Б. Я. ПЕЧЕНИК, Г. И. ХАТЕТОВСКИЙ

ПИТАТЕЛЬНЫЕ АГРЕГАТЫ МОЩНЫХ ЭНЕРГОБЛОКОВ



МОСКВА «ЭНЕРГИЯ» 1978

31.372
П 31
УДК 621.182.13

Печеник Б. Я., Хатетовский Г. И.

П 31 Питательные агрегаты мощных энергоблоков. — М.: Энергия, 1978. — 176 с., ил.

75 к.

В книге приведены конструкции и технические характеристики питательных насосных агрегатов, устанавливаемых на тепловых электростанциях к энергоблокам мощностью от 100 до 1200 МВт, производства Ленинградского металлического завода, завода «Экономайзер» и Сумского насосного завода; освещены способы их монтажа, наладки и эксплуатации.

Книга рассчитана на инженерно-технических работников, занятых монтажом, наладкой и эксплуатацией теплосилового оборудования тепловых электростанций.

П $\frac{30303\text{-}232}{051(01)\text{-}78}$ 15-78

31.372
6П2.22

© Издательство «Энергия», 1978.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Увеличение энергетических мощностей на тепловых электростанциях производится мощными энергоблоками. Значительное количество агрегатов по 100, 200 и 300 МВт уже работает на тепловых электростанциях; смонтированы и работают турбоагрегаты 500 МВт, намечено изготовление большой серии одновальных турбин 800 МВт, а также головных турбогенераторов мощностью 1200 МВт.

Рост единичных мощностей турбоагрегатов и параметров пара влечет за собой создание новых конструкций вспомогательного оборудования, и в частности мощных питательных агрегатов.

Работа питательных насосов мощных энергоблоков особо ответственна, так как выход их из строя может создать серьезную аварийную ситуацию на электростанции либо вызвать длительный простой мощного энергоблока.

Поэтому проектно-конструкторскими организациями и заводами — изготовителями насосного оборудования выполняются работы по модернизации узлов насосов и созданию новых конструкций с учетом повышения их надежности, экономичности и моторесурсов; производятся исследовательские и экспериментальные работы на стендах заводов и непосредственно на энергетических объектах, связанные с созданием более совершенных образцов питательных насосных агрегатов.

Питательные и бустерные насосы к энергоблокам (мощностью 100—1200 МВт) изготавливают завод «Экономайзер», Сумской насосный завод и Ленинградский металлический завод (ЛМЗ). Турбоприводы к насосам изготавливают Калужский турбинный завод (КТЗ) и завод «Экономайзер», электродвигатели — новосибирский турбогенераторный завод «Сибэлектротяжмаш».

К энергоблоку 300 МВт с турбиной К-300-240 ЛМЗ осуществлял поставку главного питательного насоса СВПТ-340-1000 с турбоприводом КТЗ и пускорезервного агрегата СВПЭ-320-550, состоящего из питательного насоса, редуктора и гидромуфты, с электроприводом Новосибирского турбогенераторного завода.

В схеме энергоблока 300 МВт с турбиной К-300-240 ХТГЗ поставку главного питательного агрегата ОСПТ-1150 осуществляет завод «Экономайзер», а пускорезервного агрегата ПЭ-600-320 — Сумской насосный завод, при этом повысительный редуктор Б-10Н изготавливает Казанский компрессорный завод, а редуктор Б-10 поставляет ХТГЗ.

В настоящее время на ЛМЗ прекращено изготовление насосного оборудования к некоторым энергоблокам, и в частности, для энергоблока 300 МВт. Поэтому в дальнейшем для энергоблока 300 МВт с турбиной ЛМЗ поставку главного питательного насоса ПН-1135-340 с турбоприводом ОР-12П КТЗ будет обеспечивать завод «Экономай-

ПРЕДИСЛОВИЕ

Увеличение энергетических мощностей на тепловых электростанциях производится мощными энергоблоками. Значительное количество агрегатов по 100, 200 и 300 МВт уже работает на тепловых электростанциях; смонтированы и работают турбоагрегаты 500 МВт, намечено изготовление большой серии одновальных турбин 800 МВт, а также головных турбогенераторов мощностью 1200 МВт.

Рост единичных мощностей турбоагрегатов и параметров пара влечет за собой создание новых конструкций вспомогательного оборудования, и в частности мощных питательных агрегатов.

Работа питательных насосов мощных энергоблоков особо ответственна, так как выход их из строя может создать серьезную аварийную ситуацию на электростанции либо вызвать длительный простой мощного энергоблока.

Поэтому проектно-конструкторскими организациями и заводами — изготовителями насосного оборудования выполняются работы по модернизации узлов насосов и созданию новых конструкций с учетом повышения их надежности, экономичности и моторесурсов; производятся исследовательские и экспериментальные работы на стендах заводов и непосредственно на энергетических объектах, связанные с созданием более совершенных образцов питательных насосных агрегатов.

Питательные и бустерные насосы к энергоблокам (мощностью 100—1200 МВт) изготавливают завод «Экономайзер», Сумской насосный завод и Ленинградский металлический завод (ЛМЗ). Турбоприводы к насосам изготавливают Калужский турбинный завод (КТЗ) и завод «Экономайзер», электродвигатели — новосибирский турбогенераторный завод «Сибэлектротяжмаш».

К энергоблоку 300 МВт с турбиной К-300-240 ЛМЗ осуществлял поставку главного питательного насоса СВПТ-340-1000 с турбоприводом КТЗ и пускорезервного агрегата СВПЭ-320-550, состоящего из питательного насоса, редуктора и гидромуфты, с электроприводом Новосибирского турбогенераторного завода.

В схеме энергоблока 300 МВт с турбиной К-300-240 ХТГЗ поставку главного питательного агрегата ОСПТ-1150 осуществляет завод «Экономайзер», а пускорезервного агрегата ПЭ-600-320 — Сумской насосный завод, при этом повысительный редуктор Б-10Н изготавливает Казанский компрессорный завод, а редуктор Б-10 поставляет ХТГЗ.

В настоящее время на ЛМЗ прекращено изготовление насосного оборудования к некоторым энергоблокам, и в частности, для энергоблока 300 МВт. Поэтому в дальнейшем для энергоблока 300 МВт с турбиной ЛМЗ поставку главного питательного насоса ПН-1135-340 с турбоприводом ОР-12П КТЗ будет обеспечивать завод «Экономай-

зер», а пускорезервного питательного агрегата ПЭ-600-320 Сумской насосный завод.

Следует упомянуть также о поставках Бердянского завода гидравлических машин («Южгидромаш»), который изготавливает питательные электронасосы для энергоблоков мощностью 100 МВт. Так, на новых энергоблоках 100 МВт системы Ленэнерго (ТЭЦ-15) с турбиной Т-100-130 Уральского турбомоторного завода установлены электропитательные агрегаты ПЭ-500-180-2 Бердянского завода гидравлических машин («Южгидромаш»).

Выпускаемые отечественными заводами к мощным энергоблокам питательные агрегаты соответствуют современным техническим требованиям, предъявляемым к агрегатам подобного типа. Проведенные ОРГРЭС испытания ряда питательных агрегатов на тепловых электростанциях подтвердили экономичность и надежность разработанных конструкций насосов и других ответственных узлов питательных агрегатов. Так, например, испытания проведенные на Черепетской ГРЭС, пускорезервного питательного электронасоса ЛМЗ СВПЭ-320-550 показали, что к. п. д. насоса в интервале нагрузок 570—630 т/ч достигает 79,5%, а при номинальной нагрузке 550 т/ч составляет 79,0% (при расчетном значении 78,0%). Сравнение гарантийных технических характеристик гидромуфты с результатами ее испытаний показало, что фактические значения к. п. д. также выше гарантийных.

На тепловых электростанциях условия производства монтажных и ремонтных работ за последние годы стали более сложными. С одной стороны, увеличились объемы работ, почти полиостью обновилось монтируемое оборудоваиие и возросла его сложиость. С другой стороны, в современиых условиях работы электростанции иеобходимо повышеиие иадежиости устанавливаемых агрегатов, и в частиости, столь ответственных механизмов, какими являются питательные агрегаты.

В иастоящей книге рассматриваются конструкции питательных насосов к энергоблокам от 100 до 1200 МВт, их турбо- и электроприводы, а также моитаж наиболее сложных питательных агрегатов.

При составлеиии книги использоваиы материалы заводов-изготовителей насосного и турбинного оборудоваиия, а также проектно-конструкторских оргаиизаций.

Авторы выражают призиательиость главиому коиструктору по насосостроению завода «Экономайзер» А. В. Каплуну и иачальнику КБ насосов ЛМЗ Б. И. Межуеву за советы и рекомеидации, позволившие улучшить содержание книги.

Замечания по кииге следует направлять по адресу: 113114, Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10, изд-во «Энергия».

ГЛАВА ПЕРВАЯ

КОНСТРУКЦИИ ПИТАТЕЛЬНЫХ НАСОСОВ К МОЩНЫМ ЭНЕРГОБЛОКАМ

1-1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Питательные насосы предназначены для подачи питательной воды к котлоагрегатам электростанции, поэтому нормальная работа питательных агрегатов, их надежность являются важным фактором для успешной эксплуатации энергоблоков.

Компоновка и выбор питательных агрегатов зависит от мощности и типа турбоагрегата и, естественно, от паропроизводительности котлоагрегата. Компоновки питательных насосов к мощным энергоблокам выполняются в различных вариантах сочетания оборудования:

установка двух (или трех) питательных электронасосов (ПЭН);

установка одного питательного турбонасоса (ПТН) и одного питательного электронасоса, где ПТН обеспечивает полную паропроизводительность котлоагрегата;

установка двух питательных турбонасосов с применением конденсационного турбопривода, что позволяет повысить экономичность работы энергоблока, так как в этом случае снижаются потери с выходной скоростью главной турбины.

