-25	-
Антон-Ивановцы ГЭС РО 662-В-225 .....	Прямоосный на спиральной камере	400	Металлическая сварнолитая	"	345,0	8,20	0,770	"	2,600	Вода	Резина	P-100	МНУ-4-25	Дисковый Ø 2600 мм
Плявиньская ГЭС РО 984-В-600 ..	Торовый на крышке турбины	500	Бетонная	Тавровый	270,0	4,30	0,740	Изогнутая с коленом № 4	2,300	"	"	ЭГР-100-3	МНУ-5,6-40	-
Наглу ГЭС РО 702-В-225 .....	Шахтный	400	Металлическая сварная	Круглый	345,0	6,20	0,720	То же	2,600	"	"	P-100	МНУ-1,6	Дисковый Ø 3200 мм
Ингульская ГЭС РО 960-В-450..	Прямоосный в специальном помещении	700	Смешанной конструкции	"	360,0	11,20	-	Коническая с цилиндрическим коленом	3,210	Масло	Баббит	ЭГРМ-100	МНУ-20-40	Шаровой Ø 3000 мм
Чиркейская ГЭС РО 989-В-450..	То же	700	То же	"	360,0	9,80	0,645	Изогнутая с коленом № 4	4,260	"	"	ЭГРМ-100	МНУ-8-1/40	-
Нурекская ГЭС РО 957-В-475 ..	"	750	"	"	360,0	9,80	0,645	То же	2,420	"	"	ЭГР-100	МНУ-20-40	Шаровой
Мансур Эддахи ГЭС РО 728-В-150 .....	Прямоосный	275	Металлическая сварная	"	345,0	4,80	-	Изогнутая с коленом № 4Н	2,980	"	"	РМ-60	МНУ-1,6-25	Дисковый Ø 2000 мм
Шамбская ГЭС РО 310-В-225	Прямоосный на спиральной камере	400	То же	"	345,0	9,90	0,600	То же	2,600	"	"	ЭГР-2М-100-4	МНУ-5,6-1/40	Шаровой Ø 2200 мм
Вилойская II ГЭС РО 75-В-450	Прямоосный	600	"	"	345,0	-	0,848	"	2,586	"	"	ЭГР-2М-100-4	МНУ-5,6-1/40	-

Название ГЭС и тип установки	Год изготовления головного образца	Напор, м			Расход воды		Скорость вращения, об/мин			Мощность, кВт		Рабочее колесо			Направляющий аппарат			
		максимальный	расчетный	минимальный	при расчетном напоре, м <sup>3</sup> /с	приведенный, л/с	нормальная	приведенная	разгонная при со- хранении комбина- торной зависимости	максимальная	при расчетном напоре	Условный диаметр, мм	Количество лопастей	Тип уплотнения рабочего колеса	Диаметральное расстояние между осями лопаток, мм	Высота аппарата, мм	Количество лопаток	Профиль лопатки
Сигалда ГЭС РО 75-В-315 .....	1975	74,0	70,7	56,00	79,5	-	200,0	74,0	350	56700	51700	3150	16	-	3938	1026	20	Асиммет- ричный
Жинвали I ГЭС, турбина РО 170- В-180 .....	1976	155,9	128,0	108,55	29,3	805	428,6	67,5	-	33500	33500	1800	14	Лабиринтное с канавками	2300	360	16	То же
Жинвали I ГЭС, турбозатвор РО 170-В-180 .....	1975	155,9	128,0	108,55	29,3	805	428,6	67,5	940	33500	33500	1800	14	То же	2300	360	16	"

Название ГЭС и тип установки	Сервомотор на- правляющего ап- парата		Спиральная камера					Отсасывающая труба		Направляющий подшипник		Тип регулятора	Тип масляной установки	Тип загвора перед турбиной
	Тип	Диаметр, мм	Тип	Профиль сечения	Угол охвата в плане, град	Скорость воды во входном сечении, м/с	Скоростной коэф- фициент	Тип	Отношение высоты к диаметру рабо- чего колеса	Вид смазки	Вид покрытия вкладыша			
Сигалда ГЭС РО 75-В-315 .....	Прямоосный двойного действия	450	Металличе- ская сварная	Круглый	351	-	-	Изогнутая с коленом № 4	2,54	Масло	Баббит	РИТМ	МНУ-3С-1- 40	Нет
Жинвали I ГЭС, турбина РО 170- В-180 .....	Прямоосный на спираль- ной камере	350	То же	Круглый и эллиптиче- ский	347	8,6	0,76	Изогнутая	5,20	"	"	ЭГР-2М- 100-4	МНУ-4-1/40	Дисковый Ø 2200 мм
Жинвали I ГЭС, турбозатвор РО 170-В-180 .....	То же	350	"	То же	347	8,6	0,76	"	5,20	"	"	ЭГРК-2М- 100-4	МНУ-4-1/40	-

# ОПИСАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ПОВОРОТНО-ЛОПАСТНЫХ И РАДИАЛЬНО-ОСЕВЫХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ТУРБИН

## ПРОПЕЛЛЕРНАЯ ТУРБИНА ТИПА Пр-40-В-800

МОЩНОСТЬЮ 115000 кВт

(Днепрогэс II)

Вертикальная пропеллерная турбина (фиг. 26, табл. 2) является приводом генератора трехфазного тока с расположением опоры подпятника генератора на крышке турбины.

Спиральная камера турбины — бетонная трапецеидального сечения с углом охвата в плане  $187^{\circ}30'$ . Спиральная камера в районе верхнего кольца статора и конуса облицована стальными листами, соединенными с бетоном анкерными планками.

Статор воспринимает и передает на фундамент здания ГЭС нагрузки от веса агрегата и бетонного массива здания станции, расположенного над спиральной камерой. Статор — сварно-литой конструкции, в котором литые кольца (верхнее и нижнее) соединены между собой 12 литыми профилированными колоннами. Для обеспечения необходимой жесткости кольца статора снабжены ребрами с отверстиями для заполнения бетоном.

Направляющий аппарат турбины состоит из 24 лопаток симметричного профиля, механизма поворота лопаток, регулирующего и нижнего колец направляющего аппарата. Роль верхнего кольца направляющего аппарата выполняет крышка турбины. Каждая лопатка установлена в трех подшипниках. Втулка верхнего подшипника выполнена из бронзы и работает на густой масляной смазке. Втулки нижнего и среднего подшипников выполнены из древесностружечных пластиков и смываются водой из проточного тракта турбины.

Необходимая плотность при закрытом направляющем аппарате обеспечивается уплотнениями из профильных резиновых шнуров, зало-

женных в пазы тела пера лопатки и установленных на торцевых поверхностях крышки турбины и нижнем кольце направляющего аппарата.

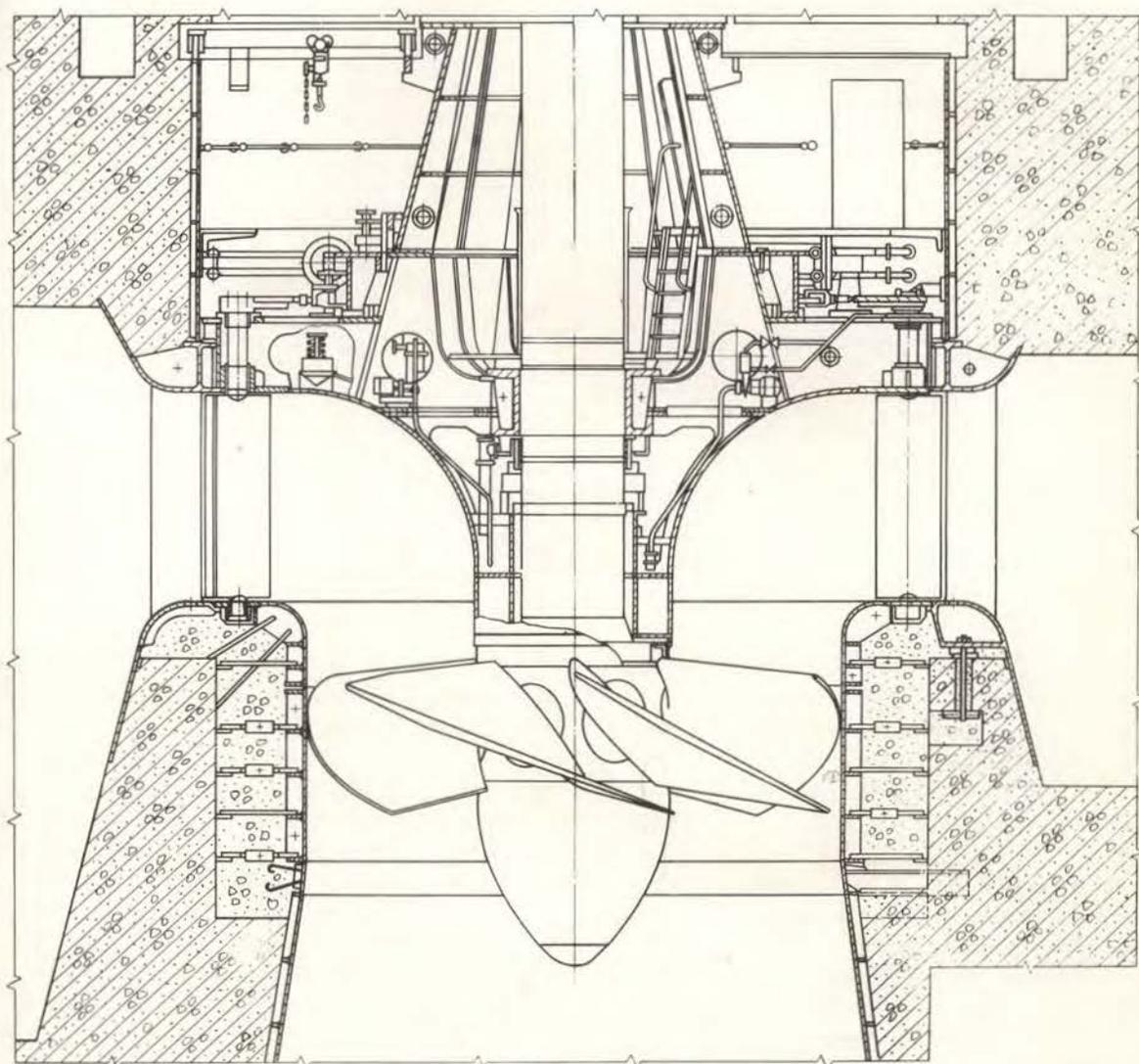
Поворот лопаток направляющего аппарата осуществляется четырьмя масляными сервомоторами двойного действия через регулирующее кольцо и механизм поворота.

Регулирующее кольцо, выполненное сварным из листовой стали, имеет три опоры скольжения: две кольцевые и одну торцевую. В закрытом положении направляющего аппарата кольцо удерживается стопорным устройством с ручным управлением. Лопатки направляющего аппарата связаны с регулирующим кольцом посредством шарнирного механизма поворота с серьгами, регулируемые по длине.

Крышка турбины — сварной конструкции, выполнена из четырех частей, соединяемых на монтаже болтами. На крышке установлены четыре качающихся прямоосных сервомотора.

Стальной корпус сервомотора с одной стороны шарнирно укреплен на опоре, а с другой стороны опирается на поддерживающий ролик. Опора ролика крепится к крышке турбины. Внутри корпуса сервомотора перемещается чугунный поршень, связанный регулируемой по длине тягой с регулирующим кольцом. Каждый сервомотор снабжен устройством замедления движения. Нижнее кольцо направляющего аппарата — сварное из листовой стали, выполнено из четырех частей.

Пропеллерное рабочее колесо имеет шесть неподвижных лопастей, отлитых из нержавеющей кавитационностойкой стали. Каждая ло-



Фиг. 26. Разрез по турбине типа Пр 40-В-880 (Днепрогэс II)

пасть крепится к корпусу рабочего колеса болтами. В окнах корпуса имеются овальные отверстия для крепления лопастей. Овальная форма отверстий и сменные клиновые шпонки позволяют производить жесткую установку лопасти в пределах  $\pm 2^\circ$  номинального положения. На нижнем торце корпуса рабочего колеса закреплен обтекатель.

Вал турбины — кованный из стали в виде обечайки с двумя фланцами. Поверхность вала, сопряженная с направляющим подшипником, тщательно обработана и отполирована. В зоне установки ремонтного уплотнения вал облицован листами из нержавеющей стали. Вал уплотнен двусторонним резиновым уплотнением лепесткового типа.

Вал агрегата — единый и крепится непосредственно к втулке генератора.

Направляющий подшипник работает на масляной смазке с принудительной циркуляцией масла. Корпус подшипника отлит из стали в виде жесткого оребренного цилиндра с фланцем в верхней части и кольцевым поясом в нижней. Внутренняя рабочая поверхность подшипника, на которой имеются смазочные канавки для равномерной смазки шейки вала турбины, залита баббитом.

Управление турбиной осуществляется электрогидравлическим регулятором типа ЭГР-2М-150-4, который обеспечивает пуск и останов турбины на ручном и автоматическом управлении, устойчивую работу на холо-

стом ходу и во всем диапазоне гарантированных нагрузок при индивидуальном и групповом регулировании, работу в режиме синхронного компенсатора. Для питания системы регулирования маслом под давлением установлена маслonaпорная установка типа МНУ-16-2-40.

Напор, м:	
расчетный .....	34,3
максимальный .....	38,3
минимальный .....	30,2
Мощность, кВт .....	115000
Скорость вращения, об/мин .....	107,1
Диаметр рабочего колеса, мм .....	6800
Количество лопастей рабочего колеса .....	6

## ТУРБИНА ТИПА ПЛ-40-В-680 МОЩНОСТЬЮ 107000 кВт (Днепрогэс II)

Вертикальная поворотнo-лопастная турбина (фиг. 27, табл. 2) служит приводом генератора трехфазного тока зонтичного типа с опорой подпятника на крышке турбины. Спиральная камера турбины — бетонная трапециевидного сечения с углом охвата в плане  $187^{\circ}30'$ .

Статор — сварно-литой конструкции. Верхнее и нижнее кольца и 12 профилированных колонн статора отлиты из стали и соединены между собой сваркой. Кольца для большей жесткости снабжены ребрами, в которых имеются отверстия для заполнения бетоном.

Направляющий аппарат состоит из 24 направляющих лопаток симметричного профиля, механизма поворота лопаток, регулирующего кольца и других деталей. Роль верхнего кольца направляющего аппарата выполняет крышка турбины. Каждая лопатка установлена в трех подшипниках. Втулка верхнего подшипника выполнена из бронзы и работает на густой масляной смазке, втулки нижнего и среднего подшипников — из древеснослоистых пластиков и смачиваются водой из проточного тракта турбины.

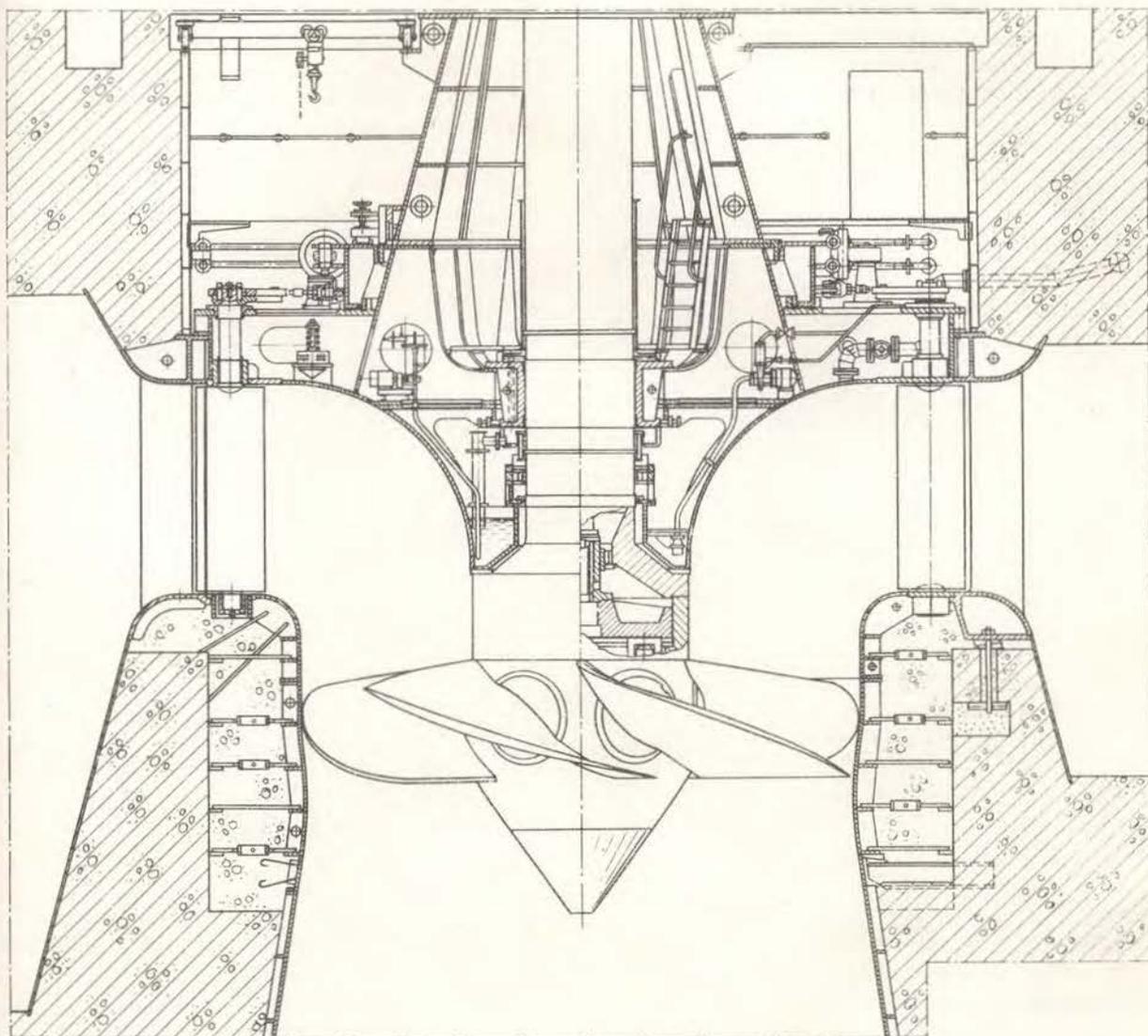
Профильные резиновые шнуры, заложенные в пазы на торцевых поверхностях крышки турбины и нижнего кольца направляющего аппарата и теле пера лопаток, обеспечивают необходимую плотность закрытого направляющего аппарата. Регулирующее кольцо, выполненное сварным из листовой стали, имеет три опоры скольжения: две кольцевые и одну торцевую. В закрытом положении направляющего аппарата кольцо удерживается стопорным устройством с ручным управлением.

Крышка турбины — сварной конструкции, выполнена из четырех частей, соединяемых на монтаже болтами. Нижнее кольцо направляющего аппарата — сварное из листовой стали, выполнено из четырех частей.

Направляющий аппарат управляется четырьмя сервомоторами, установленными на крышке турбины диаметром 450 мм. Сервомотор состоит из корпуса, внутри которого перемещается поршень. К поршню крепится тяга, имеющая шарнирное соединение с регулирующим кольцом. Сервомоторы выполнены качающимися в горизонтальной плоскости, что достигнуто шарнирным соединением корпуса с крышкой турбины. Для стопорения направляющего аппарата в закрытом положении предусмотрен ручной стопор, расположенный на регулирующем кольце.

Рабочее колесо имеет шесть поворотных лопастей, отлитых из нержавеющей кавитационностойкой стали. Лопасть выполнена с отъемной цапфой и опирается на два радиальных бронзовых подшипника, запрессованных в расточке корпуса рабочего колеса. Корпус рабочего колеса, отлитый из стали вместе с днищем, в зоне поворота лопастей выполнен сферическим. Поворот лопастей осуществляется непосредственно от поршня сервомотора рабочего колеса кривошипным механизмом через рычаги, связанные через серьги, пальцы и проушины с поршнем сервомотора рабочего колеса. Поршень сервомотора перемещается в цилиндре, выполненном заодно с корпусом рабочего колеса, и удерживается от поворота шпонками.

При движении поршня вверх (на закрытие)



Фиг. 27. Разрез по турбине типа ПЛ 40-В-680 (Днепрогэс II)

вся внутренняя полость корпуса рабочего колеса под поршнем сервомотора находится под рабочим давлением масла. Для предотвращения утечки масла из корпуса рабочего колеса и попадания воды в корпус по периферии фланцев лопастей установлены съемные наружные уплотнения, состоящие из резиновой манжеты, которая поджимается с внутренней стороны стальным кольцом, а с наружной стороны удерживается кожухом.

Направляющий подшипник — масляный с принудительной циркуляцией масла. Корпус подшипника отлит из стали в виде жесткого орбитального цилиндра с фланцем в верхней части и кольцевым поясом в нижней. Внутренняя, рабочая, поверхность подшипника залита баббитом; имеются смазочные канавки, обеспечи-

вающие равномерную смазку шейки вала турбины.

Вал турбины уплотняется двусторонним резиновым уплотнением лепесткового типа. Резиновые лепестки давлением воды, подаваемой в камеру уплотнения, прижимаются к рабочим поверхностям подвески. Зазоры в уплотнении регулируются во время монтажа перемещением подвески вдоль вала при помощи регулировочных шпилек. На рабочих поверхностях подвески имеются канавки для смазки лепестков.

Вал турбины — кованный из стали в виде обечайки с двумя фланцами. Бронзовые втулки, запрессованные в опоры верхнего и нижнего фланцев, являются направляющими для маслоснабжающих штанг и штока рабочего колеса.

Поверхность вала, сопряженная с направляющим подшипником, тщательно обработана и отполирована. В зоне установки ремонтного уплотнения вал облицован листами из нержавеющей стали.

Управление агрегатом осуществляется электрогидравлическим регулятором типа ЭГРК-2М-150-3, который обеспечивает пуск и останов агрегата на ручном и автоматиче-

ском управлении, устойчивую работу агрегата на холостом ходу и во всем диапазоне гарантированных нагрузок при индивидуальном и групповом регулировании, работу в режиме синхронного компенсатора.

Для питания системы регулирования маслом под давлением установлена маслonaпорная установка типа МНУ-16-2/40.

Техническая характеристика

Напор, м:	
расчетный .....	34,3
максимальный .....	38,3
минимальный .....	30,2
Мощность, кВт .....	107000
Скорость вращения, об/мин .....	56-140
Диаметр рабочего колеса, мм .....	6800
Количество лопастей рабочего колеса .....	6

## ТУРБИНА ТИПА ПЛ 80-В-410 МОЩНОСТЬЮ 79500 кВт

### (Виллюйская I ГЭС)

Вертикальная поворотно-лопастная турбина (фиг. 28, табл. 2) служит приводом подвешенного генератора трехфазного тока.

Турбина устанавливается с большим заглублением относительно нижнего бьефа, а потому по кавитационным условиям допускает форсировку приведенного расхода свыше 1300 л/с.

Металлическая спиральная камера турбины — круглого сечения. Угол охвата камеры в плане  $345^\circ$ . Камера — сварная из листового проката переменной толщины. Отсасывающая труба — бетонная изогнутая, с коленом торообразного типа, круглые сечения которого переходят в диффузор с овальными сечениями. Высота трубы составляет  $4,70D_1$ , длина  $11,73D_1$ . Часть конуса отсасывающей трубы облицована стальными листами.

Статор состоит из верхнего и нижнего колец, соединенных 12 сварно-литыми профилированными колоннами.

Направляющий аппарат состоит из 24 лопаток асимметричного профиля, нижнего кольца, крышки турбины, выполненной заодно с верхним кольцом направляющего аппарата, регулирующего кольца и механизма поворота лопаток. Диаметр окружности расположения направляю-

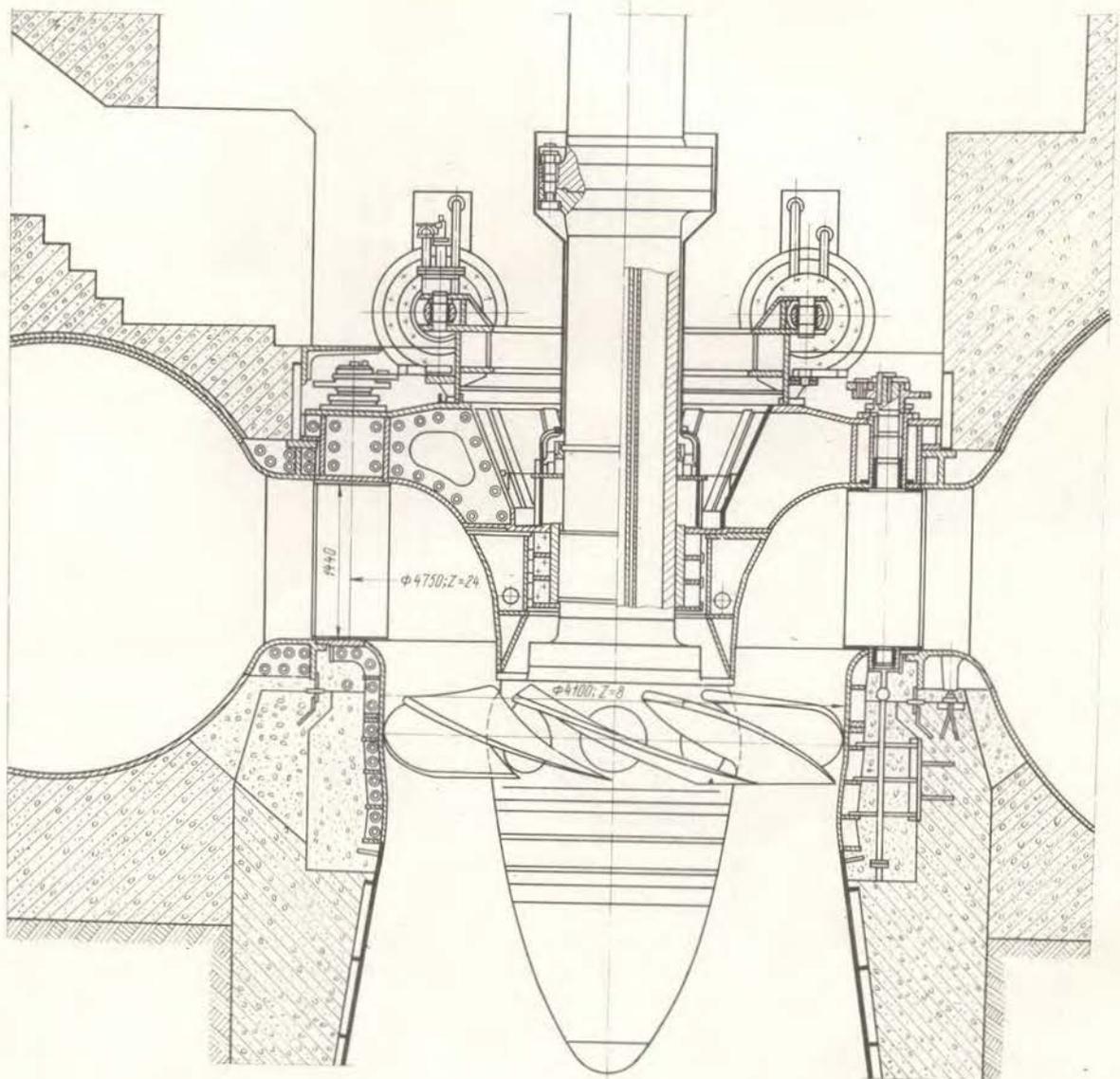
щих лопаток 4750, высота направляющего аппарата 1440 мм.

Поворот направляющих лопаток осуществляется двумя прямоосными сервомоторами диаметром 500 мм каждый, соединенными тягами с регулирующим кольцом, которое связано серьгами с рычагами лопаток. Сервомоторы установлены в специальных металлических забетонированных нишах. Один из сервомоторов снабжен действующим автоматически или вручную стопорным устройством.

Выем лопаток направляющего аппарата возможен при поднятой крышке турбины. Места соприкосновения лопаток, крышка и нижнее кольцо направляющего аппарата уплотнены резиновыми шнурами.

Рабочее колесо (фиг. 29) имеет восемь поворотных лопастей, отлитых из нержавеющей стали заодно с цапфами. Рабочее колесо характеризуется максимальным приведенным расходом, достигающим 1350 л/с, коэффициентом быстроходности 412 и втулочным отношением  $0,55D_1$ .

Поворот лопастей осуществляется механизмом, расположенным внутри корпуса рабочего колеса, и приводится в движение дифферен-



Фиг. 28. Разрез по турбине типа ПЛ 80-В-410 (Вилуйская I ГЭС)

циальным поршнем сервомотора, соединенным со штоком. Шток соединен с маслоподводящими штангами, проходящими сквозь полый вал турбины к маслоприемнику.

Между фланцами лопастей и корпусом рабочего колеса установлены съемные наружные уплотнения. Конструкция последних позволяет производить смену манжет и частичную разборку уплотнения без демонтажа рабочего колеса.

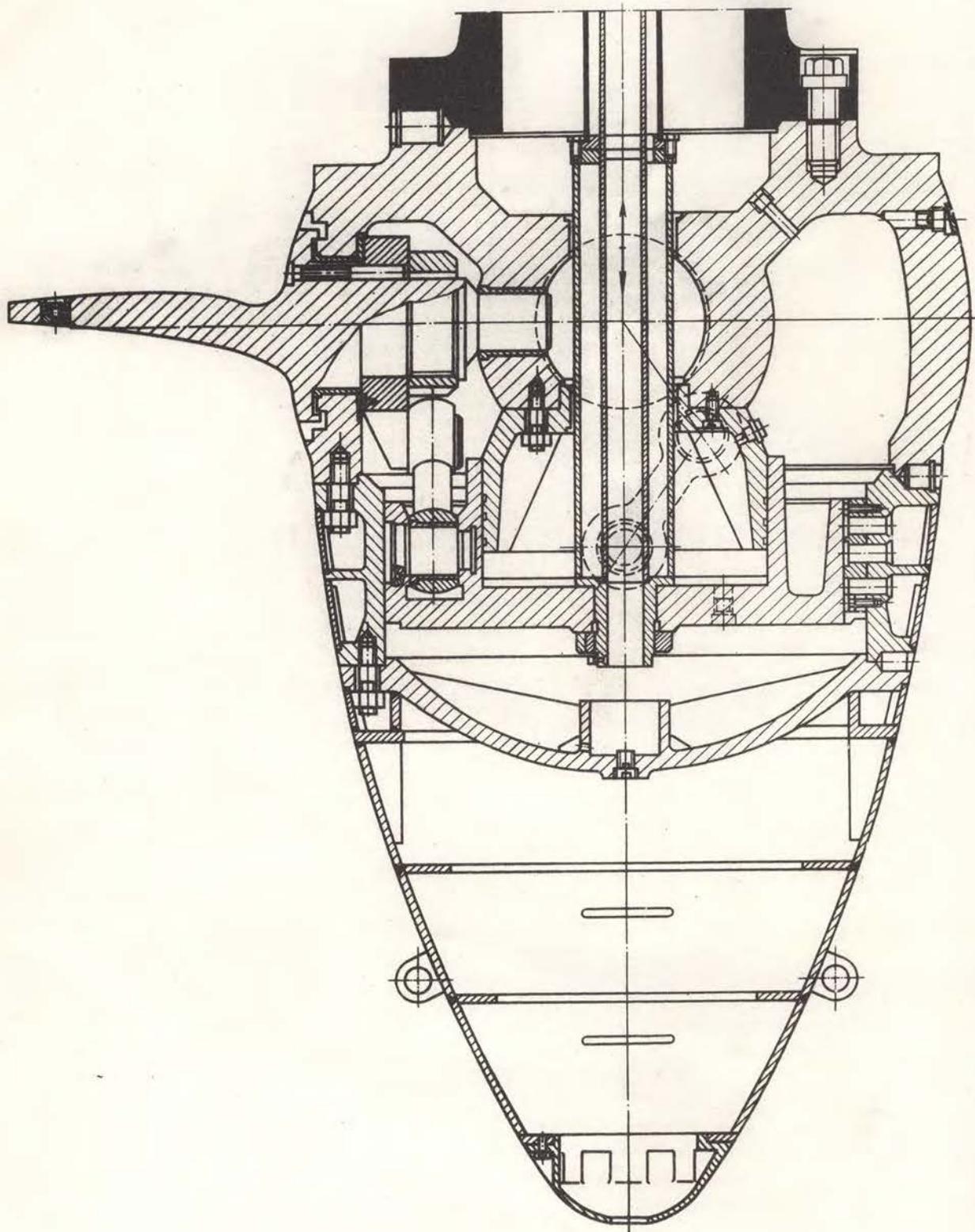
Вал турбины — сварно-кованый, нижний фланец вала служит крышкой рабочего колеса. Внутри полых валов турбины и генератора проходят трубчатые штанги, по которым подается масло под давлением от маслонапорной установки через главный золотник регулятора

к сервомотору рабочего колеса. Маслоприемник частично расположен внутри вала генератора, что позволило сократить осевую протяженность гидроагрегата.

Направляющий подшипник выполнен с обрезиненным вкладышем; смазка производится водой, поступающей из спиральной камеры через водяной фильтр. Резервирование смазки осуществляется от трубопровода технического водоснабжения станции. Подшипник оборудован торцевым уплотнением.

В зоне установки направляющего подшипника вал турбины облицован рубашкой из нержавеющей стали.

Регулирование турбины осуществляется электрогидравлическим регулятором типа



Фиг. 29. Рабочее колесо турбины типа ПЛ 80-В-410

ЭГРК-100, который обеспечивает полную автоматизацию процессов пуска, останова и работу агрегата на холостом ходу и под нагрузкой, а также в режиме группового регулиро-

вания. Система регулирования питается маслом под давлением от маслонапорной установки типа МНУ-12,5-40.

### Техническая характеристика

Напор, м:		
расчетный .....	55	✓
максимальный .....	68	
минимальный .....	48	
Мощность, кВт .....	79500	
Скорость вращения, об/мин .....	187,5	
Диаметр рабочего колеса, мм .....	4100	✓
Количество лопастей рабочего колеса .....	8	

## ТУРБИНА ТИПА ПЛ 20-В-930 МОЩНОСТЬЮ 66000 кВт

(Рижская ГЭС)

Вертикальная поворотная-лопастная турбина (фиг. 30) является приводом генератора трехфазного тока, опора подпятника которого располагается на крышке турбины.

Бетонная спиральная камера турбины — трапецеидального сечения с углом охвата в плане 180°.

Статор турбины имеет 16 профилированных колонн. Верхнее кольцо статора выполнено заодно с верхним кольцом направляющего аппарата. Конструкция верхнего кольца статора предусматривает выем лопаток направляющего аппарата.

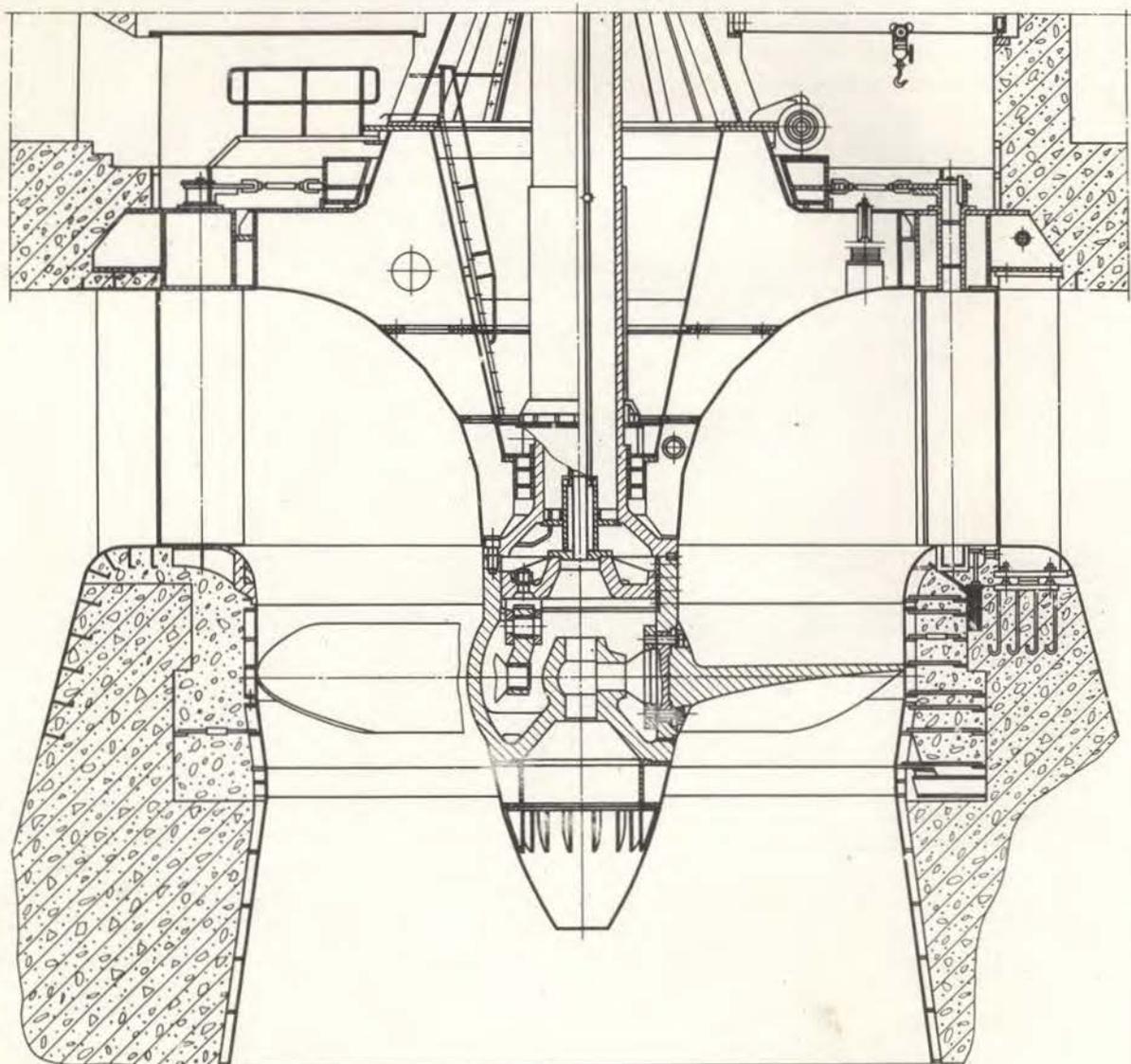
Камера рабочего колеса представляет собой сочетание двух поясов — цилиндрического и конического. Проточная часть камеры выполнена из кавитационностойкой стали. Снаружи камера оребрена вертикальными и горизонтальными ребрами. Новая конструкция камеры значительно снижает расход проката и затраты на ее изготовление.

Направляющий аппарат состоит из 32 направляющих лопаток симметричного профиля. Все подшипники лопаток имеют лигнофолевые втулки на водяной смазке. Верхние цапфы лопаток уплотняются U-образными манжетами. Втулки механизма поворота лопаток — бронзовые на масляной смазке. Регулирующее кольцо направляющего аппарата — сварной конструкции, располагается на крышке турбины. К не-

му крепится палец для соединения с прямоосным сервомотором. В регулирующем кольце установлен стопор с ручным приводом. Поворот лопаток направляющего аппарата осуществляется четырьмя прямоосными сервомоторами, установленными на крышке турбины. Диаметр поршня сервомотора 550 мм. Корпус сервомотора — сварно-литой из стали. Тяга с поршнем и пальцем регулирующего кольца соединена шаровым шарниром.

Рабочее колесо турбины выполнено со сферическим конусом и состоит из корпуса, отлитого из стали, поворотного механизма, конуса и четырех лопастей, отлитых из кавитационностойкой стали.

Поворотный механизм рабочего колеса имеет рычаги, серьги, проушины, пальцы и поршень. Цапфы лопастей поворачиваются в бронзовых втулках, установленных в специальных расточках корпуса колеса. Снаружи к цапфам крепятся лопасти. На пальцы рычагов, которые неподвижно крепятся к цапфам, надеты серьги, верхние головки которых шарнирно соединяются с проушинами. Проушины при помощи резьбового соединения жестко связаны с чугунным поршнем сервомотора рабочего колеса. К поршню сервомотора сверху укреплен шток, который соединен с маслоподводящими штангами, проходящими через полый вал турбины и надставку к маслоприемнику.



Фиг. 30. Разрез по турбине типа ПЛ 20-В-930 (Рижская ГЭС)

Для предотвращения утечек масла из корпуса рабочего колеса и попадания воды внутрь корпуса по периферии фланцев лопастей установлены съемные наружные уплотнения. Каждое уплотнение состоит из двух U-образных резиновых манжет, установленных противоположно друг к другу через промежуточное стальное кольцо.

К нижнему торцу корпуса рабочего колеса приболчивается сварной обтекатель.

Вал агрегата состоит из верхнего фланца с обечайкой и приваренного к ним литого фланца, который является одновременно крышкой рабочего колеса. В зоне направляющего под-

шипника для предохранения от коррозии вал облицован листами нержавеющей стали. В верхнем и нижнем фланцах установлены вставки с бронзовыми втулками, служащими направляющими для маслоподводящих штанг и штока рабочего колеса.

Направляющий подшипник с неподвижным вкладышем на водяной смазке состоит из корпуса и вкладыша. Корпус подшипника — сварной из двух частей. Вкладыш состоит из 12 частей, поверхность которых покрыта антифрикционным материалом.

Управление работой гидротурбины полностью автоматизировано и осуществляется элек-

гидравлическим регулятором типа ЭГРК-2М-150-4. Регулятор обеспечивает введение любых регулирующих импульсов и регулирование по нескольким параметрам.