Компоновка питательных насосов может предусматривать их установку на нулевой отметке или на отдельных фундаментах с различными отметками, зависящими от конкретного оборудования, трассировки трубопроводов и удобств обслуживания.

Обычно для больших мощностей питательного насоса в качестве его привода используется паровая турбина, позволяющая в достаточно широких пределах производить регулирование частоты вращения. Для небольших мощностей насоса (до 6500 кВт) обычно используют асинхронный двигатель.

Широкое применение получили гидромуфты, способствующие повышению экономичности и надежности работы питательных насосов в условиях неравномерного графика нагрузки, а также частых пусков оборудования энергоблока. Применение гидромуфты позволяет улучшить условия работы соединенного с ней электродвигателя, а также позволяет совершенствовать системы управления и регулирования питательного насоса.

Отечественная промышленность для питательных агрегатов поставляет две принципиально различные конструкции гидромуфт: жиклерные, разработанные ЛМЗ, и черпательные, разработанные ВНИИАЭН.

Жиклерным гидромуфтам в конструктивном отношении можно отдать предпочтение, так как отсутствие черпательной трубки позволяет упростить их конструкцию. Однако по динамическим качествам эти *муфты уступают* черпательным гидромуфтам и поэтому не получили распространения за рубежом.

Для питательных агрегатов, где частота вращения ротора насоса составляет 2900 об/мин, устанавливают гидромуфты между электродвигателем и насосом, а для питательных агрегатов, имеющих частоту вращения ротора насоса более 3000 об/мин, между электродвигателем и повышающим редуктором.

Гидромуфта МГ-5000-2 конструкции ВНИИАЭН аналогична гидромуфте МГ-7000-2 и входит в состав питательных агрегатов серии ПЭ (ПЭ-500-185/200, ПЭ-580-185/200, ПЭ-720-185/200 и др.) энергоблоков мощностью 100—200 МВт.

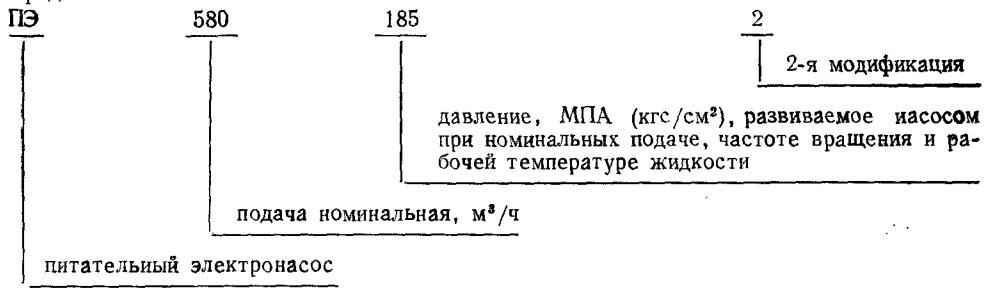
В последние годы ВНИИАЭН разработал конструкцию гидромуфт левого вращения МГЛ-7000-2 и МГЛ-5000-2. В настоящее время вместо гидромуфт МГЛ-5000-2, МГЛ-7000-2 выпускаются гидромуфты МГ2-600 и МГ2Л-650.

На современных насосных заводах стремятся создавать конструкции электропитательных насосов с унифицированными узлами и деталями с тем, чтобы набором секций и изменением мощности электродвигателя получать различные параметры насосов. В результате этого одна разработанная конструкция охватывает целую группу насосов, является принципиально пригодной для многих типов насосов.

1-2. КОНСТРУКЦИИ ПИТАТЕЛЬНЫХ НАСОСОВ СУМСКОГО НАСОСНОГО ЗАВОДА К ЭНЕРГОБЛОКАМ 100—200 МВт

Питательные насосы Сумского насосного завода (ПЭ-380-185/200-2, ПЭ-580-185/200-2 и ПЭ-720-185-2) предназначены для подачи в котлоагрегаты с параметрами пара 13,7 МПа (140 кгс/см^2) и 570°С питательной воды с температурой до 160°С (показатель pH от 7,5 до 9,5, вода не должна содержать твердых частиц).

Расшифровка обозначения типа насосного агрегата (например, ПЭ-580-185-2) представлена ниже:



Питательные насосы ПЭ-580-185/200-2 обычно входят в компоновку энергоблока 160 МВт в количестве 2 шт.; питательные насосы ПЭ-380-185/200-2 — в компоновку энергоблока 200 МВт в количестве 3 шт. либо компоновка предусматривает насосы ПЭ-720-185-2 в количестве 2 шт.

Питательные насосные агрегаты могут поставляться заводами как с гидромуфтой, так и без гидромуфты, при этом в первом случае регулирование работы осуществляется изменением частоты вращения питательного агрегата, во втором случае — регулирующим клапаном, уста-

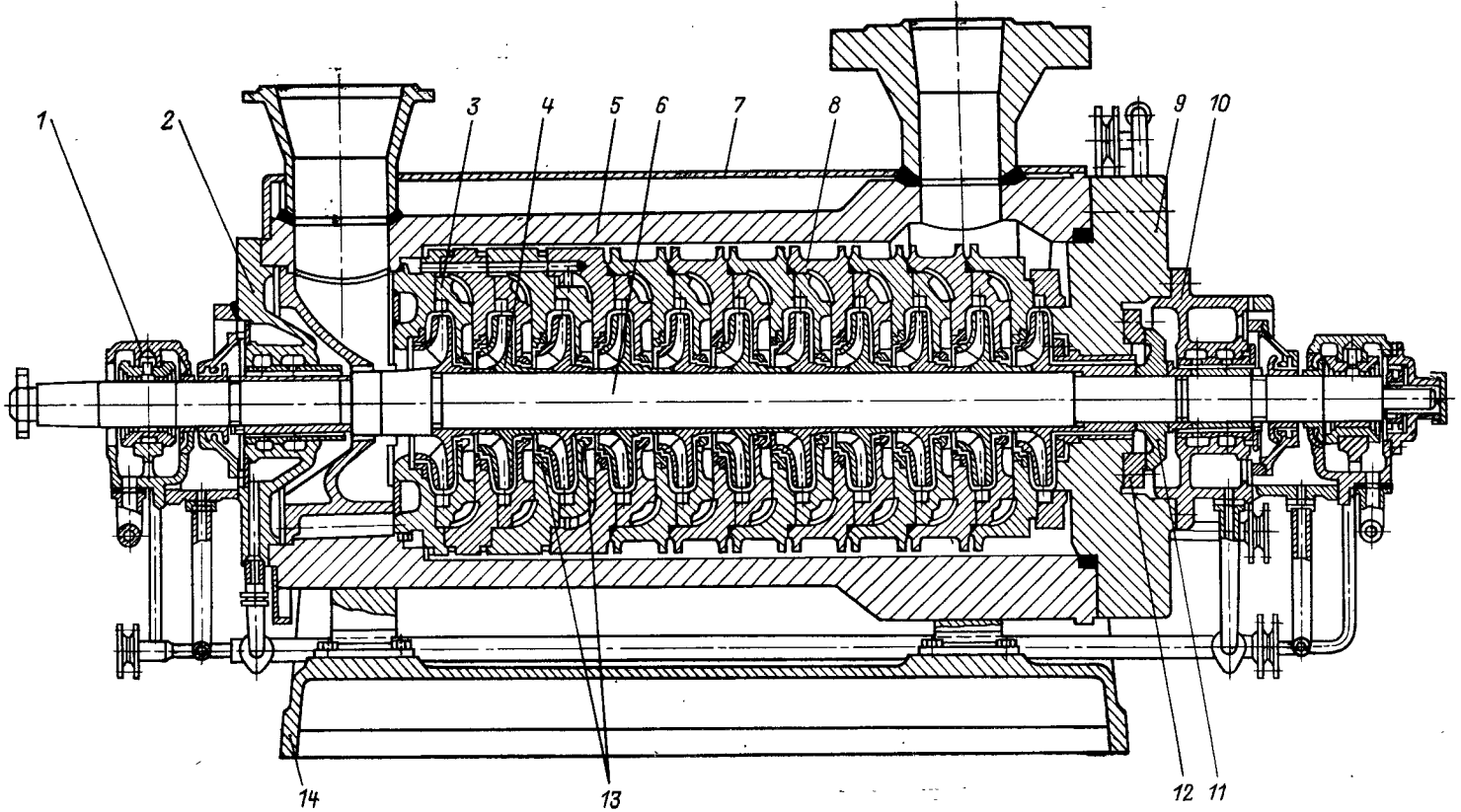


Рис. 1-1. Продольный разрез питательного насоса Сумского насосного завода к энергоблокам 160—200 МВт.

1 — подшипник; *2* — входная крышка; *3* — направляющий аппарат; *4* — рабочее колесо; *5* — наружный корпус; *6* — вал; *7* — кожух; *8* — секция; *9* — напорная крышка; *10* — заднее концевое уплотнение; *11* — разгрузочный диск; *12* — подушка пяты; *13* — уплотнительные кольца; *14* — плита.

навливаемым на напорной магистрали (в поставку насосного завода не входит).

Принципиальная конструкция насоса охватывает группу питательных насосов, у которых параметры (производительность и напор) изменяются в зависимости от количества ступеней, имеющихся у насоса, и подобранной мощности электродвигателя.

Насосы — центробежные, горизонтальные, двухкорпусные, секционные, многоступенчатые (рис. 1-1) с односторонним расположением рабочих колес и гидравлической пятой для восприятия гидравлического осевого усилия ротора.

Основные узлы насоса состоят из наружного корпуса, входиой и напорной крышек, внутреннего корпуса, ротора, подшипнпков и концевых уплотнений. Базовой деталью насоса является наружиый корпус, в расточках которого сцентрированы внутреиний корпус с ротором, а также входная и напориая крышки.

Стыки высокого давления между наружиым и внутрениим корпусами, между наружным корпусом и напорной крышкой уплотняются металлическими прокладками из хромистой стали, являющейся эрозийно-стойким материалом.