Для питания системы регулирования маслом под давлением предназначена маслonaпорная установка типа МНУ-20-2/40.

#### Техническая характеристика

Напор, м:	
расчетный .....	12,9
максимальный .....	18
минимальный .....	10
Мощность, кВт .....	66000
Скорость вращения, об/мин .....	55,5
Диаметр рабочего колеса, мм .....	9300
Количество лопастей рабочего колеса .....	4

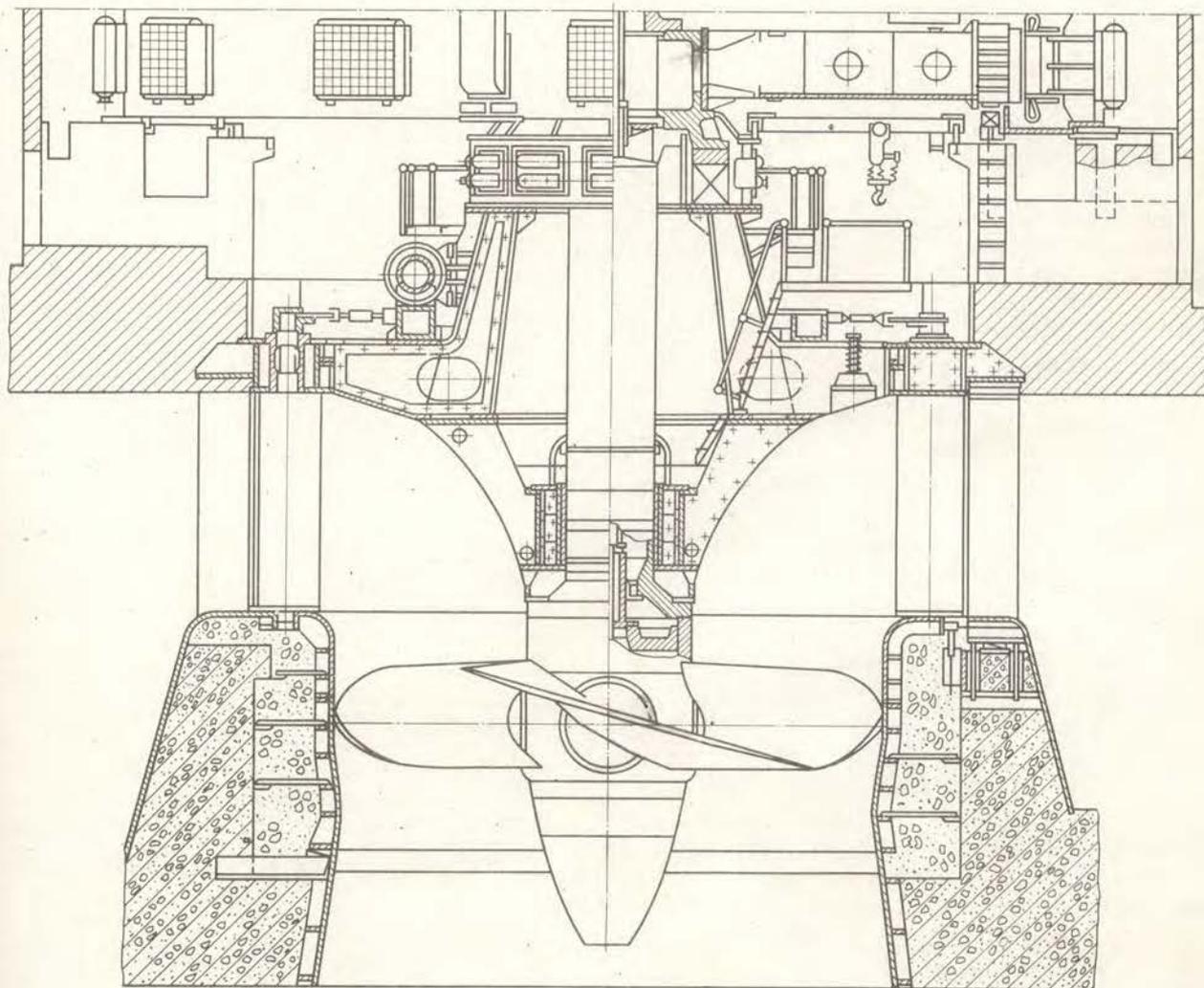
## ТУРБИНА ТИПА ПЛ 661-В-1030 МОЩНОСТЬЮ 59300 кВт (Саратовская ГЭС)

Вертикальная поворотнo-лопастная турбина служит приводом генератора трехфазного тока.

Бетонная спиральная камера турбины (фиг. 31, табл. 2) - таврового сечения с приподнятым потолком. Отсасывающая труба вы-

сотой  $2,25D_1$  и длиной  $3,785D_1$  - бетонная изогнутая.

Верхний и нижний конусы спиральной камеры, а также конус отсасывающей трубы облицованы тонкими стальными листами.



Фиг. 31. Разрез по гидроагрегату с турбиной типа ПЛ 661-В-1030 (Саратовская ГЭС)

Статор состоит из 16 профилированных сварно-литых колонн и жесткого сварного кольца, которое является одновременно верхним кольцом направляющего аппарата.

При ходе лопастей на закрытие под давлением внутренняя полость корпуса находится под поршнем. На периферии фланцев лопастей установлены съемные наружные уплотнения.

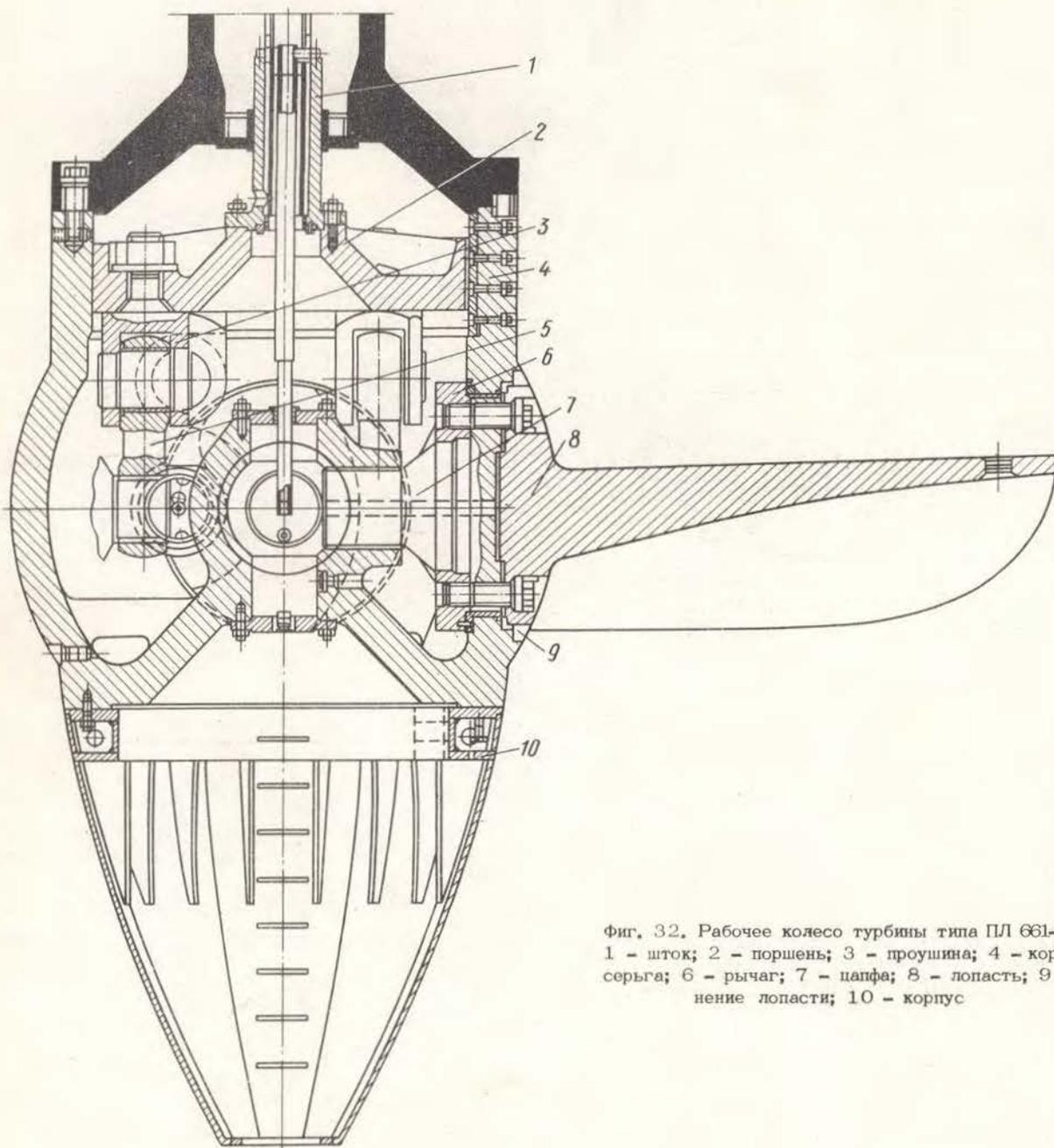
Вал турбины диаметром 1300 мм — сварно-ковано-литой; нижний фланец служит крышкой рабочего колеса. Внутри полых валов турбины и генератора проходят трубчатые штанги, по которым подается масло под давлением от маслонапорной установки через главный

золотник регулятора и маслоприемник к сервомотору рабочего колеса. Маслоприемник размещен над ротором генератора, на верхней его крестовине.

Направляющий аппарат состоит из 32 направляющих лопаток симметричного профиля, нижнего кольца, механизма поворота со срезными предохранительными пальцами, регулирующего кольца. Все кольцевые детали выполнены сварными разъемными.

Поворот направляющих лопаток осуществляется двумя торовыми сервомоторами диаметром 650 мм каждый.

Для выема направляющих лопаток в кольце



Фиг. 32. Рабочее колесо турбины типа ПЛ 661-В-1030: 1 — шток; 2 — поршень; 3 — проушина; 4 — корпус; 5 — серьга; 6 — рычаг; 7 — цапфа; 8 — лопасть; 9 — уплотнение лопасти; 10 — корпус

статора имеются фигурные вырезы, которые сверху перекрываются фигурными фланцами корпуса подшипников, а снизу — ввариваемыми фигурными заглушками.

Места соприкосновения лопаток с верхним кольцом статора и нижним кольцом направляющего аппарата уплотнены резиновыми шнурами.

Камера рабочего колеса — сварная облегченной конструкции, выполнена в виде облицовки, состоящей из двух частей: цилиндрической и конической, изготовленных из биметалла со слоем из нержавеющей стали.

Рабочее колесо (фиг. 32) имеет четыре поворотные лопасти, отлитые из нержавеющей стали. Поворот лопастей осуществляется шатунно-кривошипным механизмом, расположен-

ным внутри корпуса рабочего колеса, и приводится в движение поршнем сервомотора.

Направляющий подшипник выполнен с обрезиненным вкладышем. Смачивание подшипника производится водой, поступающей из трубопровода технических нужд станции через фильтр. Резервирование смазки осуществляется от второго трубопровода технических нужд. В зоне установки направляющего подшипника вал турбины облицован листами нержавеющей стали.

В конструкции турбин типа ПЛ 661-В-1 030, изготовленных ЛМЗ им. XXII съезда КПСС, применены прямоосные сервомоторы, установленные на крышке турбины.

#### Техническая характеристика

Напор, м:	
расчетный .....	9,7
максимальный .....	14,7
минимальный .....	6,5
Мощность, кВт .....	59300
Скорость вращения, об/мин .....	50
Диаметр рабочего колеса, мм .....	10300
Вес турбины, т .....	1180
Количество лопастей рабочего колеса .....	4

## ТУРБИНА ТИПА ПЛ 20-В-500 МОЩНОСТЬЮ 23800 кВт

### (Варцихе ГЭС)

Турбина (фиг. 33, табл. 2) является приводом гидрогенератора трехфазного тока, зонтичного типа с опорой подпятника на специальной крестовине. Бетонная спиральная камера турбины имеет трапециевидальное сечение с углом охвата в плане  $189^\circ$ .

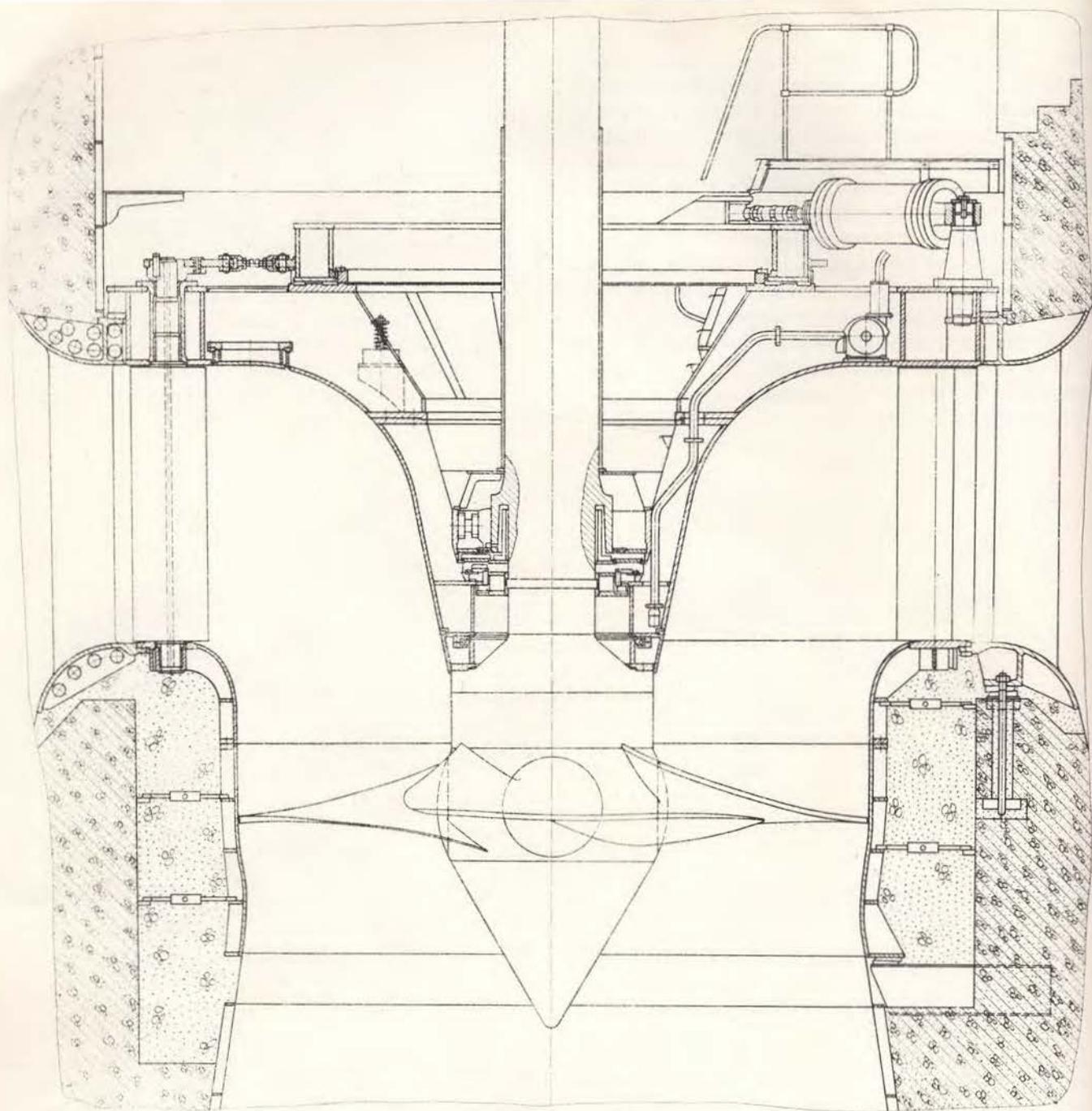
Сварно-литой статор турбины выполнен из шести частей и состоит из верхнего и нижнего колец, соединенных между собой 12 колоннами.

Шахта турбины облицована на высоту 2700 мм от статора и представляет собой оребренный снаружи цилиндр. Облицовка конуса отсасывающей трубы изготовлена из листовой стали.

Направляющий аппарат имеет 24 поворотные направляющие лопатки симметричного профиля. Лопатка имеет три опорных подшипника с бронзовыми втулками, работающими на гус-

той смазке. Поворот лопаток направляющего аппарата производится прямоосными сервомоторами, расположенными на крышке турбины. Связь сервомоторов с направляющими лопатками осуществляется при помощи регулирующего кольца, серег и рычагов. На регулирующем кольце турбины установлено стопорное устройство. Регулирующее кольцо — сварной конструкции коробчатого сечения с опорными планками из бронзы. Движение сервомоторов передается регулирующему кольцу и от регулирующего кольца при помощи механизма поворота — лопаткам направляющего аппарата.

Рабочее колесо имеет сферический корпус и четыре лопасти, отлитые из нержавеющей стали. Поворот лопастей осуществляется поворотным механизмом, расположенным внутри корпуса рабочего колеса. Лопасти фланцем, бол-



Фиг. 33. Разрез по турбине типа ПЛ 20-В-500 (Варшхе ГЭС)

тами и шпонками неподвижно крепятся к цапфе с рычагом. На рычагах имеются серьги, верхние головки которых при помощи пальцев шарнирно соединены с проушинами, а последние жестко связаны с поршнем сервомотора.

Для предотвращения утечек масла из корпуса рабочего колеса и попадания воды внутрь по периферии фланцев лопасти установлены

съемные наружные уплотнения манжетного типа. К нижнему торцу корпуса рабочего колеса приболчен сварной конус-обтекатель с надставкой.

Вал турбины — стальной кованный. Нижний фланец вала является одновременно крышкой рабочего колеса. Верхним фланцем вал турбины крепится к валу генератора. В нижнем и

верхнем концах вала соответственно установлены нижняя и верхняя вставки с бронзовыми втулками, служащими направляющими для маслоподводящих штанг рабочего колеса. В месте установки сегментного направляющего подшипника вал имеет опорный гребень.

Направляющий подшипник турбины состоит из корпуса, совмещенного с конусом крышки турбины, и восьми сегментов с баббитовой заливкой. В гребне вала турбины имеются отверстия, которые перекачивают масло из одной полости подшипника в другую, этим обеспечивается циркуляция масла в подшипнике и его смазка.

В крышке турбины установлены два клапана срыва вакуума диаметром 200 мм, кото-

рые предназначены для кратковременного впуска атмосферного воздуха под крышку турбины при быстром закрытии направляющего аппарата.

Система регулирования гидротурбины включает колонку управления типа ПОК-100 и маслонепорную установку типа МНУ-5,5-1/40.

#### Техническая характеристика

Напор, м:	
расчетный .....	14,92
максимальный .....	18,35
минимальный .....	14,92
Мощность, кВт .....	23800
Скорость вращения, об/мин .....	115,4
Диаметр рабочего колеса, мм .....	5000
Количество лопастей рабочего колеса .....	4

## ТУРБИНА ТИПА ПЛ 984-ГК-600 МОЩНОСТЬЮ 23000 кВт (Киевская ГЭС)

Горизонтальная поворотной-лопастная турбина погруженного типа предназначена для установки на ГЭС с напорами 5,6-11,8 м. Турбина непосредственно соединена с синхронным трехфазовым горизонтальным гидрогенератором.

Основные узлы турбины (фиг. 34, табл. 2) и гидрогенератор размещены в обтекаемой герметичной металлической капсуле, расположенной в подводящей камере перед рабочим колесом со стороны верхнего бьефа. Поток воды, поступающий через подводящую камеру квадратного сечения, плавно переходящую перед капсулой агрегата в круглое сечение, омывает капсулу со всех сторон, проходит через конический направляющий аппарат и поступает на рабочее колесо турбины. Отсасывающая труба-прямоосная с прямоугольным выходным сечением.

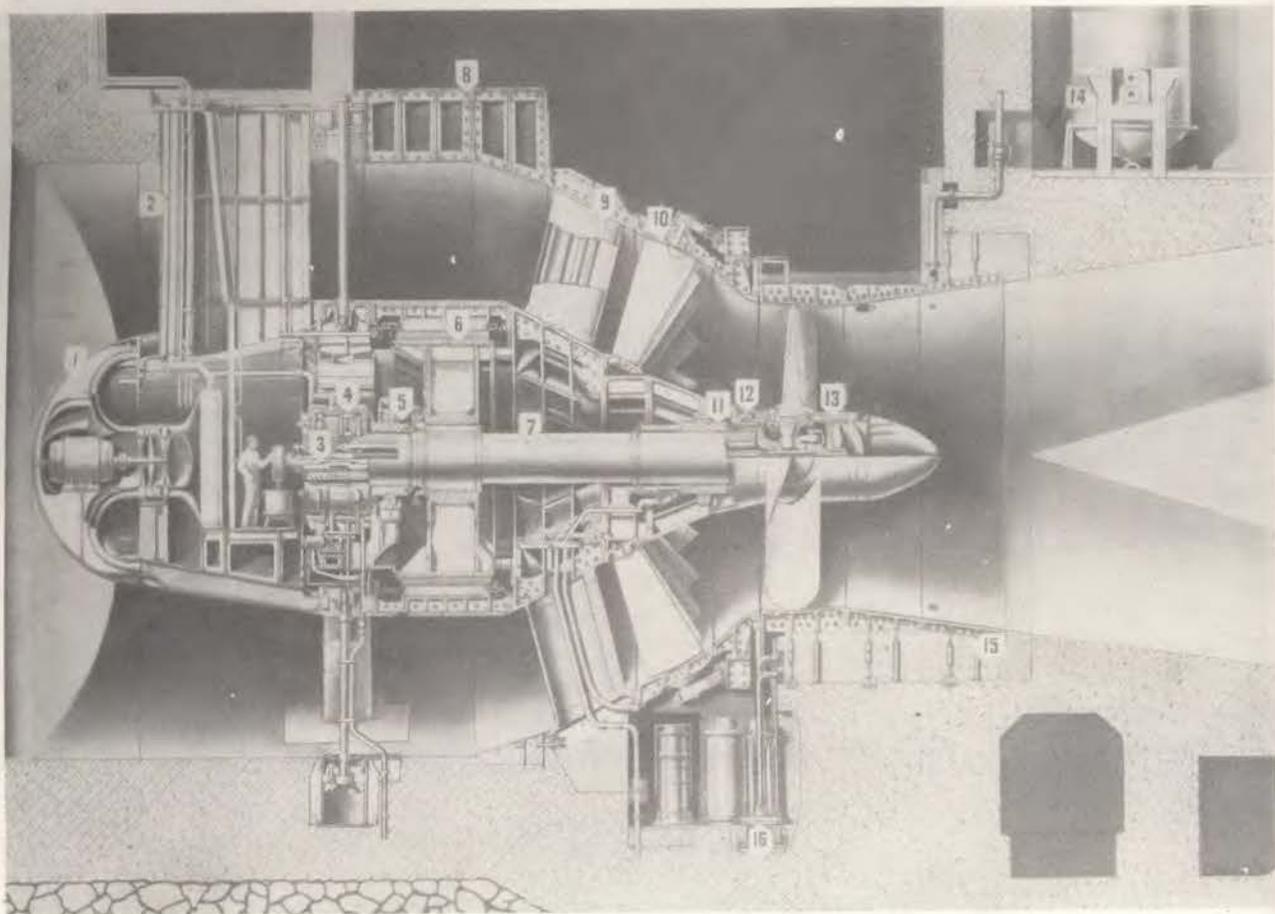
В верхней части подводящей камеры над генератором имеется проем для монтажа передней части капсулы и генератора. Проем закрывается металлическим перекрытием с внутренней поверхностью по форме подводящей камеры. Перекрытие выполнено сварным из проката и состоит из цилиндрической и конической частей, скрепленных болтами. Перекрытие крепится горизонтальным фланцем к опорной кон-

струкции, обрамляющей проем, а торцом - к фланцу съемной части статора турбины.

Передняя часть капсулы представляет собой тело вращения. Общая длина капсулы, считая от оси поворота лопасти рабочего колеса, 15,1 м; наибольший диаметр 6,1 м. В состав передней части капсулы входят обтекатель, конус, промежуточное кольцо и проходная колонна. Эти детали - разъемные, сварены из проката и соединены по фланцам. Передняя часть капсулы крепится к статору генератора. Опорами агрегата в целом служат восьмилучевой статор турбины и шесть радиальных растяжек диаметром 190 мм, расположенных в зоне промежуточного кольца.

Доступ внутрь капсулы возможен через вертикальную проходную колонну, в которой предусмотрены три отсека для главных выводов генератора, для масляных и водяных трубопроводов и для прохода обслуживающего персонала. В обтекателе и конусе капсулы размещено оборудование системы охлаждения генератора, выполнены воздухопроводы, по которым нагретый воздух от генератора поступает в систему охлаждения.

Обтекатель капсулы - сварно-штампованный, состоит из двух частей и имеет внутренние ребра, образующие воздухоподводящие ка-



Фиг. 34. Разрез по гидроагрегату с турбиной типа ПЛ 984-ГК-600 (Киевская ГЭС):

1 - капсула; 2 - проходная колонна; 3 - маслоприемник с редуктором; 4 - упорный подшипник; 5 - опорный подшипник; 6 - генератор; 7 - вал; 8 - перекрытие монтажного проема; 9 - статор турбины; 10 - направляющий аппарат; 11 - опорный подшипник турбины; 12 - уплотнение; 13 - рабочее колесо; 14 - маслonaпорная установка МНУ-4-40; 15 - фундаментные части; 16 - сервомотор направляющего аппарата

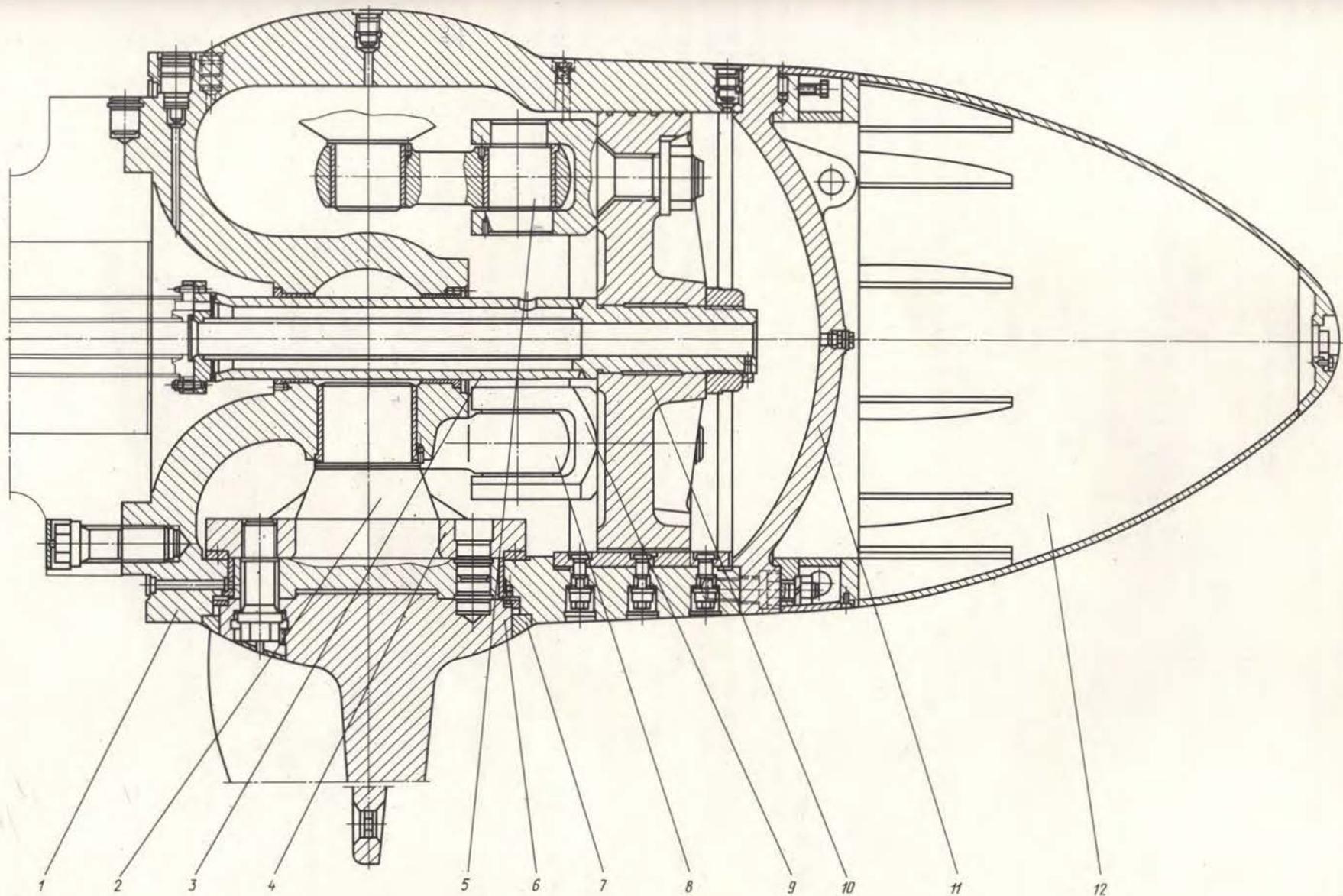
налы. Конус капсулы - сварной из двух частей. Проходная колонна, присоединяемая к верхней части конуса капсулы, по высоте состоит из двух частей; ее поперечное сечение имеет обтекаемую форму. Для герметичности капсулы все ее фланцевые соединения уплотнены резиновыми шнурами. Дренаж воды из передней части капсулы осуществляется через обратный клапан по трубопроводу из нижней части промежуточного кольца в сухую патерну ГЭС.

Статор - сварно-литой, состоит из двух конических оребренных колец (наружного и внутреннего) большой жесткости, соединенных восемью радиальными симметрично расположенными профилированными колоннами. Для удобства транспортировки статор выполнен из восьми частей, соединяемых при монтаже. Две нижние и две верхние колонны статора - по-

лые, служат для пропуска трубопроводов системы смазки, водяного и воздушного трубопроводов и кабелей системы сигнализации.

На нижней половине статора приварены лапы для установки и крепления его к бетонному основанию. Круговым фланцем наружного кольца статор крепится к опорной конструкции, заложеной в фундамент ГЭС. По наружному кольцу статор на  $\frac{3}{4}$  окружности бетонируется в армированный монтажный бетон. В верхней части внутреннего кольца статора имеется люк для доступа (при осушенной проточной части) в часть капсулы, расположенную за генератором.

Рабочее колесо (фиг. 35) расположено консольно и имеет четыре лопасти из кавитационностойкой стали. Механизм поворота лопастей - бескостовинной конструкции, расположен во втулке рабочего колеса, диаметр кото-



Фиг. 35. Рабочее колесо турбины типа ПЛ 984-ГК-600:

- 1 - корпус; 2 - цапфа; 3 - шток; 4 - рычаг; 5 - палец; 6 - лопасть; 7 - уплотнение лопасти; 8 - серьга; 9 - проушина; 10 - поршень; 11 - днище;  
12 - обтекатель

рой по сфере равен  $0,35D$ . Сервомотор механизма поворота лопастей размещен в зоне обтекателя.

Поворот лопастей осуществляется при подаче масла под давлением  $40 \text{ кгс/см}^2$  в одну из полостей сервомотора рабочего колеса через штангу штока, соединенную с трубчатыми штангами. Другая полость сервомотора соединена со сливом. Поршень сервомотора удерживается от поворота призматическими шпонками, установленными в корпусе рабочего колеса.

Между фланцами лопастей и корпусом установлены съемные уплотнения из лепестковых резиновых колец, поджимаемых пружинами через профильное стальное кольцо. Для разгрузки уплотнений предусмотрены каналы, соединяющие полость перед уплотнением со сливной полостью агрегата.

Камера рабочего колеса — сварно-литая, состоит из четырех частей. Фундаментное кольцо и конус отсасывающей трубы — сварные, съемные из двух частей. Все эти детали выполнены с развитой системой ребер, крепятся к фундаменту лапами. Нижние половины деталей бетонируются в армированный монтажный бетон. Верхние половины камеры рабочего колеса и фундаментного кольца — съемные.

В верхней части фундаментного кольца имеется люк для доступа в зону рабочего колеса.

К закладным частям относятся опорные конструкции, облицовки и закладные трубопроводы. Опорными конструкциями являются опорные плиты для клиньев, на которые устанавливаются фундаментные части, а также опоры под сервомоторы направляющего аппарата и опоры растяжек. Опоры сервомоторов и растяжек — сварные. Облицовки бетона в зоне монтажного проема, проходной колонны, верхней растяжки, монтажных колонн и статора турбины выполнены из тонколистовой стали.

Вал агрегата — цельнокованный с фланцем со стороны рабочего колеса. Центральное отверстие служит для размещения маслоподводящих штанг. К переднему торцу вала крепится упорный гребень подпятника турбины. Две шейки на валу служат для опорных подшипников и одна — для ступицы ротора генератора. В месте выхода вала из капсулы установлено уплотнение с пневматическим затвором, препятствующее проникновению воды в капсулу и запирающее ее при останове агрегата.

Направляющий аппарат (фиг. 36) — конический, состоит из наружного и внутреннего колец, 24 направляющих лопаток асимметричного профиля, регулирующего кольца и его опоры, компенсационного кольца и шарнирного ме-

ханизма поворота лопаток. Оси поворота лопаток представляют собой образующие кругового конуса с вершиной на оси вращения турбины. Угол между образующей и осью агрегата  $65^\circ$ . Лопатки расположены между двумя сферическими поверхностями на внутреннем и наружном кольцах с центром, совпадающим с вершиной конуса. В кольцах расположены подшипники для установки цапф лопаток.

Кольца крепятся круговыми фланцами к статору турбины. Наружное кольцо соединено с опорой регулирующего кольца. Опора присоединена через специальный компенсатор к фланцу камеры рабочего колеса.

Литое внутреннее кольцо имеет независимую установку, горизонтальный разъем и разъем по поверхности конуса. Конический разъем делит кольцо на входную и выходную части, что позволяет при снятой выходной части снять любую лопатку без демонтажа соответствующей части наружного кольца (состоит из восьми частей).

Подшипники цапф лопаток имеют лигнофольевые вкладыши и смазываются водой. На наружной цапфе лопаток укреплены рычаги с накладками, связанными с рычагом срезным предохранительным пальцем. Рычаг с регулирующим кольцом связан серьгой, надетой на шаровой палец в полке кольца и шаровую траверсу в накладках рычага.

Регулирующее кольцо — сварное, состоит из четырех частей с двумя проушинами, в которых шарнирно укреплены тяги двух вертикальных сервомоторов. Регулирующее кольцо имеет 24 полки для шаровых пальцев.

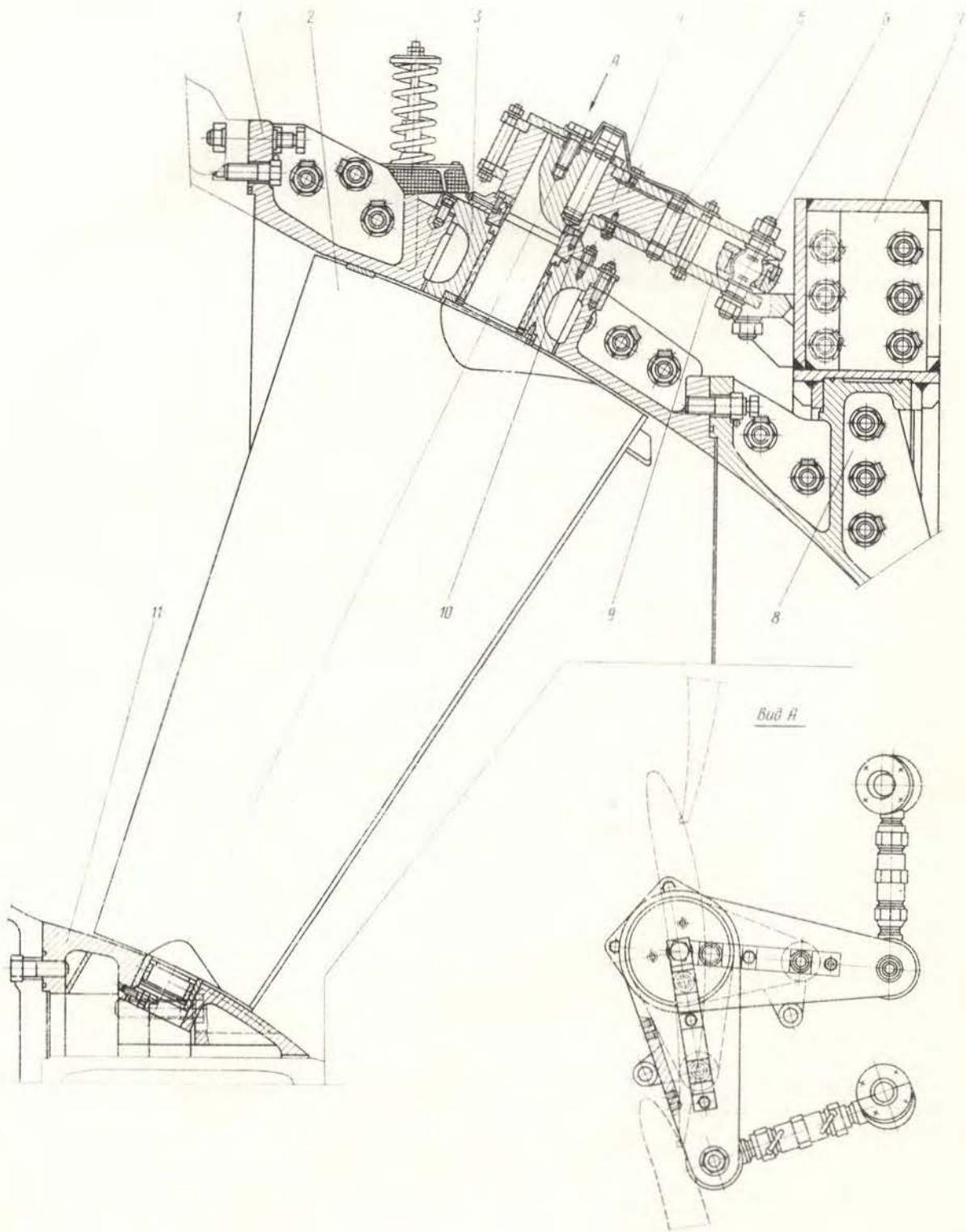
Поворот лопаток в пределах  $0-77^\circ$  обеспечивает весь диапазон открытия направляющего аппарата. Цапфы лопаток уплотняются U-образными резиновыми манжетами (в подшипниках наружного кольца).

Направляющие поверхности опоры регулирующего кольца и шарниры поворотного механизма смазываются густой смазкой под давлением.

По внутренней поверхности наружного кольца и по линии контакта между лопатками укладываются уплотнительные резиновые шнуры.

Поворот лопаток направляющего аппарата осуществляется двумя сервомоторами, устанавливаемыми на опорах, залитых в фундамент, в вертикальном положении. Один из сервомоторов снабжен стопорным устройством. Тяги сервомоторов соединяются с регулирующим кольцом.

Ротор агрегата установлен на двух опорных подшипниках — турбинном и генераторном.



Фиг. 36. Направляющий аппарат турбины типа ПЛ 984-ГК-600:

- 1 - наружное кольцо; 2 - лопатка; 3 - подшипник; 4 - рычаг; 5 - срезной палец; 6 - шарнирный механизм поворота лопаток; 7 - регулирующее кольцо; 8 - опора регулирующего кольца; 9 - накладка; 10 - уплотнение; 11 - внутреннее кольцо

Вкладыши подшипников отлиты из малоуглеродистой стали и заливаются баббитом. Поверхность под заливку имеет канавки с профилем типа „ласточкина хвоста“. Для образования масляной пленки между шейками вала и баббитом в момент пуска и останова турбины подается масло под высоким давлением. Конструкция обоих подшипников предусматривает центровку вала при монтаже, самоустанавливаемость вкладышей, а также их разборку без демонтажа капсулы. Вкладыш подшипника турбины изолирован от блуждающих токов. Вкладыши обоих подшипников имеют гнезда для установки дистанционных термометров сопротивления.

Упорный подшипник предназначен для восприятия осевых усилий турбины. Литой стальной корпус прикреплен лапами к промежуточному кольцу и вместе с литой крышкой подшипника образует полость, в которой размещаются упорный гребень вала, обоймы, упорные подушки и другие детали. Система верхних и нижних подушек обеспечивает равномерное распределение нагрузок между упорными подушками. В последних предусмотрены гнез-

да, в которые устанавливаются термометры сопротивления. При останове агрегата осевое усилие воспринимают обратные подушки, по своей конструкции аналогичные упорным подушкам рабочей стороны. Для равномерного распределения нагрузки упорные подушки через оси опираются на пружины и фланцы.

Маслоприемник крепится фланцем к корпусу упорного подшипника. Перегородки и трубчатые штанги в корпусе маслоприемника образуют каналы для подвода масла к соответствующим полостям сервомотора рабочего колеса.

Система смазки подшипников обслуживает маслом четыре агрегата, входящих в один блок. Смазка при пуске — принудительная, при работе — самотечная.

Система регулирования обеспечивает устойчивую работу агрегата на холостом ходу и под нагрузкой в индивидуальном и групповом режимах.

Система регулирования турбины снабжена электрогидравлическим регулятором типа ЭГРК-150 и маслонапорной установкой типа МНУ-4-40.

#### Техническая характеристика

Напор, м:	
расчетный .....	7,7
максимальный .....	11,8
минимальный .....	5,6
Мощность, кВт .....	23000
Скорость вращения, об/мин .....	85,7
Диаметр рабочего колеса, мм .....	6000
Количество лопастей рабочего колеса .....	4

## ТУРБИНА ТИПА ПЛ 30-В-350 МОЩНОСТЬЮ 16700 кВт

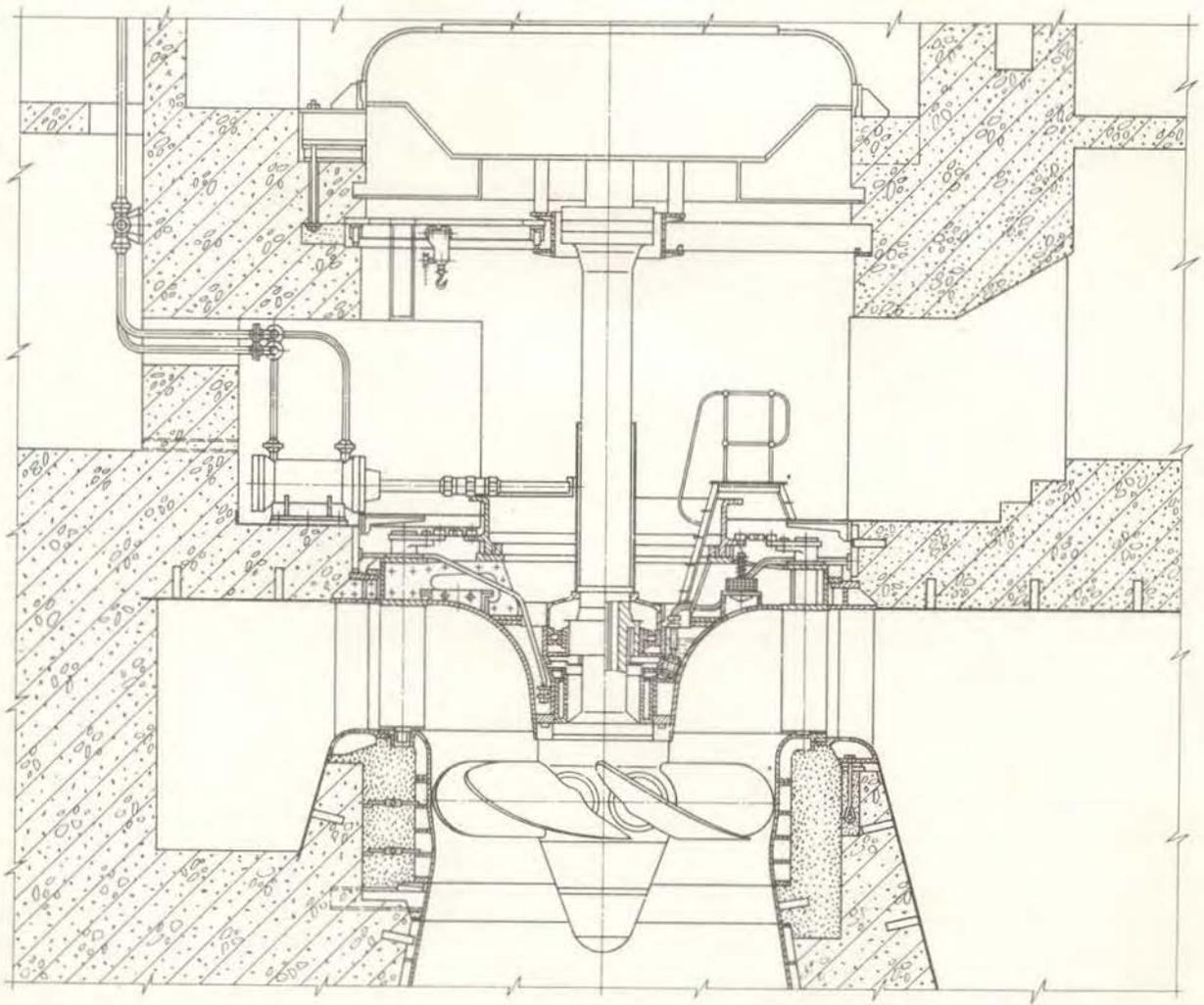
### (Костешты-Стынка I ГЭС)

Турбина (фиг. 37, табл. 2) является приводом генератора трехфазного тока зонтичного типа с двумя направляющими подшипниками. Опора подпятника генератора расположена на специальной крестовине.

Спиральная камера — бетонная трапециевидального сечения с плоским потолком. Угол охвата спиральной камеры в плане составляет

345°. Все поверхности потолка и конуса спиральной камеры облицованы стальными листами.

Статор турбины — сварно-литой, выполнен из двух частей, состоит из верхнего и нижнего колец, соединенных между собой 12 колоннами. Направляющий аппарат имеет 24 трехопорные лопатки симметричного профиля.



Фиг. 37. Разрез по турбине типа ПЛ 30-В-350 (Костешты-Стынка I ГЭС)

Нижней опорой лопатки является втулка, запрессованная в стакан нижнего кольца направляющего аппарата; верхней и средней опорами — втулки, запрессованные в корпус подшипника лопатки. Бронзовые втулки подшипников лопатки смазываются густой смазкой через автоматическую станцию густой смазки. Для предотвращения удара одной лопатки о соседнюю предусмотрены упоры. Выем лопаток возможен только при поднятом верхнем кольце направляющего аппарата турбины. Для обеспечения минимальных протечек через закрытый направляющий аппарат лопатки по перу и торцам уплотнены профильными резиновыми шнурами.

Верхнее кольцо и крышка турбины — сварной конструкции из двух частей каждая. Регулирующее кольцо выполнено сварно-литым. На

верхнем фланце регулирующего кольца имеются два уха для крепления тяг прямоосных сервомоторов. К фланцу регулирующего кольца при помощи пальцев крепятся серьги направляющего аппарата.

Нижнее кольцо направляющего аппарата — сварно-литое, состоит из двух частей. По окружности диаметром 4500 мм на равных расстояниях расположены 24 стакана, в которые запрессованы бронзовые втулки, выполняющие роль подшипников для нижних цапф направляющих лопаток.

Для управления лопатками направляющего аппарата используются два прямоосных сервомотора, расположенных в нише шахты турбины. Сервомоторы при помощи регулирующего кольца, серег и рычагов связаны с лопатками. В корпусе сервомотора перемещается поршень,

скрепленный со стаканом, выходящим через крышку сервомотора. Стакан направляется в крышке бронзовой втулкой и уплотняется сальником. На поршне установлены чугунные кольца для уменьшения перетечек масла. Усилия от сервомотора передаются тягой, шарнирно связанной с поршнем и регулирующим кольцом. Тяга — регулируемая, состоит из двух частей, соединяющихся между собой резьбовой муфтой. Для улучшения условий регулирования и предупреждения удара поршня о крышку оба сервомотора имеют дроссели. На одном из сервомоторов установлено стопорное устройство, управляемое автоматически и вручную золотником с электромагнитом.

Рабочее колесо выполнено со сферическим корпусом и имеет шесть поворотных лопастей, отлитых из нержавеющей стали. Поворот лопастей осуществляется поворотным механизмом с крестовиной, расположенным внутри корпуса рабочего колеса. Лопасть рабочего колеса цилиндрическими шпонками соединена с рычагом, который удерживается от продольного перемещения гайкой и устанавливается в специально выполненных расточках в корпусе рабочего колеса. Крестовина удерживается от поворота также шпонками.

Для предотвращения попадания воды в корпус рабочего колеса и утечек масла из него на периферии фланцев лопастей установлены съемные наружные уплотнения, конструкция которых позволяет производить смену манжет и частичную разборку уплотнения без демонтажа рабочего колеса. Уплотнение рассчитано на двустороннюю работу и состоит из резиновых манжет, которые прижимаются с внутренней стороны стальными кольцами. Снаружи уплотнение закрыто кожухом. Внутреннее кольцо прижимается к манжете пружинами.

К нижнему торцу корпуса рабочего колеса

приболчивается цилиндр крестовины с присоединенным днищем.

Вал турбины — стальной кованый. Нижний фланец вала является одновременно крышкой рабочего колеса и крепится к нему болтами. Верхним фланцем вал турбины крепится к валу генератора. В нижнем и верхнем концах вала установлены нижняя и верхняя вставки с бронзовыми втулками, которые служат направляющими для маслоподводящих штанг рабочего колеса. В месте установки сегментного направляющего подшипника вал имеет опорный гребень.

Направляющий подшипник турбины — сегментный с баббитовой заливкой, работающий на жидкой масляной смазке. Корпус направляющего подшипника совмещен с конусом крышки турбины. Циркуляция масла в подшипнике и смазка его осуществляются за счет отверстий, выполненных в гребне вала и перекачивающих масло из одной полости подшипника в другую.

Турбина обеспечена системой централизованной смазки для автоматической одновременной подачи густой смазки ко всем смазываемым трущимся поверхностям и шарнирам механизма поворота направляющего аппарата. Система выполнена двухлинейной с поочередной подачей смазки в каждую магистраль и состоит из станции централизованной смазки, дозирующих питателей, контрольного клапана давления и маслопроводов.

Сервомоторы направляющего аппарата и рабочего колеса управляются механизмами регулятора типа ФКМ-100. Масло под давлением к механизмам регулирования турбины подается маслonaпорной установкой типа МНУ-4-1/40. Рабочее давление масла в системе регулирования равно  $40 \text{ кгс/см}^2$ .

Предусматривается работа агрегата в системе синхронного компенсатора.

#### Техническая характеристика

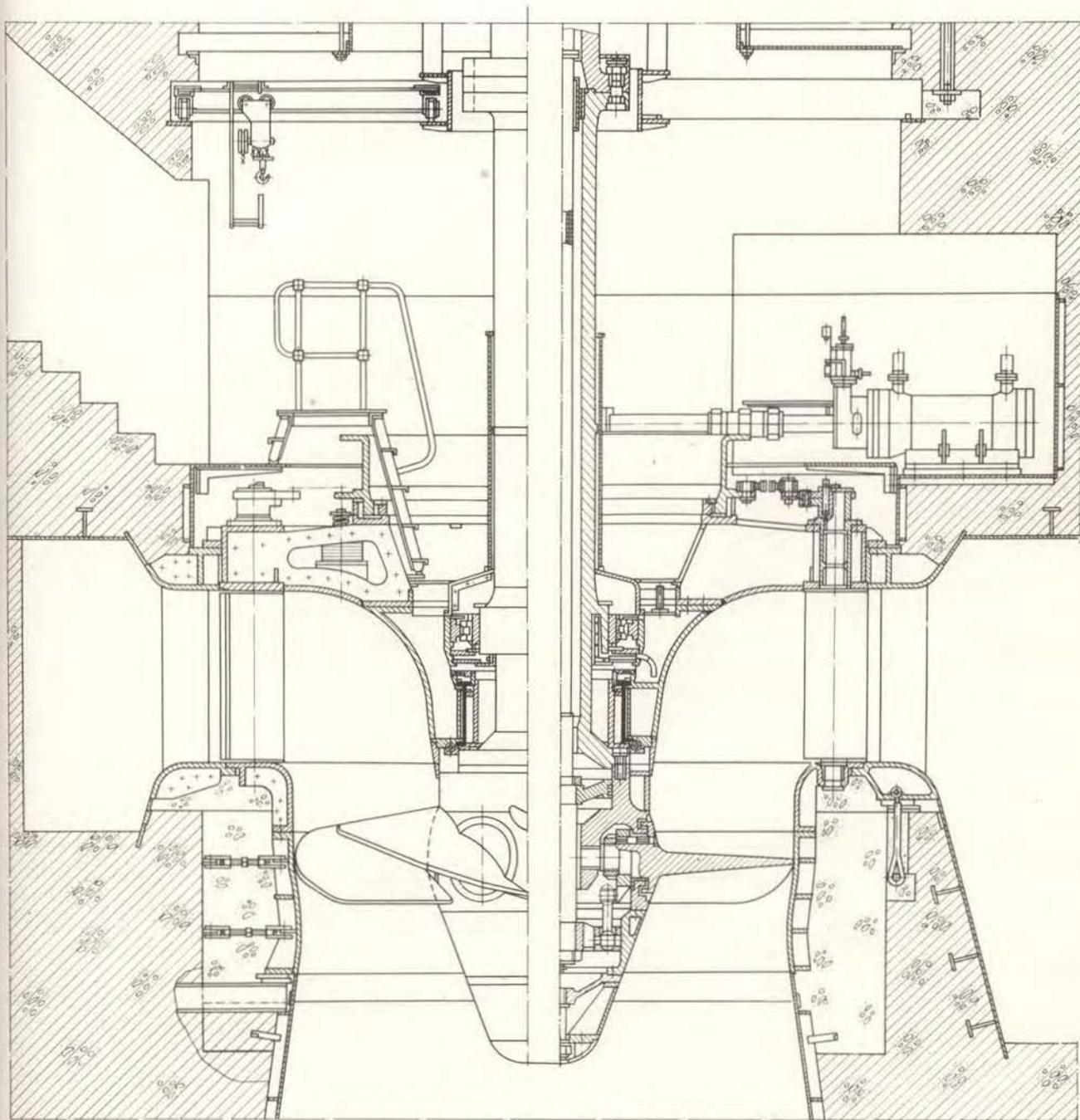
Напор, м:	
расчётный .....	24
максимальный .....	29,5
минимальный .....	17
Мощность, кВт .....	16700
Скорость вращения, об/мин .....	187,5
Диаметр рабочего колеса, мм.....	3600
Количество лопастей рабочего колеса	6

# ТУРБИНА ТИПА ПЛ 30-В-330 МОЩНОСТЬЮ 13400 кВт (Вигеландс-Бруг ГЭС)

Вертикальная поворотно-лопастная турбина (фиг. 38, табл. 2) служит приводом генератора трехфазного тока.

Турбина установлена в бетонной спиральной камере трапецевидального сечения с поднятым

на 345 мм по отношению к верхнему кольцу статора плоским потолком. Угол охвата спиральной камеры в плане  $225^\circ$ . Потолок и конус спиральной камеры облицованы стальными листами. Средняя скорость во входном сечении



Фиг. 38. Разрез по турбине типа ПЛ 30-В-330 (Вигеландс-Бруг ГЭС)

при максимальном расходе составляет 3,65 м/с.

Отсасывающая труба — изогнутая. Входной диффузор отсасывающей трубы изготовлен из листовой стали и имеет вертикальные и горизонтальные ребра.

Статор — сварно-литой, состоит из верхнего и нижнего колец, соединенных 12 профилированными колоннами.

Рабочее колесо диаметром 3300 мм имеет шесть поворотных лопастей, отлитых из нержавеющей стали. Поворот лопастей осуществляется поворотным механизмом, расположенным внутри корпуса рабочего колеса. На периферии лопастей установлены наружные уплотнения. Конструкция уплотнения позволяет производить смену манжет и частичную разборку уплотнения без демонтажа рабочего колеса. Уплотнение рассчитано на двустороннюю работу и состоит из резиновых манжет, которые поджимаются с внутренней стороны стальными кольцами, а снаружи уплотнение закрыто кожухом.

Корпус рабочего колеса — сферический. Диаметр сферы составляет 0,425D.

Вал турбины диаметром 480 мм — стальной кованный. Нижний фланец вала является одновременно крышкой рабочего колеса. Внутри полых валов турбины и генератора проходят трубчатые шланги, по которым подается масло под давлением от маслонапорной установки через главный золотник регулятора к сервомотору рабочего колеса.

Направляющий аппарат имеет 24 направляющие лопатки симметричного профиля. Диаметр расположения осей направляющих лопаток составляет 1,16D. Каждая лопатка имеет три опорных подшипника с бронзовыми втулками на густой смазке. По перу и торцам ло-

патки уплотняются профильными резиновыми шнурами.

Поворот лопаток направляющего аппарата осуществляется двумя прямоосными сервомоторами с внутренним диаметром 350 мм.

Регулирующее кольцо — сварно-литой конструкции, имеет фланец, к которому при помощи пальцев крепятся серьги направляющего аппарата. Движение сервомоторов передается регулируемому кольцу, а от него при помощи механизма поворота — лопаткам направляющего аппарата.

Направляющий подшипник турбины выполняется сегментным баббиговым самоустанавливающимся на жидкой масляной смазке. Корпус направляющего подшипника совмещен с корпусом крышки турбины. В подшипнике имеется выгородка, которая с корпусом подшипника образует масляную ванну. Под подшипником устанавливается торцевое уплотнение, которое предотвращает попадание воды в масляную ванну.

Турбина имеет систему двойного регулирования, при которой одновременно автоматически осуществляется поворот лопаток направляющего аппарата и лопастей рабочего колеса в соответствии с нагрузкой. Положение регулирующих органов устанавливается согласно комбинаторной зависимости, при которой обеспечивается работа турбины с оптимальным КПД на всех режимах.

Регулятор скорости типа РКМ-100 обеспечивает пуск и останов гидроагрегата на ручном и автоматическом управлении, устойчивую работу гидроагрегата на холостом ходу и во всем диапазоне гарантированных нагрузок.

Маслонапорная установка типа МНУ-4Р-1/40 питает систему регулирования маслом под давлением 40 кгс/см<sup>2</sup>.

#### Техническая характеристика

Напор, м:	
расчетный .....	19,5
максимальный .....	20,75
минимальный .....	15,25
Мощность, кВт .....	13400
Скорость вращения, об/мин .....	187,5
Диаметр рабочего колеса, мм .....	3300
Количество лопастей рабочего колеса	6

# ТУРБИНА ТИПА ПЛ 984-Г-450 МОЩНОСТЬЮ 5330 кВт (Кластерфосс ГЭС)

Горизонтальная капсульная поворотнo-лопастная турбина (фиг. 39, табл. 2) предназначена для установки на напоры от 3 до 7 м. Турбина является приводом синхронного горизонтального генератора трехфазного тока.

Горизонтальный гидроагрегат выполнен с расположением капсулы со стороны верхнего бьефа, с консольным рабочим колесом и непосредственным соединением турбины и генератора.

Подвод воды к турбине осуществляется подводящей камерой прямоугольного сечения, которое перед капсулой переходит в круглое. Со стороны верхнего бьефа имеется проходная колонна обтекаемой формы, через которую осуществляется проход в капсулу.

Капсула опирается на восьмилучевую статор турбины и шесть радиальных растяжек, расположенных в зоне передней части агрегата.

Статор выполнен из четырех сварно-литых частей. Наружные и внутренние конические оребренные обечайки связаны между собой симметрично расположенными колоннами. Все колонны выполнены полыми. Две верхние и две нижние колонны предназначены для прохождения трубопроводов, электропроводки. В нижней половине статора расположены две опорные лапы для установки статора на бетонное основание и закрепления его.

Камера рабочего колеса выполнена сварно-литой из кавитационностойкого материала и состоит из двух частей. Фундаментное кольцо и конус отсасывающей трубы — сварные и выполнены из двух частей.

Капсула представляет собой герметическую обтекаемую оболочку, помещенную в потоке, внутри которой размещены гидрогенератор, турбинный и генераторный валы с опорным и упорным подшипниками, привод направляющего аппарата, охлаждающее устройство гидрогенератора, маслоприемник со штангами и необходимое вспомогательное оборудование. Обтекатель капсулы — сварно-штампованной конструкции из двух половин, конуса сварной конструкции из двух половин и промежуточного кольца, состоящего из наружной и внутренней обечаек, связанных между собой радиальными несущими ребрами.

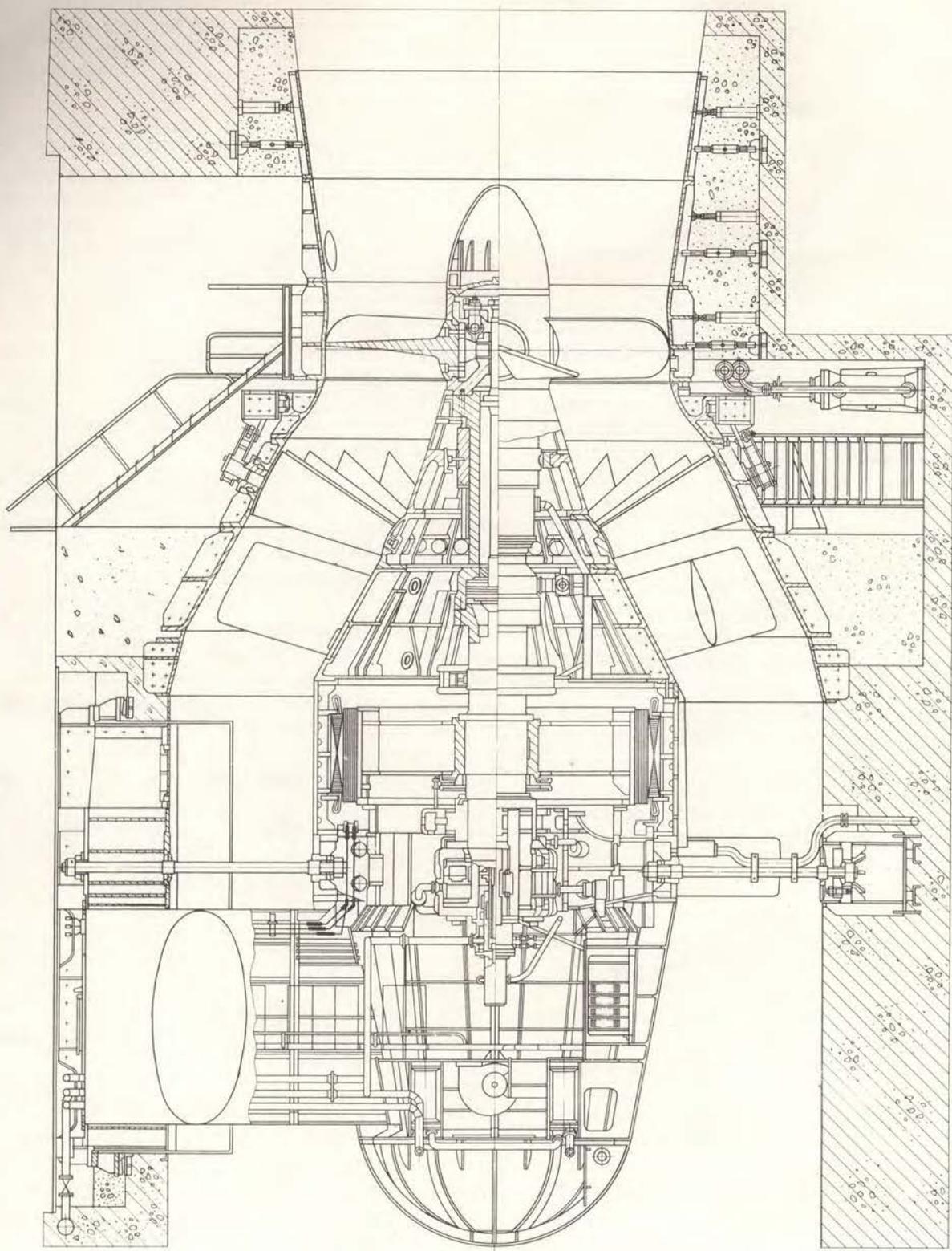
Все детали капсулы по вертикальным и горизонтальным разрезам соединяются болтами, что обеспечивает транспортабельность деталей капсулы и возможность монтажа и демонтажа узлов агрегата. Капсула агрегата крепится к статору генератора и раскрепляется шестью радиальными растяжками, расположенными в зоне промежуточного кольца.

Консольно-расположенное рабочее колесо имеет четыре поворотные лопасти, управление которыми осуществляется сервомотором через кривошипно-шатунный механизм с крестовиной. Сервомотор рабочего колеса расположен во фланцевом соединении турбинного и генераторного валов. Масло под давлением подается к сервомотору через трубчатые штанги, расположенные внутри вала.

Для предотвращения попадания воды в корпус рабочего колеса и утечек из него масла по периферии фланцы лопастей уплотняются съемными U-образными резиновыми манжетами. Корпус рабочего колеса закрыт днищем, к которому крепится обтекатель рабочего колеса.

Вал агрегата состоит из двух частей — вала турбины и вала генератора. Вал турбины — кованый в виде обечайки с двумя фланцами, один из которых присоединяется к рабочему колесу турбины, другой — к фланцу вала генератора. Вал генератора — также кованый в виде обечайки с центральным отверстием, но с одним фланцем. Оба вала опираются на самоустанавливающиеся подшипники, работающие на масляной смазке. Осевые гидравлические усилия (прямое и обратное), действующие на лопасти рабочего колеса, воспринимают упорный подшипник, расположенный в передней части капсулы. Система смазки опорных и упорного подшипников обеспечивает нормальную работу агрегата во всех его режимах. В зоне выхода вала из капсулы установлено торцевое уплотнение, представляющее собой замкнутые в кольцо резиновые полосы, смонтированные соосно на некотором расстоянии одна от другой.

Направляющий аппарат — конический с углом наклона лопастей  $65^\circ$  к оси агрегата, состоит из наружного и внутреннего колец, конической опоры, 24 направляющих лопаток асимметричного профиля, опоры регулирую-



Фиг. 39. Разрез по гидроагрегату с турбиной типа ПЛ 984-Г-150 (Клостерфосс ГЭС)

го кольца, регулирующего кольца и шарнирного механизма поворота, соединяющего регулирующее кольцо с направляющими лопатками.

Регулирующее кольцо — сварной конструкции из листовой стали, выполнено из четырех частей. Для соединения с тягами сервомоторов кольцо имеет два уха, а для соединения с серьгами механизма поворота на переднем торце приварены 24 полки, в которые установлены консольные шаровые пальцы.

Направляющий аппарат опирается на две опоры: с одной стороны — на статор турбины через его жесткое литое наружное кольцо (выполненное из четырех частей), с другой — на камеру рабочего колеса. Наружное кольцо направляющего аппарата соединено с камерой рабочего колеса через опору регулирующего кольца.

Направляющие лопатки цапфами опираются на подшипники, установленные в наружном и внутреннем кольцах. Лигнофолевые втулки подшипников смачиваются водой. Цапфы лопаток уплотняются резиновыми U-образными манжетами. Пазы, выполненные во внутреннем кольце, позволяют демонтировать любую направляющую лопатку без разборки агрегата.

Поворот лопатки осуществляется регулирующим кольцом, приводимым в движение двумя сервомоторами, установленными вертикально на фундаменте. Сервомотор состоит из стального цилиндра, внутри которого перемещается чугунный поршень со стаканом, выходящим наружу через крышку сервомотора. Внутри стакана проходит тяга, шарнирно соединенная с порш-

нем. Второй конец тяги соединен стальным пальцем с ухом регулирующего кольца.

Гидравлическое торможение поршня при подходе его в крайнее положение предотвращает поршень от удара о крышку. Для смазки трущихся поверхностей механизма поворота лопаток направляющего аппарата и регулирующего кольца предусмотрена установка автоматической станции густой смазки.

Упорный подшипник воспринимает осевые усилия турбины при работе и останове агрегата стальными залитыми баббитом упорными подушками в обойме.

Литой стальной корпус упорного подшипника опирается лапами на промежуточное кольцо и совместно с литой стальной крышкой подшипника образует полость, в которой размещаются упорный гребень вала турбины, обоймы и упорные подушки. Упорные подушки имеют гнезда для установки термометров.

Масло подводится к подшипнику через два отверстия в корпусе. Отвод масла из подшипника осуществляется через отверстие в крышке упорного подшипника.

Регулятор типа РКМ-100, объединяющий в себе механизмы регулятора и комбинатора, обеспечивает полную автоматизацию и дистанционное управление процессом пуска, остановки и работы гидроагрегата на холостом ходу и под нагрузкой, а также обеспечивает соответствие угла разворота лопастей рабочего колеса и открытия направляющего аппарата. Маслонапорная установка типа МНУ-5,6-1/40 осуществляет питание системы регулирования маслом под давлением.

#### Техническая характеристика

Напор, м:

расчётный ..... 5,03

максимальный ..... 7

минимальный ..... 3,5

Мощность, кВт ..... 5330

Скорость вращения, об/мин ..... 85,7

Диаметр рабочего колеса, мм ..... 4,500

Количество лопастей рабочего колеса ..... 4

# ТУРБИНА ТИПА РО 957-В-475 МОЩНОСТЬЮ 310000 кВт (Нурекская ГЭС)

Высоконапорная радиально-осевая турбина (фиг. 40, табл. 2) служит приводом генератора трехфазного тока подвесного типа.

Подвод воды к турбине осуществляется спиральной камерой круглого сечения с углом охвата в плане  $360^\circ$  смешанной конструкции (фиг. 41). Металлическая оболочка спирали работает совместно с арматурой бетона. Такая конструкция исключает изгибные напряжения в местах, где у металлических спиралей находится заделка.

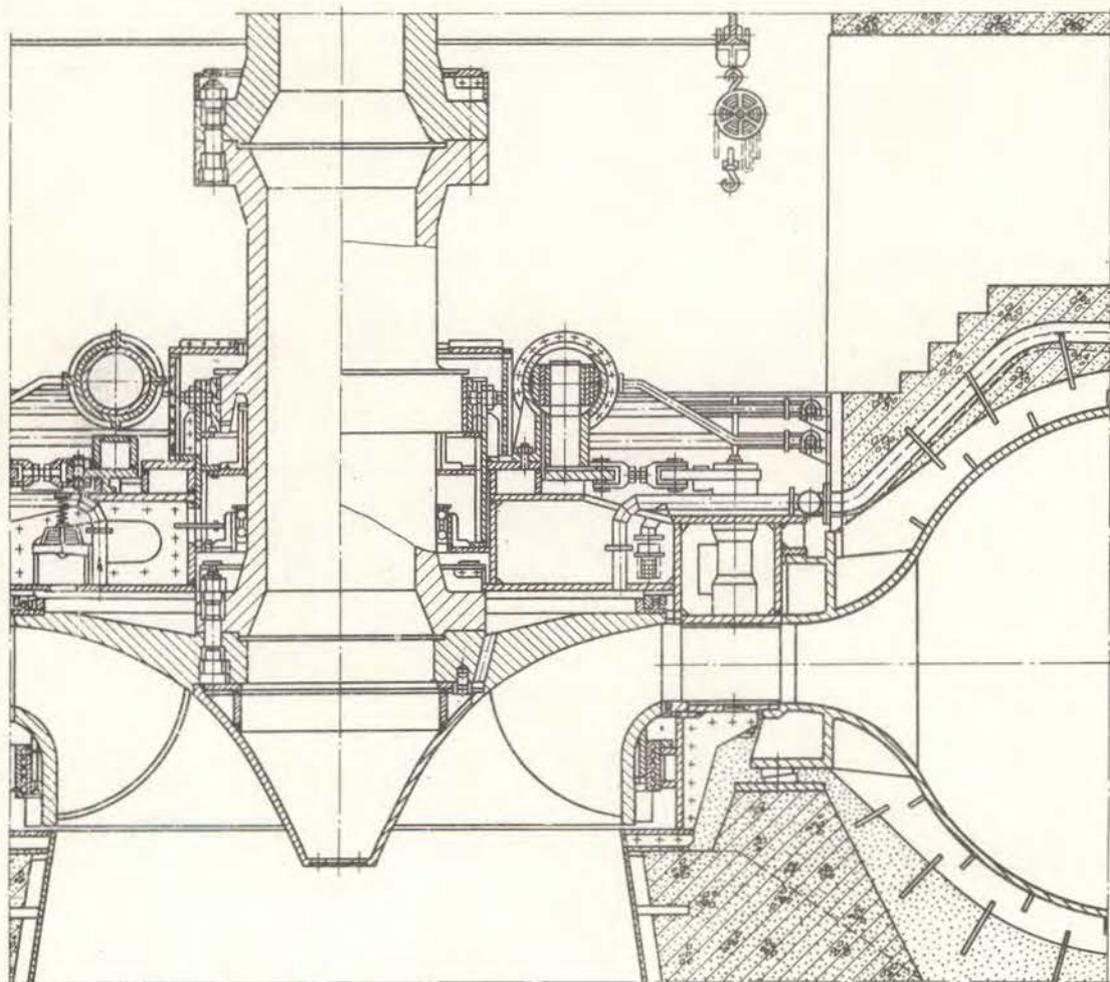
Статор — сварно-литой, состоит из шести частей. Полуколонны отлиты заодно с частями верхнего и нижнего поясов статора и сварены

между собой, образуя шесть частей, которые в свою очередь скрепляются болтами.

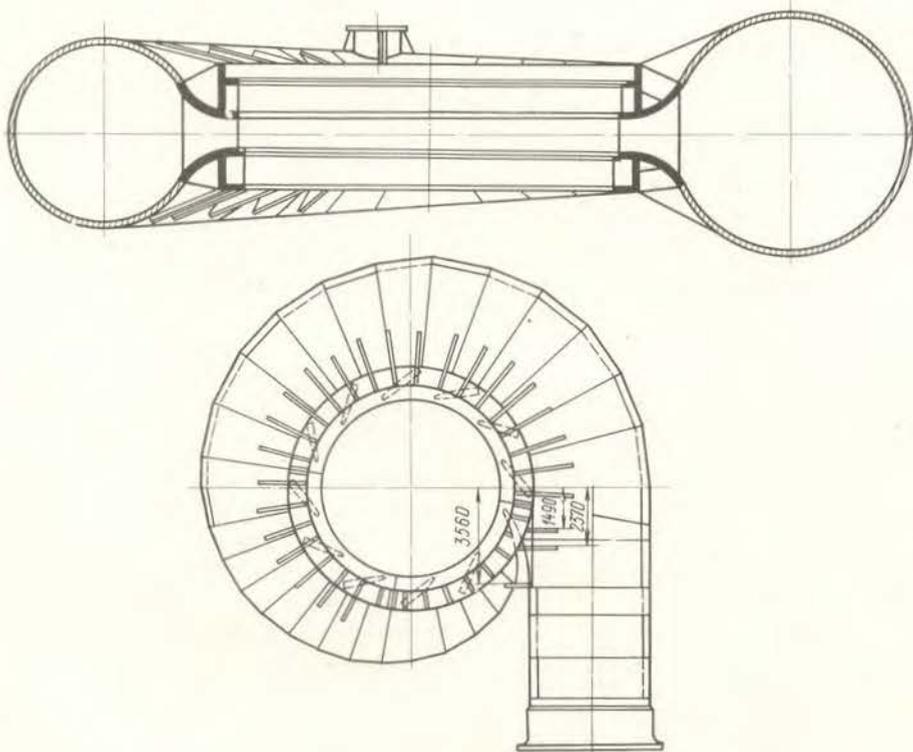
Направляющий аппарат состоит из 24 поворотных лопаток, отлитых из нержавеющей стали. Цапфы лопаток опираются на три бронзовые втулки: две — в корпусе подшипника и одна — в нижнем кольце направляющего аппарата. Нижняя и средняя цапфы уплотняются резиновыми манжетами.

Втулки механизма поворота — бронзовые. Предусмотрена централизованная система густой смазки.

Поворот направляющих лопаток осуществляется двумя прямоосными сервомоторами диа-



Фиг. 40. Разрез по турбине типа РО 957-В-475 (Нурекская ГЭС)



Фиг. 41. Спиральная камера турбины типа РО 957-В-475

метром 750 мм каждый, установленными в нише шахты турбины.

Рабочее колесо — сварно-литое из нержавеющей стали, имеет 17 лопастей. В ступице и ободке выполнены профилированные пазы, на лопастях имеются хвостики, которые заводятся в пазы и снаружи обвариваются. На рабочем колесе установлены шелевые уплотнения.

Вал турбины диаметром 1400 мм — цельнокованный со сквозным центральным отверстием. В зоне установки направляющего подшипника вал развит в специальный кольцевой гребень диаметром 1800 мм.

Крышка турбины — сварная, выполнена заодно с верхним кольцом направляющего аппарата. Нижнее кольцо — литое из двух половин.

Направляющий подшипник — сегментный

самосмазывающийся. Радиальную нагрузку воспринимают 12 регулируемых самоустанавливающихся сегментов с баббитовой облицовкой. Регулировка зазора между сегментами и валом осуществляется клиновым центрирующим устройством. Под направляющим подшипником установлено торцевое лепестковое уплотнение. Смазка осуществляется жидким маслом.

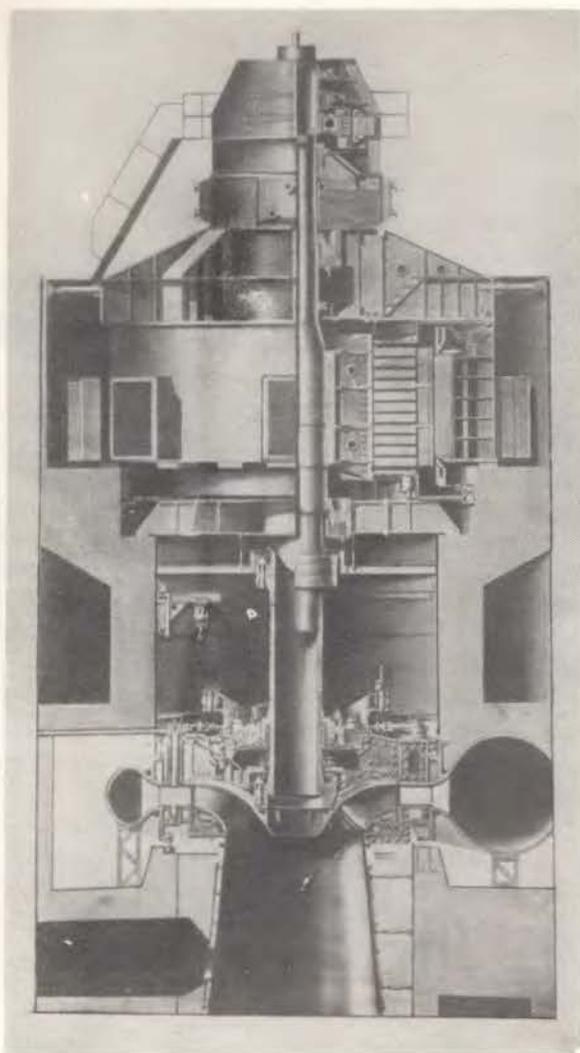
Регулирование турбины осуществляется электрогидравлическим регулятором типа ЭГР-100, который обеспечивает полную автоматизацию процессов пуска, останова и работу агрегата на холостом ходу, а также в режиме группового регулирования. Питание системы регулирования маслом под давлением осуществляется от маслонпорной установки типа МНУ-20-40.

#### Техническая характеристика

Напор, м:	
расчетный .....	223
максимальный .....	275
минимальный .....	207
Мощность, кВт .....	310000
Скорость вращения, об/мин .....	200
Диаметр рабочего колеса, мм .....	4750
Количество лопастей рабочего колеса .....	17

# ТУРБИНА ТИПА РО 960<sup>а</sup>-В-450 МОЩНОСТЬЮ 306000 кВт (Ингурская ГЭС)

Высоконапорная радиально-осевая турбина типа РО 960<sup>а</sup>-В-450 (фиг. 42, табл. 2) мощностью 306000 кВт непосредственно соединяется с генератором трехфазного тока подвесного типа мощностью 260 Мвт. Подпятник агрегата, воспринимающий осевое гидравлическое усилие и вес вращающихся частей, установлен на верхней крестовине генератора.



Подвод воды к турбине осуществляется спиральной камерой круглого сечения с углом охвата в плане 360°. Металлическая облицовка спирали воспринимает нагрузки совместно с арматурой окружающего железобетонного массива. От турбины вода отводится изогнутой отсасывающей трубой с цилиндрическим коленным диаметром 4500 мм и отводящим коническим диффузором, переходящим в туннель.

Статор турбины — сварно-литого исполнения. Полуколонны отливаются заодно с четвертями верхних и нижних колец и свариваются попарно, образуя четыре части статора, которые между собой скрепляются болтами.

Рабочее колесо — сварно-литое с 13 лопастями, выполняется из противокавитационной стали. Ступица, обод и лопасти — литые. К ступице и ободу крепятся уплотнительные кольца, которые с уплотнительными кольцами направляющего аппарата образуют лабиринтные уплотнения. Оба уплотнения расположены на одном диаметре.

Вал турбины — цельнокованный полый, выполнен из стали марки 25ГС. К верхнему фланцу вала крепится вал генератора, к нижнему — рабочее колесо.

Направляющий аппарат состоит из 24 направляющих лопаток, крышки турбины, регулирующего кольца, механизма поворота лопаток, нижнего и фундаментного колец и других деталей.

Направляющие лопатки асимметричного профиля выполняются из кавитационностойкой стали. Поворот лопаток направляющего аппарата осуществляется двумя прямоосными сервомоторами диаметром 700 мм, связанными посредством тяг с регулирующим кольцом.

Крышка турбины выполняется заодно с верхним кольцом направляющего аппарата и крепится к статору турбины. В крышке турбины размещаются четыре клапана для срыва вакуума, один из которых имеет конечный выключатель и электродное реле уровня.

Смазка втулок направляющего аппарата осуществляется от автоматической станции густой смазки САГ-150.

Направляющий подшипник — сегментный самоустанавливающийся, вкладыш его состоит из

Фиг. 42. Разрез по гидроагрегату с турбиной типа РО 960<sup>а</sup>-В-450 (Ингурская ГЭС)

12 сегментов с баббитовой заливкой. Уплотнение вала — торцевое. Смазка подшипника — масляная. Тепловой контроль масла и сегментов осуществляется термометрами сопротивления и термосигнализаторами.

Турбина снабжена всеми необходимыми вспомогательными устройствами: водяными, масляными, воздушными трубопроводами, эжектором для удаления протечек воды из крышки турбины, лекажным агрегатом для сбора протечек масла из системы регулирования турбины и управления затвором, площадками, лестницами, ограждениями, измерительными приборами и другим оборудованием.

Управление агрегатом полностью механизировано и автоматизировано.