Секции внутрениего корпуса центрируются на заточках. Плотиость стыков обеспечивается с помощью металлического коитакта притертых поверхностей и уплотнительных колец из теплостойкой резины. Направляющие аппараты вставлены в секции внутреннего корпуса. Стык между полостями подвода и отбора от промежуточной ступеии уплотияется кольцом из теплостойкой резины.

Корпус насоса опирается на плиту четырьмя лапами, расположеииыми в горизонтальной плоскости, проходящей через ось иасоса для предотвращения вертикальной расцентровки насоса при его нагреве. Между шайбами и головками болтов, крепящих корпус к плите, предусмотрен зазор для свободиого температурного расширеиия корпуса иасоса, направление которого обеспечивается двумя поперечиыми шпонками, установленными в лапах иасоса (со стороиы входного патрубка), и двумя продольными шпоиками, расположеииыми в нижней части корпуса.

Ротор насоса, состоящий из вала, рабочих колес, разгрузочного диска и защитных рубашек, опирается на подшипники скольжения, при этом смазка подшипников выполнена принудительной.

Центрирование ротора насоса в статоре производится перемещеиием корпусов подшипников с помощью регулировочных винтов, после чего корпусы подшипников штифтуются. Под лапами корпуса иаходятся дистаиционные плиты, измеиением толщины которых производится цеитрирование насоса с гидромуфтой.

Для предотвращения выхода по валу питательиой воды насос имеет коицевые уплотнения щелевого типа с подводом запирающего холодного конденсата, для очистки которого предусмотрены фильтры.

Радиальные зазоры в концевых уплотнениях должны быть выдержаны в следующем порядке: верхний зазор 0,15 мм, иижиий — ие менее 0,35 мм.

Осевой разбег следует устанавливать в сторону всасываиия ие менее 3 мм, а в сторону нагнетания — не менее 2,5 мм.

Подгонку осевого разбега производят подрезкой торца разгрузочиого диска.

Для контроля за износом торцов разгрузочного диска и втулки (подушки) пяты на насосе предусмотрен визуальный указатель осевого

сдвига, установленный на корпусе подшипника со стороны нагнетания.

Для технологических нужд электростанции от промежуточной ступени насоса отбирается питательная вода с расходом около 10% номинальной подачи насоса и давлением около 4,9 МПа (50 кгс/см²).

Привод насоса осуществляется от асинхронного электродвигателя типа 2АЗМ, на воздухоохладитель которого подается техническая вода. Направление вращения ротора насоса — по часовой стрелке (если смотреть со стороны электродвигателя).

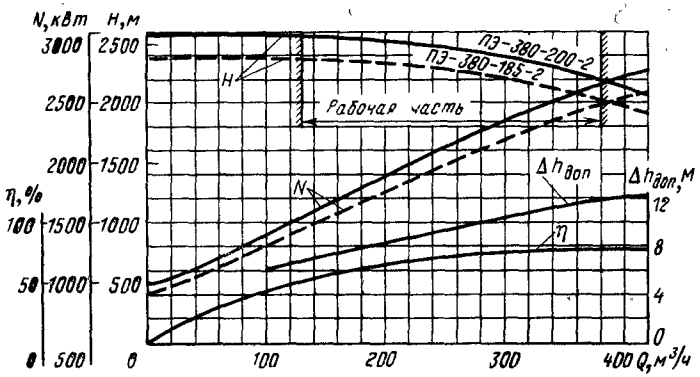


Рис. 1-2. Характеристика насосов ПЭ-380-185/200-2 с гидромуфтой (n=2900 об/мин) и без гидромуфты (n=2985 об/мин).

Для защиты от соприкосновения с нагретой поверхностью корпуса предусмотрен металлический кожух.

Насос может быть укомплектован гидромуфтой МГ2-600. В этом случае насос, гидромуфта и электродвигатель соединяются между собой зубчатыми муфтами.

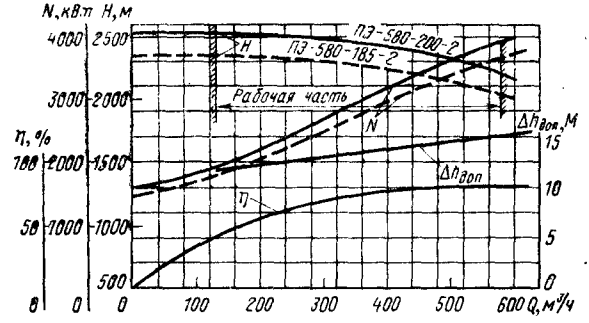


Рис. 1-3. Характеристика насосов ПЭ-580-185/200-2 с гидромуфтой (n=2900 об/мин) и без гидромуфты (n=2985 об/мин).

Характеристики насосов ПЭ-380-185/200-2, ПЭ-580-185/200-2 и ПЭ-720-185-2 представлены на рис. 1-2—1-4.

Условные обозначения графических характеристик:
Q — подача, м³/ч; H — напор, м; N — мощность, кВт; η — к. п. д. насоса, %; n — частота вращения, об/мин.; $\Delta h_{доп}$ — допускаемый кавитационный запас, м; t — температура, °С.

Допускается изменение подачи насоса с соответствующим изменением напора в пределах рабочей части характеристики насоса. Сле-

дует отметить, что всасывающий и напорный патрубки этой группы насосов имеют одно конструктивное исполнение: они расположены в верхней части насоса (см. рис. 1-1).

Обратно-вертикальный клапан, устанавливаемый на напорном патрубке насоса, предназначен для предотвращения перетока питательной воды из напорного трубопровода во входной при неработающем насосе.

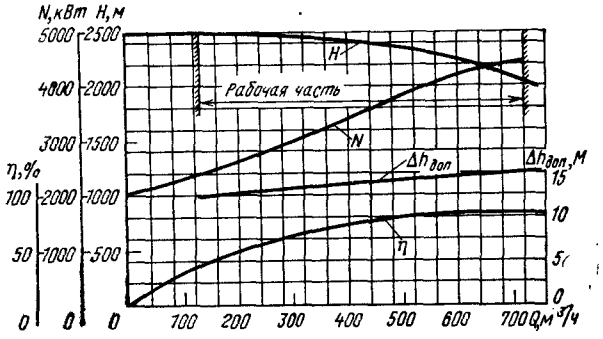


Рис. 1-4. Характеристика насоса ПЭ-720-185-2 с гидромуфтой (n=2900 об/мин) и без гидромуфты (n=2985 об/мин).

Трубопровод рециркуляции исключает возможность вскипания воды в насосе из-за повышения ее температуры при работе на малых расходах.

Управление вентилем рециркуляции производится от перепада давления на сужающем устройстве, установленном на напорном трубопроводе насоса (в поставку насосного агрегата не входит).

Материалы для изготовления основных узлов и деталей насосов Сумского насосного завода к энергоблокам 160—300 МВт приведены в табл. 1-1.

Таблица 1-1

Материалы для изготовления основных деталей насосов Сумского насосного завода к энергоблокам 160—300 МВт

Наименование	Марка стали или чугуна	Наименование	Марка стали или чугуна
Наружный корпус	30	Уплотнительное кольцо	3Х13
Входная крышка	25Л-11	Разгрузочный диск	2Х13
Напорная крышка	30	Подушка гидропяты	3Х13
Вал	40ХФА	Корпус концевого уплотнения	25Л-1
Секция	2Х13	Плита	СЧ 15-32
Направляющий аппарат	20Х13Л	Корпус подшипника	СЧ 18-36
Рабочее колесо	20Х13Л		

Технические характеристики насосов Сумского насосного завода ПЭ-380-185/200-2, ПЭ-580-185/200-2 и ПЭ-720-185-2 и соответствующих электродвигателей к ним представлены в табл. 1-2.

Маслоустановка питательного агрегата предназначена для обеспечения смазкой подшипников агрегата и зубчатых муфт, а также для

Таблица 1-2

Технические характеристики насосов ПЭ-380-185/200-2, ПЭ-580-185/200-2 и ПЭ-720-185-2 Сумского насосного завода

Параметры	Марка насоса				
	ПЭ-380-185-2	ПЭ-380-200-2	ПЭ-580-185-2	ПЭ-680-200-2	ПЭ-720-185-2
Подача, м³/ч	380	380	580	580	720
Напор, м	2030	2190	2030	2190	2030
Допускаемый кавитационный запас, м	12	12	15	15	15
Температура питательной воды, °С	160	160	160	160	160
Мощность насоса, кВт	2500	2690	3615	3900	4430
К. п. д. насоса, %	77	77	81	81	82
Количество ступеней насоса:					
для агрегата с гидромуфтой	10	11	10	11	11
для агрегата без гидромуфты	10	11	10	11	10
Расход, м³/ч:					
охлаждающего конденсата технической воды	20	20	20	20	20
для агрегата с гидромуфтой	300	300	310	310	310
для агрегата без гидромуфты	26,5	26,5	31,5	36,5	36,5
масла:					
для агрегата с гидромуфтой	44,1	44,1	61,8	61,8	70
для агрегата без гидромуфты	3	3	3	3	3
Мощность гидромуфты МГ2-600, кВт	2500	2690	3615	3900	4430
Электродвигатель:					
тип	2АЗМ-3200/6000	2АЗМ-3200/6000	2АЗМ-4000/6000* 2АЗМ-5000/6000**	2АЗМ-5000/6000	2АЗМ-5000/6000
мощность, кВт	3200	3200	4000*; 5000**	5000	5000
напряжение, В	6000	6000	6000	6000	6000
Частота вращения, об/мин	3000	3000	3000	3000	3000
Масса, кг:					
насоса	10 920	11 000	10 850	10 930	10 930
агрегата	34 820	34 910	36 330	36 410	36 410

* Для агрегата без гидромуфты.
** Для агрегата с гидромуфтой.

заполнения системы циркуляции гидромуфты (в агрегатах, комплектуемых гидромуфтой).