#### Техническая характеристика

Напор, м:	
расчетный .....	325
максимальный .....	404
минимальный .....	280
Мощность, кВт:	
максимальная .....	306000
при расчетном напоре .....	265000
Скорость вращения, об/мин .....	250
Диаметр рабочего колеса, мм .....	4500
Количество лопастей рабочего колеса .....	13

## ТУРБИНА ТИПА РО 75-В-450 МОЩНОСТЬЮ 88000 кВт (Виллюйская II ГЭС).

Радиально-осевая турбина (фиг. 43, табл. 2) служит приводом генератора трехфазного тока подвешенного типа с расположением подпятника и направляющего подшипника на верхней крестовине генератора.

Вода к турбине подводится отдельным напорным трубопроводом диаметром 6 м. На входе трубопровод имеет плоский быстропадающий затвор.

Металлическая спиральная камера турбины — круглого сечения с углом охвата в плане 345°. Спиральная камера состоит из вальцованных стальных обечаек различной толщины. Обечайки спиральной камеры привариваются к статору, поэтому грань обечайки, примыкающая к статору, имеет соответствующую раздельку под сварку.

Статор воспринимает и передает на фундамент подводной части нагрузки от веса турбины, генератора и частично массива здания станции, расположенного над спиральной камерой. Статор — сварно-литой конструкции из четырех частей. Колонны, верхнее и нижнее кольца статора отлиты отдельно. Вертикальные фланцевые разъемы имеют болтовое соединение. К литым (верхнему и нижнему) кольцам приварены 12 (включая зуб) литых колонн.

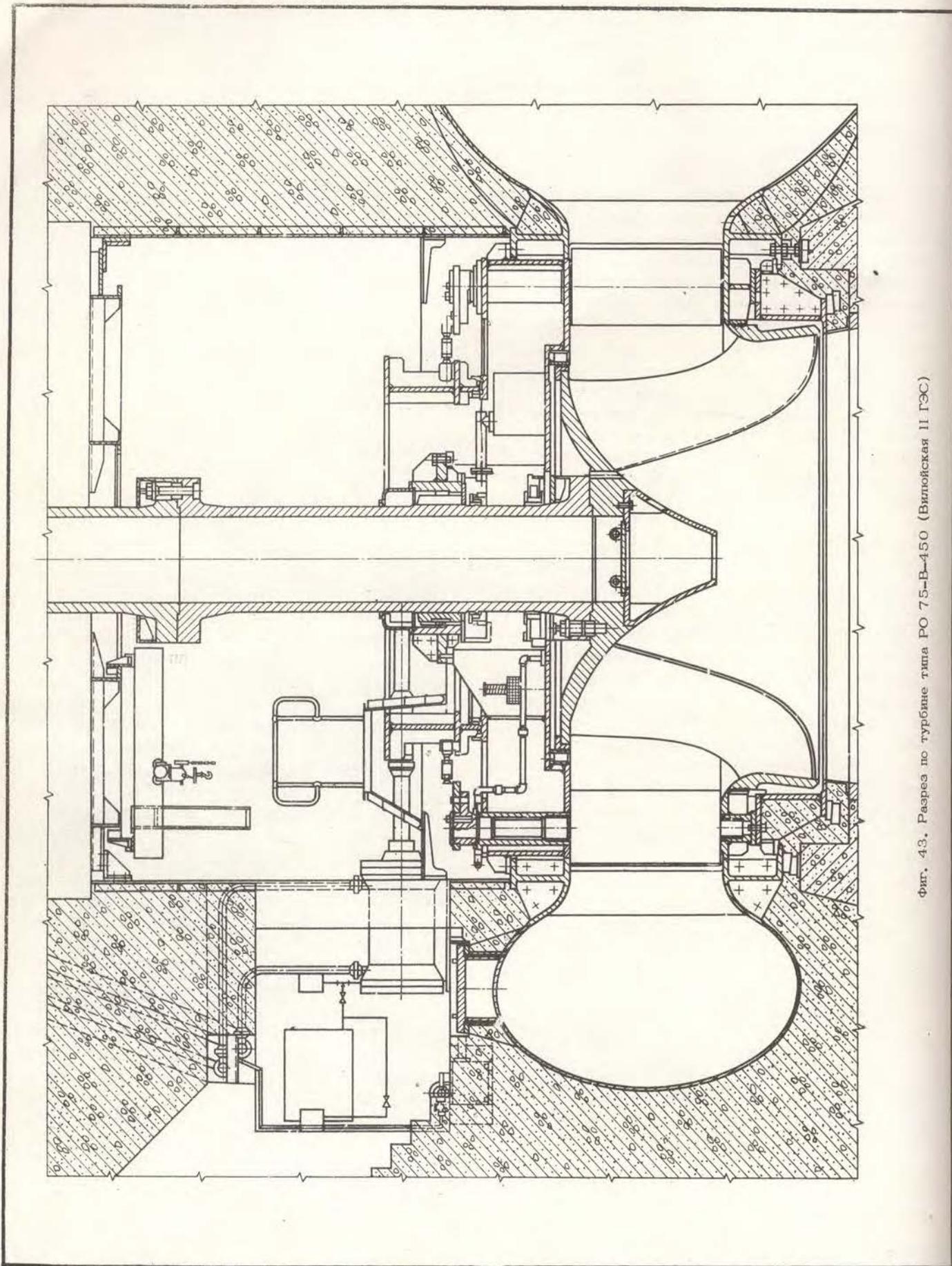
Шахта турбины представляет собой цилиндрическую облицовку, состоящую из четырех

частей, которые для жесткости обрешены горизонтальными и вертикальными ребрами. Все части облицовки шахты турбины сболчиваются между собой с последующей заваркой стыков.

Направляющий аппарат состоит из 24 лопаток асимметричного профиля, крышки турбины, регулирующего кольца, нижнего кольца механизма поворота лопаток и др. Лопатки направляющего аппарата опираются на три втулки из древесного пластика, работающие на водяной смазке. Втулки верхней и средней опор запрессованы в корпус подшипника лопатки, нижняя втулка — в нижнее кольцо направляющего аппарата. Подшипники лопаток — съемные литые из чугуна.

Направляющий аппарат в закрытом положении уплотняется резиновыми шнурами, которые закладываются в специальные пазы в утолщенной части лопаток, а также в верхнем и нижнем кольцах. Шарнирные соединения сегрег и рычагов направляющего аппарата ввиду значительных удельных давлений снабжены бронзовыми втулками, работающими на густой смазке. Смазка всех узлов трения механизма поворота лопаток осуществляется централизованно автоматической станцией.

Нижнее кольцо направляющего аппарата — сварно-литой конструкции, выполнено из стали. Крышка турбины — сварной конструкции, со-



фиг. 43. Разрез по турбине типа PO 75-B-450 (Виллойская II ГЭС)

стоит из двух частей, выполнена заодно с верхним кольцом направляющего аппарата. В крышке размещены два клапана срыва вакуума, люк диаметром 500 мм, электродное реле уровня и два приемных клапана (дренажный насос и эжектор). Между крышкой турбины и статором размещен уплотнительный шнур, предотвращающий попадание воды из проточной части в полость между облицовкой шахты турбины и крышкой турбины.

Регулирующее кольцо направляющего аппарата выполнено цельнолитым из стали.

Для поворота лопаток направляющего аппарата используются два сервомотора диаметром 600 мм, установленные в специальном помещении на фундаментных плитах. Каждый сервомотор имеет цилиндр, внутри которого перемещается поршень с укрепленным на нем стаканом. Внутри стакана проходит тяга сервомотора, соединенная с поршнем. Другой конец тяги сервомотора соединен при помощи муфты и гаек с тягой регулирующего кольца. Один из сервомоторов имеет ручное стопорное устройство, стопорящее направляющий аппарат в закрытом положении.

Рабочее колесо — неразъемное, сварно-литой конструкции, выполнено из нержавеющей стали. Колесо состоит из ступицы, нижнего

обода и 14 лопастей, которые отлиты отдельно. Все детали рабочего колеса перед сваркой подвергались предварительной механической обработке. Верхнее щелевое уплотнение рабочего колеса выполнено из четырех частей из нержавеющей кавитационностойкой стали, нижнее уплотнение изготовлено заодно с нижним кольцом направляющего аппарата.

Вал турбины — цельнокованный из стали с толщиной стенки 100 мм, имеет два фланца: нижний фланец соединен со ступицей рабочего колеса, верхний — с фланцем вала генератора.

Направляющий подшипник — сегментный на масляной смазке и имеет восемь сегментов. Поверхность сегментов, соприкасающаяся с рубашкой вала, покрыта антифрикционным материалом. Конструкция подшипника допускает регулировку зазоров между валом и сегментами. Управление работой агрегата осуществляется электрогидравлическим регулятором скорости типа ЭГР-2М-100-4. Регулятор обеспечивает работу агрегата в режимах: холостого хода; изолированной нагрузки; индивидуального и группового регулирования.

Питание системы регулирования и управления маслом под давлением осуществляется маслonaпорной установкой типа МНУ-5,6-1/40.

#### Техническая характеристика

Напор, м:	
расчетный .....	55
максимальный .....	67
минимальный .....	51
Мощность, кВт .....	88000
Скорость вращения, об/мин .....	136,4
Диаметр рабочего колеса, мм .....	4500
Количество лопастей рабочего колеса .....	14

## ТУРБИНА ТИПА РО 310-В-225 МОЩНОСТЬЮ 87400 кВт (Шамбская ГЭС)

Вертикальная радиально-осевая турбина является приводом генератора трехфазного тока подвесного типа с опорой пяты, установленной на верхней крестовине генератора. Вода к турбине поступает от индивидуального водовода. Перед входом в турбину установлен шаровой затвор.

Спиральная камера турбины — металличе-

ская сварная круглого сечения с углом охвата в плане  $345^\circ$ , выполнена из вальцованных стальных листов толщиной 36 мм, частично оребренных радиальными ребрами. Спиральная камера приварена к сварно-литому статору, имеющему 12 профилированных колонн (включая зуб), которые связывают между собой верхнее и нижнее кольца статора. На спираль-

ной камере приварены две опоры, на которые устанавливаются сервомоторы направляющего аппарата.

Отсасывающая труба — изогнутая высотой 2,6D<sub>1</sub>. Конус отсасывающей трубы по высоте делится на две части. Верхняя часть представляет собой сварной из нержавеющей стали неразъемный конус, снаружи оребренный горизонтальными и вертикальными ребрами. В нем имеется люк для осмотра нижнего обода лопастей рабочего колеса. Конструктивно нижняя часть конуса выполнена, как и верхняя, но из углеродистой стали.

Направляющий аппарат имеет 16 лопаток асимметричного профиля. Лопатки направляющего аппарата, отлитые из износостойчивой стали, установлены в трех подшипниках с бронзовыми втулками, работающими на густой смазке. Густая смазка подводится по центральнойму отверстию, идущему вдоль всего тела лопатки к радиальным отверстиям в шейках лопатки. На верхних концах цапф лопаток закреплены рычаги, которые при помощи накладок и серег связаны с регулирующим кольцом. Шарнирные соединения серег выполнены с бронзовыми втулками, работающими также на густой смазке. Уплотнение лопаток в закрытом положении достигается за счет точной подрезки лопаток по торцам и кромкам.

Направляющий аппарат приводится в действие двумя прямоосными сервомоторами диаметром 400 мм, установленными на опорах, приваренных к спиральной камере и связанных с регулирующим кольцом при помощи тяг и пальцев. Регулирующее кольцо — литой конструкции, выполнено из двух частей. Крышка турбины и нижнее кольцо направляющего аппарата — сварные и для защиты от кавитации в проточной части облицованы съемными листами из нержавеющей износостойчивой стали.

Рабочее колесо турбины — литое из износостойчивой кавитационностойкой стали, состоит из верхнего и нижнего ободов, 15 лопастей, съемных уплотнений гребенчатого типа, состоящих из неподвижного и подвижного колец, которые снабжены резьбовыми канавками. Вращающиеся кольца крепятся к ободам рабочего колеса, а неподвижные: верхнее — к крышке турбины, нижнее — к нижнему кольцу направляющего аппарата. Материал колец уплотнения — износостойчивая сталь. К нижней части верхнего обода крепится обтекатель конической формы. Для подачи воздуха в зону рабочего колеса во время работы турбины в неустановившихся режимах в теле верхнего обода и в верхнем фланце обтекателя имеются осевые отверстия.

Направляющий подшипник — сегментный самосмазывающегося типа, с восемью сегментами, залитыми баббитом. Сегменты воспринимают радиальную нагрузку. Отверстия в гребне вала перекачивают масло из одной полости в другую и тем самым обеспечивают смазку и охлаждение подшипника.

Вал турбины — кованный, имеющий специальный гребень в месте установки направляющего подшипника.

Управление работой агрегата осуществляется электрогидравлическим регулятором скорости типа ЭГР-2М-100-4, который обеспечивает работу агрегата в режимах: холостого хода, изолированной нагрузки, индивидуального и группового регулирования. Питание систем регулирования и управления маслом под давлением производится маслonaпорной установкой типа МНУ-5,6-1/40, общей для турбины и шарового затвора.

Предусмотрена работа агрегата в режиме синхронного компенсатора.

#### Техническая характеристика

Напор, м:	
расчетный .....	267,7
максимальный .....	314,65
минимальный .....	257,7
Мощность, кВт .....	87400
Скорость вращения, об/мин .....	500
Диаметр рабочего колеса, мм .....	2250
Количество лопастей рабочего колеса	15

# ТУРБИНА ТИПА РО 984-В-600 МОЩНОСТЬЮ 85000 кВт

## (Плявиньская ГЭС)

Вертикальная радиально-осевая турбина служит приводом зонтичного генератора трехфазного тока.

Спиральная камера турбины (фиг. 44, табл. 2) — таврового сечения с приподнятым потолком. Угол охвата камеры в плане  $270^\circ$ . Отсасывающая труба — изогнутая высотой  $2,3D_1$ . Потолок и конус спиральной камеры, а также входной диффузор отсасывающей трубы облицованы тонкими стальными листами. Боковые стенки и пол спиральной камеры покрыты асфальтовой гидроизоляцией.

Статор — сварно-литой из шести частей. К литым поясам (верхнему и нижнему) приварены 12 литых профилированных колонн.

Направляющий аппарат состоит из 24 поворотных лопаток асимметричного профиля, отлитых из углеродистой стали. Подшипник нижней цапфы и оба подшипника верхней цапфы имеют лигнофолевые втулки. Верхняя цапфа уплотняется U-образными резиновыми манжетами. На лопатках, в местах их соприкосновения, на крышке турбины и в нижнем кольце установлены треугольные резиновые шнуры.

Поворот направляющих лопаток осуществляется двумя торцевыми сервомоторами диаметром 500 мм каждый, установленными на регулирующем кольце, которое связано серьгами с рычагами лопаток. Один из сервомоторов снабжен ручным стопорным устройством.

Рабочее колесо (фиг. 45) — сварно-литое, имеет 15 лопастей. Обработанные отдельно лопасти собираются в пазы ступицы и обода и привариваются. Рабочее колесо изготовлено из

двух половин, которые соединяются на ГЭС при помощи сварки и болтов.

Ступицы, обод и лопасти рабочего колеса отливаются из стали. Поверхности лопастей, подверженные кавитации, имеют защитное покрытие. Уплотнение колеса по ободу и ступице — шелевое с канавками.

Фундаментное кольцо — сварное разъемное из четырех частей. Наружным фланцем кольцо крепится к фланцу нижнего кольца статора. К внутреннему фланцу фундаментного кольца крепится кольцо нижнего уплотнения рабочего колеса. Сопрягающий пояс выполнен из 40 секторов для обеспечения надежной приварки к ребрам фундаментного кольца.

Вал турбины — цельнокованый, общий для всего агрегата, верхним фланцем крепится к ступице ротора генератора. Воздух под рабочее колесо турбины в нестационарных режимах работы выпускается через сквозное продольное отверстие в валу. Для регулирования подвода воздуха на торце подставки ступицы генератора установлен клапан впуска воздуха. Часть вала, расположенная в зоне направляющего подшипника, облицована рубашкой из нержавеющей стали.

Направляющий подшипник выполнен с 12 вкладышами, покрытыми специальной пластмассой. Смазка подшипника производится водой, подаваемой из спиральной камеры через водяной фильтр. Резервирование смазки осуществляется от пожарного трубопровода.

Регулирование турбины осуществляется регулятором типа ЭГР-100-3 и маслonaпорной установкой типа МНУ-5,6-40.

### Техническая характеристика

Напор, м:

расчетный ..... 34

максимальный ..... 40

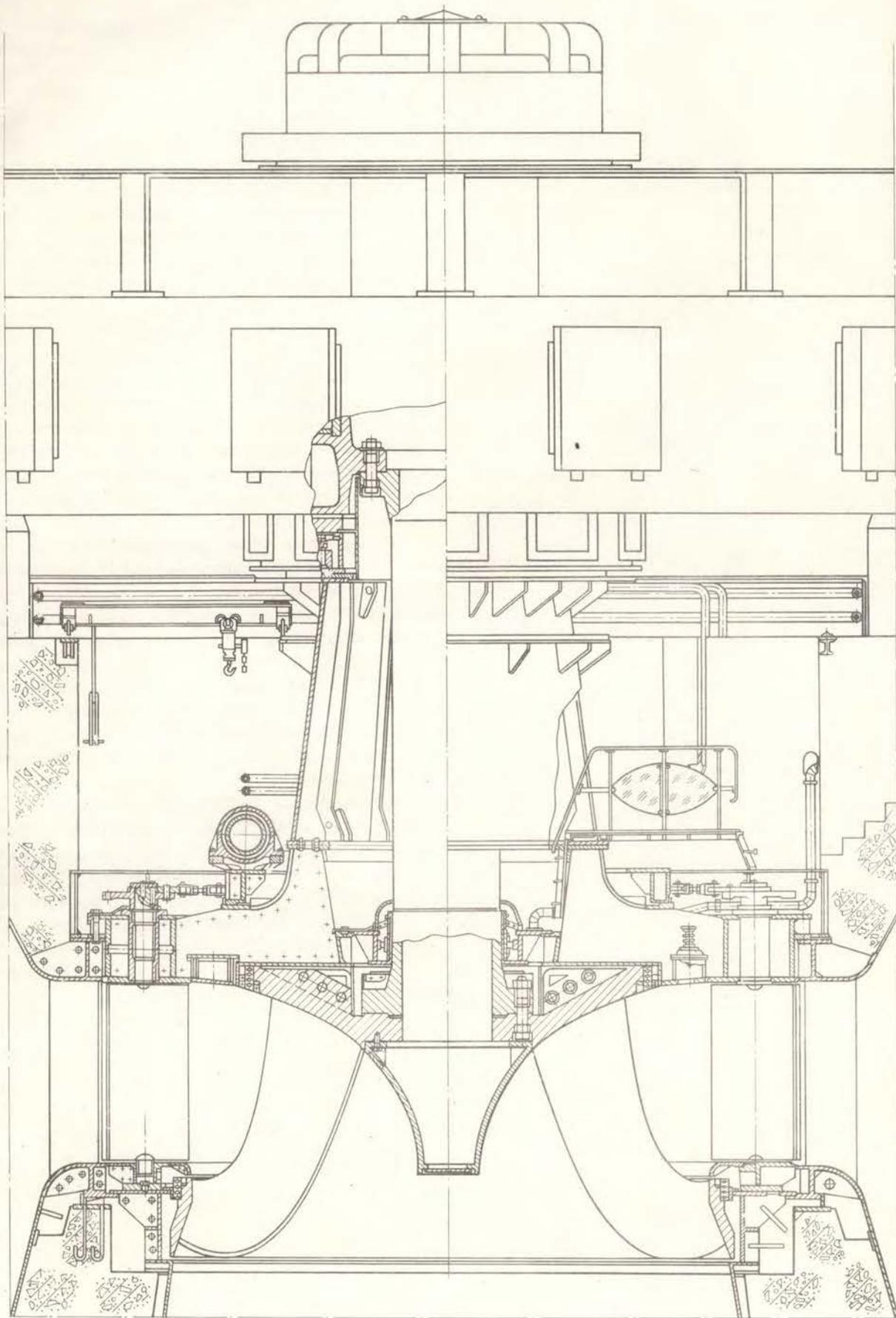
минимальный ..... 29

Мощность, кВт ..... 85000

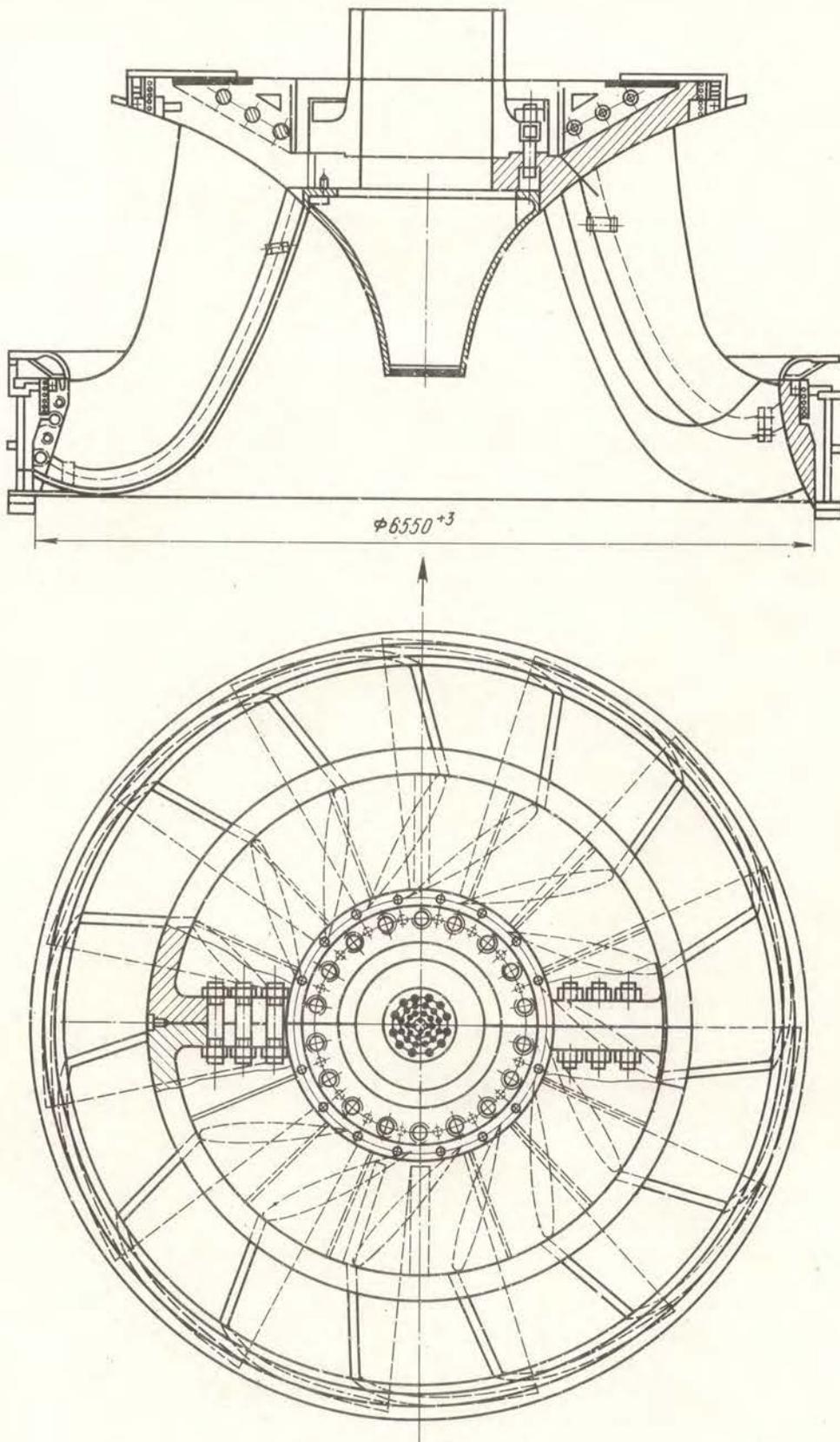
Скорость вращения, об/мин ..... 88,25

Диаметр рабочего колеса, мм ..... 6000

Количество лопастей рабочего колеса ..... 15



Фиг. 44. Разрез по турбине типа PO 984-B-600 (Плявиньская ГЭС)



Фиг. 45. Рабочее колесо турбины типа РО 984-В-600

# ТУРБИНА ТИПА РО 75-В-315 МОЩНОСТЬЮ 56700 кВт (Сигалда ГЭС)

Вертикальная радиально-осевая турбина (фиг. 46, табл. 2) предназначена для привода генератора трехфазного тока с опорой подпятника, установленной на верхней крестовине генератора. Вода к каждой турбине подводится отдельным напорным водоводом.

Металлическая спиральная камера — круглого сечения с углом охвата в плане  $351^\circ$ . Спиральная камера — сварная из листового проката, состоит из 25 секций и рассчитана на восприятие максимального давления (с учетом гидроудара)  $10 \text{ кгс/см}^2$ .

Статор турбины сварно-литой конструкции, выполнен из четырех частей. Верхний и нижний пояса и 18 колонн отливаются отдельно и затем свариваются. Кольца статора снабжены ребрами жесткости.

Рабочее колесо — сварно-литой конструкции. 16 лопастей рабочего колеса, нижний обод и ступица отлиты из нержавеющей стали. Для соединения лопастей с ободом и ступицей последние имеют профильные пазы по форме лопастей. На ступице и ободе установлены уплотнительные кольца из нержавеющей стали. В нижней части рабочего колеса установлен сварной обтекатель.

Направляющий аппарат состоит из 20 лопаток, механизма поворота лопаток, регулирующего, нижнего и двух уплотнительных колец. Верхнее кольцо направляющего аппарата и крышки турбины представляют собой единую конструкцию.

Лопатки направляющего аппарата асимметричного профиля отлиты из нержавеющей стали. Тщательная обработка торца пера лопатки обеспечивает наименьший зазор между лопатками, торцами крышки турбины и нижнего кольца. В закрытом положении кромки соседних лопаток плотно касаются одна другую. Каждая лопатка направляется тремя втулками, одна из них расположена в нижнем кольце, а две другие — в корпусе подшипника лопатки. Втулки выполнены из нержавеющей стали, их внутренние поверхности, соприкасающиеся с цапфами лопаток, облицованы пластмассой, не требующей смазки. Вокруг нижней и средней цапф лопаток установлены уплотнения манжетного типа.

Механизм поворота лопаток имеет оптимальную кинематическую и силовую схемы,

обеспечивающие необходимые перестановочные усилия. Все подшипники шарниров механизма поворота изготовлены из пластмассы. Регулирующее кольцо выполнено цельнолитым из углеродистой стали и имеет две опоры скольжения — кольцевую и торцевую.

Крышка турбины — сварной конструкции из углеродистой стали, рассчитанная на максимальное рабочее давление  $10 \text{ кгс/см}^2$ , выполнена из двух частей, соединенных болтами. Поверхность крышки, соприкасающаяся с торцами лопаток направляющего аппарата, облицована съемными листами из нержавеющей стали. На крышке турбины закреплено неподвижное кольцо лабиринтного уплотнения, выполненное из нержавеющей стали.

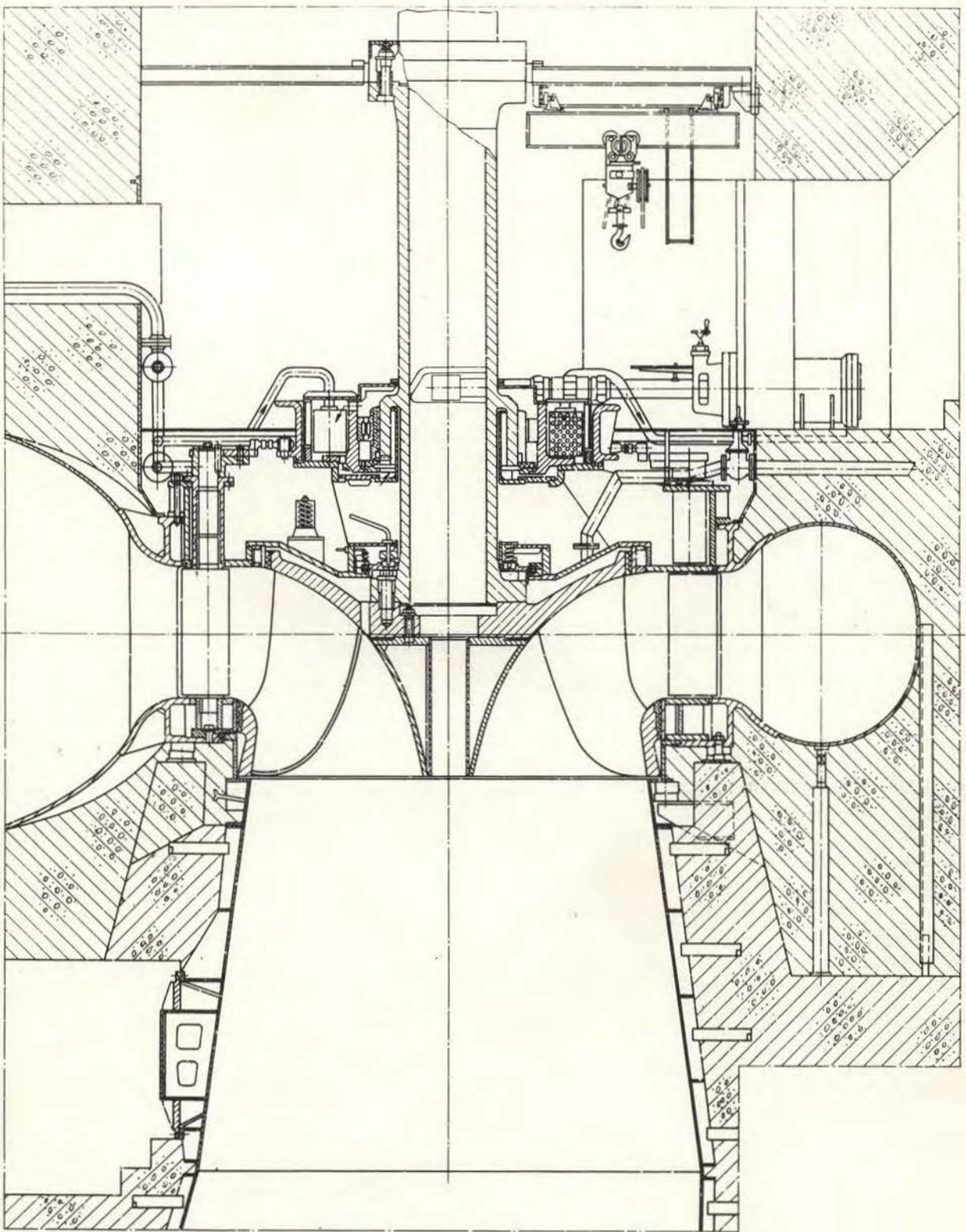
Нижнее кольцо направляющего аппарата представляет собой сварную конструкцию из углеродистой стали, состоящую из двух половин. В нем предусмотрено 20 гнезд для нижних цапф лопаток, нижний торец кольца имеет съемную облицовку из листов нержавеющей стали. На кольце установлено съемное кольцо лабиринтного уплотнения.

Управление направляющими лопатками турбины осуществляется двумя прямоосными сервомоторами двойного действия диаметром 450 мм, расположенными на фундаментных плитах.

Сервомотор состоит из цилиндра, внутри которого перемещается поршень. С поршнем связаны стакан, направляющийся в крышке, и тяга, передающая усилие регулирующему кольцу. Цилиндр, стакан, крышки и тяга выполнены из стали, а поршень — из чугуна. Сервомоторы имеют ручные стопоры, необходимые для стопорения направляющего аппарата в закрытом и полностью открытом положениях.

Направляющий подшипник с масляной смазкой имеет восемь самоустанавливающихся сегментов с баббитовым покрытием. Зазор между валом и сегментом регулируется прокладками, установленными между сегментами и корпусом подшипника. Циркуляция масла в подшипнике во время работы турбины — автоматическая. Радиальные отверстия в нижней части юбки вала выполняют роль центробежных насосов.

Вал турбины — единый цельнокованный полый, выполнен из стали с внутренним диаметром 640 мм. В зоне установки сегментного



Фиг. 46. Разрез по турбине типа PO 75-B-315 (Сигалда ГЭС)

направляющего подшипника вал развит в специальную юбку.

Торцевое уплотнение вала при работе турбины осуществляется с помощью контакта

графитового кольца, распложенного на вращающейся стальной крышке фланца вала, с бронзовой облицовкой, установленной на „плавающем“ кольце. Графитовое уплотнение нор-

мально работает даже при небольших (порядка 3–5 мм) осевых перемещениях.

Регулятор РИТМ обеспечивает работу агрегата в режимах холостого хода, изолированной нагрузки, параллельной работы в сеть, в

режимах индивидуального и группового регулирования.

Питание маслом под давлением системы регулирования и управления осуществляется маслonaпорной установкой типа МНУ-3С-1-40,

#### Техническая характеристика

Напор, м:	
расчетный .....	70,7
максимальный .....	74
минимальный .....	56
Мощность, кВт .....	56700
Скорость вращения, об/мин .....	200
Диаметр рабочего колеса, мм .....	3150
Количество лопастей рабочего колеса .....	16

## ТУРБИНА ТИПА РО 170-В-180 МОЩНОСТЬЮ 33500 кВт

### (Жинвали I ГЭС)

Вертикальная радиально-осевая турбина (фиг. 47, табл. 2) предназначена для привода генератора трехфазного тока подвесного типа с опорой подпятника на верхней крестовине генератора.

Вода к каждой турбине подводится отдельным водоводом.

Металлическая спиральная камера – круглого и эллиптического сечения. Спиральная камера представляет собой сварную конструкцию из стальных обечаек, приваренных к верхнему и нижнему поясам сварно-литого статора. Спиральная камера выполнена из двух частей, соединенных болтами. На спиральной камере приварены две опоры для крепления сервомоторов направляющего аппарата. К дисковому затвору спиральная камера крепится с помощью фланцевого соединения.

Статор – сварно-литой конструкции, выполнен из двух частей. Верхний и нижний пояса отлиты заодно с полуколоннами, которые соединяются между собой с помощью сварки. Статор имеет восемь профилированных колонн. Верхний и нижний пояса каждой половины статора приварены к обечайкам спиральной камеры и таким образом представляют единую конструкцию со спиральной камерой.

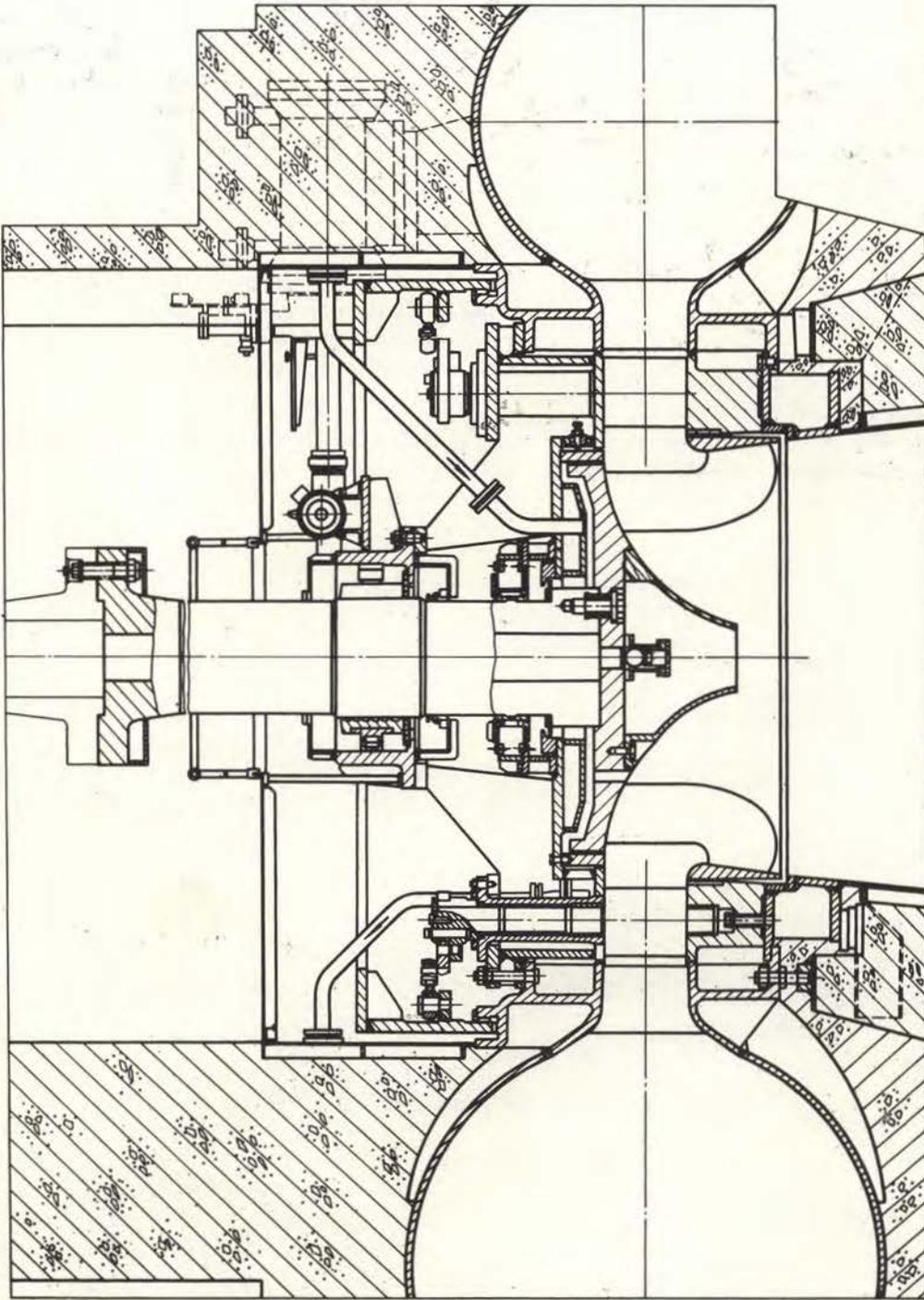
Направляющий аппарат состоит из крышки турбины (выполняет роль верхнего кольца), регулирующего кольца, 16 лопаток, механизма поворота, нижнего кольца и других деталей. Лопатки асимметричного профиля положительной кривизны отлиты из нержавеющей стали. Цапфы лопаток имеют три опоры.

Корпуса подшипников, устанавливаемые в крышке турбины, – чугунные. Механизм поворота лопаток – нормализованной конструкции с внешним расположением регулирующего кольца и накладными серьгами. Для предотвращения повреждения механизма поворота предусмотрены срезные пальцы.

Регулирующее кольцо – сварное с двумя проушинами для подсоединения тяг сервомоторов. В местах трения на регулирующем кольце установлены бронзовые сухари.

Нижнее кольцо – литое из углеродистой стали, имеет 16 расточек для размещения втулок нижних цапф лопаток. Проточная часть нижнего кольца облицована листами нержавеющей стали. Для уплотнения нижнего щелевого зазора рабочего колеса к нижнему кольцу приварено уплотнительное кольцо из нержавеющей стали.

Крышка турбины – сварная неразъемная из



Фиг. 47. Разрез по турбине типа PO 170-B-180 (Живали I ГЭС)

углеродистой стали. Проточная часть облицована листами нержавеющей стали. На крышке турбины устанавливаются 16 подшипников.

Для привода лопаток направляющего аппарата используются два прямососных сервомотора диаметром 350 мм. Сервомотор состоит из цилиндра, внутри которого перемещается поршень, имеющий два поршневых уплотнительных кольца. К поршню крепится стакан, внутри которого проходит тяга, связанная с поршнем пальцем. Резкий удар в крайнем положении о крышку гасится гидравлическим торможением. Для стопорения направляющего аппарата в закрытом положении предусмотрен стопор, расположенный на одном из сервомоторов.

Рабочее колесо — цельнолитое из нержавеющей стали с 14 лопастями. В верхнем ободе рабочего колеса имеются разгрузочные отверстия.

Рабочее колесо имеет лабиринтное уплотнение с канавками. Щели верхнего и нижнего уплотнений образуются неподвижным верхним и нижним кольцами и наружными поверхностями ступицы и обода рабочего колеса. Нижнее по-

движное уплотнительное кольцо совмещено с нижним кольцом направляющего аппарата.

Вал турбины — цельнокованный, верхним фланцем присоединяется к валу генератора, к нижней части вала крепится рабочее колесо. Уплотнение вала — лепесткового типа, закрепленное на нижней части корпуса подшипника.

Направляющий подшипник турбины — масляный сегментный с принудительной циркуляцией масла. Шесть самоустанавливающихся сегментов с баббитовой заливкой размещены в неразъемном корпусе подшипника. Масляная ванна расположена на крышке турбины.

Управление работой агрегата осуществляется электрогидравлическим регулятором скорости типа ЭГР-2М-100-4, который обеспечивает работу агрегата в режимах: холостого хода, изолированной нагрузки, индивидуально-го и группового регулирования по статической или астатической характеристике.

Питание систем регулирования турбины и управления затвором маслом под давлением осуществляется маслonaпорной установкой типа МНУ-4-1/40.