В состав маслоустановки агрегата с гидромуфтой входят маслонасосы (два рабочих и один резервный), маслоохладители (два из них, включенных параллельно, устанавливаются на напорной линии маслонасосов и два, включенных также параллельно, устанавливаются на линии отвода масла из черпаковой камеры гидромуфты), маслофильтр (двойной, устанавливается на линии подвода масла к подшипникам и зубчатым муфтам агрегата), масляные баки — главный и аварийный.

В состав маслоустановки насосного агрегата без гидромуфты входят маслонасосы (рабочий и резервный), маслоохладитель, масляный фильтр (двойной) и масляный бак.

Каждый насосный агрегат комплектуется системой КИПиА, предусматривающей установку приборов и датчиков непосредственно у оборудования, они контролируют работу различных узлов и параметры насосного агрегата. Вторичные приборы устанавливаются на манометровой колонке и в местном щите.

1-3. КОНСТРУКЦИЯ ПИТАТЕЛЬНОГО НАСОСА ПЭ-500-180-2 БЕРДЯНСКОГО ЗАВОДА «ЮЖГИДРОМАШ»

Питательные насосные агрегаты ПЭ-500-180-2 Бердянского завода гидравлических машин («Южгидромаш») предназначены для питания котлоагрегатов с давлением пара 13,7 МПа (140 кгс/см^2) питательной водой. Характеристика насоса представлена на рис. 1-5.

Насосные агрегаты изготовляются в двух исполнениях: с гидромуфтой и без нее и соответственно с разными маслоустройствами.

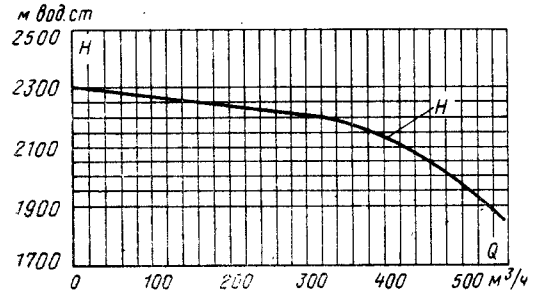


Рис. 1-5. Характеристика насоса ПЭ-500-180-2.

Питательный насос — центробежный, горизонтальный, одиннадцатиступенчатый, двухкорпусного секционного типа. При поставке агрегата с промежуточным валом или без гидромуфты насос изготовляется с 10 ступенями и рабочими колесами с $D_{нар}$=400 мм.

Технические характеристики питательного насоса ПЭ-500-180-2 приведены в табл. 1-3.

Наружный корпус, кованный из углеродистой стали, является базовой деталью насоса. Крепление корпуса на плите показано на рис. 1-6. Между лапами и шайбами в горизонтальной плоскости должен быть зазор 0,03—0,08 мм, обеспечивающий возможность тепловых перемещений лап. Для сохранения центрирования насоса при тепловых перемещениях в передней паре лап (со стороны подвода) имеются поперечные шпонки *6*, а в нижней части корпуса — продольное шпоночное соединение с плитой *3*.

Под лапы подложены подкладки *2*. Изменяя толщину подкладок, производят точное центрирование насоса при монтаже и при расцентрировании в период эксплуатации.

Посадочные расточки стыков с внутренним корпусом и напорной крышкой наплавлены нержавеющей сталью. При ревизиях следует тщательно контролировать состояние этих торцов и посадочных поверхностей.

Таблица 1-3

Технические характеристики питательного насоса ПЭ-500-180-2 Бердянского завода гидравлических машин („Южгидромаш")

Параметры	Насосный агрегат	
	ПЭ-500-180-2 без гидромуфты	ПЭ-580-180-2 с гидромуфтой
Подача, м³/ч	500	500
Напор, МПа (кгс/см²)	17,6 (180)	17,6 (180)
Температура питательной воды, °С	160	160
Частота вращения с электродвигателем серии АТД2, типа 2АЗМ 4000/6000 У4, об/мин	2980	2900
Давление, МПа/(кгс/см²):		
в приемном патрубке	0,6 (6,7)	0,6 (6,7)
в напорном патрубке	18,2 (186,7)	18,2 (186,7)
Потребляемая мощность, кВт	3180	3310
К. п. д. насоса, %	78—2	78—2
К. п. д. агрегата, %	73—2	70—2
Расход масла, м³/ч	2,8	35
Расход холодного кондеисата, м³/ч	3	3
Расход технической воды, м³/ч	107,5	240

Внутреннпй корпус — секцнонной конструкцнн. Секции стянуты между собой болтами и центрируются с помощью призонных болтов. Стыки секций имеют двойное уплотненне: резиновыми кольцами и металлическим контактом торцовых плоскостей.

Внутренний корпус стыкуется с наружным спиральным подводом, на котором предусмотрено место для зубчатой прокладки, уплотняющей стык. Торец подвода, обращенный к крышке всасывания, имеет шпильки, с помощью которых фиксируется положение внутреннего корпуса после обжатия зубчатой прокладки при сборке (рис. 1-7).

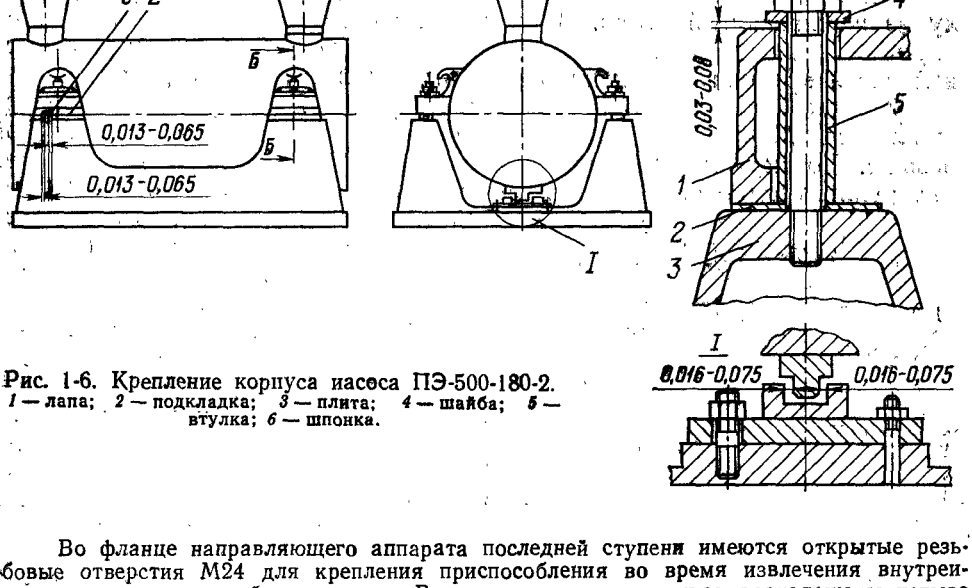


Рис. 1-6. Крепление корпуса иасеса ПЭ-500-180-2.
1 — лапа; *2* — подкладка; *3* — плита; *4* — шайба; *5* — втулка; *6* — шпонка.

Во фланце направляющего аппарата последней ступени имеются открытые резьбовые отверстия М24 для крепления приспособления во время извлечения внутреиего корпуса при разборке насоса. Вдоль внутреиего корпуса расположены четыре пары опорных штнфтов, на которых виутренний корпус вдвигается в наружный при сборке насоса. В собранном насосе во избежание нарушения центрирования должеи быть обеспечен зазор между штифтами и наружным корпусом в пределах 0,2—0,25 мм.

Стык крышки нагнетания с наружным корпусом в месте уплотнения наплавлен нержавеющей сталью и уплотняется прокладкой из мягкой стали (сталь Э или ЭА). В крышке нагнетания имеется камера разгрузки пяты. Отверстия разгрузки давления выведены в верхнюю часть крышки нагнетания и через коллектор соединены трубой с трубопроводом подвода. К крышке нагнетания крепятся втулка и подушка пяты, выполненные из закаленной нержавеющей стали.

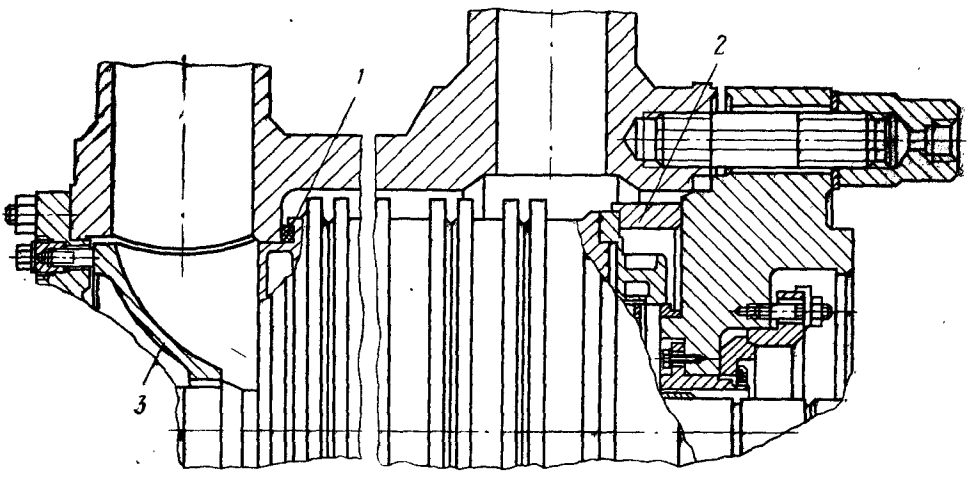


Рис. 1-7. Стыковка внутреннего корпуса с наружным спиральным подводом насоса ПЭ-500-180-2.

1 — зубчатая прокладка; *2* — монтажное кольцо; *3* — спиральный подвод.

Выступ, на котором центрируется корпус, имеет защитную наплавку из нержавеющей стали. В крышке нагнетания предусмотрены приварные лапы, которыми она опирается при монтаже на плиту. В верхней части крышка снабжена рым-болтом для транспортировки.

Крышка всасывания крепится к наружному корпусу двенадцатью шпильками М36, при этом стык уплотняется кольцом из теплостойкой резины. По окружности в крышке расположены отверстия для шпилек внутреннего корпуса и для отжима внутреннего корпуса при разборке. Отверстия для шпилек заглушаются колпачками с медными уплотняющими кольцами, а отверстия для отжима — пробками.

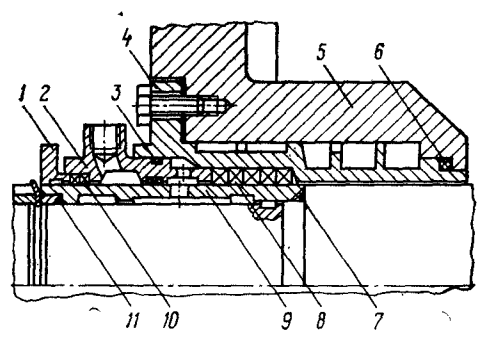


Рис. 1-8. Сальники насоса ПЭ-500-180-2.

1 — букса форсальника; *2* — букса сальника; *3, 6, 7* и *11* — резиновые кольца; *4* — камера сальника; *5* — корпус; *8* — сальниковая набивка 13×13×500; *9* — рубашка; *10* — сальниковая набивка 6×6×480.

Сальники насоса (рис. 1-8) выполнены из мягкой набивки АТС4ДП. Холодный конденсат поступает на сальники двумя потоками: один проходит через лабиринт сальниковой камеры, охлаждает набивку снаружи и поступает на слив в бак низких точек; второй через сверление во фланце сальниковой камеры проходит под рубашкой ротора, охлаждает набивку изнутри и сливается через отверстие грундбуксы в воронку.

Ротор насоса представляет собой комплектный узел, состоящий из вала, одиннадцати (десяти) рабочих колес, разгрузочного диска, защитных втулок и мелких деталей, закрепленных на валу.

Вал изготовляется из легированной стали. Шейки вала, опирающиеся на подшипники, подвергаются поверхностной закалке. Рабочие колеса отливаются из нержавеющей стали.

Уплотнения рабочих колес — двухщелевые (средняя щель в переднем уплотнении с большим зазором — нерабочая). Заднее уплотнение рабочего колеса XI ступени — однощелевое, с зазором 0,3—0,345 мм по радиусу. При снятии с ротора рабочего колеса XI ступени взамен него на вал насоса устанавливается дистанционная втулка. Разгрузочный диск, выполненный из хромистой нержавеющей стали, термообрабатывают до высокой твердости. Между втулкой пяты и рабочим колесом XI ступени предусмотрен зазор $2\,^{+1,51}_{-1,18}$ мм для температурных перемещений рабочих колес относительно вала в осевом направлении. Во избежание перетоков, под разгрузочным диском с внешней стороны диска имеется уплотнение из термостойкой резины и упор в бурт вала.

Защитные рубашки ротора в местах расположения сальников выполняются из нержавеющей стали. В рубашках предусмотрен лабиринт для прохода охлаждающей воды.

Рабочие колеса и разгрузочный диск балансируются статически, а ротор в собранном виде — динамически. Правильность установки ротора со статором в осевом направлении (совпадение каналов рабочих колес и направляющих аппаратов), когда торец разгрузочного диска упирается в торец подушки пяты, обеспечивается за счет подрезки рабочего торца разгрузочного диска.

Чтобы определить величину подрезки торца разгрузочного диска, определяют размер K (рис. 1-9), для чего необходимо выполнить следующее: рабочие колеса зажимают через монтажную втулку гайкой диска разгрузки, определяют разбег ротора и затем ротор устанавливают так, чтобы каналы рабочих колес находились против каналов направляющих аппаратов. На рубашке вала с всасывающей стороны против торца лабиринтовой втулки наносят риску. Снимают гайку диска, уточняют положение риски на рубашке и производят замер размеров $Б$ и $В$.

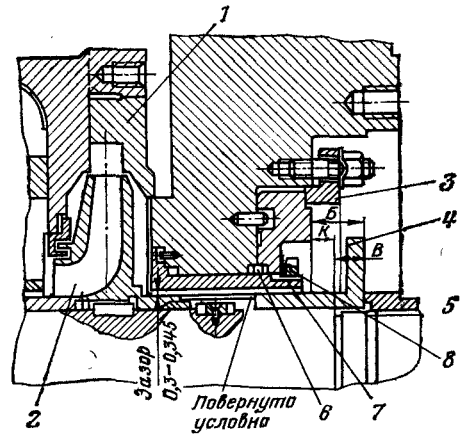


Рис. 1-9. Определение правильности установки ротора со статором в осевом направлении.

1 — направляющий аппарат XI ступени; *2* — рабочее колесо XI ступени; *3* — нажимной фланец; *4* — монтажная втулка; *5* — подушка пяты; *6* — нажимное кольцо; *7* — втулка пяты; *8* — круглая гайка.

Такую подрезку производят при заводской сборке насоса и при замене изношенных деталей гидропяты запасными деталями (запасной диск имеет припуск на торце).

Следует иметь в виду, что $К=Б-В$, а замеры необходимо производить при установленных рабочих колесах в рабочем положении, т. е. разбег ротора вправо и влево должен быть распределен поровну.

Опорами ротора служат подшипники скольжения. Вкладыши подшипника — стальные, с баббитовой заливкой.

Корпуса подшипников выставляются в вертикальном и горизонтальном направлениях на винтах, что дает возможность перемещением подшипников отцентрировать ротор со статором.

Положение корпусов подшипников фиксируется призонными штифтами на заводе-изготовителе, но при перезалнвке илн при замене вкладышей положеине корпусов следует проверять заново, так как возможны отклонения по осям расточек.

Вкладыши вставляются в корпуса подшипников по глухой посадке. Зазоры между валом и вкладышем должны соотвествовать велнчинам, указаным в чертеже. Смазка подшипников принудительная.

Торцы вкладыша прикрыты алюминиевыми кольцами и слив масла направлен вниз во избежанне разбрызгивания. В местах прохода вала корпуса подшипников уплотняются Г-образными маслоотражателями, служащими также для предохранения масла от обводнения. Температура вкладышей подшипников контролнруется термометрами сопротивления, установлеиными в теле вкладышей.

Для ограничения осевого перемещения ротора при пуске и останове насоса предусмотрена упорная втулка *11* (рис. 1-10), насаженная в шарикоподшипнике № 46216.

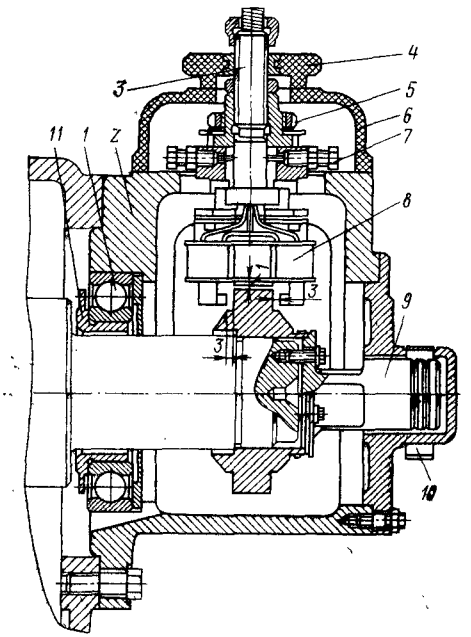


Рис. 1-10. Упор ротора с указателем осевого сдвига.

***1* — шарикоподшипник; *2* — корпус; *3* — регулнрующий винт; *4* — прижимная гайка; *5* — круглая гайка; *6* — колпак; *7* — установочный винт; *8* — датчик осевого сдвига; *9* — хвостовнк; *10* — хомутик; *11* — упорная втулка.**

Промежуточный вал используется взамен гидромуфты для временной установки в иасосном агрегате. Промежуточный вал устанавливается на ту же фундаментную раму и в тех же габаритах, что и гидромуфта, и может быть заменен гидромуфтой МГ2-600 без изменения фундамента (при этом мощность гидромуфты, передаваемая при номинальных параметрах насоса, 3150 кВт).

Ввиду того, что роторы промежуточного вала и гидромуфты имеют разные величины прогибов, при замене промежуточного вала гидромуфтой следует произвести перецентровку агрегата, при этом гидромуфта прицентровывается к электродвигателю, а питательный насос — к гидромуфте.

В узел промежуточного вала входят зубчатые муфты, соединяющие вал с электродвигателем и с питательным насосом. Обоймы зубчатых муфт центрируются призонными болтами. Смазка подшипников и зубчатых муфт жидкая, от общей маслосистемы.

Торцовая крышка подшипника электродвигателя снимается и заменяется крышкой, входящей в узел промежуточного вала. При этом крышка ставится на место до надевания втулки муфты на вал электродвигателя. Промежуток между кожухами муфт и торцовыми крышками подшипников уплотняется войлочными кольцами или кольцами из сальниковой набивки.

Во избежание запаривания насоса при холостом ходе от обратного клапана (на напорном патрубке) отводится в деаэратор трубопровод рециркуляции с установлеиным на нем быстродействующим вентилем

и дросселирующим устройством. Для срабатывания перепада давления устанавливается дроссельное устройство на расход 130 м³/ч.

Автоматическое управление электроприводом вентиля рециркуляции осуществляется по импульсу от перепада давления, создаваемого сужающим устройством, установленным на напорном трубопроводе насоса, воздействующего на дифференциальный манометр ДМ-6 и вторичный прибор ДПР-01. При открытии обратного клапана на подачу питательной воды в количестве 160 м³/ч должно производиться закрытие вентиля рециркуляции.

Маслоустановка питательного насоса агрегата ПЭ-500-180-2 предназначена для обеспечения смазки подшипников насоса, электродвигателя и промежуточного вала, соединительных зубчатых муфт и для наполнения гидромуфты.