#### Техническая характеристика

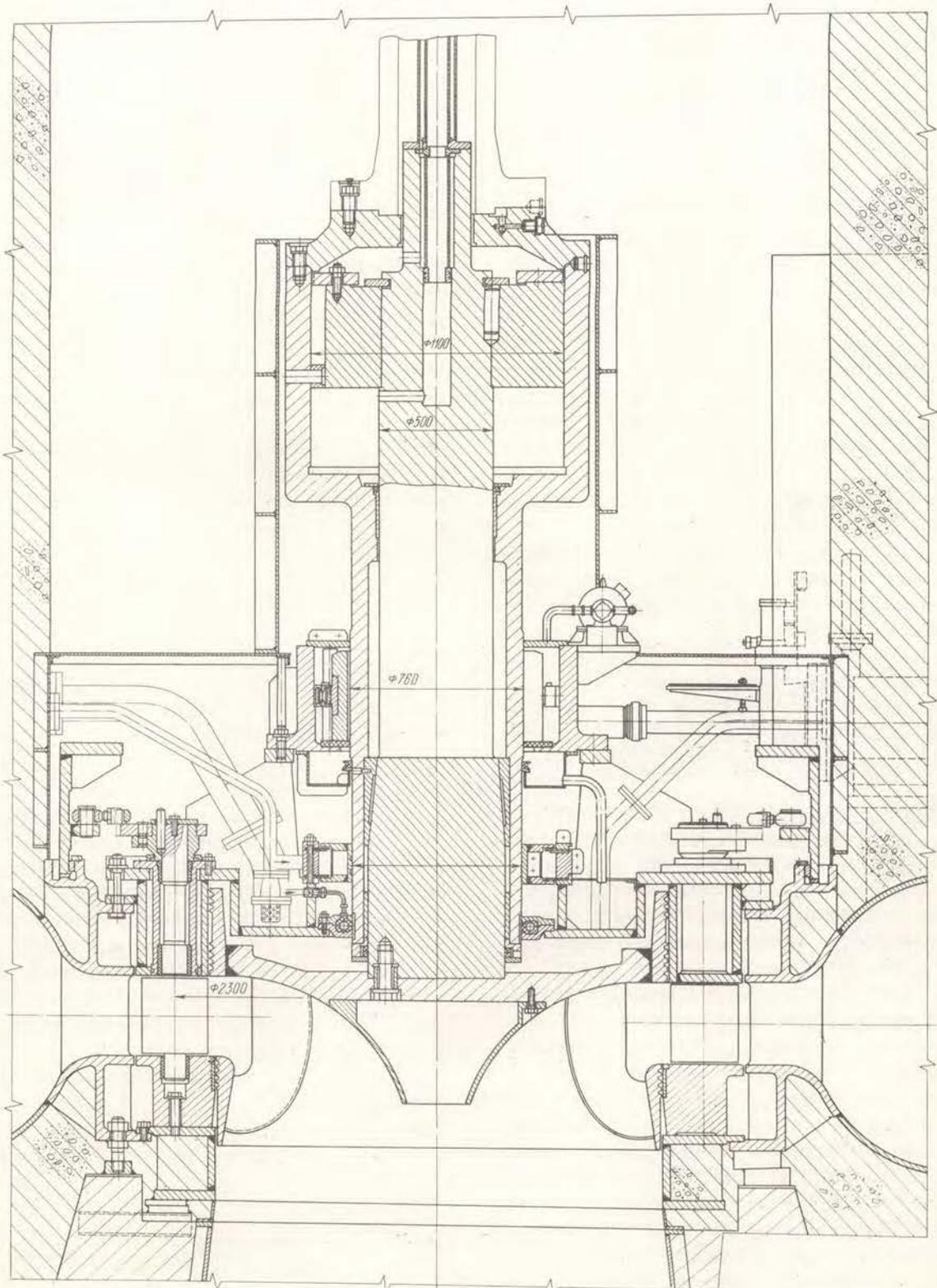
Напор, м:	
расчетный .....	128
максимальный .....	155,9
минимальный .....	108,55
Мощность, кВт .....	33500
Скорость вращения, об/мин .....	428,6
Диаметр рабочего колеса, мм .....	1800
Количество лопастей рабочего колеса .....	14

## ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННЫЙ ТУРБОЗАТВОР РО 170-В-180 МОЩНОСТЬЮ 33500 кВт (турбозатвор Жинвали I ГЭС)

Турбозатвор выполняет функции обычной радиально-осевой турбины и турбинного затвора (фиг. 48, табл. 2).

Основное конструктивное отличие его от обычной радиально-осевой турбины состоит в том, что рабочее колесо турбозатвора имеет возможность перемещения вниз, так как вал выполнен из двух частей и в месте разреза валов размещен сервомотор ротора, перемещающий рабочее колесо.

Ступица рабочего колеса имеет диаметр больший, чем диаметр обода, а высота ступицы больше высоты лопаток направляющего аппарата. Рабочее колесо в нижнем положении садится ступицей на нижнее кольцо, и своей развинутой периферийной частью ступица перекрывает проходное сечение направляющего аппарата. Таким образом, турбозатвор работает как турбина и является оперативным аварийным запорным органом.



Фиг. 48. Разрез по турбозатвору РО 170-В-180 (Жинвали I ГЭС)

Перемещение рабочего колеса турбозатвора вниз происходит за счет того, что диаметр входа в отсасывающую трубу несколько больше, чем у обычной турбины.

Турбозатвор выполняет следующие операции: пуск агрегата, нормальный останов и аварийную работу агрегата — закрытием направляющего аппарата; аварийный останов — опусканием рабочего колеса или одновременным опусканием рабочего колеса и закрытием направляющего аппарата.

**Пуск и работа в турбинном режиме.** В исходном состоянии рабочее колесо опущено в нижнее положение, направляющий аппарат закрыт. При пуске с помощью гидропривода открывается клапан на разгрузочном трубопроводе, в результате чего давление воды в полости над рабочим колесом падает. Рабочее колесо сервомотором поднимается в верхнее (турбинное) положение. Дальнейший пуск и работа в турбинном режиме не имеют существенных отличий от пуска и работы обычной турбины. При работе турбины рабочее колесо поддерживается в верхнем положении давлением масла.

**Нормальный останов турбины.** Закрывается направляющий аппарат и агрегат останавливается. Рабочее колесо сервомотором опускается в нижнее запорное положение и своей ступицей полностью перекрывает проходное сечение турбины. Затем закрывается клапан с гидроприводом на разгрузочном трубопроводе. В полость над рабочим колесом через лабиринтное уплотнение поступает вода под давлением.

**Аварийный останов турбины.** Аварийный останов закрытием направляющего аппарата не имеет существенных отличий от аварийного останова обычной радиально-осевой турбины, а аварийный останов опусканием рабочего колеса осуществляется при невозможности останова агрегата закрытием направляющего аппарата. Исходное состояние — разгон. Блок защиты системы регулирования дает импульс на опускание рабочего колеса. Сервомотор вращает рабочее колесо, которое опускается в нижнее положение. Происходит резкое ухудшение обтекания лопастной системы рабочего колеса, что приводит к быстрому уменьшению скорости вращения агрегата. При приближении ступицы рабочего колеса к нижнему кольцу вращение колеса прекращается и турбина останавливается. Аварийный останов агрегата возможен и при резком (аварийном) падении давления в системе регулирования. В этом случае усилие сервомотора становится меньше осевого усилия и под действием последнего рабочее колесо опускается вниз. Аварийный останов одно-

временным опусканием рабочего колеса и закрытием направляющего аппарата является комбинацией описанных выше режимов.

Проточная часть турбозатвора не имеет отличий от проточной части обычной турбины Жинвали ГЭС.

Ротор турбозатвора состоит из рабочего колеса с обтекателем, вала турбины, сервомотора ротора, системы шпонок, втулок, уплотнений вала и других мелких деталей.

Рабочее колесо — литое из стали. К периферийной части ступицы (верхнего обода) приварено специальное кольцо, к которому снизу присоединен обтекатель. На цилиндрических поверхностях обода и ступицы размещены уплотнения рабочего колеса.

Вал турбозатвора нижним торцом крепится к рабочему колесу, а верхним — к поршню сервомотора ротора. Для соединения вала с сервомотором в жесткую конструкцию при работе в турбинном режиме на валу предусмотрен конический участок с углом конусности  $6^\circ$ . При подъеме рабочего колеса в верхнее положение вал турбины заклинивается в соответствующем коническом участке корпуса сервомотора.

Сервомотор ротора состоит из корпуса, крышки, поршня, системы шпонок.

Поршень сервомотора — стальной, на нем сверху закреплено чугунное уплотнительное кольцо. Фиксация поршня от осевого перемещения обеспечивается закладным кольцом, состоящим из двух половин. Масло к сервомотору подводится через верхнюю уплотненную часть вала штангой.

Направляющий подшипник — масляный с восемью самоустанавливающимися сегментами и принудительной циркуляцией масла. Сегменты установлены в неразъемном корпусе подшипника. Вал имеет двойное уплотнение: основное — лепесткового типа, располагающееся на нижней части корпуса сервомотора; ниже основного — располагается ремонтное уплотнение, основным элементом которого является резиновый шланг. В случае необходимости в него подается воздух под давлением.

Ремонтное уплотнение необходимо для уплотнения крышки турбины при опущенном рабочем колесе (затворный режим) и для защиты основного уплотнения при ремонте последнего.

#### Техническая характеристика

Напор, м:	
расчетный .....	128
максимальный .....	155,9
минимальный .....	108,55
Мощность, кВт .....	33500
Скорость вращения, об/мин .....	428,6
Диаметр рабочего колеса, мм .....	1800
Количество лопастей рабочего колеса .....	14

# ТУРБИНА ТИПА РО 115-В-150 МОЩНОСТЬЮ 12500 кВт

(Мулей Юссеф ГЭС)

Вертикальная радиально-осевая турбина (фиг. 49) служит приводом генератора трехфазного тока подвешенного типа.

Турбина установлена в металлической спиральной камере круглого сечения с углом охвата в плане  $345^{\circ}$ . Диаметр входного сечения 1800 мм.

Статор турбины — сварно-литого исполнения с восемью профилированными колоннами. Полуколонны отливаются заодно с половинами верхних и нижних колец и свариваются попарно, образуя две части статора, которые затем скрепляются болтами.

Отсасывающая труба — изогнутой формы. Верхний и нижний конуса отсасывающей трубы не бетонируются, что позволяет демонтировать рабочее колесо вниз через специальную потерну.

Рабочее колесо — радиально-осевого типа с номинальным диаметром 1500 мм, с 14 лопастями, выполняется цельнолитым из стали ОХ12НДЛ.

Уплотнения рабочего колеса — шелевые. Шели верхнего и нижнего уплотнений создаются неподвижными верхним и нижним кольцами и наружными уплотнительными поверхностями ступицы и обода рабочего колеса.

Вал турбины — цельнокованный полый. Опора под сегменты направляющего подшипника выполнена в форме юбки.

Для уменьшения вибрации агрегата при работе его на малых нагрузках производится впуск воздуха в область под рабочее колесо. Впуск воздуха осуществляется через вал агрегата специальным устройством и регулируется вручную при помощи муфтового крана, который устанавливается на неподвижном кожухе генератора.

Направляющий аппарат состоит из 16 направляющих лопаток, крышки турбины, регулирующего кольца, механизма поворота лопаток, нижнего кольца и других деталей.

Крышка турбины — сварная, выполнена заодно с верхним кольцом направляющего аппарата. Нижняя плоскость крышки турбины и верхняя плоскость нижнего кольца покрыты съемными облицовками из нержавеющей стали, предохраняющими их от абразивного износа и шелевой кавитации.

Лопатки направляющего аппарата асимметричного профиля отлиты из нержавеющей стали.

Регулирующее кольцо — литое, располагается с внешней стороны по отношению к направляющим лопаткам. Смазка опоры регулирующего кольца и втулок направляющего аппарата осуществляется густой смазкой вручную.

Поворот направляющих лопаток производится двумя прямоосными сервомоторами диаметром 275 мм.

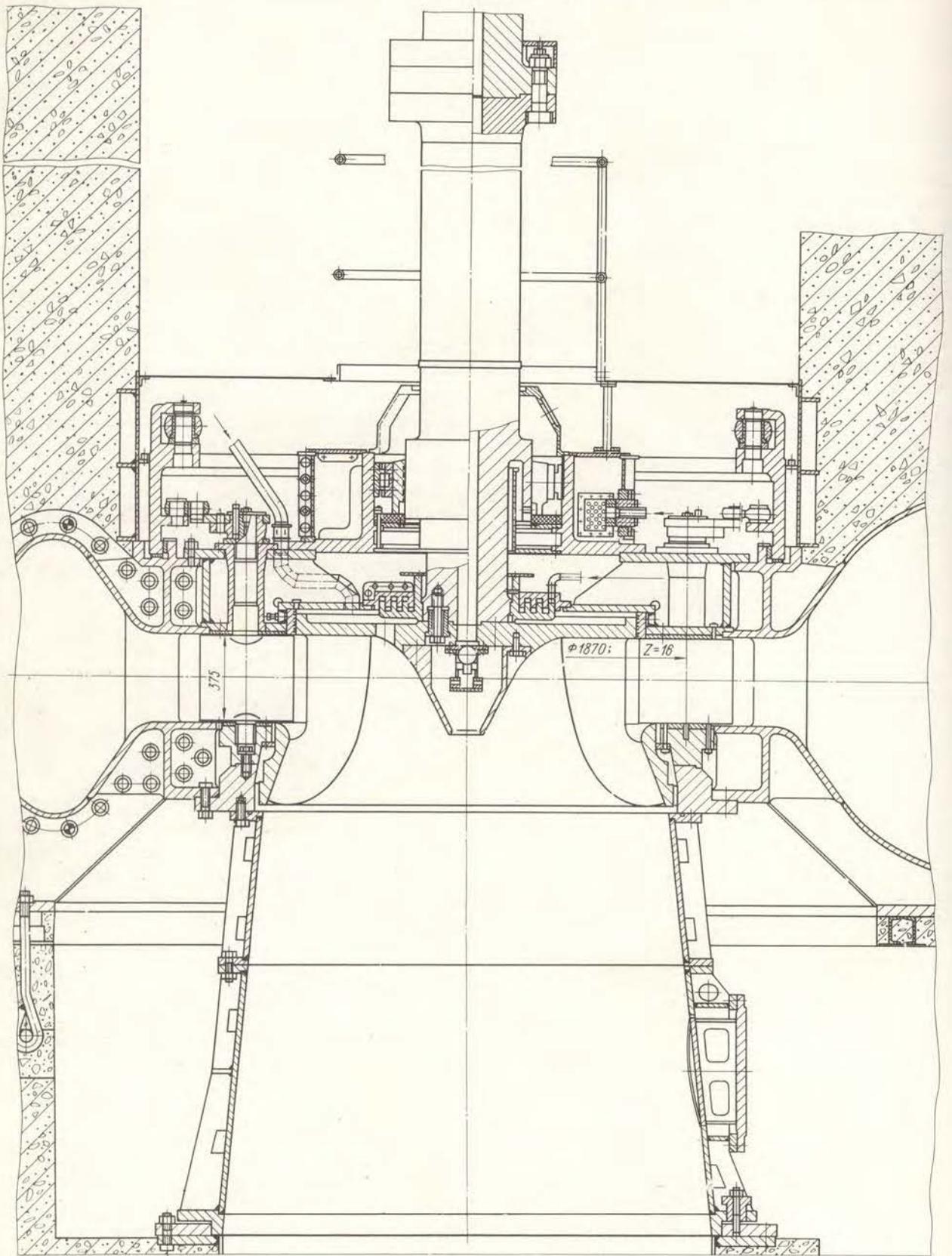
Направляющий подшипник сегментный самоустанавливающийся, вкладыш его состоит из шести сегментов с баббитовой заливкой. Смазка подшипника — масляная. Тепловой контроль масла и сегментов осуществляется термометрами сопротивления и термосигнализаторами.

Турбина снабжена всеми необходимыми вспомогательными устройствами: водяными, масляными трубопроводами, лекажным агрегатом для сбора протечек масла из системы регулирования турбины и управления затвором, площадками и лестницами, измерительными приборами и другим оборудованием.

Управление агрегатом полностью механизировано и автоматизировано.

## Техническая характеристика

Напор, м:	
расчетный .....	71,5
максимальный .....	82,5
минимальный .....	39
Мощность, кВт .....	12500
Скорость вращения, об/мин .....	375
Диаметр рабочего колеса, мм .....	1500
Количество лопастей рабочего колеса .....	14



Фиг. 49. Разрез по турбине типа РО 115-В-150 (Мулей Юссеф ГЭС)

# ТУРБИНА ТИПА РО 728 б В-150 МОЩНОСТЬЮ 5300 кВт

## (Мансур Эддахби ГЭС)

Вертикальная радиально-осевая турбина служит приводом генератора трехфазного тока подвешенного типа с двумя направляющими подшипниками. Металлическая сварная спиральная камера турбины с углом охвата в плане  $345^\circ$  выполнена из стального проката. Для доступа в спиральную камеру к лопаткам направляющего аппарата и дисковому затвору в спиральной камере предусмотрен люк диаметром 600 мм. Статор имеет восемь профилированных колонн (включая зуб).

16 направляющих лопаток асимметричного профиля направляющего аппарата выполнены из нержавеющей стали. Лопатки трехопорные: две опоры на верхней цапфе и одна на нижней. Опорные подшипники цапф лопатки — бронзовые, смазка подшипников — густая масляная. Регулирующее кольцо — цельнолитое, располагается на внешней стороне по отношению к направляющим лопаткам, поворачивается на кольцевой опоре. Серьги соединяют регулирующее кольцо с рычагами лопаток.

Крышка турбины — сварная из листового проката. Нижняя плоскость крышки, соприкасающаяся с проточной водой, закрывается съемным кольцом из нержавеющей стали. Поворот направляющих лопаток осуществляется двумя прямоосными сервомоторами диаметром 275 мм. Для стопорения направляющего аппарата в закрытом положении предусмотрен ручной стопор, расположенный на одном из сервомоторов.

Рабочее колесо радиально-осевого типа —

цельнолитое из кавитационнотстойкой стали. Рабочее колесо имеет 14 лопастей, к нижней части ступицы крепится литой обтекатель, выполненный из кавитационнотстойкой стали. В ступице рабочего колеса имеются разгрузочные отверстия для подачи сжатого воздуха в зону рабочего колеса при возможных нестационарных режимах работы гидротурбины.

Вал турбины — цельнокованный из стали. Вал имеет центральное отверстие для подачи воздуха под рабочее колесо при нестационарных режимах работы гидротурбины. Фланец верхней части вала служит для соединения с валом генератора. Уплотнение вала — шелевое гребенчатое, выполнено из стали.

Направляющий подшипник состоит из шести сегментов с баббитовой заливкой, корпуса, изготовленного заодно с крышкой турбины, шести обойм, кожуха сварной конструкции, который вместе с крышкой турбины образует масляную ванну, и других деталей. Направляющий подшипник работает на масляной смазке, масло подается в подшипник через отверстия в юбке вала, которые при вращении вала выполняют роль центробежного насоса и обеспечивают естественную циркуляцию масла в подшипнике.

Управление гидротурбиной осуществляется гидромеханическим регулятором РМ-60, питание системы регулирования маслом под давлением осуществляется маслonaпорной установкой типа МНУ-1,6-25.

### Техническая характеристика

Напор, м:	
расчетный .....	38
максимальный .....	55
минимальный .....	28
Мощность, кВт .....	5300
Скорость вращения, об/мин .....	333,3
Диаметр рабочего колеса, мм .....	1500
Количество лопастей рабочего колеса .....	14



ДИАГОНАЛЬНЫЕ,  
КОВШОВЫЕ  
И ОБРАТИМЫЕ  
ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ  
ТУРБИНЫ

## Технические характеристики диагональных, ковшовых и обратимых гидравлических турбин

Таблица 3

Показатели	Д 45-5а-В-435 (Бухтарминская ГЭС)	Д 45-2556-В-600 (Зейская ГЭС)	К 461-В-186 (Татевская ГЭС)	РОНТ 18-В-465 (Киевская ГАЭС)		ОРО 812-В-630 (Загорская ГАЭС)	
				Насосный режим	Турбинный режим	Насосный режим	Турбинный режим
Завод-изготовитель .....	ЛМЗ	ЛМЗ	ЛМЗ	ХТГЗ		ЛМЗ	
Год изготовления головного образца .....	1964	1974 (технический проект)	1967	1969		Технический проект	
Напор, м:							
максимальный .....	66,0	97,3	575,80	74,0	70,5	115	111
расчетный .....	61,0	78,5	568,82	69,5	65,0	96	100
минимальный .....	58,5	74,5	538,30	66,5	63,0	96	91
Расход воды:							
при $N_{расч}$ , м <sup>3</sup> /с .....	142	-	11	50	63,5	-	-
приведенный, л/с .....	960	960	150	365	-	-	-
Скорость вращения, об/мин:							
нормальная .....	150	136,4	500	166,7		150	
приведенная .....	90	92,3	39	94,0		-	
разгонная при сохранении комбинаторной зависимости	305	286	910	215		250	
Мощность, кВт:							
максимальная .....	90000	220000	54600	40000	34600	216000	217000
при расчетном напоре .....	77000	220000	54600	40000	32700	-	-
Рабочее колесо:							
диаметр условный, мм .....	4350	6000	1860	4650		6300	
количество лопастей .....	10	9	-	6		8	
втулочное отношение по сфере	0,65	0,60	-	-		-	
Механизм поворота лопастей ...	Крестовинный	-	-	-		-	
Направляющий аппарат:							
количество направляющих лопаток .....	24	24	6 сопл с иглами	16		20	
профиль лопатки .....	Асимметричный	Симметричный	Специальный	Симметричный		Асимметричный	
диаметральное расстояние между осями по нижним торцам лопаток, мм .....	6200	7700	-	5400		-	
высота, мм .....	1087	1500	-	680		1200	
Сервомотор:							
тип .....	Торовый кольцевой	Сдвоенный прямоосный	Прямоосный	Прямоосный		-	
диаметр, мм .....	380	600	-	450		-	
Спиральная камера:							
тип .....	Металлическая	Металлическая	Распределитель-коллектор	Металлическая		Металлическая	
профиль сечения .....	Круглый	Круглый	-	Круглый		Круглый	
угол охвата в плане, град ...	345	345	-	345		345	
скорость воды во входном сечении, м/с .....	8,0	11,4	-	8,3	9,4	-	-
скоростной коэффициент .....	0,9	-	-	-	-	-	-
Тип отсасывающей трубы .....	Изогнутая	Изогнутая с коленом № 4	Отводящий канал	Изогнутая с коленом № 4		Изогнутая	
Отношение высоты к диаметру рабочего колеса .....	1,7Д	-	-	1,73		-	
Направляющий подшипник:							
смазка .....	Вода	Вода	Масло	Вода		Жидкое масло	
покрытие вкладыша .....	Резина	Резина	Баббит	Графито-каучуковая масса		Баббит	
Тип:							
регулятора .....	РКМ-100	ЭГРК-1Т-150-4	КЭГР-70	РМ-100		РИТМ	
маслонапорной установки .....	МНУ-12,5-1/40	МНУ-20-2/40	МНУ-4-1/40	МНУ-4-40		МНУ-25-2/40	
затвора перед турбиной .....	Дисковый Ø 5300 мм	-	Шаровой Ø 1300 мм	-	-	-	-
Направление вращения .....	Правое	Правое	Правое	Левое	Правое	-	-
Количество сопл .....	-	-	6	-	-	-	-
Диаметр струи, мм .....	-	-	152	-	-	-	-

# ОПИСАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ДИАГОНАЛЬНЫХ, КОВШОВЫХ И ОБРАТИМЫХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ТУРБИН

## ДИАГОНАЛЬНАЯ ТУРБИНА ТИПА Д 45-2556-В-600

МОЩНОСТЬЮ 220000 кВт

(Зейская ГЭС)

Уникальная по мощности вертикальная поворотнo-лопатная турбина (фиг. 50, табл. 3) диагонального типа служит приводом генератора трехфазного тока зонтичного типа с опорой пята на крышке турбины.

Подвод воды к каждой турбине осуществляется отдельными трубопроводами, в головной части которых установлены быстропадающие шитовые затворы.

Спиральная камера турбины — металлическая круглого сечения с углом охвата в плане  $345^\circ$ , выполнена из звеньев, вальцованных из листовой стали различной толщины и различных марок. В зоне больших напряжений используется высокопрочная сталь. Звенья свариваются между собой и со статором на месте монтажа. Верхняя часть спиральной камеры покрыта изолирующими материалами. Диаметр входного патрубка спиральной камеры 7100 мм.

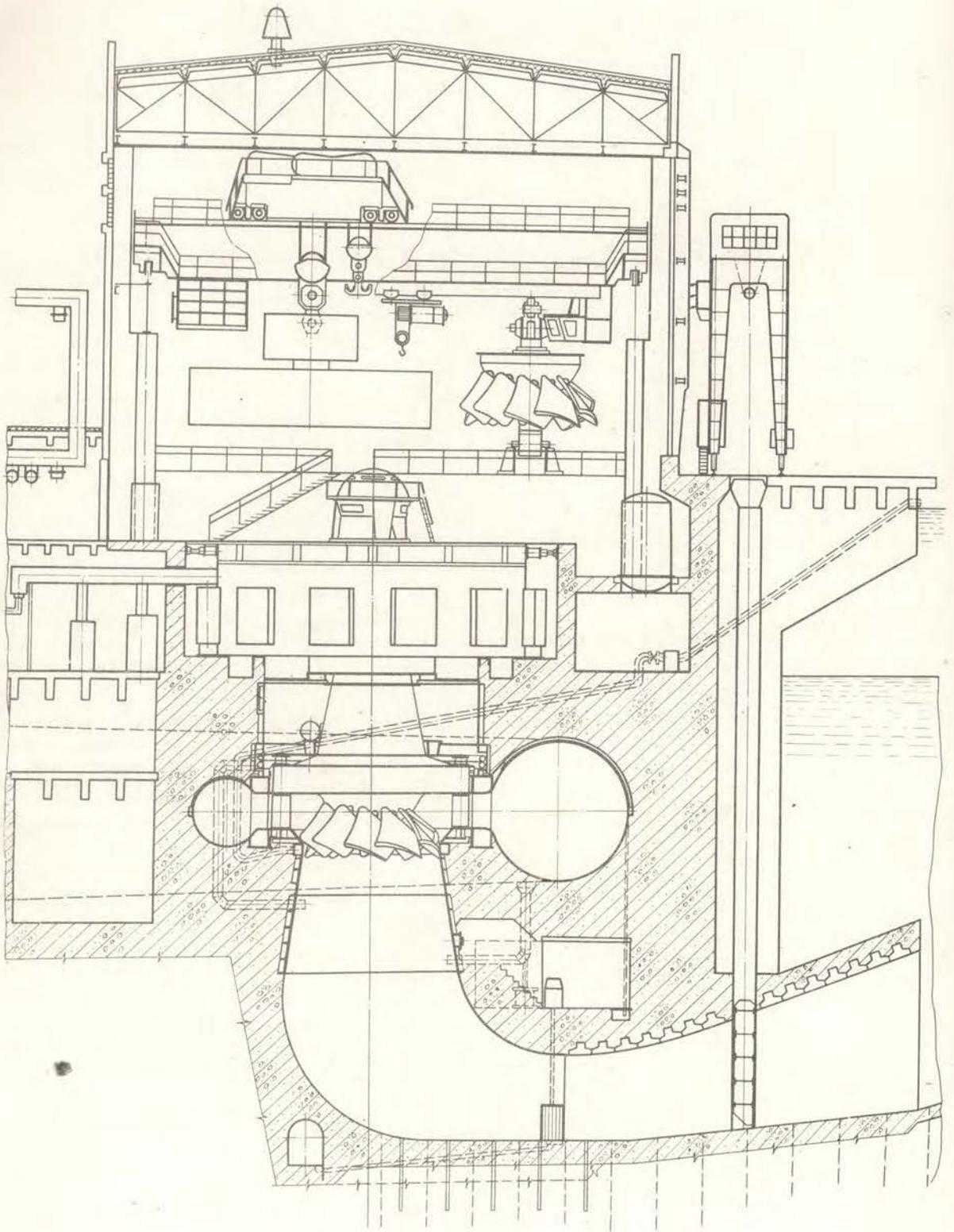
Статор — сварно-литой, без механической обработки сопрягаемых поверхностей, имеет 12 литых колонн, соединяемых гранеными сварными верхним и нижним поясами коробчатой формы. Статор выполнен из четырех частей, свариваемых между собой на месте монтажа.

Камера рабочего колеса по высоте состоит из трех частей: сферической, цилиндрической и конической. Сферическая и цилиндрическая части представляют собой механически обработанную сварную конструкцию из шести частей. В сферической части расположен горизонтальный фланец, служащий опорой для нижнего кольца направляющего аппарата. Коническая часть камеры также представляет собой обрешенную сварную конструкцию из шести частей, соединяемых между собой при помощи сварки. Обтекаемая нижняя часть камеры изготовлена

из двухслойной стали. В нижней части камеры расположен кольцевой карман, к которому подводится воздухопровод для подачи атмосферного воздуха. Через отверстия в облицовке камеры рабочего колеса воздух равномерно по всей окружности подается под рабочее колесо.

Направляющий аппарат имеет 24 трехопорные направляющие лопатки симметричного профиля. Верхняя и средняя опоры лопаток расположены в корпусе подшипника, установленного на крышке турбины. Опора нижней цапфы располагается в нижнем кольце направляющего аппарата, состоящем из четырех частей и установленном на фланце камеры рабочего колеса. Средняя и нижняя опоры уплотнены манжетами. Поверхности трения всех трех опор направляющих лопаток облицованы нержавеющей сталью, а в корпус подшипника и нижнее кольцо запрессована втулка с синтетическим антифрикционным покрытием. Механизм поворота лопаток направляющего аппарата состоит из серьги, накладки, рычага и регулирующего кольца. Регулирующее кольцо выполнено сварным из листовой стали, имеет два выступа с запрессованными пальцами для соединения с поршнями сервомоторов и 24 фигурных выступа для соединения с вилками серег. Направляющими регулирующего кольца являются капроновые планки, установленные на специальных бобышках крышки турбины.

Крышка турбины, на которой установлена и закреплена болтами и штифтами опора подпятника, — сварной конструкции, изготовлена из двух частей. На ее конической части имеются два выступа для крепления корпусов сервомоторов и два проема, где установлен направляющий подшипник. В нижней внутренней части крышки турбины расположена



Фиг. 50. Разрез по гидроагрегату с диагональной турбиной типа Д 45-2556-В-600 (Зейская ГЭС)

и закреплена неподвижная лабиринтная часть уплотнения рабочего колеса.

Рабочее колесо — диагонального типа с девятью литыми стальными лопастями, имеет корпус, состоящий из цилиндрической и сферической частей, литых из стали. В сферической части корпуса установлены девять цапф, прикрепляемых к лопастям болтами и шпонками. На цапфы надеты рычаги и закреплены от поворота шпонками. Конец рычага выполнен в виде вилки и соединяется с литой крестовиной с помощью серьги. Крестовина является одновременно подвижным цилиндром сдвоенного поршневого сервомотора, осуществляющего поворот лопастей. Сервомотор расположен в центральной части сферической половины корпуса рабочего колеса. Верхний поршень сервомотора выполнен заодно с корпусом рабочего колеса, а нижний расположен во внутренней конической части последнего. Для уменьшения протечек на верхнем и нижнем поршнях установлены уплотнительные поршневые кольца. В нижней части сферической половины корпуса рабочего колеса закреплен болтами сварной конус-обтекатель, являющийся одновременно крышкой нижнего сервомотора. В центральной части конуса-обтекателя установлен клапан для слива масла из рабочего колеса.

Направляющий подшипник турбины — нормализованной конструкции с обрезиненным вкладышем, работает на водяной смазке. Подшипник установлен на опоре подпятника.

Вал турбины — единый кованный, нижний фланец которого объединен с крышкой рабочего колеса. В месте установки направляющего подшипника на валу приварена рубашка из листов нержавеющей стали. Уплотнение вала — воротникового типа.

Уплотнение турбины — лабиринтное неподвижного типа с отводом протечек в отсасывающую трубу.

Управление турбиной осуществляется регулятором ЭГРК-1Т-150-4 и маслonaпорной установкой типа МНУ-20-2/40.

Контрольно-измерительная аппаратура, предусмотренная на турбине, позволяет контролировать: давление масла в системе регулирования; давление и расход воды, питающей направляющий подшипник; давление перед направляющим аппаратом, рабочим колесом, в зоне под направляющим подшипником и в отсасывающей трубе. Основная часть контрольно-измерительной аппаратуры смонтирована на щитах в проходе к шахте турбины. Кроме этой аппаратуры, турбина снабжена прибором для контроля зазора „лопасть-камера“, расположенным в трубе в зоне прохода к люку в конусе отсасывающей трубы. Показания этого прибора передаются на щит агрегата. На рычагах направляющего аппарата установлена аппаратура, контролирующая целостность срезных пальцев и передающая сигналы о поломке на щит управления. Для откачки протечек из крышки турбины в ней установлена аппаратура включения насоса.

#### Техническая характеристика

Напор, м:	
расчетный .....	78,5
максимальный .....	97,3
минимальный .....	74,5
Мощность, кВт .....	220000
Скорость вращения, об/мин .....	136,4
Диаметр рабочего колеса, мм .....	6000
Количество лопастей рабочего колеса .....	9

## КОВШОВАЯ ТУРБИНА ТИПА К 461-В-186

МОЩНОСТЬЮ 54600 кВт

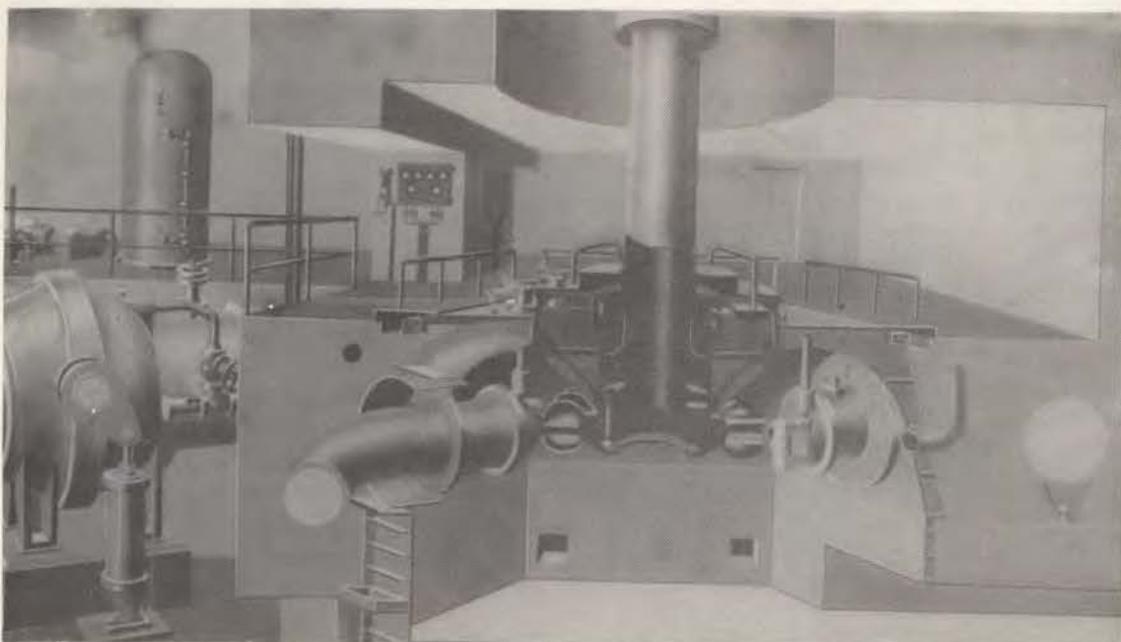
(Татевская ГЭС)

Вертикальная ковшовая шестисопловая турбина служит приводом гидрогенератора трехфазного тока (фиг. 51, табл. 3).

Вода к турбинам подводится по напорному трубопроводу, разветвляющемуся перед зданием ГЭС на три нитки. Перед каждой турби-

ной установлен шаровой затвор диаметром 1300 мм, соединенный с распределителем.

Распределитель выполнен сварным из листовой стали и состоит из шести патрубков, соединенных между собой с помощью промежуточных звеньев; имеет шесть отводов, распо-



Фиг. 51. Разрез по ковшовой турбине типа К 461-В-186 (Татевская ГЭС)

ложенных в горизонтальной плоскости. Фланцы отводов распределителя связаны с кожухом турбины, внутри которого находятся рабочее колесо и игольчатые прямооточные сопла.

Кожух выполнен сварным, в поперечном сечении в плане имеет шестигранную форму, а в меридиональном — обтекаемую фасонную поверхность.

Прямооточные сопла выполнены двух типов: поршневые и с пружинным устройством на третьей турбине. В обеих конструкциях сопла предусмотрена гидравлическая разгрузка, обеспечивающая уменьшение усилий, действующих на иглу в сторону закрытия, а также пружинная и масляная разгрузка соответственно каждому типу сопла.

Сопло состоит из корпуса, насадка, иглы, разгрузочного устройства и масляного трубопровода. Наиболее изнашиваемые детали сопла выполнены из нержавеющей стали, все опорные втулки — из бронзы.

Для защиты струй, выходящих из сопел, от действия струй соседних сопел на каждом насадке предусмотрены защитные приливы-экраны. Корпус каждого сопла также защищается экранами от действия струй, отклоненных отсекателями. На каждом насадке сопла с одной стороны имеется прилив, который является опорой отсекаателя.

Отсекатели служат для регулирования скорости вращения турбины при сбросах нагрузок и одновременно являются средством защиты турбины от разгона. Принцип их действия ос-

нован на отсекании струй от ковшей рабочего колеса полностью или частично в зависимости от сброса нагрузки. Все отсекатели управляются одним сервомотором, который получает импульс для перемещения от регулятора.

Каждый отсекатель состоит из корпуса и ножа, выполненного из нержавеющей стали и закрепленного на корпусе отсекаателя. Корпус отсекаателя при помощи шпонок соединен с валом отсекаателя.

Сервомотор для перемещения отсекаателей установлен на кожухе турбины и посредством четырех тяг связан с рычагами, которыми он поворачивает валы отсекаателей.

Рабочее колесо — сварно-литое, состоит из 20 ковшей, отлитых из хромистой нержавеющей стали, и двух бандажей, откованных из этой же стали.

Корневые сечения ковшей имеют геометрический профиль, способствующий свободному отводу отработанной воды с рабочего колеса, что положительно влияет на КПД. Хвостовики ковшей плотно пригнаны один к другому и сварены между собой.

Рабочее колесо соединяется с фланцем вала при помощи шпилек с гайками.

Вал — цельнокованный с двумя фланцами. Верхним фланцем вал турбины крепится к фланцу вала генератора призонными болтами. Для направления в подшипнике на валу предусмотрен кольцевой направляющий пояс, в нижней части которого имеются отверстия для захвата масла из масляной ванны, чем обеспечи-

вается самосмазывание подшипника. В верхней части внутренней зоны кольцевого пояса предусмотрены отверстия для подвода воздуха на случай срыва вакуума.

Направляющий аппарат состоит из шести игольчатых бесштоковых сопел, которые устанавливаются на фланцах отводов распределителя.

Направляющий подшипник — сегментный самосмазывающийся, на жидкой масляной смазке, устанавливается на кожухе турбины. Он состоит из следующих основных деталей: чугунного корпуса, вкладыша, состоящего из восьми сегментов, выполненных из стали, сварной ванны и крышки.

Уровень масла в ванне контролируется поплавковым реле. Охлаждение масла осуществляется через торовую поверхность корпуса подшипника, которая омывается водой, сходящей с ковшей рабочего колеса. Контроль температуры, масла и вкладыша осуществляется

двумя термосопротивлениями и двумя термисигнализаторами.

Для возможности демонтажа рабочего колеса и сопел без разборки агрегата из шахты турбины в галерею шаровых затворов предусмотрен проем под кожухом турбины.

Гидротурбинное оборудование предусматривает работу агрегатов на автоматическом управлении.

Система регулирования турбины включает регулятор типа КЭГР-70 и маслонапорную установку типа МНУ-4-1/40.

#### Техническая характеристика

Напор, м:	
расчетный .....	568,32
максимальный .....	575,8
минимальный .....	538,3
Мощность, кВт .....	54600
Скорость вращения, об/мин .....	500
Диаметр рабочего колеса, мм .....	1860
Количество лопастей рабочего колеса .....	6

## ОБРАТИМАЯ НАСОС - ТУРБИНА ТИПА РОНТ 18-В-465 МОЩНОСТЬЮ 40000/34600 кВт (Киевская ГАЭС)

Обратимая радиально-осевая вертикальная насос-турбина служит приводом генератора трехфазного тока подвесного типа.

Насос-турбина (фиг. 52) работает в двух режимах — насосном и турбинном, обладая способностью правого и левого вращения, с числом оборотов в минуту 166,7.

Предусмотрена работа в режиме синхронного компенсатора.

В насосном режиме генератор-двигатель потребляет мощность из сети не более 40000 кВт во всем диапазоне напоров.

В турбинном режиме при напоре от расчетного 65 до максимального 70,5 м номинальная мощность составляет 34600 кВт, а при минимальном напоре 63 м — 32700 кВт.

При маховом моменте  $5100 \text{ тм}^2$  увеличение числа оборотов при полном сбросе нагрузки не превышает 29% номинального.

Подпятник агрегата, воспринимающий осевое гидравлическое усилие и вес вращающихся частей, установлен на верхней крестовине генератора-двигателя.

Подвод воды в турбинном и отвод в насосном режимах осуществляются металлической

спиральной камерой круглого сечения с углом охвата в плане  $\varphi = 345^\circ$ .