Осиовные узлы маслоустановки насосного агрегата с гидромуфтой: рабочий маслоиасос ВНЛ-25, установленный на электродвигателе; пусковой электромаслонасос ЭВН-25, масляный бак, два маслоохладителя, два сливных клапана, масляный фильтр (двойной), арматура и фланцы.

Основные узлы маслоустановки насосного агрегата без гидромуфты: рабочий маслонасос НМЛ-32, вихревой; пуско-остановочный насос РЗ-7,5а; масляиый бак, маслоохладитель, масляный фильтр (двойиой), предохраиительиый клапан, арматура и фланцы.

В случае установки промежуточного вала вместо гидромуфты места присоединения коммуникаций к гидромуфте, не используемых при работе с промежуточным валом, следует заглушить. Неиспользуемое оборудование (один маслоохладитель, предохранительный клапан на сливе из черпаковой трубы, задвижки) должно быть законсервировано.

Применение сдвоенного фильтра позволяет очищать один из них, не останавливая питательный насосный агрегат. Это осуществляется при помощи трехходовых кранов, расположенных непосредственно у фильтров. Степень загрязненности фильтра контролируется манометром по перепаду давления до фильтра и после него.

Маслоохладители насосного агрегата с гидромуфтой при необходимости отключаются при помощи обходных задвижек. Маслоохладители — вертикальные, трубные, четырехходовые по воде. Вода поступает по трубкам, масло — через межтрубное пространство.

Для агрегата с гидромуфтой применяется маслоохладитель МО-25×4 с поверхностью охлаждения 25 м², для агрегата без гидромуфты — маслоохладитель МХ-8 с поверхностью охлаждения 8 м². Оба маслоохладителя разбираются вверх и имеют устройства для слива масла и воды, а также отвода воздуха.

Рабочие маслонасосы ВНЛ-25 и НМЛ-32 крепятся к подшипнику электродвигателя. При этом торцовая крышка подшипника снимается и шпильками М16, которые ставятся на бакелитовом лаке, крепится переходник маслонасосов. К торцу вала электродвигателя прикрепляется фланец переходного валнка, при этом биение переходного валика относительно оси электродвигателя допускается не более 0,05 мм. Переходной валик соединяется на штифтах с последующим креплением. Привод маслонасоса ВНЛ-25 осуществляется через эластичную муфту, прн этом биение в радиальном и осевом направлениях допускается не более 0,07 мм. Привод насоса НМЛ-32 выполнен поводковым с центровкой в пределах 0,07 мм.

Торцовый зазор (около 8 мм) между эластичной муфтой для насоса ВНЛ-25 и между валиком насоса НМЛ-32 гарантирует предохранение от осевых усилий электродвигателей, могущих вывести из строя маслонасосы.

1-4. КОНСТРУКЦИИ БУСТЕРНОГО И ПИТАТЕЛЬНОГО НАСОСОВ АГРЕГАТА ОВПТ-500А ЗАВОДА «ЭКОНОМАЙЗЕР»

Мощные питательные турбонасосы изготавливает завод «Экономайзер» (табл. 1-4).

Питательный агрегат ОВПТ-500А предназначен для работы на тепловых электростанциях в качестве основного насоса для питания котлоагрегата 420 т/ч, работающего в энергоблоке мощностью 100 МВт, и состоит из следующих основных самостоятельных узлов оборудования: питательный насос, бустерный насос, паровая турбина, редуктор с валоповоротным устройством, паровая коробка с клапанами и сервомотором, масляная система, узлы автоматического регулирования и защиты.

Таблица 1-4

Техническая характеристика питательных турбонасосов завода „Экономайзер" к мощным энергоблокам

Основные характеристики		Мощность энергоблока, МВт				
		100	250	300	500 и 800	300
		ОВПТ-500А	ПТН-1100-350-24	ОСПТ-1150М	ПН-1500-350	ПН-1135-340
Насос	Подача, м³/ч	500	1100	1150	1500	1135
	Давление нагнетания, МПа (кгс/см²)	18,2 (186)	34,3 (350)	33,3 (340)	34,3 (350)	33,3 (340)
	Давление в приемном патрубке, МПа (кгс/м²)	0,6 (6,2) *	1,9 (20)	1,5 (16)	1,9 (20)	1,8 (19)
	Температура воды, °С	160	165	165	165	170
	Частота вращения, об/мин	6300	5400	5200	4700	6000
Турбина	Начальные параметры: давление, МПа (кгс/см²)	12,7 (130)	2,2 (23)	1,44 (14,75)	Турбина КТЗ ОК-18ПУ	Турбина КТЗ ОР-12П
	температура, °С	565	501	446		
	давление отработанного пара, МПа (кгс/см²)	0,11—0,24 (1,2—2,5)	0,66 (6,8)	0,21 (2,18)		
	Расход пара, т/ч	18—20	165	118	—	—
	Мощность, кВт	3400	12 000	12 500	17 000	12 500
Турбонасос	Масса в объеме поставки, кг	18 000	40 280	34 000**	21 050	—
	Габариты, мм	7030×2670×2150	6570×2100×1890	8400×3680×1950	3550×2200×1760	—

* Давление в приемном патрубке бустерного насоса.
** Масса без обратных клапанов.

Компоновка питательного агрегата предусматривает установку турбины в его центральной части. Со стороны выхлопного патрубка ротор турбины зубчатой муфтой соединяется непосредственно с ротором питательного насоса (6300 об/мин). Со стороны паровпуска к переднему стулу примыкает редуктор, передающий вращение (2530 об/мин) на бустерный насос.

С ротором турбины редуктор также соединен зубчатой муфтой. Рама редуктора и бустерного насоса одновременно является масляным баком; на ней же укреплен и пусковой масляный электронасос. Основной масляный насос связан с валом бустерного насоса.

Насосная часть* питательного агрегата состоит из двух насосов центробежного типа: бустерного и питательного. Каждое рабочее колесо в паре с направляющим аппаратом (в питательном насосе) или спиральной камерой (в бустерном насосе) создает определенную часть полного давления, создаваемого насосами.

Из-за малого подпора воды на входе питательного насоса, а также во избежание кавитации перед питательным насосом предусмотрена установка бустерного насоса (рис. 1-11), имеющего одно рабочее колесо с двухсторонним подводом воды, с широким меридиальным сечением.

В сочетании с полуспиральным подводом и спиральным отводом воды и отводом воды из разгрузочной камеры питательного насоса непосредственно в деаэратор это бустерное колесо обеспечивает устойчивую бескавитационную работу бустерного насоса и безусловно надежную в кавитационном отношении работу питательного насоса.

Двухсторонний подвод воды к рабочему колесу бустерного насоса теоретически предполагает отсутствие осевой силы на роторе насоса. Но из-за неравномерного износа уплотнений, несимметричности потока и отступлений, допускающихся при изготовлении и сборке насоса, возможно появление неуравновешенного осевого усилия, которое воспринимается опорно-упорным подшипником.

Бустерный насос крепится лапами корпуса насоса на раме (масляном баке) специальными болтами. Пригонкой толщины планок, крепящихся под лапами корпуса насоса, обеспечивается совпадение по высоте осей роторов бустерного насоса и редуктора.

Фиксация положения корпуса бустерного насоса на раме (масляном баке) обеспечивается опорой с поперечной шпонкой, являющейся фикс-пунктом, а осевое положение статора бустерного насоса при тепловых расширениях обеспечивается опорами с продольными шпонками под кронштейнами корпуса. Корпус и крышка бустерного насоса, так же как корпуса и крышки подшипников, отлиты из чугуна СЧ 32-52.

Всасывающий патрубок бустерного насоса диаметром 250 мм отлит на крышке насоса и направлен вверх, а нагнетательный патрубок диаметром 200 мм, отлитый вместе с корпусом насоса, направлен вбок.

Корпуса подшипников полуфланцами крепятся на полуфланцах кронштейнов корпуса насоса. В расточках корпусов и крышек подшипников закреплены стальные, кованные из двух половин, с баббитовой заливкой опорный и опорно-упорный вкладыши, работающие на масляной смазке.

Опорно-упорный вкладыш имеет два ряда бронзовых колодок с баббитовой заливкой, которые воспринимают передаваемые через упорный диск ротора насоса неуравновешенные осевые силы. Конструкция опорных поверхностей вкладышей допускает работу вращающегося ротора не только на нижней части поверхности вкладышей, а в любой части вкладышей.

Для ограничения протечек воды из всасывающих камер насоса вдоль вала на фланцах корпуса и крышки насоса закреплены левый и правый сальники. Корпуса сальников, выполненные из нержавеющей стали, закрываются стальными литыми крышками. Набивка сальников предусмотрена комбинированной — хлопчатобумажный

---

* В данном разделе рассмотрены конструкции насосной части агрегата; конструкции других узлов агрегата рассмотрены в гл. 2.