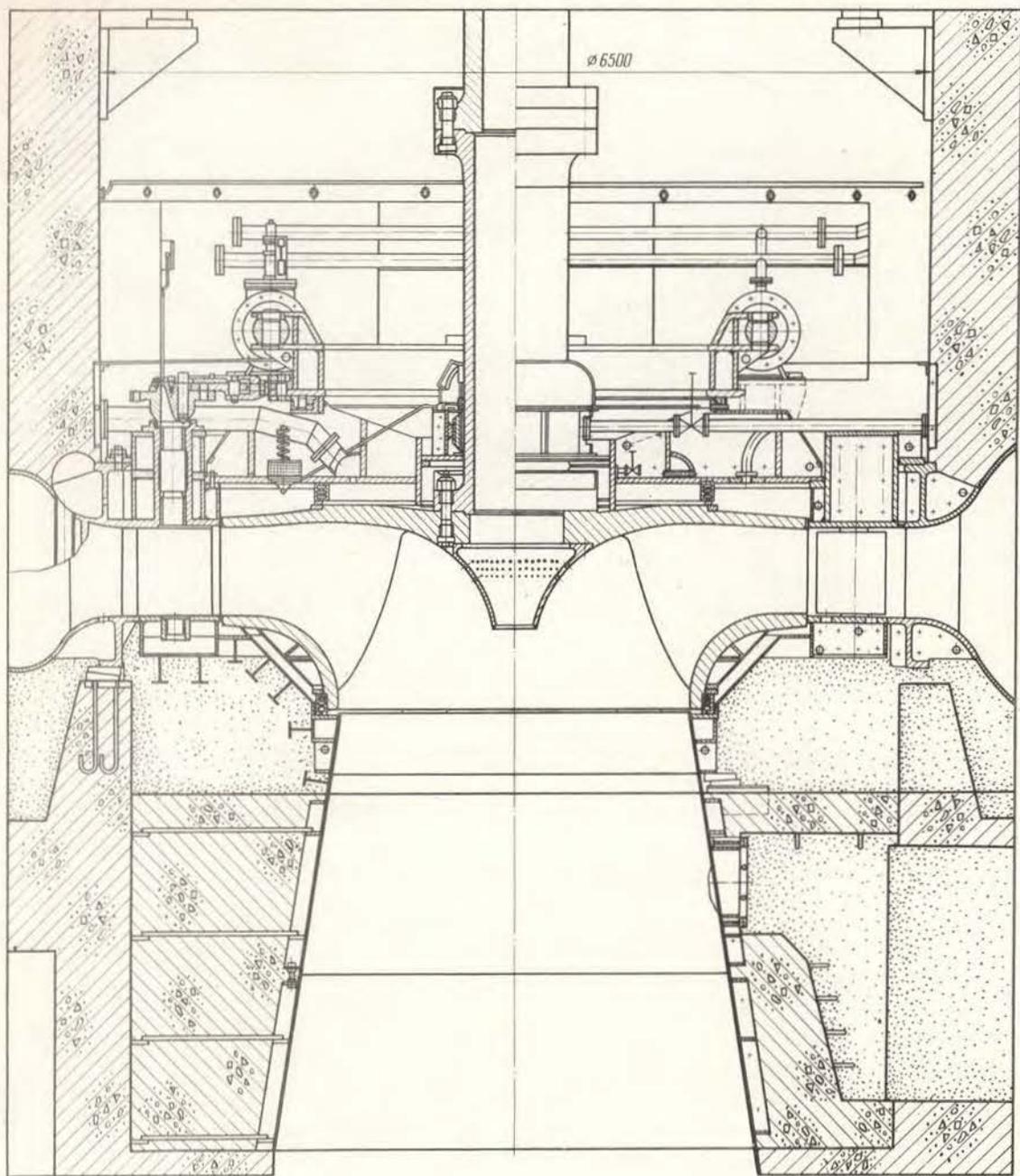
Отсасывающая труба изогнута с коленом № 4 высотой  $3,03D_2$  и длиной  $4,86D_2$  ( $D_2$  — диаметр рабочего колеса на выходе в турбинном режиме).

Во избежание размыва бетона и фильтрации воды входной диффузор отсасывающей трубы выполняется металлическим.

Статор воспринимает и передает на фундамент подводной части здания электростанции нагрузки от веса неподвижных частей насоса-турбины, генератора-двигателя, частично от вышележащего бетона и потока воды, проходящего через проточную часть. Статор представляет собой сварно-литую конструкцию из литых верхних и нижних секторов с полуколоннами, сваренными между собой горизонтальным сварным швом. Статор состоит из четырех частей.

Рабочее колесо центробежного типа РОНТ 18-цельнолитое с шестью лопастями, из кавитационной легированной стали.

С целью уменьшения протечек воды к верхнему и нижнему ободам рабочего колеса



Фиг. 52. Разрез по насос-турбине типа РОНТ 18-В-465 (Киевская ГАЭС)

крепятся уплотнительные кольца, которые с уплотнительными кольцами, закрепленными на крышке насоса-турбины и в камере рабочего колеса, создают лабиринтные уплотнения.

Расположение верхних и нижних уплотнений на одном диаметре способствует снижению осевого усилия. С этой целью через коллектор с двумя отводными трубами полость между крышкой насоса-турбины и верхним ободом рабочего колеса (за уплотнением) сообщается с отсасывающей трубой.

Вал — цельнокованый полый. В зоне установки направляющего подшипника вал облицован листами нержавеющей стали. К нижнему фланцу вала крепится рабочее колесо, к верхнему — вал генератора.

Для уменьшения вибрации агрегата при нестандартных режимах работы через клапан впуска воздуха и внутреннюю полость валов производится впуск воздуха под рабочее колесо.

В связи со спецификой работы насоса-тур-

бины в насосном и турбинном режимах был специально спроектирован профиль лопатки направляющего аппарата для двух потоков.

Направляющий аппарат состоит из 16 лопаток, крышки насоса-турбины, нижнего, верхнего и регулирующего колец, механизма поворота лопаток со срезными предохранительными пальцами и других деталей.

Поворот лопаток осуществляется двумя прямоосными цилиндрическими сервомоторами с диаметром поршня 450 мм.

Один из сервомоторов имеет стопорное устройство, удерживающее направляющий аппарат в закрытом положении.

Сервомоторы соединяются с регулирующим кольцом посредством специальных тяг.

Направляющий подшипник выполнен сегментным; его конструкция допускает регулирование зазоров между валом и сегментами. Радиальная нагрузка воспринимается восемью сегментами, рабочая поверхность которых покрыта антифрикционным материалом. Смазка подшипника — водяная и обеспечивается отбором воды от технического трубопровода станции.

Удаление воды из крышки насоса-турбины в нижний бьеф осуществляется самотеком через трубки в верхнем кольце направляющего аппарата, полость верхнего кольца статора и трубу, расположенную в углублении зуба.

Управление агрегатом автоматизировано и осуществляется регулятором типа РМ-100. Питание системы регулирования маслом под давлением обеспечивается маслonaпорной установкой МНУ-4-40.

#### Техническая характеристика

	Режим	
	Насосный	Турбинный
Напор, м:		
расчетный .....	69,5	65,0
максимальный .....	74,0	70,5
минимальный .....	66,5	63,0
Мощность, кВт:		
максимальная .....	40000	34600
при минимальном напоре (63 м)	40000	32700
Скорость вращения, об/мин .....	166,7	
Диаметр рабочего колеса, мм ...	4650	
Количество лопастей рабочего колеса .....		6

## ОБРАТИМАЯ НАСОС-ТУРБИНА ТИПА ОРО 812-В-630

МОЩНОСТЬЮ 216000/217000 кВт

(Загорская ГАЭС)

Вертикальная радиально-осевая обратимая гидромашина (фиг. 53, табл. 3) служит приводом генератора трехфазного тока частотой 50 пер/с. Опора подпятника генератора расположена на крышке турбины.

Обратимая гидромашина предназначена для установки в здании ГАЭС полуподземного типа с заглублением около 15 м. Подвод воды к агрегатам осуществляется индивидуальными трубопроводами диаметром 7,5 и длиной 714 м. Гидромашина работает в двух режимах: при левом вращении рабочего колеса — насосный режим, при правом — турбинный. Число оборотов в обоих режимах одинаково.

В насосном режиме генератор-двигатель потребляет мощность из сети (216000 кВт), в турбинном режиме при напорах от максимального до расчетного номинальная вырабатываемая мощность составляет 217000 кВт.

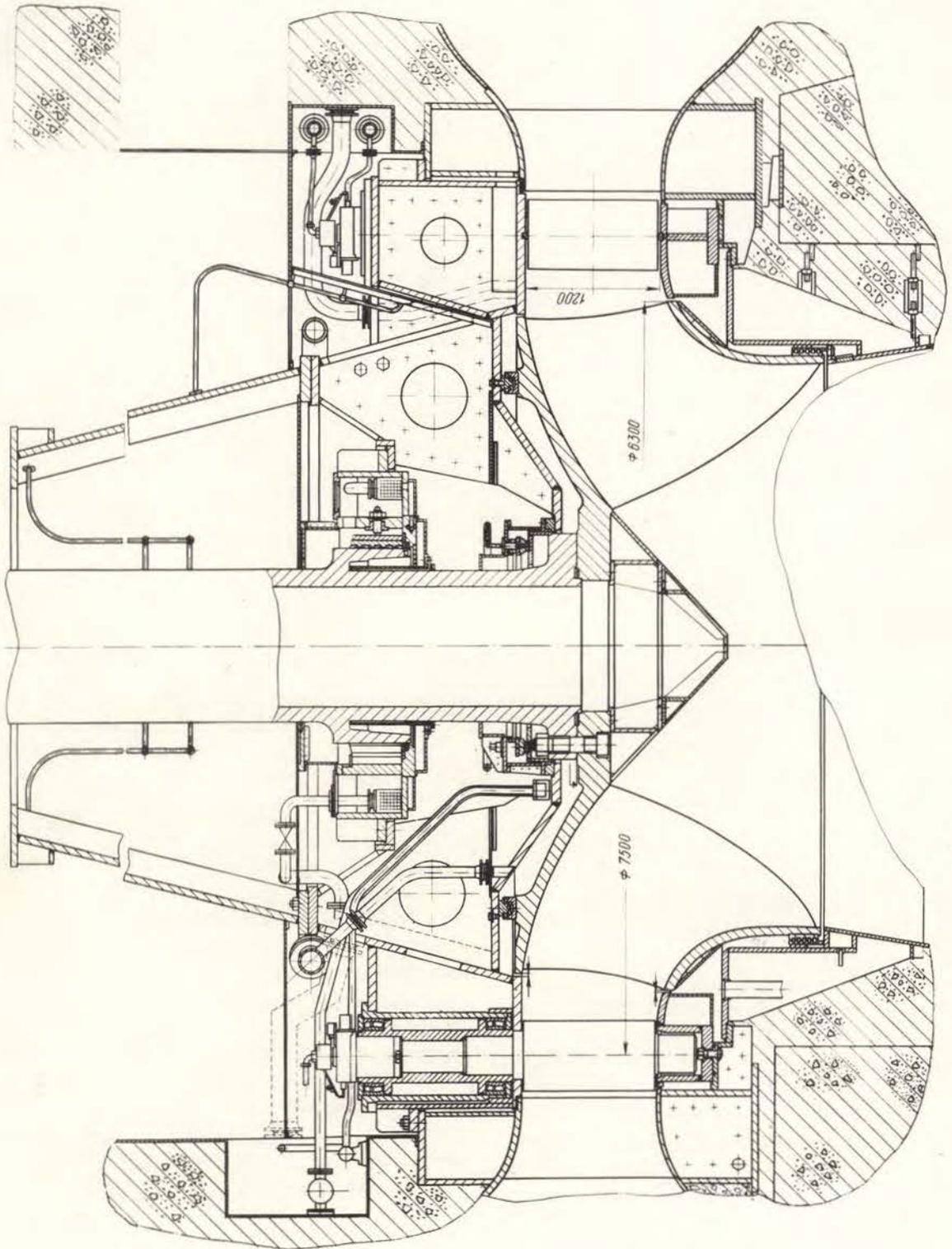
Спиральная камера гидромашинны представляет собой металлическую сварную конст-

рукцию круглого сечения с углом охвата в плане 345°.

Число звеньев спиральной камеры соответствует числу граней на поясах статора. Звенья спиральной камеры выполнены из различных марок стали, наибольшая толщина звеньев 32, наибольшая ширина звена 3120 мм.

Статор гидромашинны состоит из верхнего и нижнего поясов, сваренных из листового проката и соединяющихся между собой 19 профилированными литыми колоннами. Колонны имеют три различных профиля. Для увеличения жесткости поясов колонны пропущены через них. Стыки статора, соединенные болтами для герметизации, провариваются на монтаже.

Направляющий аппарат имеет 20 литых из стали направляющих лопаток асимметричного профиля. Своей нижней цапфой лопатка опирается на бронзовую втулку, а верхняя цапфа заделана в ротор поворотного сервомотора. По торцам направляющие лопатки специально уп-



фиг. 53. Разрез по насосу-турбине типа ОРО 812-В-630 (Загорская ГАЭС)

лотнены бронзовыми планками, а по перу они уплотняются за счет плотной подгонки кромок прилегания. Уплотнение нижней и верхней цапф направляющих лопаток осуществляется при помощи профильных резиновых манжет.

Весь крепеж направляющего аппарата выполнен из качественной стали с плавными радиусами перехода от одной поверхности к другой (вибростойкий крепеж), а детали направляющего аппарата ужесточены по сравнению с деталями обычного направляющего аппарата. Вибрации лопаток направляющего аппарата в насосном режиме гасятся за счет масла в полостях сервомоторов и подводных трубах. Кроме того, лопатки изолированы одна от другой, и вибрация одной лопатки не передается другим лопаткам через механизм поворота. Каждая лопатка направляющего аппарата имеет свой индивидуальный поворотный сервомотор, который своим фланцем крепится к крышке турбины. Фланцы между собой соединены цилиндрическими штифтами. Поворотный сервомотор каждой направляющей лопатки состоит из корпуса и помещенного внутри него ротора на подшипниках качения. В верхней части ротора установлен маслораспределитель. На корпусе и роторе укреплено по четыре специальные лопасти, которые образуют восемь изолированных одна от другой полостей. Через систему отверстий в маслораспределителе полости сервомотора соединяются с управляющим золотником. При подаче масла под давлением в соответствующие полости ротор поворачивается, поворачивая жестко соединенную с ним лопатку направляющего аппарата. Выем лопаток при ремонтах и ревизиях гидромашин не предусмотрен.

Рабочее колесо обратимой гидромашин радиально-осевого типа — неразъемное, выполнено из нержавеющей стали, состоит из верхнего и нижнего ободов с вваренными между ними восемью лопастями. Для уменьшения протечек рабочее колесо снабжено верхним и нижним уплотнениями. Верхнее уплотнение — елочного типа с регулировкой одного из колец. Нижнее уплотнение — шелевого типа. Протечки воды через верхнее уплотнение рабочего колеса отводятся с помощью четырех труб диаметром 100 мм в отсасывающую трубу. В централь-

ной части верхнего обода закреплен обтекатель, служащий для плавного направления потока в меридианном сечении рабочего колеса.

Направляющий подшипник гидромашин имеет баббитовый вкладыш и работает на масляной смазке.

Вал гидромашин — единый сварно-кованный трубчатого сечения, состоит из трех частей, соединенных между собой с помощью электрошлаковой сварки. Нижним фланцем вал крепится болтами к верхнему ободу рабочего колеса, верхним — непосредственно к ступице двигателя-генератора. Уплотнение вала, расположенное под подшипником гидромашин, служит для ограждения сухой зоны в полости над рабочим колесом. Уплотнение состоит из углеграфитового уплотнения торцевого типа, удерживающего воду как при остановленной, так и при работающей машине, и ремонтного уплотнения, состоящего из полого резинового шнура, которое удерживает воду только при остановленной машине. Это уплотнение позволяет производить ревизии, а также замену деталей уплотнения вала и подшипника без осушения проточной части гидромашин.

Система регулирования обеспечивает автоматическое управление обратимого гидроагрегата в нижеследующих режимах работы: турбинный, насосный, компенсаторный в насосном режиме, компенсаторный в турбинном режиме. В систему регулирования входят электрогидравлический регулятор с электрическим шкафом типа РИТМ, колонка автоматического управления и маслonaпорная установка типа МНУ-25-2/40.

#### Техническая характеристика

	Режим	
	Турбинный	Насосный
Напор, м:		
расчетный .....	100	96
максимальный .....	111	115
минимальный .....	91	96
Мощность, кВт .....	217000	216000
Скорость вращения, об/мин:		
нормальная .....	150	
разгонная .....	250	
Диаметр рабочего колеса, мм ....	6300	
Количество лопастей рабочего колеса .....	8	



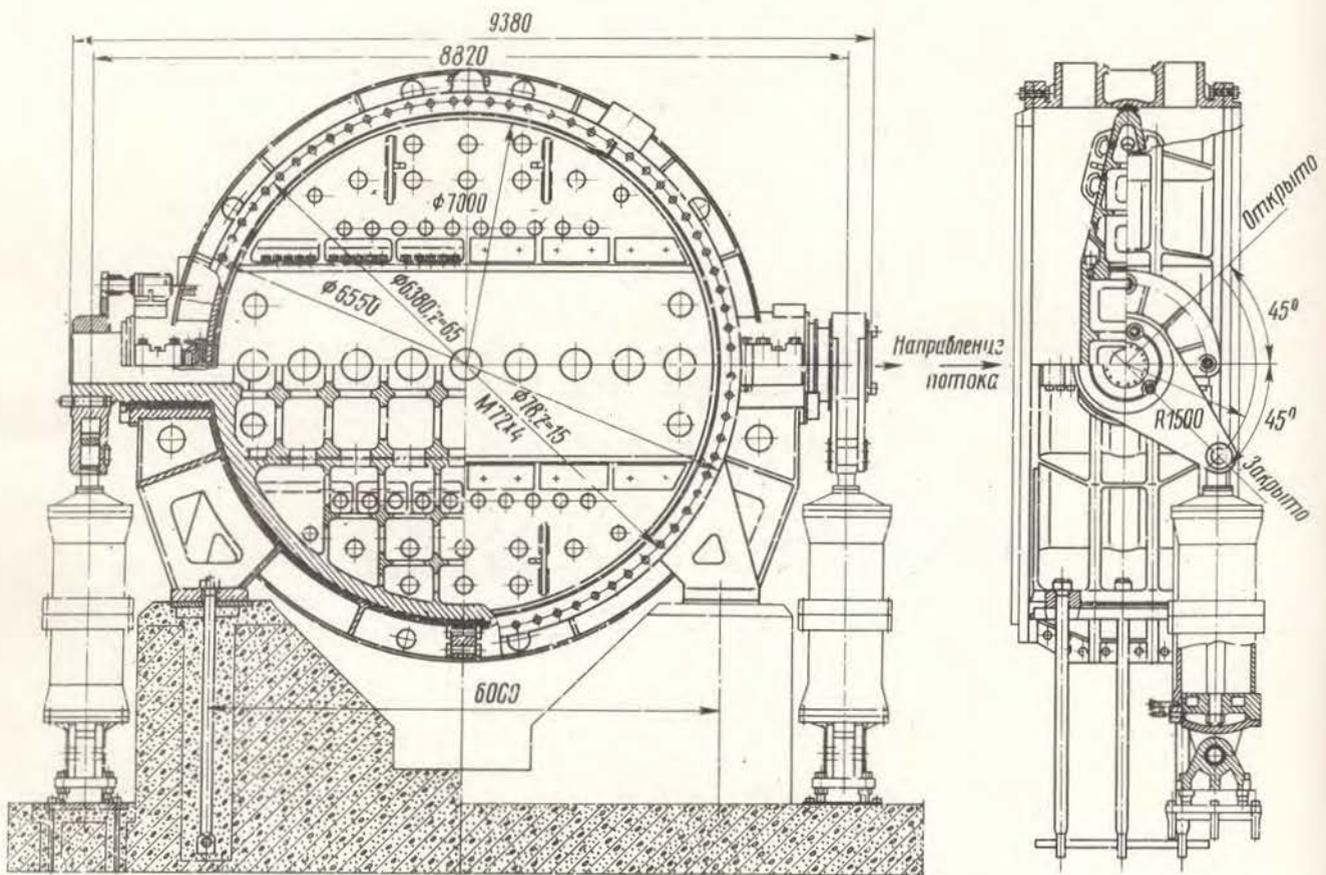
ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ  
ЗАТВОРЫ.  
МАСЛОНАПОРНЫЕ  
УСТАНОВКИ.  
РЕГУЛЯТОРЫ

## ДИСКОВЫЙ ЗАТВОР ДИАМЕТРОМ 6000 мм (Вилюйская ГЭС)

Дисковый затвор (фиг. 54) диаметром 6000 мм с плоскокошенным диском установлен в специальном отсеке машинного зала перед спиральной камерой турбины (фиг. 55).

и имеет вертикальный и горизонтальный разъемы.

Диск затвора — литой разъемный, состоит из трех частей: центральной и двух боковых.



Фиг. 54. Дисковый затвор диаметром 6000 мм с плоскокошенным диском (Вилюйская ГЭС)

Приводом затвора служат два качающихся сервомотора диаметром 800 мм.

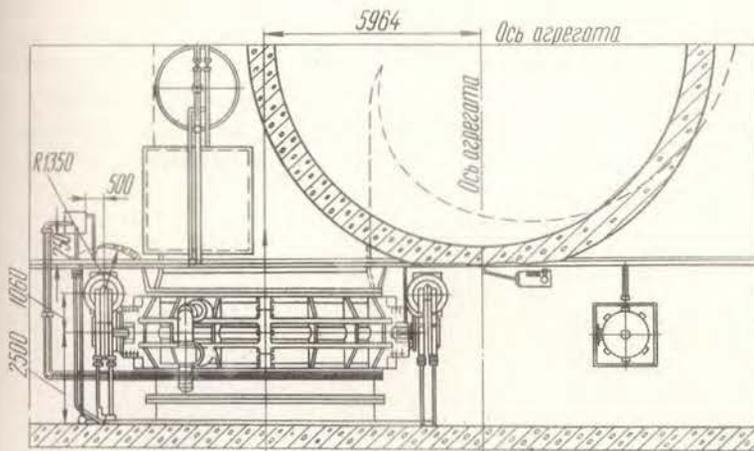
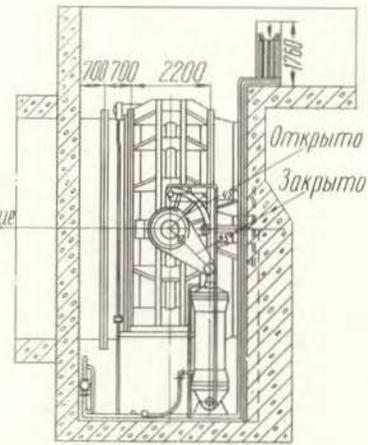
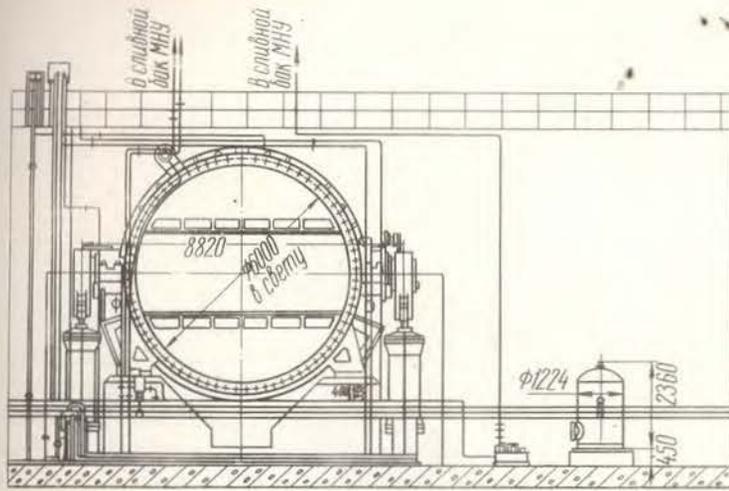
Корпус затвора — литой из четырех частей

Подшипники затвора изготовлены из древесного пластика и смачиваются водой.

Уплотнение осуществляется резиновыми шлангами специального сечения, закрепленными в корпусе затвора прижимными планками. Внутри шлангов подается воздух под давлением 12 кгс/см<sup>2</sup>.

Система управления затвором предусматри-

\* В соответствии со специализацией турбинных заводов проектирование и изготовление гидрозатворов производятся Харьковским турбинным заводом им. С.М. Кирова.



Фиг. 55. Установка дисковых затворов диаметром 6000 мм (Вилейская ГЭС)

вает ручное открытие и закрытие затвора ручьятками, установленными на золотниках, а также аварийное автоматическое закрытие — импульсом от реле защиты.

Основными механизмами системы управления являются золотники: управления затвором с электромагнитом, воздушного уплотнения с электромагнитом, стопора с электромагнитом, байпаса и резервирования. Золотник резервирования обеспечивает взаимное резервирование маслонапорных установок.

Питание системы управления маслом под давлением  $10 \text{ кгс/см}^2$  осуществляется от маслонапорной установки, состоящей из масло-воздушного аккумулятора и маслонасосного агрегата. Протечки масла от золотников и сервомоторов поступают в лекажный агрегат. Уровень масла в баке лекажного агрегата контролирует реле уровня, которое включает электродвигатель масляного насоса, перекачиваю-

щего масло в бак маслонасосного агрегата.

Для предотвращения неправильных действий при ручном открытии или закрытии затвора предусмотрены гидравлические замки.

При автоматическом управлении затвором предусмотрены электрические блокировки.

#### Техническая характеристика

Напор, м:	
расчетный .....	90
максимальный с учетом гидроудара .....	115
Расход воды, $\text{м}^3/\text{с}$ .....	180
Тип уплотнения .....	Резиновый шланг
Тип, конструкция привода .....	Гидравлический, два сервомотора диаметром 800 мм
Время закрытия затвора, с:	
нормальное .....	120
аварийное .....	120
Рабочее давление масла в системе управления, $\text{кгс/см}^2$ .....	10

# ДИСКОВЫЙ ЗАТВОР ДИАМЕТРОМ 6000 мм (Ингурская ГЭС)

Дисковый затвор диаметром 6000 мм (фиг. 56) предназначен для перекрытия деривации при ревизиях и ремонтах ее участка, лежащего ниже затвора.

Затвор установлен в специальном помещении здания ГЭС. Корпус затвора — литой, изготовлен из четырех частей, выполнен с горизонтальным и вертикальным разъемами.

Диск затвора — литой, изготовлен из трех частей. Средняя часть диска выполнена заодно с цапфами. Плоская форма диска позволила установить два ряда уплотнений: рабочее на выходе и ремонтное на входе.

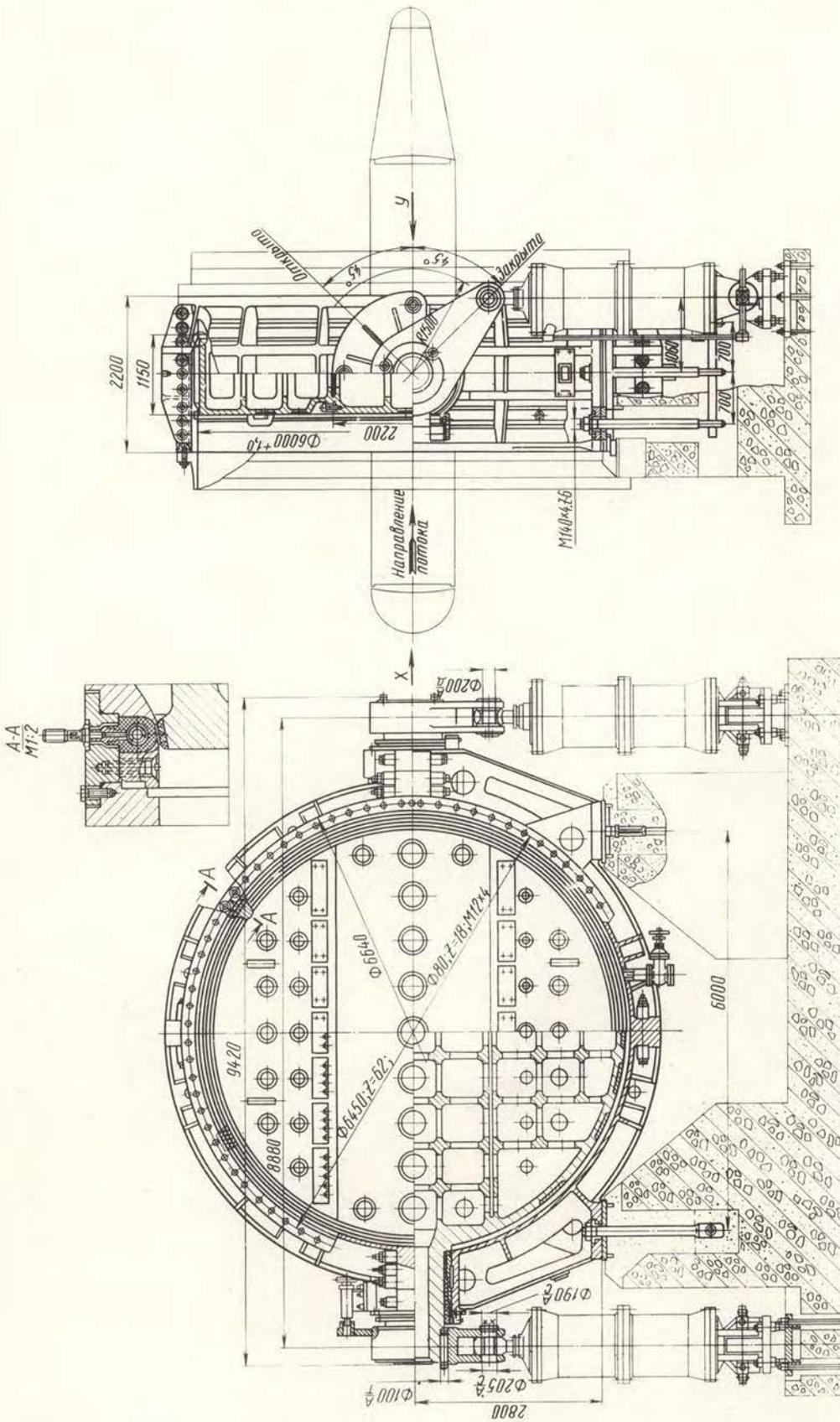
Подшипники затвора, изготовленные из древесного пластика, имеют водяную смазку.

Система управления затвором предусматривает автоматическое аварийное закрытие и ручное открытие и закрытие затвора с помощью рукояток, расположенных на лицевой стенке колонки управления. Механизмы управления затвором включают золотник управления, воздушный золотник с электромагнитами и главный золотник.

Питание системы управления маслом под давлением производится от маслonaпорной установки, общей для двух затворов. Протечки масла от механизмов управления поступают в лекажный агрегат, откуда масляным насосом перекачиваются в бак маслonaпорной установки.

## Техническая характеристика

Напор, м:	
расчетный .....	105
максимальный с учетом гидроудара .....	120
Расход воды, м <sup>3</sup> /с .....	225
Тип уплотнения:	
рабочего .....	Резиновый шнур
ремонтного .....	Полый резиновый шнур
Тип, конструкция привода	Гидравлический, два сервомотора диаметром 800 мм
Рабочее давление масла в системе управления, кгс/см <sup>2</sup> .....	40
Время закрытия затвора, с:	
нормальное .....	120
аварийное .....	Не предусмотрено



Фиг. 56. Дискový затвор диаметром 6000 мм с плоским диском (Ингу́рская ГЭС)

# ДИСКОВЫЙ ЗАТВОР ДИАМЕТРОМ 5000 мм

(Ингурская ГЭС)

Дисковый затвор диаметром 5000 мм (фиг. 57) предназначен для перекрытия напорного трубопровода при ревизиях и ремонтах нижележащего участка трубопровода и шарового затвора перед турбиной.

Затвор установлен на напорном трубопроводе в специальном помещении здания ГЭС.

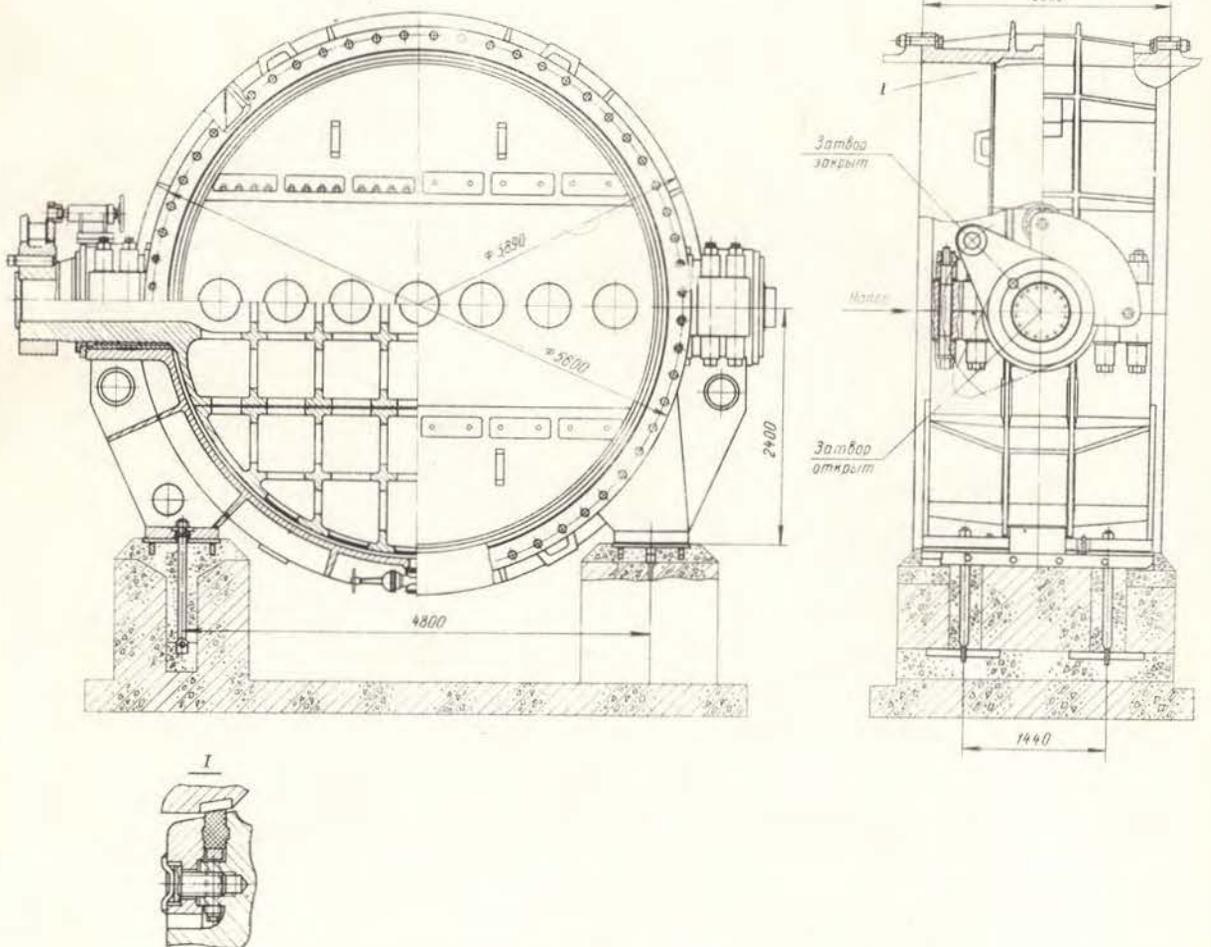
Корпус затвора – литой, изготовлен из двух половин, выполнен с горизонтальным разъемом.

Диск затвора – литой, изготовлен из трех частей. Средняя часть диска выполнена заодно с цапфами. Плоская форма диска позволила установить два ряда уплотнений: рабочее на

выходе и ремонтное на входе. Подшипники затвора представляют собой бронзовые втулки, смазываемые густой масляной смазкой.

Система управления затвором предусматривает ручное открытие и закрытие с помощью рукояток, расположенных на лицевой стенке шкафа управления. Механизмы управления затвором включают золотник управления, золотник байпаса с электромагнитами и сливной золотник.

Питание системы управления маслом под давлением осуществляется от маслонасосного агрегата, в состав которого входят два масляных насоса с электродвигателями.



Фиг. 57. Дисковый затвор диаметром 5000 мм (Ингурская ГЭС)

Техническая характеристика

Напор, м:		Тип, конструкции привода .....	Гидравлический, сервомотор диаметром 600 мм
расчетный .....	165	Время закрытия затвора, с:	
максимальный с учетом гидроудара .....	175	нормальное .....	120
Расход воды, м <sup>3</sup> /с .....	95	аварийное .....	Не предусмотрено
Тип уплотнения:		Рабочее давление масла в системе управления, кгс/см <sup>2</sup> .....	40
рабочего .....	Резиновый шнур		
ремонтного .....	"		

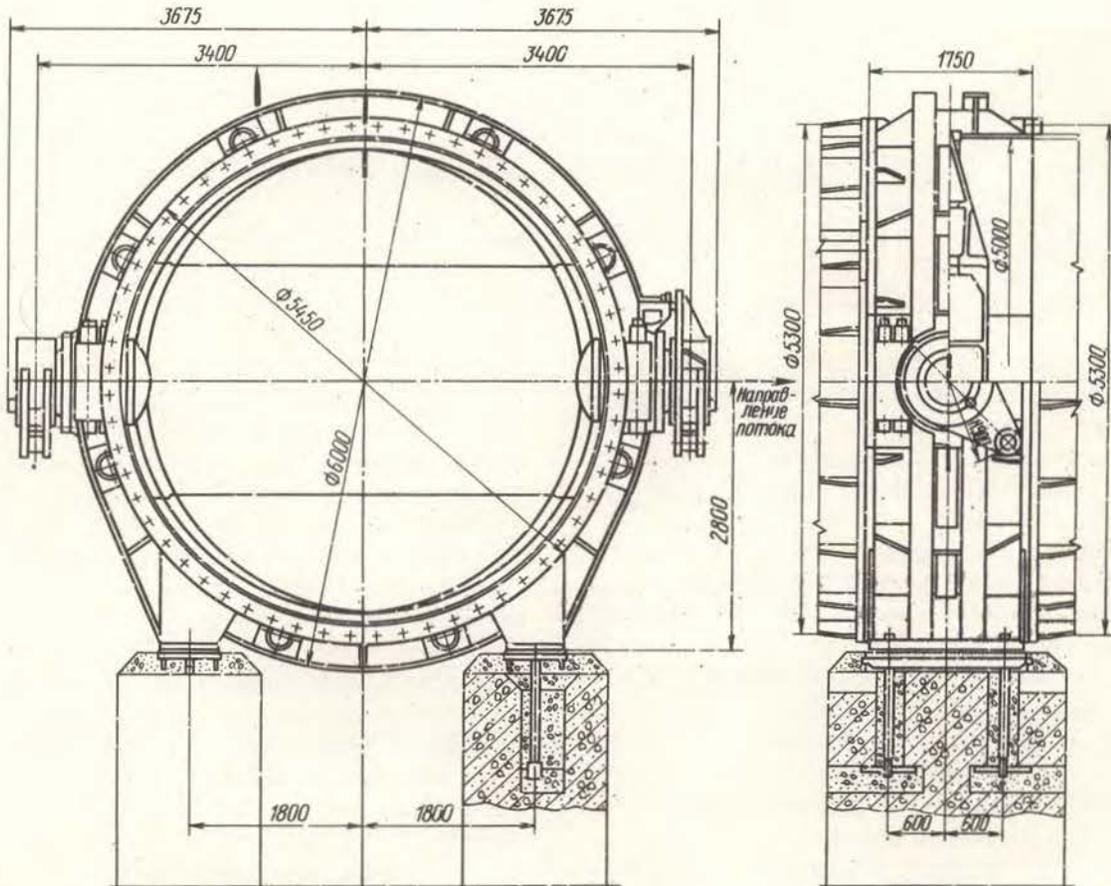
## ДИСКОВЫЙ ЗАТВОР ДИАМЕТРОМ 5000 мм (Линганاماки ГЭС)

Дисковый затвор диаметром 5000 мм (фиг. 58) предназначен для аварийного перекрытия напорного трубопровода при разгоне гидротурбины и понижении давления в маслонапорной установке, а также для перекрытия

напорного трубопровода при ревизии и ремонте спиральной камеры гидротурбины.

Затвор устанавливается в здании ГЭС перед входом в спиральную камеру гидротурбины.

Корпус затвора — сварно-литой, выполнен



Фиг. 58. Дисковый затвор диаметром 5000 мм (ГЭС Линганاماки)

из двух частей с горизонтальным разъемом. Диск затвора – литой, выполнен из трех частей (средняя часть диска выполняется заодно с цапфами).

Подшипники затвора представляют собой бронзовые втулки, смазываемые густой масляной смазкой.

Давление воздуха в шлангах 7 кгс/см<sup>2</sup>, воздух подается от системы торможения генератора.

Система управления затвором предусматривает автоматическое закрытие (аварийное) и ручное открытие и закрытие затвора при помощи рукояток, расположенных на лицевой стороне стенки шкафа управления.

Основными механизмами системы управления затвором являются золотники: управления, стопора, байпаса, воздушный с электромагнитами и главный.

Питание системы управления маслом под давлением 40 кгс/см<sup>2</sup> осуществляется от маслонапорной установки, общей для турбины и затвора. Протечки масла от механизмов уп-

равления поступают в лекажный агрегат, откуда масляным насосом перекачиваются в бак маслонапорной установки.

#### Техническая характеристика

Напор, м:	
расчетный .....	45
максимальный с учетом гидроудара .....	60
Расход воды, м <sup>3</sup> /с .....	107
Тип уплотнения .....	Полый резиновый шланг
Тип, конструкция привода	Гидравлический, два сервомотора диаметром 500 мм
Рабочее давление масла в системе управления, кгс/см <sup>2</sup> .....	
	40
Время закрытия затвора, с:	
нормальное .....	120±15
аварийное .....	122±15

## ДИСКОВЫЙ ЗАТВОР ДИАМЕТРОМ 4500 мм (Ивайловград ГЭС)

Затвор (фиг. 59) установлен в специальном помещении здания ГЭС перед спиральной камерой турбины (фиг. 60).