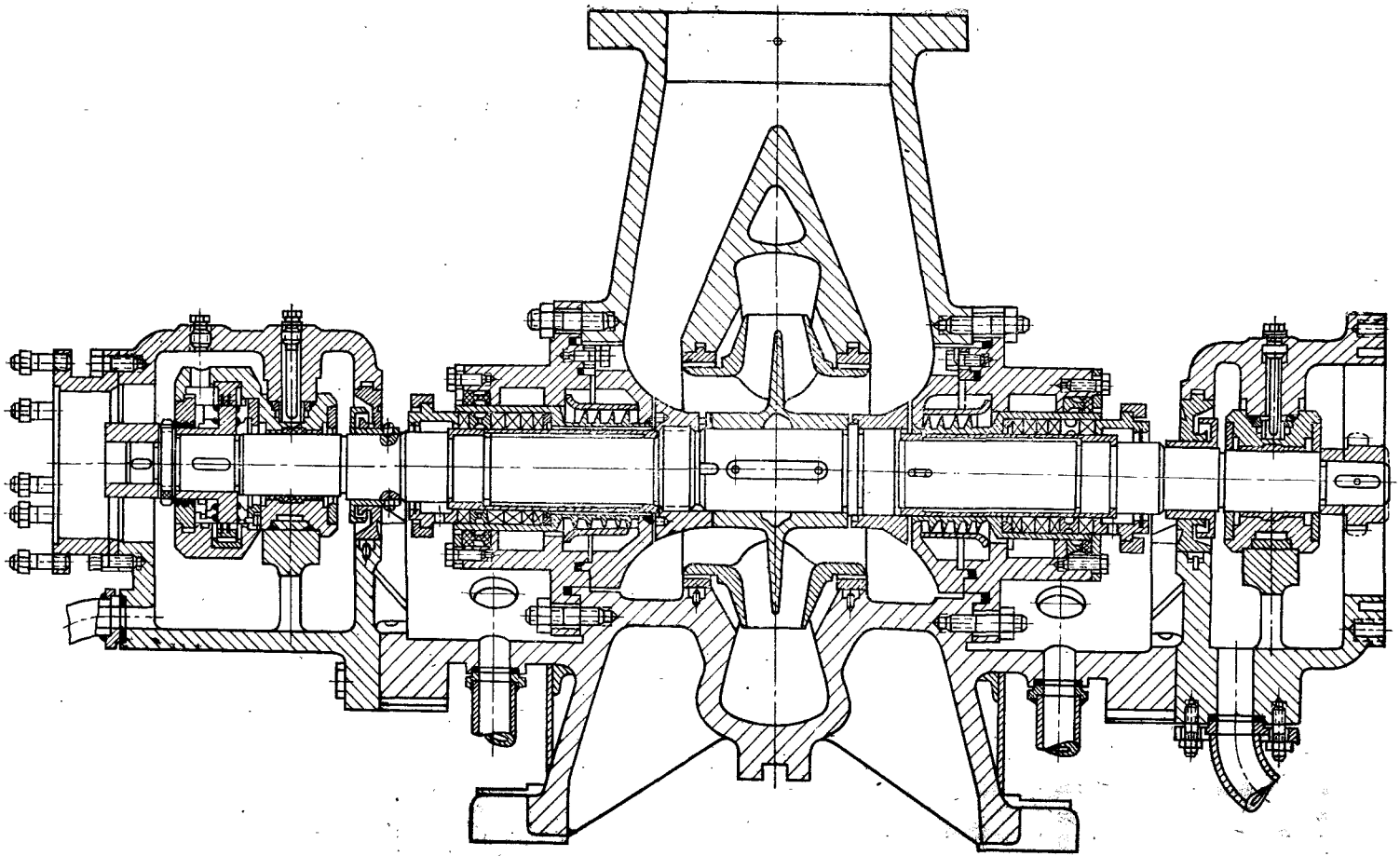


Рис. 1-11. Продольный разрез бустериого насоса питательного агрегата ОВПТ-500А.

шнур с резиновым сердечником и асбестовой оплеткой НКПН-2, которая поджимается нажимными втулками.

Вода проходит через винтовую канавку корпусов сальников и охлаждает рабочую воду, проходящую через щель сальников. Конструкция сальников обеспечивает свободное тепловое расширение корпуса сальника вдоль оси вала и их разборку для очистки.

Ротор бустерного насоса представляет собой комплектный узел — на валу из углеродистой стали, на шпонке, фасонной гайкой закреплено бронзовое (литое) рабочее колесо. По обе стороны от рабочего колеса, под сальниками на плотной насадке насажены рубашки из нержавеющей стали, предохраняющие вал от истирания и надиров. При износе рубашек допускается их протачивание, а при чрезмерном износе они срезаются и заменяются новыми.

На валу, на винтах с двух сторон укреплены маслоотбойные кольца и на шпонке круглой гайкой закреплен стальной упорный диск. На концах вала закреплены втулки муфт, связывающие вал бустерного насоса с валом редуктора и ведущим червяком винтового масляного насоса.

Ротор бустерного насоса в сборе должен быть динамически отбалансирован на заводском стенде. К фланцу левого корпуса и крышки насоса крепится винтовой масляный насос, ведущий червяк которого получает вращение от ротора бустерного насоса. Из нагнетательного патрубка бустерного насоса вода подводится во всасывающий патрубок питательного насоса через соединительную трубу насосов. На соединительной трубе расположен дифференциальный манометр, позволяющий постоянно измерять производительность насосов.

Питательный насос выполнен в секционно-корпусном исполнении (рис. 1-12) с пятью рабочими колесами.

Параметры работы насоса следующие:

Подача, м³/ч	500
Давление нагнетания, МПа (кгс/см²)	18,2(186)
Температура перекачиваемой воды, °С, не более	160

Насос опирается лапами на сварную раму и крепится к ней при помощи упоров лап. Со стороны всасывания под лапами расположены поперечные шпонки, являющиеся фикс-пунктами статора насоса. Осевое положение статора насоса при тепловых расширениях обеспечивается двумя продольными шпонками, которые крепятся к раме насоса.

Из бустерного насоса вода поступает в питательный насос через всасывающий патрубок во всасывающую камеру, последовательно проходит через все ступени насоса, состоящие из рабочего колеса и направляющего аппарата с обратным каналом, попадает в кольцевую полость и выходит через нагнетательный патрубок в магистраль питания котлоагрегата. Следует иметь в виду, что каждое рабочее колесо в паре с направляющим аппаратом создает одну пятую часть полного давления, создаваемого насосом.

Корпус насоса представляет собой поковку, выполненную из углеродистой стали, к которой приварены всасывающий и нагнетательный патрубки. Внутри корпуса имеется цилиндрическая расточка под проточную часть насоса.

Корпус насоса со стороны всасывания закрывается концевыми уплотнениями всасывания. С напорной стороны корпус закрывается крышкой насоса, которая выполнена как поковка из углеродистой стали. К ней на шпильках крепится концевое уплотнение нагнетания.

Соединение крышки и корпуса насоса уплотняется резиновой прокладкой и осуществляется шпильками с глухими гайками. Крышка на-

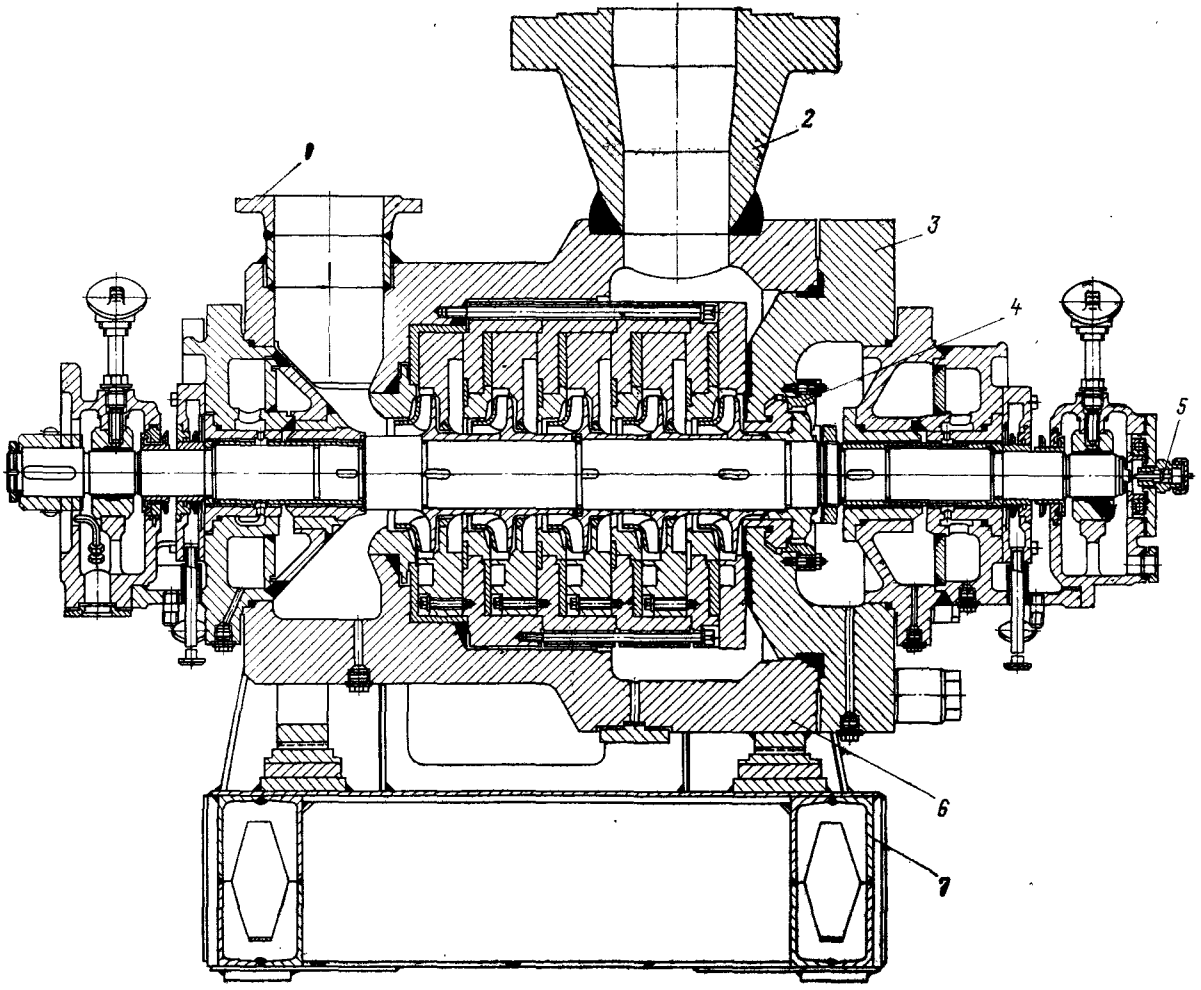


Рис. 1-12. Продольный разрез питательного насоса агрегата ОВПТ-500А.