Корпус затвора – литой, имеет горизонтальный разъем. Диск изготовлен из трех частей.

Наличие двойного ряда уплотнений позволило установить перед каждой турбиной по одному затвору вместо двух: рабочего и ремонтного. Уплотнение затвора, расположенное на входе, выполняет функции ремонтного уплотнения и позволяет менять рабочее уплотнение (на выходе) без опорожнения напорного трубопровода. Конструкция уплотнительных шлангов позволяет производить сборку и разборку уплотнения при закрытом диске.

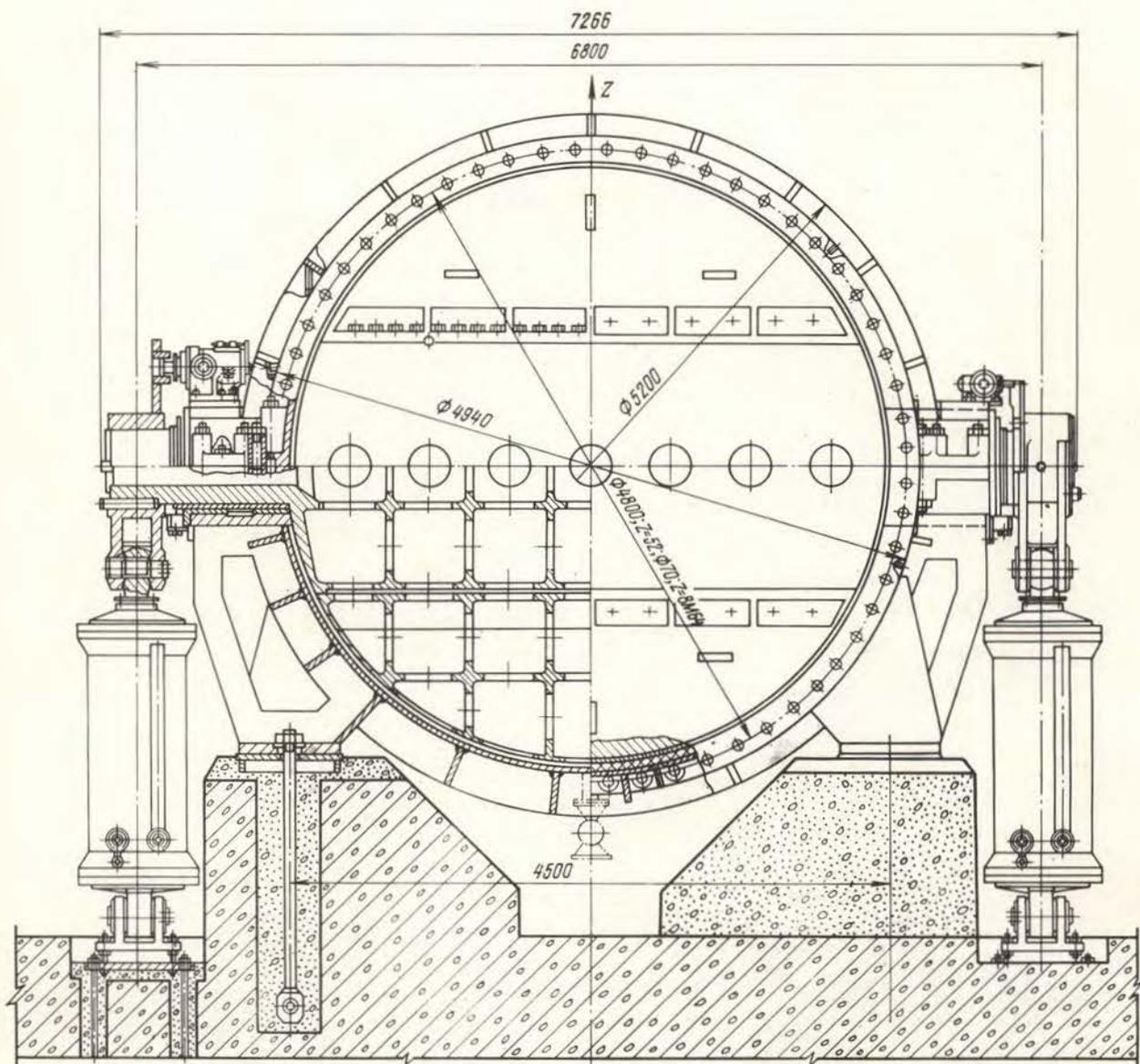
Подшипники затвора, изготовленные из древесного пластика, работают на водяной смазке.

Система управления затвором предусмат-

ривает автоматическое и ручное открытие и закрытие затвора. Основными механизмами системы управления являются золотники: с электромагнитом, управления затвором, воздушного уплотнения, стопора и байпаса.

Питание системы управления маслом под давлением 25 кгс/см<sup>2</sup> осуществляется от маслонапорной установки, состоящей из масловоздушного аккумулятора и маслонасосного агрегата. Протечки масла от сервомоторов и золотников поступают в лекажный агрегат. Уровень масла в баке лекажного агрегата контролирует реле уровня. Это реле уровня включает электродвигатель масляного насоса, перекачивающего масло в бак маслонасосного агрегата.

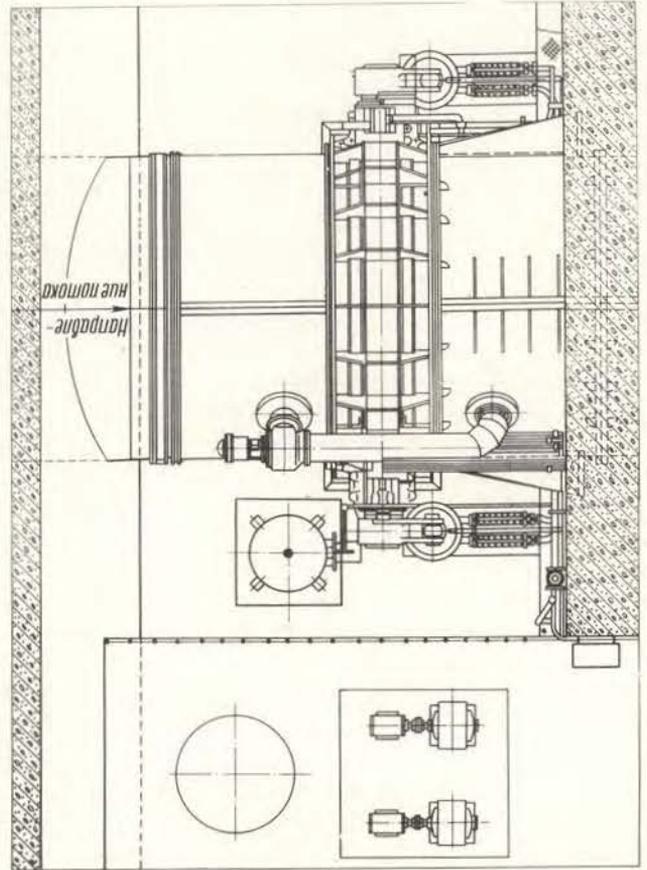
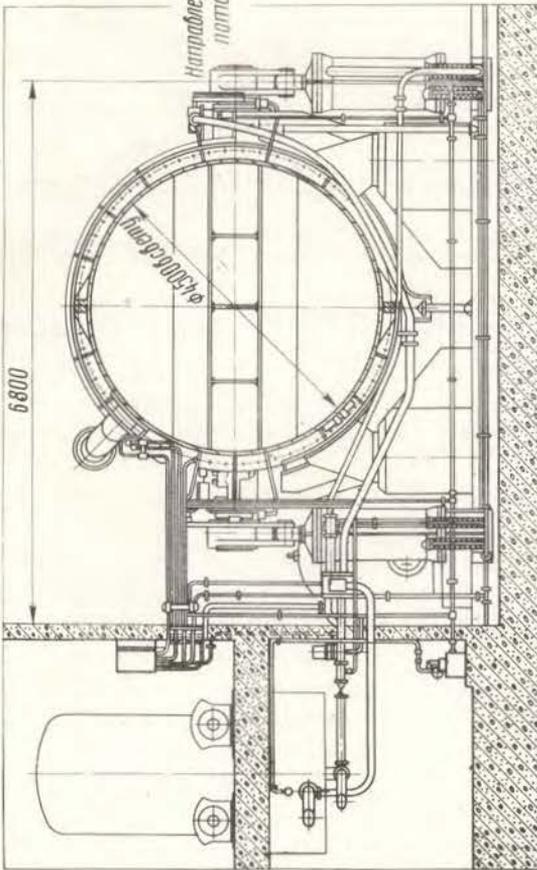
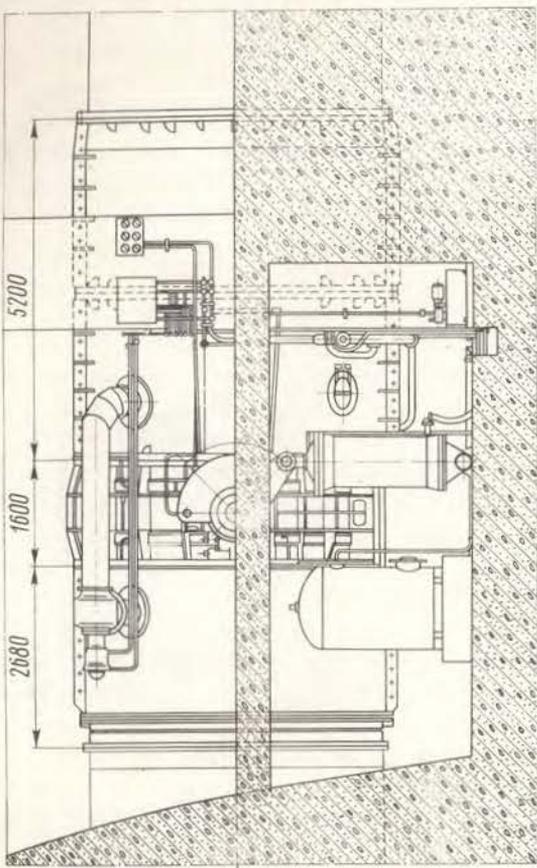
При автоматическом управлении затвором предусмотрены блокировки, обеспечивающие последовательность операций.



Фиг. 59. Дисковый затвор диаметром 4500 мм с плоским диском и неподвижными обтекателями (ГЭС Ивайловград)

#### Техническая характеристика

Напор, м:	
расчетный .....	63
максимальный с учетом гидроудара .....	77
Расход воды, м <sup>3</sup> /с .....	89,5
Тип уплотнения .....	Полый резиновый шланг
Тип, конструкция привода .....	Гидравлический, два сервомотора диаметром 345 мм
Время закрытия затвора, с:	
нормальное .....	60
аварийное .....	60
Рабочее давление масла в системе управления, кгс/см <sup>2</sup> .....	25



Фиг. 60. Установка дисковых затворов диаметром 4500 мм (Ивайловградская ГЭС)

# ДИСКОВЫЙ ЗАТВОР ДИАМЕТРОМ 2600 мм (Тертерская ГЭС)

Затвор (фиг. 61) предназначен для перекрытия напорного трубопровода в нормальных и аварийных условиях работы гидротурбины при напорах 115–160 м.

Затвор устанавливается перед входом в спиральную камеру гидротурбины в специальном помещении.

Корпус затвора – литой, выполнен из двух частей с горизонтальным разъемом.

Диск затвора – сварно-литой. Плоская форма диска позволила установить два ряда уплотнений: рабочее на выходе и ремонтное на входе.

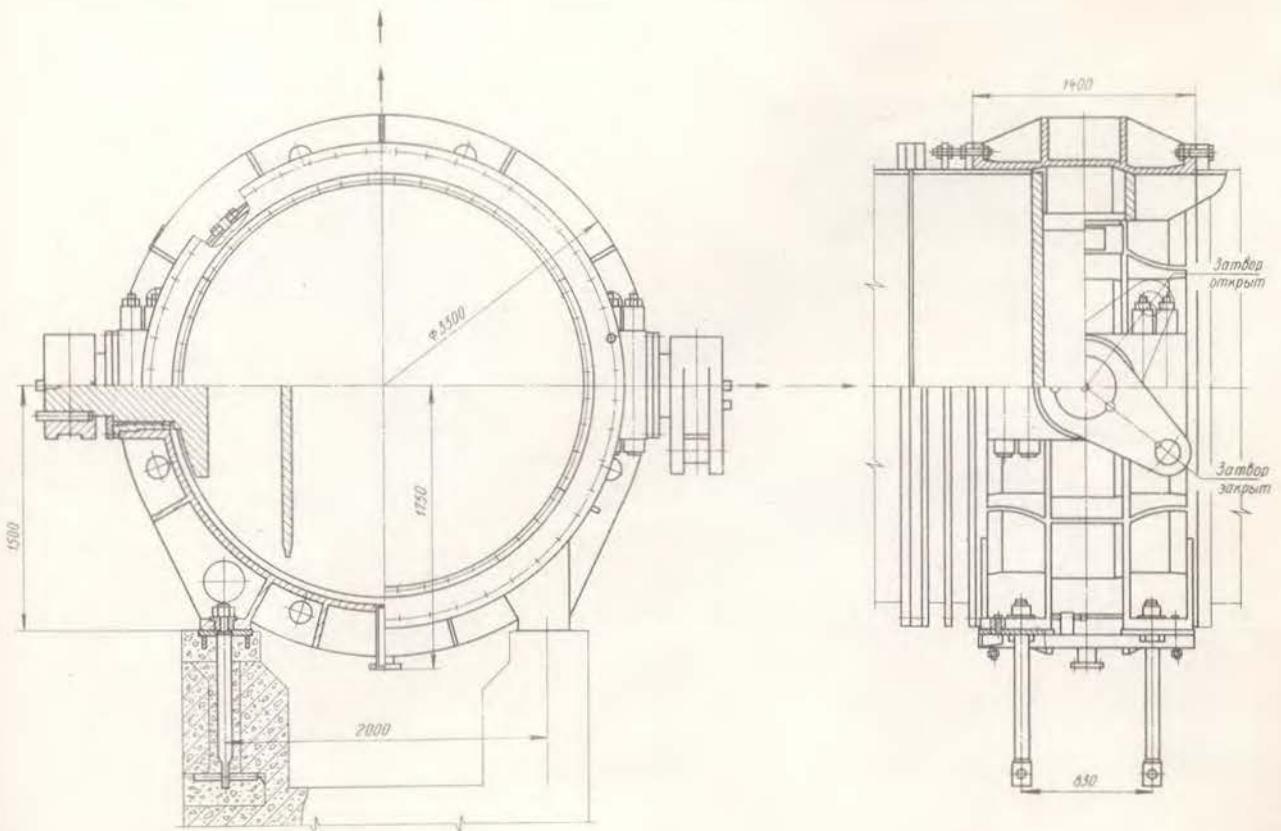
Подшипники затвора представляют собой бронзовые втулки, смазываемые густой масляной смазкой. Система управления затвором предусматривает автоматическое аварийное закрытие и ручное открытие и закрытие, осуществляемое с помощью рукояток, расположенных на лицевой стенке шкафа управления.

В состав механизмов управления затвором входят золотники: управления, байпаса с электромагнитом и главный.

Питание системы управления маслом под давлением  $40 \text{ кгс/см}^2$  осуществляется от маслонапорной установки, общей для двух затворов. Протечки масла от механизмов управления поступают в лекажный агрегат, откуда масляным насосом перекачиваются в бак маслонапорной установки.

### Техническая характеристика

Напор, м:		
расчетный .....	115	
максимальный с учетом гидроудара .....	160	
Расход воды, м <sup>3</sup> /с .....	33,8	
Тип уплотнения:		
рабочего .....	Резиновый шнур	
ремонтного .....	Металлический	
Тип, конструкция привода .....	Гидравлический,	
	два сервомотора	
	диаметром 500 мм	
Рабочее давление масла в системе управления, кгс/см <sup>2</sup> .....	40	
Время закрытия затвора, с:		
нормальное .....	120	
аварийное .....	120	



Фиг. 61. Дисковый затвор диаметром 2600 мм (Тертерская ГЭС)

# ШАРОВОЙ ЗАТВОР ДИАМЕТРОМ 4200 мм (Нурекская ГЭС)

Затвор (фиг. 62) предназначен для защиты гидроагрегата от разгона и устанавливается непосредственно перед турбиной в специальном помещении ГЭС.

В конструкции затвора предусмотрены два уплотнения: рабочее (оперативное) на выходе и ремонтное на входе.

Корпус затвора — литой, состоит из четырех частей и имеет вертикальный и горизонтальный разъемы.

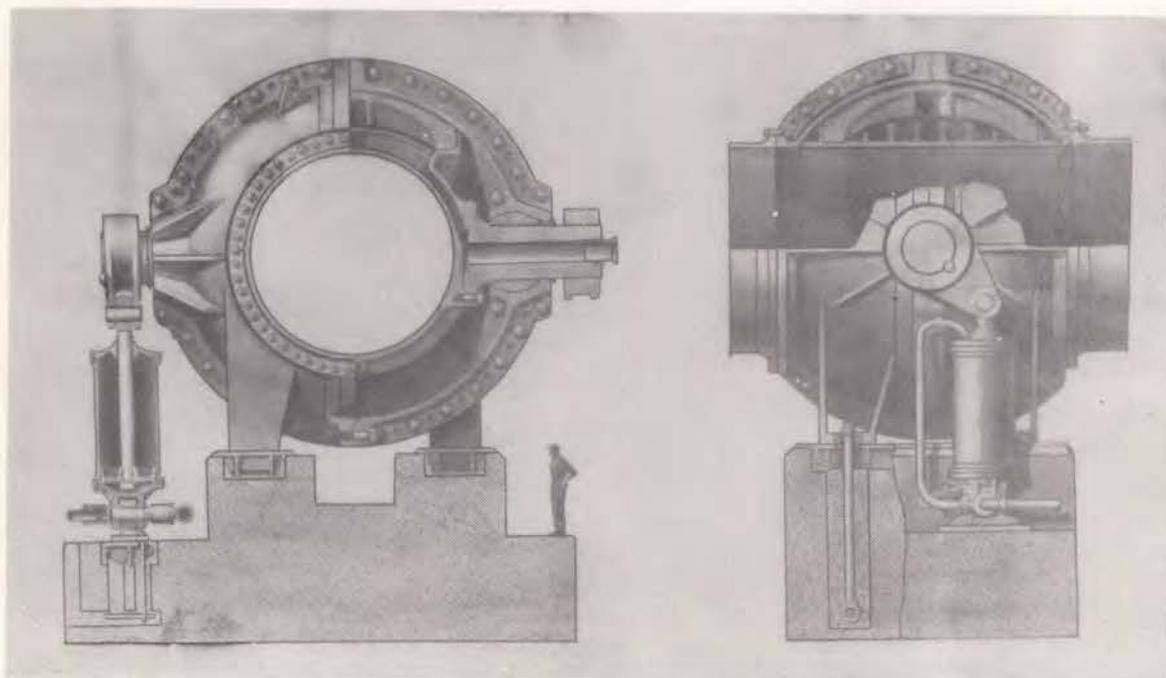
Ротор затвора представляет собой цилиндрическую трубу, состоящую из четырех частей. Отъемные цапфы присоединяются к цилиндрической части ротора при помощи фланцев. Подшипники выполнены из бронзы и работают на масляной смазке. Втулки устанавливаются в сферические самоустанавливающиеся обоймы, исключающие возможность заедания цапф в подшипниках при деформации ротора от давления воды. Клапан рабочего уплотнения в центральной части крепится к ротору. Приводом ротора служат два качающихся сервомотора диаметром 1100 мм. Масло давлением

40 кгс/см<sup>2</sup> подводится к сервомоторам специальными шарнирными коллекторами.

Система управления состоит из золотников управления сервообмоток, байпаса с уплотнением и золотников блокировки. При подаче команды на открытие (закрытие) затвора дистанционно или вручную с местного поста управления дальнейшие операции выполняются автоматически. Особенностью системы управления является то, что связь между исполнительными механизмами и золотниками управления и блокировки полностью гидравлическая.

Питание системы управления маслом под давлением осуществляется от маслонапорной установки, общей для турбины и затвора. В случае падения давления в маслонапорной установке питание маслом под давлением осуществляется от аварийной маслонапорной установки.

Сигнальные лампы, выведенные на пульт управления, показывают конечные положения ротора затвора, сервомоторов, байпаса и клапана уплотнения.



Фиг. 62. Шаровой затвор диаметром 4200 мм (Нурекская ГЭС)

Техническая характеристика

Напор, м:		Тип, конструкция привода .....	Гидравлический, два сервомотора диаметром 1100 мм
расчетный .....	308	Время закрытия затвора, с:	
максимальный с учетом гидроудара	400	нормальное .....	120
Расход воды, м <sup>3</sup> /с .....	156	аварийное .....	120
Тип уплотнения:		Рабочее давление масла в системе управления, кгс/см <sup>2</sup> .....	40
рабочего .....	Металлическое		
ремонтного .....	"		

## ШАРОВОЙ ЗАТВОР ДИАМЕТРОМ 3000 мм (Ингульская ГЭС)

Затвор предназначен для аварийного и оперативного перекрытия трубопровода турбины.

Затвор устанавливается перед входом в спиральную камеру турбины в здании ГЭС.

В конструкции затвора предусмотрены два уплотнения: рабочее на выходе и ремонтное на входе.

Корпус затвора – литой, выполнен из двух частей с горизонтальным разъемом. Ротор затвора – литой, цапфы к ротору крепятся механически.

Подшипники затвора – самоустанавливающиеся сферические с бронзовыми втулками, работающие на густой масляной смазке.

Клапан рабочего уплотнения в центральной части крепится к ротору.

Система управления затвором предусматривает автоматическое открытие и закрытие, в том числе аварийное закрытие. Ручное открытие и закрытие затвора осуществляются при помощи рукояток, расположенных на лицевой стенке шкафа управления.

Механизмы управления затвором включают:

золотники управления, байпаса, гидроклапана уплотнения с электромагнитами и главный.

Питание системы управления маслом под давлением осуществляется маслonaпорной установкой, общей для турбины и затвора.

Протечки масла от механизмов управления поступают в лекажный агрегат и оттуда масляным насосом перекачиваются в бак маслonaпорной установки.

Техническая характеристика

Напор, м:		Тип, конструкция привода .....	Гидравлический, два сервомотора диаметром 800 мм
расчетный .....	460	Время закрытия затвора, с:	
максимальный с учетом гидроудара	550	нормальное .....	120
Расход воды, м <sup>3</sup> /с .....	90	аварийное .....	120
Тип уплотнения:		Рабочее давление масла в системе управления, кгс/см <sup>2</sup> .....	40
рабочего .....	Металлическое		
ремонтного .....	"		

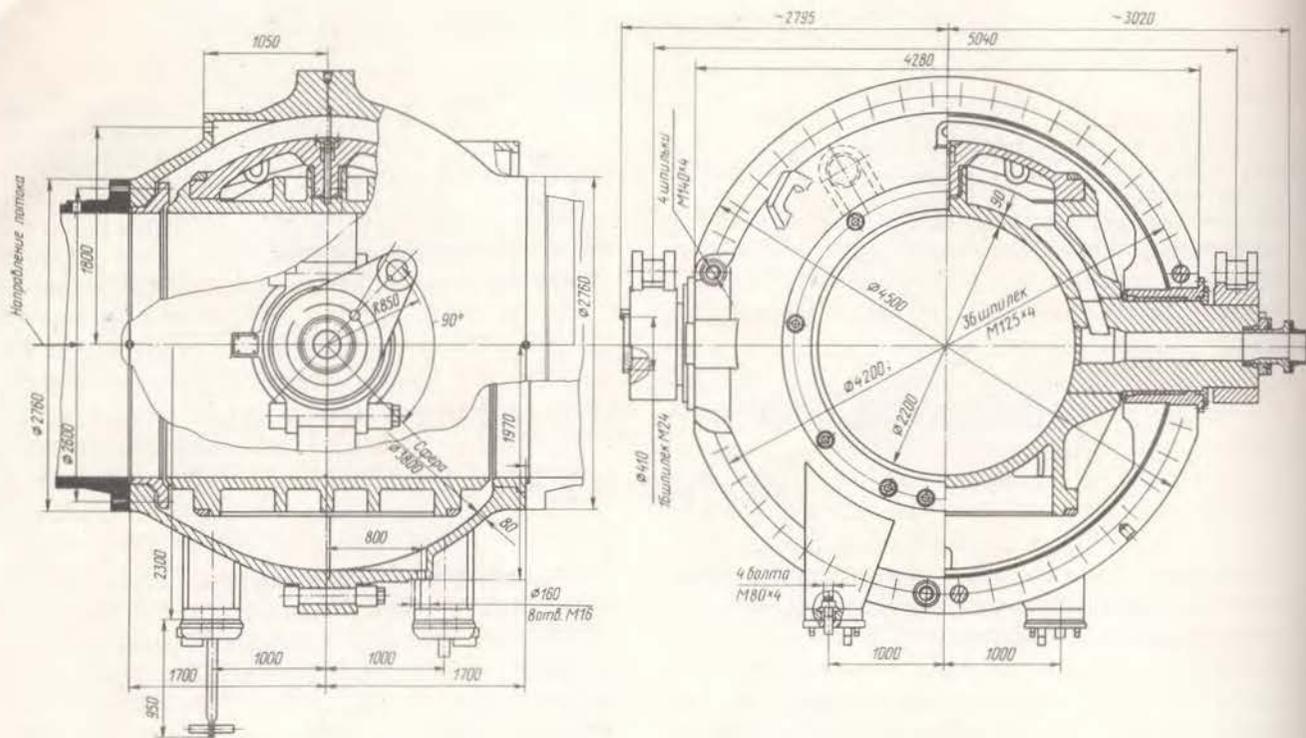
## ШАРОВОЙ ЗАТВОР ДИАМЕТРОМ 2200 мм (Шамбская ГЭС)

Затвор (фиг. 63) предназначен для перекрытия напорного трубопровода в нормальных и аварийных условиях работы гидротурбины при напорах 298–390 м.

Затвор устанавливается в здании ГЭС перед входом в спиральную камеру газотурбины.

Корпус затвора – литой, изготовлен из двух частей с вертикальным разъемом.

Ротор затвора – цельнолитой с сварными коваными цапфами. Подшипники затвора представляют собой бронзовые втулки, смазываемые густой масляной смазкой.



Фиг. 63. Шаровой затвор диаметром 2200 мм (Шамбская ГЭС)

В конструкции затвора предусмотрены два уплотнения: рабочее на выходе и ремонтное на входе.

Клапан рабочего уплотнения в центральной части крепится к ротору.

Система управления затвором включает автоматическое аварийное закрытие и ручное открытие и закрытие затвора с помощью рукояток, расположенных на лицевой стенке шкафа управления.

Механизмы управления затвора включают: золотники управления, байпаса, гидроклапана уплотнения с электромагнитами и главный.

Питание системы управления маслом под давлением осуществляется от маслonaпорной установки, общей для турбины и затвора.

Протечки масла от механизмов управления поступают в лекажный агрегат, откуда масляным насосом перекачиваются в бак маслonaпорной установки.

#### Техническая характеристика

Напор, м:	
расчетный .....	325
максимальный с учетом гидроудара .....	390
Расход воды, м <sup>3</sup> /с .....	37,5
Тип уплотнения:	
рабочего .....	Металлическое
ремонтного .....	
Тип, конструкция привода .....	Гидравлический, два сервомотора диаметром 600 мм
Рабочее давление масла в системе управления, кгс/см <sup>2</sup> .....	40
Время закрытия затвора, с:	
нормальное .....	90
аварийное .....	90

Маслонапорная установка (МНУ) предназначена для питания маслом под давлением гидравлической системы регулирования гидротурбины, затворов и холостых выпусков и крупных пропеллерных насосов ирригационных систем.

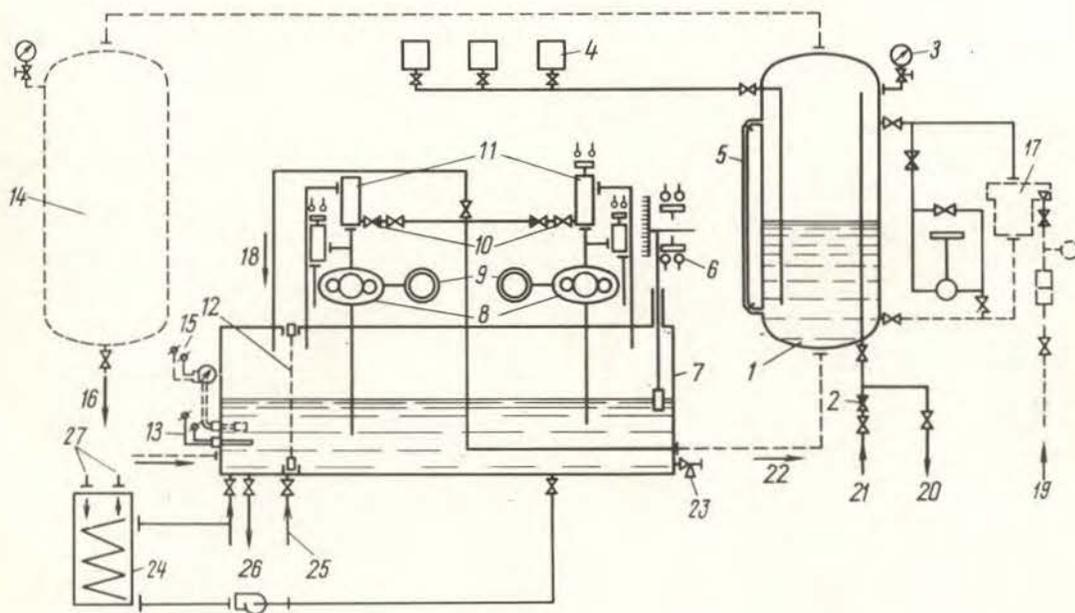
Маслонапорная установка состоит из аккумулятора давления и маслонасосного агрегата.

Рабочей средой аккумулятора давления является масло и сжатый воздух, энергия кото-

соединены между собой воздушным трубопроводом.

Маслонасосный агрегат состоит из сливного бака и двух масловинтовых насосов, один из которых является рабочим, другой — резервным. Крупные маслонасосные агрегаты оборудуются третьим насосом малой подачи, служащим только для компенсации протечек в гидравлической системе.

Масляные насосы восстанавливают объем и



Фиг. 64. Гидромеханическая схема маслонапорной установки (МНУ):

- 1 — масловоздушный сосуд аккумулятора; 2 — клапан обратный; 3 — манометр; 4 — реле давления; 5 — указатель уровня; 6 — реле уровня; 7 — сливной бак; 8 — насос винтовой; 9 — электродвигатель; 10 — клапан обратный; 11 — клапаны пусковой и предохранительный; 12 — фильтр бака; 13 — термометр сопротивления; 14 — сосуд воздушный аккумулятора; 15 — электроконтактный термометр; 16 — выпуск осадков; 17 — устройство автоматической подкачки воздуха; 18 — выпуск масла из аккумулятора; 19 — от ресивера высокого давления; 20 — выпуск воздуха; 21 — от компрессора; 22 — напорная магистраль; 23 — взятие пробы масла; 24 — маслоохладительная установка; 25 — наполнение бака; 26 — опорожнение бака; 27 — к водяному трубопроводу

рого обеспечивает работу силовых органов обслуживаемой системы.

Аккумулятор давления в зависимости от типоразмера может состоять из одного или двух сосудов. Масловоздушный и воздушный сосуды

давление рабочей среды в аккумуляторе. Работа насосов установки полностью автоматизирована.

На фиг. 64 приведена гидромеханическая схема маслонапорной установки.

Масляный насос, приводимый во вращение электродвигателем, засасывает масло из бака и нагнетает его через обратный клапан в масловоздушный сосуд аккумулятора давления.

Масло под давлением из аккумулятора по-

\* В соответствии со специализацией турбинных заводов маслонапорные установки проектируются и изготавливаются Ленинградским Металлическим заводом им. XXII съезда КПСС.

стует в напорную магистраль гидросистемы.

Отработанное масло возвращается по сливному трубопроводу в сливной бак и, прежде чем попасть во всасывающую трубу насоса, проходит через фильтр, разделяющий бак на зоны чистого и отработанного масла.

В установке используется турбинное масло марки ТС<sub>КП</sub>-30.

Нормальный температурный режим принят в пределах 10-50°C.

В настоящее время маслonaпорные уста-

новки изготавливаются заводом на рабочее давление 40 кгс/см<sup>2</sup>.

Маслonaпорные установки комплектуются арматурой, контрольно-измерительными приборами и механизмами автоматики.

По требованию заказчика, маслonaпорные установки дополнительно комплектуются устройством автоматической подачи воздуха и маслоохладительными установками.

Маслonaпорные установки изготавливаются в соответствии с ГОСТ 5,329-69 и типоразмерным рядом, указанным в табл. 4.

### Технические характеристики маслonaпорных установок

Таблица 4

Маслonaпорные установки	Аккумулятор		Маслонасосный агрегат							Вес установки, т	
	Объем, м <sup>3</sup>	Количество	Объем сливного бака, м <sup>3</sup>	Трехвинтовой масляный насос			Номинальный проход напорных патрубков, мм	Электродвигатель			
				Обозначение	Подача, л/с	Потребляемая мощность, кВт		Обозначение	Скорость вращения, об/мин		Мощность, кВт
МНУ-1-1/40 ...	1,2	-									3,9
МНУ-1,6-1/40	1,6	-	2,5	ЗВ 8/40ГТ	3,47	18,5	50	АО2-71-2		22	4,3
МНУ-2,5-1/40	2,5	-									6,0
МНУ-4-1/40 ...	4,0	-	4,0	ЗВ 16/40ГТ	6,23	33		АО2-81-2		40	7,2
МНУ-5,6-1/40	5,6	-									9,7
МНУ-8-1/40 ...	8,0	-	8,0	ЗВ 40/40ГТ	8,9	53		АО2-82-4		55	11,3
МНУ-10-1/40 ...	10,0	-					65		2900		15,2
МНУ-12,5-1/40	12,5	-	12,5	ЗВ 63/40ГТ	13,9	72		АО2-91-4		75	16,5
МНУ-16-2/40 ...	16,0	-									21,2
МНУ-20-2/40 ...	20,0	-	20,0	ЗВ 80/40ГТ	17,5	100		АО2-92-4		100	24,1
МНУ-25-2/40 ...	25,0	2									30,5
МНУ-30-2/40 ...	30,0	-	30,0	ЗВ 125/40ГТ	27,8	125	100	А102-4		160	33,5

Примечание. Обозначение трехвинтового масляного насоса: ЗВ - трехвинтовой, числитель дроби - подача в литрах на 100 оборотов, знаменатель дроби - давление, кгс/см<sup>2</sup>, буквы ГТ - для гидротурбин.

Электрогидравлические регуляторы предназначены для автоматического регулирования скорости и управления гидравлическими турбинами.

Основными особенностями выпускаемых в настоящее время электрогидравлических регуляторов являются следующие:

регулятор имеет независимые каналы регулирования частоты вращения и мощности гидротурбины, что позволяет получать большое быстродействие при реализации управляющих воздействий на изменение мощности;

вместо гидравлического сервомотора применяется электрический интегрирующий усилитель, не имеющий зоны нечувствительности;

имеется устройство настройки зоны нечувствительности, позволяющее уменьшить износ системы регулирования при работе регулятора в электросистемах;

имеется следящее устройство механизма изменения мощности агрегата, устраняющее изменение мощности агрегата в момент перевода из режима группового в режим индивидуального регулирования;

имеется устройство автоматической подготовки частоты вращения, ускоряющее процесс синхронизации агрегата;

электрические цепи регулятора выполнены на высоконадежных и стандартных транзисторных усилителях и других элементах, имеющих стабильные характеристики;

в регуляторах применены современные приборы узкопрофильного типа, удобные для наблюдения за параметрами и режимом работы системы регулирования и имеющие контакты для использования в цепях сигнализации и управления;

блочно-модульное исполнение панели электрооборудования с применением типовых субблоков, различные средства передовой технологии, обеспечивают высокую надежность, удобство эксплуатации и современный эстетический вид регулятора.

Стандартное оборудование регулятора мо-

жет быть легко дополнено механизмами при особых требованиях заказчика.

Регулятор состоит из панели электрооборудования (электрическая часть регулятора носит условное название РИТМ — регулятор интегральный транзисторный модульный) и гидромеханической колонки управления, расположенных отдельно. Раздельное расположение упрощает сборку гидравлического оборудования и обеспечивает легкий доступ к электрическим цепям.

Панель РИТМ полностью выполняет все функции по формированию регулирующего воздействия в виде электрического сигнала.

Гидромеханическая колонка выполняет функцию следящей системы, преобразующей электрический сигнал регулирования в механическое перемещение.

Конструкция панели РИТМ. Конструктивно панель РИТМ выполнена в виде типовой двухсекционной стойки. Каждая секция панели допускает возможность установки пяти блоков с электрооборудованием и клеммных рядов для подключения внешнего кабеля. Внешний кабель подводится через специальное отверстие в днище панели.

Рядом с клеммными рядами, расположенными в нижней части панели, установлены автомат защиты тахогенератора от перегрузок, автотрансформатор для подгонки напряжения тахогенератора, а также механизмы изменения частоты и мощности с электродвигателями для дистанционного управления. Лицевые стенки блоков, образующие основную (верхнюю) часть фасада панели, оборудованы сигнальными лампами, контрольными гнездами для возможности подключения измерительных приборов и ручками специальной конструкции. Исключение составляют два блока с указателями, в лицевых стенках которых установлены только приборы, показывающие режим работы регулятора.

Под блоками с указателями расположены две накладки, на одной из которых закреплен ключ управления механизмами изменения частоты и мощности, а на другой может быть установлен ключ управления ограничителем открытия турбин.

Нижняя часть фасада панели образована

\* В соответствии со специализацией турбинных заводов проектирование и изготовление регуляторов производятся Ленинградским Металлическим заводом им. XXII.

съемными листами из тонколистовой стали с жалюзи для естественной вентиляции. Тыльная часть панели закрыта одностворчатыми дверями, за которыми расположены жгуты проводов междублочных соединений и все органы настройки регулятора.

Блоки снабжены штепсельными разъемами, обеспечивающими надежные электрические соединения, и невыпадающими винтами для жесткой фиксации блоков на своих местах. Внутри блоков имеется необходимое количество штепсельных разъемов и специальных направляющих для установки субблоков с электрическими элементами, соединенными между собой печатным монтажом.

На лицевой стороне панели электрооборудования расположены контрольно-измерительные приборы (указатели) следующих величин:

- скорости вращения агрегата (электротаксометр);
- величины открытия направляющего аппарата турбины;
- положения ограничителя открытия направляющего аппарата;
- давления масла в системе регулирования;
- величины сигнала индивидуального регулирования;
- величины сигнала группового регулирования.

Указатели являются контрольно-измерительными приборами узкопрофильного типа с применением светового луча вместо стрелки. Если наблюдаемая величина превосходит заданную величину, цвет луча изменяется посредством светового фильтра, расположенного за шкалой (он становится красным или синим). Это существенно облегчает наблюдение за показаниями приборов. При необходимости приборы снабжаются фоторезисторами, устанавливаемыми вместе со светофильтрами таким образом, что при отклонении за установленные пределы световой указатель освещает фоторезисторы. Это дает возможность с помощью внешних релейных устройств включать дополнительную сигнализацию или устройства автоматики.

Панель РИТМ содержит ряд дополнительных устройств, обеспечивающих выполнение различных операций по автоматическому управлению и защите турбины.

К дополнительным устройствам относятся: релейная автоматика, обеспечивающая действие пускоостанавливающих механизмов гидромеханической колонки, переключение панели в режим группового регулирования, переключение уставок корректирующих устройств при включении агрегата под нагрузку и при от-

ключении от нагрузки, световую сигнализацию и др.;

электрические устройства для приведения в действие механизмов автоматической настройки кулачка комбинатора и специального ограничителя открытия по напору;

электрические устройства для защиты агрегата от разгона и ряд других элементов.

#### Основные данные панели РИТМ

Настраиваемые величины:	
диапазон действия механизма изменения частоты (МИЧ), % .....	$C_1 = \pm 10$ (настройка плавная)
диапазон действия механизма изменения мощности (МИМ), % .....	$C_2 = 0-100$ (настройка плавная)
постоянный статизм, % .....	$\delta_p = 0-100$ (настройка плавная)
интенсивность изодрома, % .....	$\delta_t = 0-100$ (10 положений)
постоянная времени изодрома, с	$T_{cl} = 0-25$ (10 положений)
постоянная времени ускорения, с	$T_n = 0-1$ (5 положений)
регулируемая зона нечувствительности, % .....	0-2 (5 положений)

При необходимости пределы настройки параметров могут быть увеличены.

#### Постоянные величины:

коэффициент, характеризующий частотный диапазон действия ускорения .....	$K = 0,1$
зона нечувствительности по частоте на выходе магнитоэлектрического преобразователя, % ....	0,01

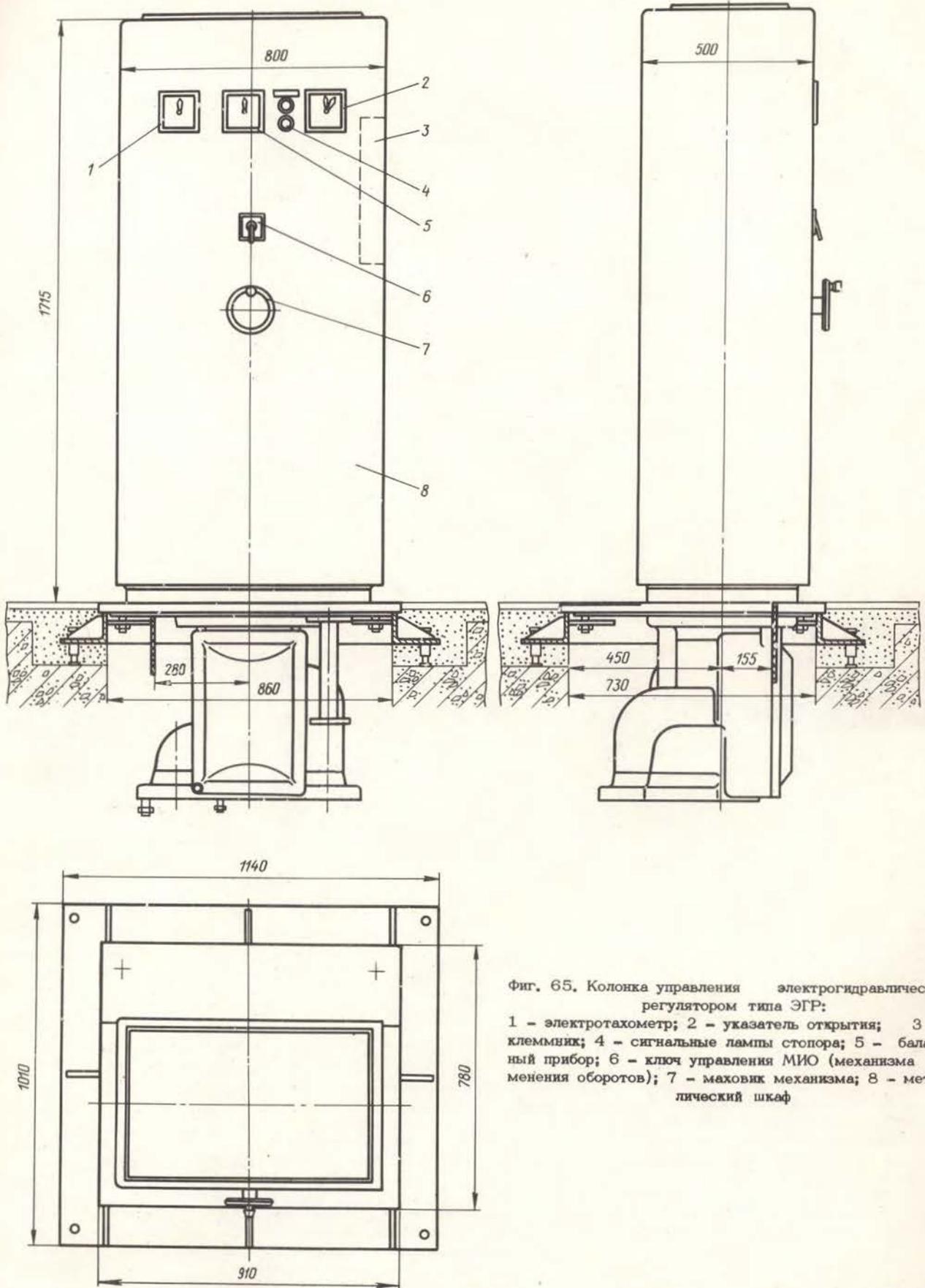
Для нормальной работы регулятора требуются:

напряжение 110 В, частота 50 Гц, мощность 100 Вт от трехфазного тахогенератора, питающее частотно-чувствительный элемент, транзисторные усилители, механизмы изменения частоты и мощности и другие основные устройства регулятора;

напряжение 220 или 125 В от сети оперативного тока ГЭС, питающее цепи автоматики;

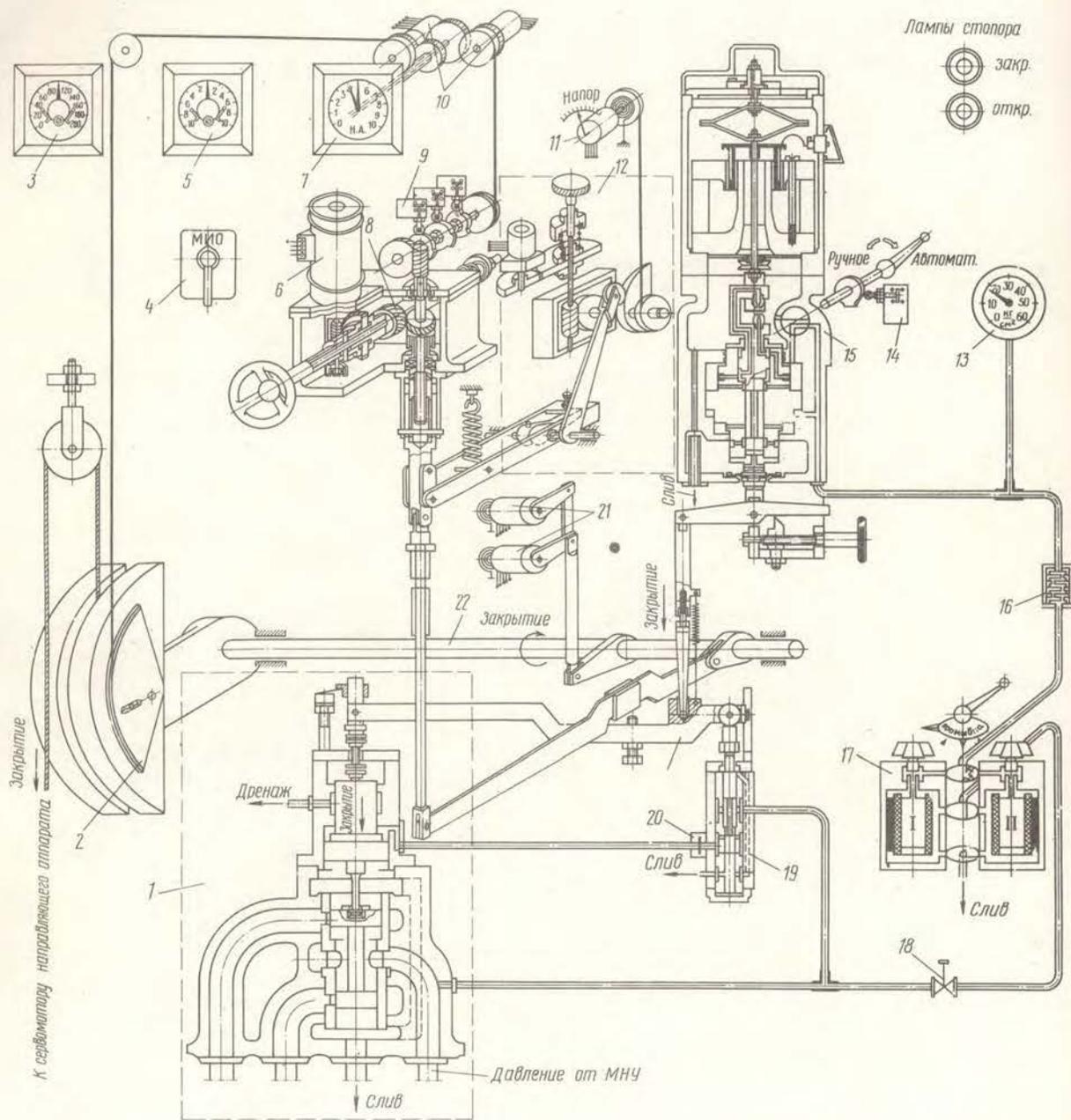
напряжение 220 В, 50 или 60 Гц, питающее элементы автоматической подгонки частоты, группового регулирования и другие вспомогательные устройства регулятора.

Гидромеханические колонки управления. Гидромеханическая колонка управления предназначена для преобразования электрического сигнала, поступающего от панели электрооборудования, в поступательное перемещение сервомоторов регулирующих органов, а также для ручного управления гидротурбиной.



Фиг. 65. Колонка управления электрогидравлическим регулятором типа ЭГР:

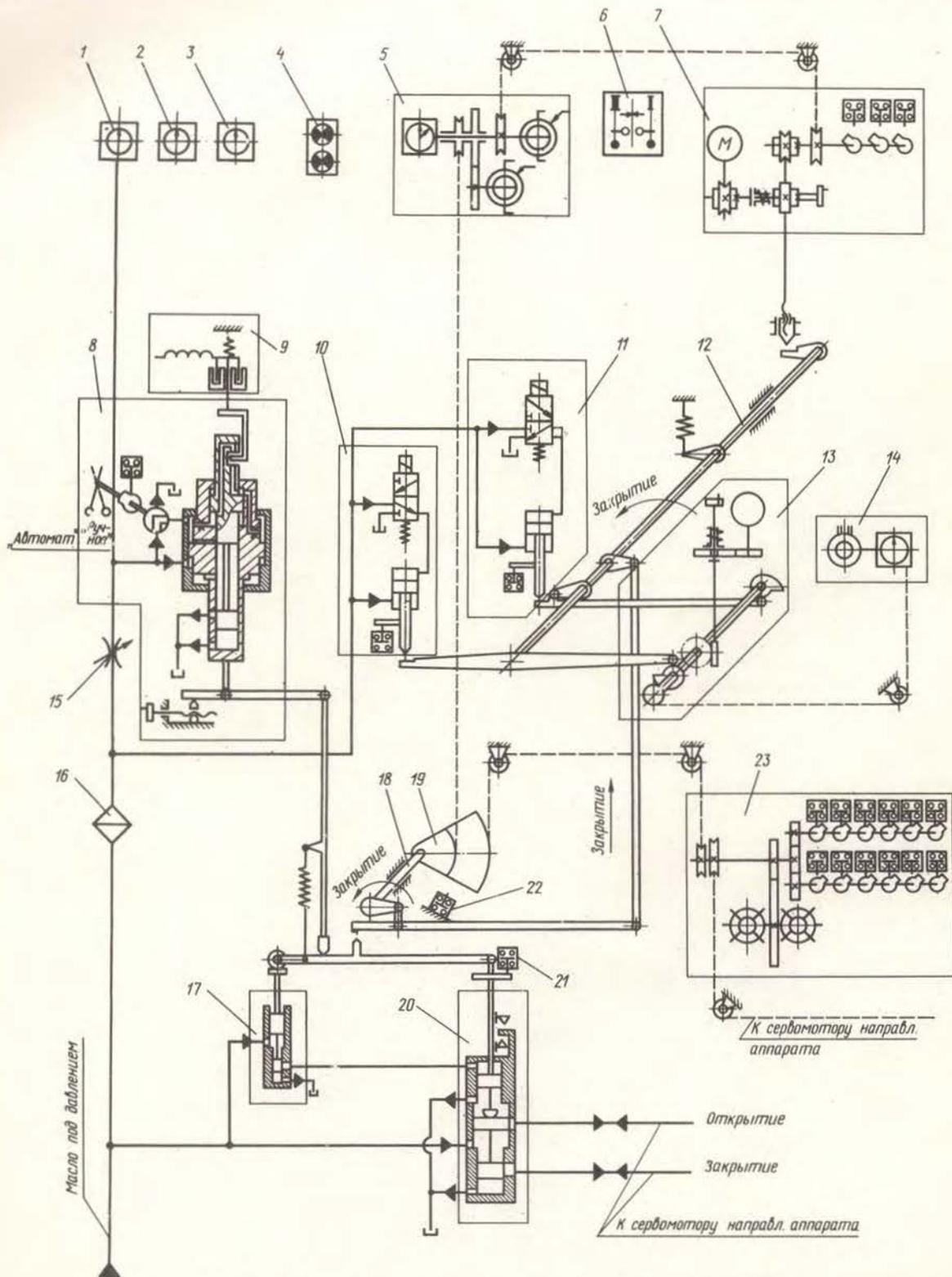
1 - электротехометр; 2 - указатель открытия; 3 - клеммник; 4 - сигнальные лампы стопора; 5 - балансный прибор; 6 - ключ управления МИО (механизма изменения оборотов); 7 - маховик механизма; 8 - металлический шкаф



Лампы стопора  
 ⊕ закр.  
 ⊕ откр.

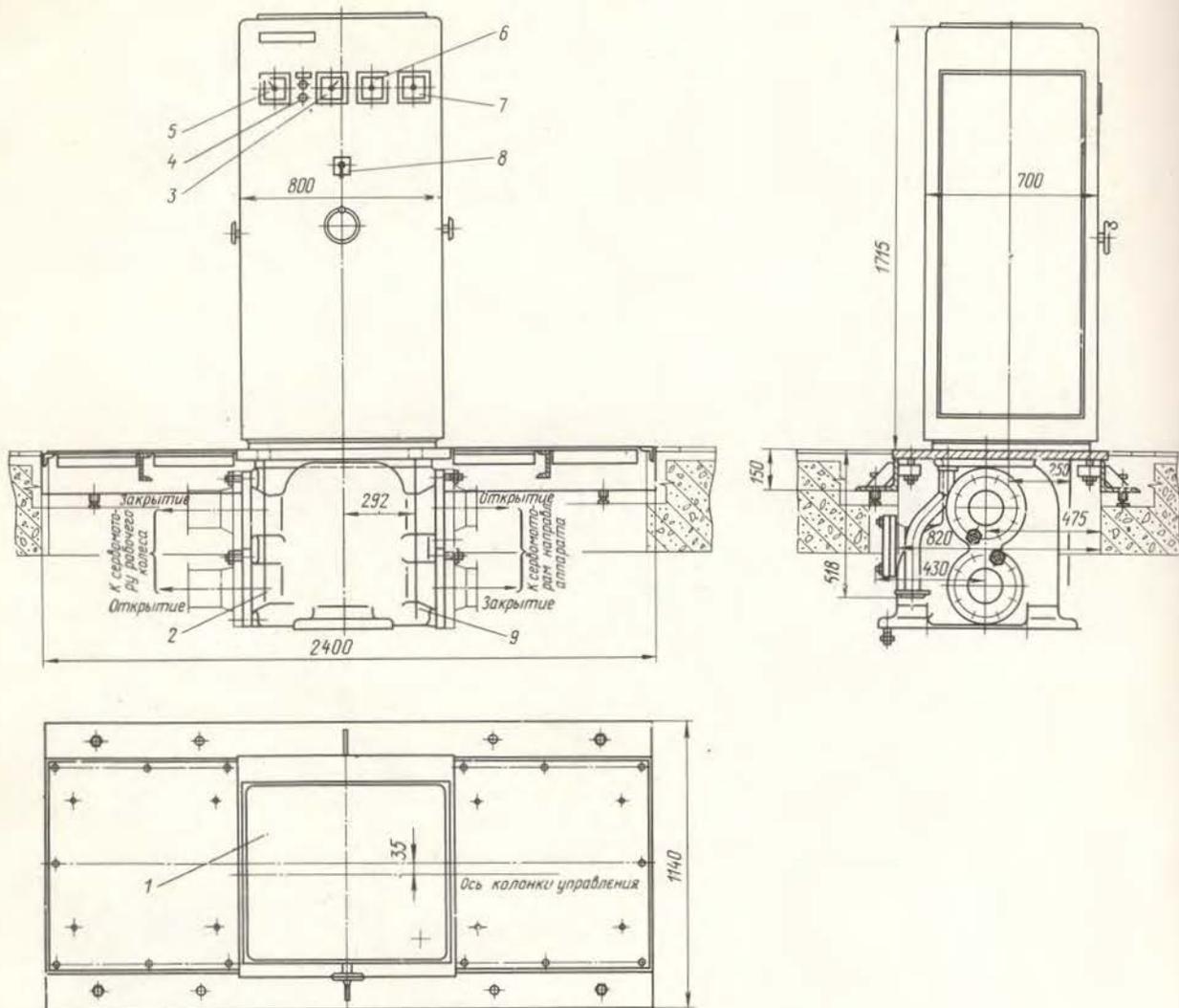
Фиг. 66. Схема гидромеханической колонки электрогидравлического регулятора типа ЭГР:

- 1 - механизация ограничения хода золотника; 2 - сектор указателя; 3 - электротактометр; 4 - ключ.МЮ; 5 - балансный прибор; 6 - электродвигатель механизма ограничения открытия; 7 - указатель положения направляющего аппарата и ограничителя; 8 - механизм ограничения открытия; 9 - конечные выключатели; 10 - сельсин-датчики указателя направляющего аппарата и ограничителя; 11 - механизм обратной связи по напору; 12 - механизм настройки по напору; 13 - манометр; 14 - микропереключатель цепи „ручное-автомат“; 15 - гидроусилитель „соплю-заслонка“; 16 - дроссель; 17 - двойной масляный фильтр; 18 - вентиль; 19 - побудительный золотник; 20 - дроссель; 21 - механизм обратных связей; 22 - вал выключателя



Фиг. 67. Схема гидромеханической колонки регулятора типа ЭГР:

1 - манометр; 2 - тахометр; 3 - баллисный прибор; 4 - сигнальные лампы статора; 5 - указатель положения направляющего аппарата и ограничителя; 6 - ключ изменения скорости и нагрузки; 7 - ограничитель открытия направляющего аппарата; 8 - гидроусилитель; 9 - магнитоэлектрический преобразователь; 10 - механизм пуска и останова; 11 - механизм открытия холостого хода; 12 - вал ограничителя; 13 - механизм настройки по давлению; 14 - механизм обратной связи настройки по давлению; 15 - дроссель; 16 - фильтр масляный; 17 - побудительный золотник; 18 - вал выключателя; 19 - груз; 20 - главный золотник; 21 - контакт противоразгонной защиты; 22 - контакт сигнализатора обрыва троса обратной связи; 23 - механизм обратной связи с командоаппаратом

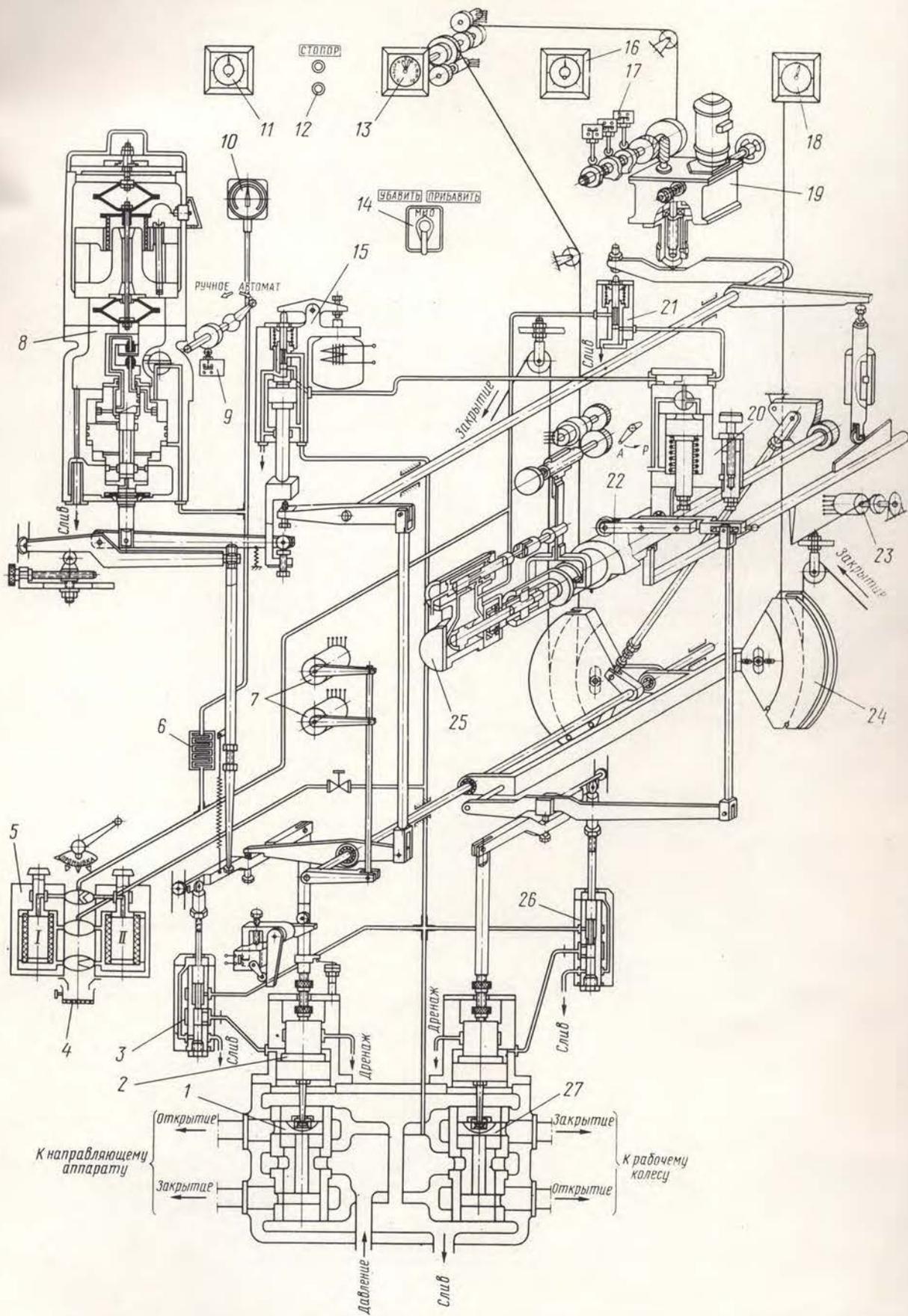


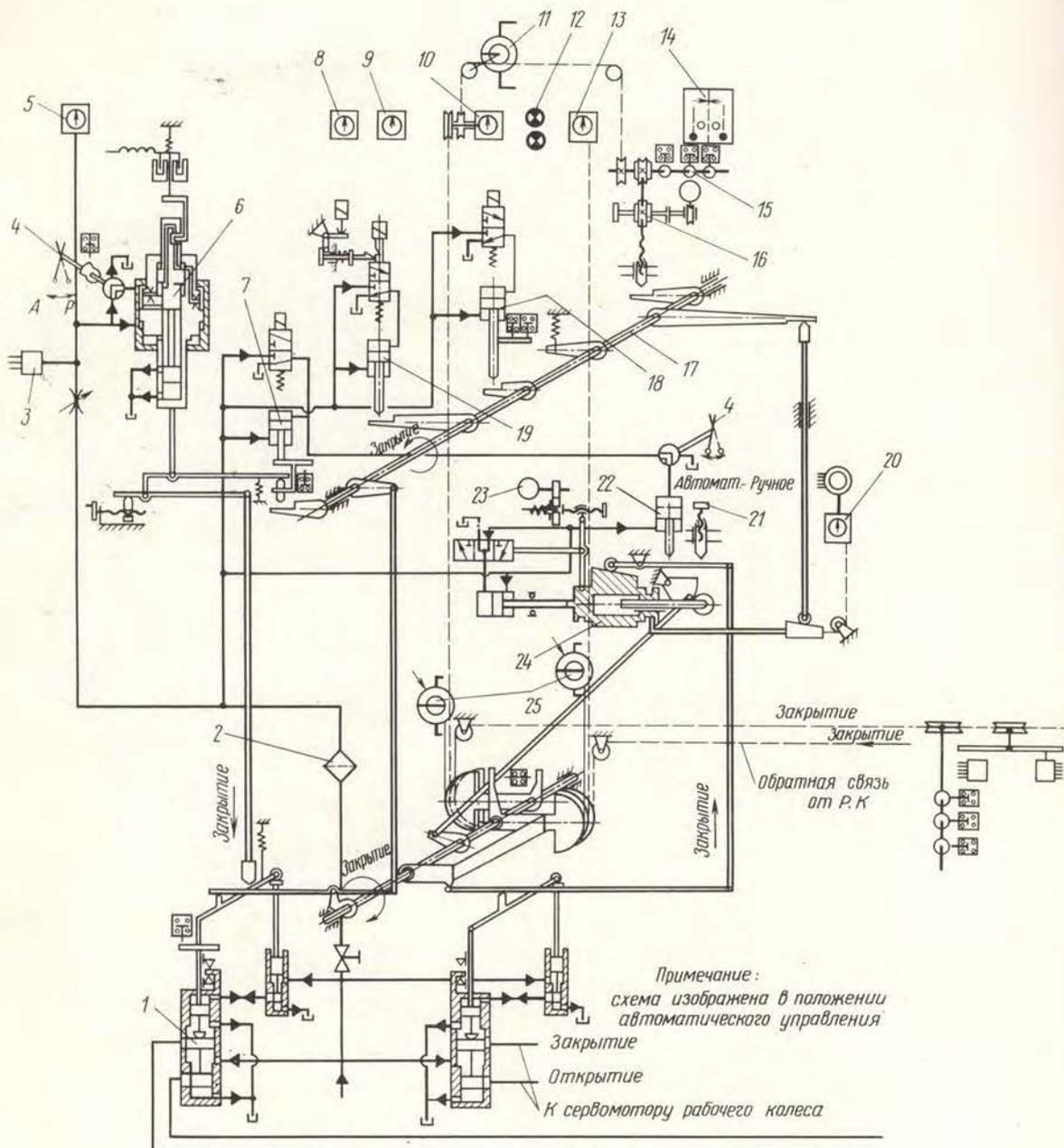
Фиг. 68. Колонка управления электрогидравлическим регулятором типа ЭГРК:

1 - ввод кабеля; 2 - трос обратной связи рабочего колеса; 3 - указатель открытия направляющего аппарата и ограничителя; 4 - сигнальные лампы статора; 5 - указатель положения лопастей рабочего колеса; 6 - балансный прибор; 7 - электротехометр; 8 - ключ управления МИО и МИМ; 9 - трос обратной связи направляющего аппарата

Фиг. 69. Схема гидромеханической колонки электрогидравлического регулятора типа ЭГРК:

1 - главный золотник направляющего аппарата; 2 - вспомогательный сервомотор; 3 - побудительный золотник; 4 - грязесборник; 5 - фильтр масляный; 6 - дроссель; 7 - механизм обратной связи; 8 - магнитоэлектрический преобразователь; 9 - микропереключатель; 10 - указатель положения направляющего аппарата и ограничителя; 11 - потенциометр ограничителя; 12 - сигнальные лампы стопора; 13 - указатель положения ограничителя направляющего аппарата; 14 - ключ МИО; 15 - гидроусилитель с электромагнитом; 16 - электротехометр; 17 - микропереключатель; 18 - указатель положения рабочего колеса; 19 - механизм ограничения открытия; 20 - механизм управления лопастями; 21 - золотник автоматики разворота лопастей; 22 - комбинатор; 23 - механизм обратной связи по напору; 24 - груз; 25 - механизм управления кулачком комбинатора; 26 - побудительный золотник; 27 - главный золотник рабочего колеса





Фиг. 70. Схема электрогидравлической колонки регулятора типа ЭГРК:

1 - распределительный механизм направляющего аппарата; 2 - фильтр масляный; 3 - датчик давления; 4 - переключатель регулятора "ручное-автомат"; 5 - манометр; 6 - гидроусилитель; 7 - механизм ограничения закрытия; 8 - тахометр; 9 - балансный прибор; 10 - указатель положения направляющего аппарата и ограничителя; 11 - потенциометр ограничителя; 12 - сигнальные лампы стопора направляющего аппарата и ротора ограничителя; 13 - указатель положения лопастей рабочего колеса; 14 - ключ изменения скорости и нагрузки; 15 - выключатель ограничителя; 16 - механизм ручного ограничения; 17 - вал ограничителя; 18 - механизм холостого хода; 19 - механизм пуска и останова; 20 - указатель напора; 21 - ручное управление лопастями; 22 - механизм разворота лопастей; 23 - механизм автоматической настройки по напору; 24 - кулачок комбинатора; 25 - потенциометр положения направляющего аппарата и лопастей рабочего колеса

Колонка управления по своему назначению изготавливается в двух исполнениях:

без комбинатора для гидротурбин с одним регулирующим органом и обозначается шифром ЭГР;

с комбинатором для гидротурбин с двумя регулируемыми органами и обозначается шифром ЭГРК.

Гидромеханические колонки изготавливаются с различными типами и размерами главных золотников (диаметром 100, 150, 200 и 250 мм). Золотники диаметром 100 и 150 мм крепятся снизу к колонке. Золотники диаметром 200 и 250 мм устанавливаются под колонкой управления на специальной фундаментной раме. С помощью тросовой передачи гидромеханическая колонка соединяется с сервомоторами регулирующих органов, что обеспечивает обратную связь при ручном управлении. Для осуществления автоматического управления электрическая обратная связь берется от вращающихся трансформаторов, связанных с сервомотором направляющего аппарата.

Гидромеханическая часть регулятора обеспечивает управление гидротурбинами при давлении масла, равном 25 или 40 кгс/см<sup>2</sup>.

Оперативное напряжение тока 220 или 125 В.

Гидромеханическая колонка управления типа ЭГР (фиг. 65, 66, 67). Колонка управления представляет собой металлический шкаф с одной дверью в задней стенке. На лицевой стенке шкафа расположены следующие контрольно-измерительные приборы и указатели:

главный указатель, показывающий открытие направляющего аппарата и положение механизма ограничения открытия. (Для дистанционных показаний указатель снабжен соответствующими потенциометрами);

тахометр, показывающий скорость вращения турбины;

балансный прибор, показывающий величину и направление управляющего тока в катушке магнитоэлектрического преобразователя;

сигнальные лампы, показывающие положение стопора направляющего аппарата.

Манометр, показывающий давление масла, подводимого к гидроусилителю, и указатель напора расположены внутри колонки. На лицевую стенку колонки вынесен также маховичок механизма ограничения открытия и ключ механизма изменения частоты и мощности.

Внутри колонки управления располагаются следующие механизмы и устройства:

электрогидравлический преобразователь электрических сигналов управления в поступательные перемещения выходного поршня гидро-

усилителя электрогидравлического преобразователя;

механизм ограничения открытия, осуществляющий пуск, останов и ручное управление турбиной;

механизм настройки по напору, обеспечивающий автоматическое ограничение открытия направляющего аппарата при повышенных напорах на ГЭС;

контактное устройство противоразгонной защиты;

масляный фильтр и система маслопроводов.

Для переключения регулятора с автоматического управления на ручное предусмотрен специальный кран с рукояткой, расположенный на электрогидравлическом преобразователе.

Регуляторы модификации типа ЭГР-5, кроме перечисленных элементов, снабжены группой соленоидов с гидроусилителями, при помощи которых обеспечивается автоматический пуск и останов турбины.

Гидромеханическая колонка управления типа ЭГРК (фиг. 68, 69, 70). Колонка управления ЭГРК, как и колонка управления ЭГР, представляет собой металлический шкаф с тремя дверями.

На лицевой стороне колонки расположены контрольно-измерительные приборы и указатели: электротехометр, балансный прибор, указатель открытия направляющего аппарата и положения ограничителя, указатель положения лопастей рабочего колеса, ключ изменения скорости и нагрузки, сигнальные лампы положения стопора сервомотора направляющего аппарата, маховичок механизма ручного управления.

Внутри колонки расположены манометр, показывающий давление масла, подводимого к гидроусилителю; указатель напора, на который настроен кулачок комбинатора, и рукоятка переключения режимов работы „Ручное-автомат“. Блок главных золотников направляющего аппарата и рабочего колеса расположен в едином корпусе, укрепленном снизу колонки регулятора.

Корпус золотников диаметром 200 и 250 мм устанавливается отдельно на специальной фундаментной раме под гидромеханической колонкой управления. Корпус соединен с колонкой соответствующими тягами и маслопроводами. По схеме пуска гидромеханическая колонка ЭГРК так же, как и ЭГР, выпускается в двух исполнениях: ЭГРК-4 – пуск и останов от механизма ограничения открытия; ЭГРК-5 – пуск и останов от специальных соленоидов.

Колонка управления типа ЭГРК, кроме ме-

ханизмов, перечисленных для колонки управления ЭГР, содержит следующие элементы:

комбинаторное устройство, состоящее из пространственного кулачка с электрогидравлическим приводом, осуществляющим автоматическое перемещение кулачка в зависимости от напора на ГЭС;

систему рычажных передач комбинатора с гидроусилителем, преобразующую перемещение кулачкового ролика комбинатора в смещение главного золотника сервомотора рабочего колеса;

механизм программного закрытия, работающий в период сброса нагрузки с агрегата и осуществляющий закрытие направляющего аппарата до определенной величины вне зависимости от действия электрогидравлического пре-

образователя, а также осуществляющий разворот лопастей в этот период (механизм действует при повышении скорости вращения агрегата и отключается при достижении ее номинального значения);

механизм автоматического разворота лопастей рабочего колеса при пусках и остановках турбины;

устройство, осуществляющее защиту гидроагрегата от перегрузки при повышенных напорах на ГЭС.

Регуляторы модификации ЭГРК-5, кроме перечисленных элементов, снабжаются соленоидами с гидроусилителями, при помощи которых обеспечивается автоматический пуск и останов гидротурбины.

## Содержание

<p><u>Поворотно-лопастные и радиально-осевые гидравлические турбины Ленинградского Металлического завода им. XXII съезда КПСС</u></p> <p>Технические характеристики поворотно-лопастных и радиально-осевых турбин ..... 4</p> <p>Описание конструкций поворотно-лопастных и радиально-осевых гидравлических турбин ..... 17</p> <p>Турбина типа ПЛ 587<sup>a</sup>-В-950 мощностью 178000 кВт (ГЭС Джардап-Железные Ворота) ..... -</p> <p>Турбина типа ПЛ 587-В-930 мощностью 132000 кВт (ВоГЭС им. XXII съезда КПСС, опытный агрегат) ..... 19</p> <p>Турбина типа ПЛ 587-В-930 мощностью 126000 кВт (ВоГЭС им. XXII съезда КПСС, штатный агрегат) ..... 20 ✓</p> <p>Турбина типа ПЛ<sub>2</sub> 50-В-650 мощностью 130000 кВт (Капчагайская ГЭС) ..... 22</p> <p>Турбина типа ПЛ 661-В-930 мощностью 107000 кВт (Воткинская ГЭС) ..... 24</p> <p>Турбина типа ПЛ 642-В-600 мощностью 103000 кВт (Табка I ГЭС) ..... 27</p> <p>Турбина типа ПЛ 811-В-1000 мощностью 80500 кВт (Чебоксарская ГЭС) ..... 29</p> <p>Турбина типа ПЛ 646-В-420 мощностью 58700 кВт (Верхне-Тулумская ГЭС) ..... 31</p> <p>Турбина типа ПЛ 646-В-450 мощностью 56700 кВт (Меттур-Таннел ГЭС) ..... 33</p> <p>Турбина типа ПЛ 548-Г-750 мощностью 47300 кВт (Саратовская ГЭС, опытный агрегат № 23) ..... - ✓</p> <p>Турбина типа ПЛ 826-ГК-750 мощностью 29000 кВт (Дженгег ГЭС) ..... 35</p> <p>Турбина типа ПЛ 548-Г-550 мощностью 20600 кВт (Перепадная ГЭС) ..... 38</p> <p>Турбина типа РО 805-В-650 мощностью 650000 кВт (Саянская ГЭС) ..... 40 ✓</p> <p>Турбина типа РО 697-В-750 мощностью 508000 кВт (Красноярская ГЭС) ..... 43 ✓</p> <p>Турбина типа РО 805-В-535 мощностью 360000 кВт (Токтогульская ГЭС) ..... 45</p> <p>Турбина типа РО 810-В-550 мощностью 245000 кВт (Усть-Илимская ГЭС) ..... 47</p> <p>Турбина типа РО 662-В-550 мощностью 230000 кВт (Братская ГЭС) ..... 49</p> <p>Турбина типа РО 728<sup>b</sup>-В-630 мощностью 200000 кВт (Асуанская ГЭС) ..... 51</p> <p>Турбина типа РО 820-В-605 мощностью 163000 кВт (Капивара ГЭС) ..... 54</p> <p>Турбина типа РО 638<sup>a</sup>-В-410 мощностью 155000 кВт (Чарвакская ГЭС) ..... 56</p> <p>Турбина типа РО 638-В-410 мощностью 127000 кВт (Бхакра-Наггал ГЭС) ..... 58</p>	<p>Турбина типа РО 991-В-285 мощностью 119000 кВт (Лоуар-Силеру ГЭС) ..... 60</p> <p>Турбина типа РО 683-В-280 мощностью 71500 кВт (Балимела ГЭС) ..... 62</p> <p>Турбина типа РО 683-В-245 мощностью 56500 кВт (Храм II ГЭС) ..... 64</p> <p>Турбина типа РО 683-В-200 мощностью 36100 кВт (Локтак ГЭС) ..... 68</p> <p><u>Поворотно-лопастные и радиально-осевые гидравлические турбины Харьковского турбинного завода им. С.М. Кирова</u></p> <p>Технические характеристики поворотно-лопастных и радиально-осевых гидравлических турбин ..... 68</p> <p>Описание конструкций поворотно-лопастных и радиально-осевых гидравлических турбин ..... 78</p> <p>Пропеллерная турбина типа Пр 40-В-800 мощностью 115000 кВт (Днепрогэс II) ..... -</p> <p>Турбина типа ПЛ 40-В-680 мощностью 107000 кВт (Днепрогэс II) ..... 80</p> <p>Турбина типа ПЛ 80-В-410 мощностью 79500 кВт (Виллойская I ГЭС) ..... 82</p> <p>Турбина типа ПЛ 20-В-930 мощностью 66000 кВт (Рижская ГЭС) ..... 85</p> <p>Турбина типа ПЛ 661-В-1030 мощностью 59300 кВт (Саратовская ГЭС) ..... 87</p> <p>Турбина типа ПЛ 20-В-500 мощностью 23800 кВт (Варшхе ГЭС) ..... 89</p> <p>Турбина типа ПЛ 984-ГК-600 мощностью 23000 кВт (Киевская ГЭС) ..... 91</p> <p>Турбина типа ПЛ 30-В-350 мощностью 16700 кВт (Костешты-Стынка I ГЭС) ..... 96</p> <p>Турбина типа ПЛ 30-В-330 мощностью 13400 кВт (Вигеландс-Бруг ГЭС) ..... -</p> <p>Турбина типа ПЛ 984-Г-450 мощностью 5330 кВт (Кластерфосс ГЭС) ..... 101</p> <p>Турбина типа РО 957-В-475 мощностью 310000 кВт (Нурекская ГЭС) ..... 104</p> <p>Турбина типа РО 960<sup>a</sup>-В-450 мощностью 306000 кВт (Ингурская ГЭС) ..... 106</p> <p>Турбина типа РО 75-В-450 мощностью 88000 кВт (Виллойская II ГЭС) ..... 107</p> <p>Турбина типа РО 310-В-225 мощностью 87400 кВт (Шамбская ГЭС) ..... 108</p> <p>Турбина типа РО 984-В-600 мощностью 85000 кВт (Плявиньская ГЭС) ..... 111</p> <p>Турбина типа РО 75-В-315 мощностью 56700 кВт (Сигалда ГЭС) ..... 114</p> <p>Турбина типа РО 170-В-180 мощностью 33500 кВт (Живвали I ГЭС) ..... 116</p> <p>Опытно-промышленный турбозатвор РО 170-В-180 мощностью 33500 кВт (турбозатвор Живвали I ГЭС) ..... 118</p>
---	--

Турбина типа РО 115-В-150 мощностью 12500 кВт (Мулей Юссеф ГЭС) .....	121
Турбина типа РО 728 <sup>б</sup> -В-150 мощностью 5300 кВт (Мансур Элдахби ГЭС) .....	123

Диагональные ковшовые и обратимые гидравлические турбины

Технические характеристики диагональных, ковшовых и обратимых гидравлических турбин .....	126
Описание конструкций диагональных, ковшовых и обратимых гидравлических турбин .....	127
Диагональная турбина типа Д 45-2556-В-600 мощностью 220000 кВт (Зейская ГЭС) .....	127
Ковшовая турбина типа К 461-В-186 мощностью 54800 кВт (Татевская ГЭС) .....	129
Обратимая насос-турбина типа РОПТ 18-В-465 мощностью 40000/34600 кВт (Киевская ГЭС) .....	131
Обратимая насос-турбина типа ОРО 812-В-630 мощностью 216000/217000 кВт (Загорская ГЭС) .....	133

Гидравлические затворы, Маслонапорные установки,

Регуляторы .....	138
Гидравлические затворы .....	138
Дисковый затвор диаметром 6000 мм (Виллюйская ГЭС) .....	—
Дисковый затвор диаметром 6000 мм (Ингурская ГЭС) .....	140
Дисковый затвор диаметром 5000 мм (Ингурская ГЭС) .....	142
Дисковый затвор диаметром 5000 мм (Линганмаки ГЭС) .....	143
Дисковый затвор диаметром 4500 мм (Ивайловградская ГЭС) .....	144
Дисковый затвор диаметром 2600 мм (Тертерская ГЭС) .....	147
Шаровой затвор диаметром 4200 мм (Нурекская ГЭС) .....	148
Шаровой затвор диаметром 3000 мм (Ингурская ГЭС) .....	149
Шаровой затвор диаметром 2200 мм (Шамбская ГЭС) .....	—
Маслонапорные установки .....	151
Регуляторы .....	153

Ведущие редакторы Р. П. Боровкова, Р. А. Гаврилина  
Технический редактор Р. В. Гудкова Корректор Е. М. Эренлиб

Т — 05186 Подп. к печ. 28/Ш-75 г.  
Формат 60x90 <sup>1</sup>/<sub>8</sub> Печ. л. 20,5 Уч.-изд. л. 17,53  
Тираж 770 экз. Зак. инст. 18775 Зак. тип. 197 Цена 3 руб.

НИИИНФОРМТЯЖМАШ, 129835, Москва, ГСП-110, проспект Мира, 106  
Производственно-полиграфический отдел НИИИНФОРМТЯЖМАШ