1 — всасывающий патрубок; *2* — нагнетательный патрубок; *3* — крышка насоса; *4* — концевое уплотнение нагнетания; *5* — приспособление для замера осевого положения ротора; *6* — корпус насоса; *7* — рама.

соса, торец корпуса имеют нержавеющую наплавку, предохраняющую эти места от эрозийного разрушения.

Оба концевых уплотнения имеют кронштейны, на которых крепятся корпуса подшипников. В расточках корпусов и крышек подшипников закреплены опорные вкладыши из двух половин, представляющие собой стальные поковки с заливкой баббита Б-83.

Правые крышка и корпус подшипника закрыты с торца крышкой в сборе, в которую ввернуто приспособление для замера осевого положения ротора. Корпус и крышка левого подшипника имеют с торца фланец для крепления деталей кожуха муфты. Смазка подшипников осуществляется из общей напорной магистрали турбинным маслом марки Л.

Концевые уплотнения всасывания и нагнетания, аналогичные по конструкции, предназначены для ограничения протечек воды по валу в атмосферу. Работают концевые уплотнения по принципу дросселирования давления, имея промежуточный отвод и подвод конденсата, при этом дросселирующая щель расположена между рубашкой вала и втулкой уплотнения.

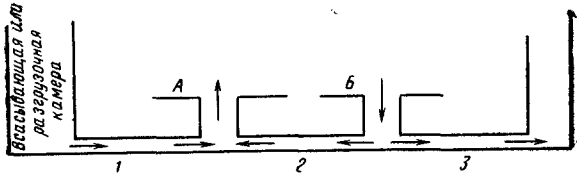


Рис. 1-13. Схема работы концевого уплотнения питательного насоса агрегата ОВПТ-500А.

Схема работы концевого уплотнения показана на рис. 1-13. Из камеры А конденсат, прошедший по участку *1* (примерно 4 м³/ч), отводится в бойлер с давлением 0,14 МПа (1,5 кгс/см²) и температурой 110°С. В камеру *Б* подводится конденсат с давлением 0,29 МПа (3 кгс/см²) и температурой 40°С. Часть этого конденсата (примерно 3 м³/ч) попадает в камеру *А* и отводится в котлоагрегат, пройдя участок *2*. Другая часть конденсата (около 2 м³/ч), пройдя участок *3*, удерживается уплотнительной втулкой и отводится в дренаж.

В корпусе насоса размещена его проточная часть, состоящая из ротора насоса и статорной части. Ротор насоса неразборный и состоит из следующих деталей:

вала насоса, выполненного из легированной стали 40ХН в виде поковки;

пяти рабочих колес, выполненных литыми из нержавеющей стали 2Х13 и имеющих на валу тугую посадку. Первое и второе рабочие колеса имеют общий упор в осевом положении, третье, четвертое и пятое упираются в закладное кольцо, состоящее из двух половин;

рубашки вала, выполненной из нержавеющей стали 2Х13 и имеющей на валу скользящую посадку; при износе рубашки вала ее необходимо сточить и заменить новой;

разгрузочного диска, выполненного из стали 15Х5МФ и насаженного на вал на скользящей посадке. Закрепляется разгрузочный диск в осевом положении специальной гайкой из нержавеющей стали 2Х13;

маслоотбойных колец, выполненных из нержавеющей стали 2Х13, имеющих на валу скользящую посадку и застопоренных винтами;

на левом (по чертежу) конце вала на шпонках круглой гайкой закреплена втулка зубчатой муфты.

Принятая конструкция исключает перекосы при неправильной торцовке ступиц рабочих колес, повышает жесткость вала, обеспечивает безвибрационную работу ротора и тем самым повышает надежность работы уплотнений рабочих колес и концевых уплотнений.

Следует отметить, что ротор насоса со втулкой зубчатой муфты должен быть динамически отбалансирован на заводском стенде.

Статориую часть насоса образуют направляющие аппараты и секции. Рабочие колеса иаходятся внутри направляющих аппаратов, состоящих из двух половин, но последиий иаправляющий аппарат иеразъемиый.

Направляющие аппараты, кроме последиего, расположеиы виутри секций и крепятся к иим при помощи виитов. Цеитрирование секций между собой осуществляется за счет выступов, а уплотнеиия стыков между секциями за счет пригоики их друг к другу, при этом секции скрепляются между собой и крепятся к корпусу винтами. Виутреняя выемка иаправляющего аппарата последней ступеии служит для центрироваиия крышки иасоса и крепящихся к ией деталей.

Торец внутренней части корпуса насоса имеет наплавку из нержавеющей стали, предохраняющую стык от эрозийного разрушения. В центральных отверстиях секций укреплены разъемные уплотнительные кольца, состоящие из двух половин и служащие передними уплотнениями рабочих колес. В направляющих аппаратах установлены разъемные (из двух половин) уплотнительные кольца задних уплотнений рабочих колес. Уплотнительные кольца ограничивают протечку воды из области более высоких в область более низких давлений.

Во время работы питательного насоса из-за разности давлений воды по обе стороны рабочего колеса возникает осевое усилие около 14 тс, направленное в сторону всасывания. Для восприятия этого усилия предусмотрена гидравлическая система, состоящая из разгрузочного диска, укрепленного на валу насоса, и кольца разгрузочного диска, укрепленного фланцем в расточке крышки насоса.

Диаметр разгрузочного диска и длина щели в осевом направлении между ступицей последнего рабочего колеса и разгрузочным диском и кольцом разгрузочного диска выбраны так, что вода из области нагнетания насоса, проходя по щели и торцам разгрузочного диска и кольца разгрузочного диска, создает между ними зазор около 0,12 мм и силу, уравновешивающую осевое усилие. Зазор устанавливается автоматически.

Давление в разгрузочной камере больше давления всасывания на величину сопротивления трубы, соединяющей разгрузочную камеру со стороной всасывания насоса. При повышении давления и соответственно увеличении осевой силы ротор насоса совместно с разгрузочным диском смещается в сторону всасывания. Это приводит к уменьшению зазоров щели между разгрузочным диском и кольцом разгрузочного диска, что ведет к увеличению перепада в ней, а следовательно, и к увеличению силы, действующей на диск в сторону нагнетания.

Щель будет увеличиваться до тех пор, пока силы, действующие на ротор, не уравновесят друг друга. Тем не менее с повышением давления происходит некоторое уменьшение щели между разгрузочным диском и кольцом разгрузочного диска.

Редуктор питательного агрегата ОВПТ-500А предназначен для понижения частоты вращения ротора турбины (6300 об/мин) до необходимой на роторе бустерного насоса (2530 об/мин). Два ротора редуктора, ведущий и ведомый, вращаются во вкладышах с баббитовой заливкой. Зубчатые колеса редуктора выполнены косозубыми, а поэтому для восприятия осевых усилий, действующих на роторе, в конструкции предусмотрены опорно-упорные подшипники с одним рядом колодок.

Корпус и крышка редуктора выполнены стальными, в сварном исполнении. Ведущий вал редуктора связан с ротором турбины зубчатой муфтой, а ведомый вал редуктора связан такой же зубчатой муфтой с валом бустерного насоса.

Подвод масла на смазку вкладышей и в зацепление шестерен производится через ниппельные соединения по патрубкам. Слив масла осуществляется непосредственно в масляный бак, на котором редуктор крепится.

Зубчатые муфты редуктора охватываются кожухами муфт. С помощью сальниковой набивки кольцом из двух половин и хомутом производится уплотнение соединения, предотвращающее выбивание масла. Слив масла из кожухов муфт осуществляется в корпус редуктора и корпуса подшипников турбины и бустерного насоса.

Зубчатая муфта питательного насоса передает крутящий момент от ротора турбины ротору питательного насоса; она охватывается чугунным кожухом из двух половин, скрепленных между собой болтами. Со стороны турбины кожух крепится к заднему стулу, со стороны насоса с помощью войлочного кольца уплотняется на концевом уплотнении.

1-5. КОНСТРУКЦИЯ БУСТЕРНОГО НАСОСА 12ПД-8 СУМСКОГО НАСОСНОГО ЗАВОДА

Бустерный насос 12ПД-8 (рис. 1-14) предназначен для работы в энергоблоке мощностью 300 МВт, обеспечивая надежную работу основного и пускорезервного питательных насосов; при подаче воды из деаэратора бустерный насос создает необходимый подпор воды у питательных насосов блока.

В энергоблоке устанавливаются три бустерных насоса: два рабочих, один резервный. Для обеспечения работы основного питательного турбонасоса должны работать параллельно два бустерных насоса с суммарной подачей 1100 м³/ч при давлении 1,56 МПа (16 кгс/см²). Для обеспечения работы пускорезервного питательного электронасоса должен работать один бустерный насос с подачей около 650 м³/ч при давлении 1,5 МПа (15,8 кгс/см²).

Техническая характеристика бустерного насоса 12ПД-8

Подача, м³/ч	650	Электродвигатель:	
Напор, м	158	тип	2АЗМ-500/6000
Допускаемый кавитационный запас, м	18*	мощность, кВт	500
		напряжение, В	6000
Мощность насоса, кВт	335	частота вращения, об/мин	3000
К. п. д. насоса, %	76	Масса, кг:	
Температура перекачиваемой воды, °С	165	насоса	1780
		агрегата	6576
Расход, м³/ч:			
охлаждающего конденсата	5		
технической воды	30		

* Определяется из условия возможной кратковременной работы с подачей 1200 м³/ч.

Следует отметить, что первоначальная конструкция бустерного насоса 12ПД-8 предусматривала обеспечение давления нагнетания насоса равным 2,15 МПа (22 кгс/см²). Однако исследования в части устойчивой работы питательных насосов, кавитационной надежности бустерного и питательных насосов энергоблока показали, что нет необходимости в таком давлении и поэтому бустерный насос модернизирован. В частности, значительно изменена конструкция концевых уплотнений насоса.

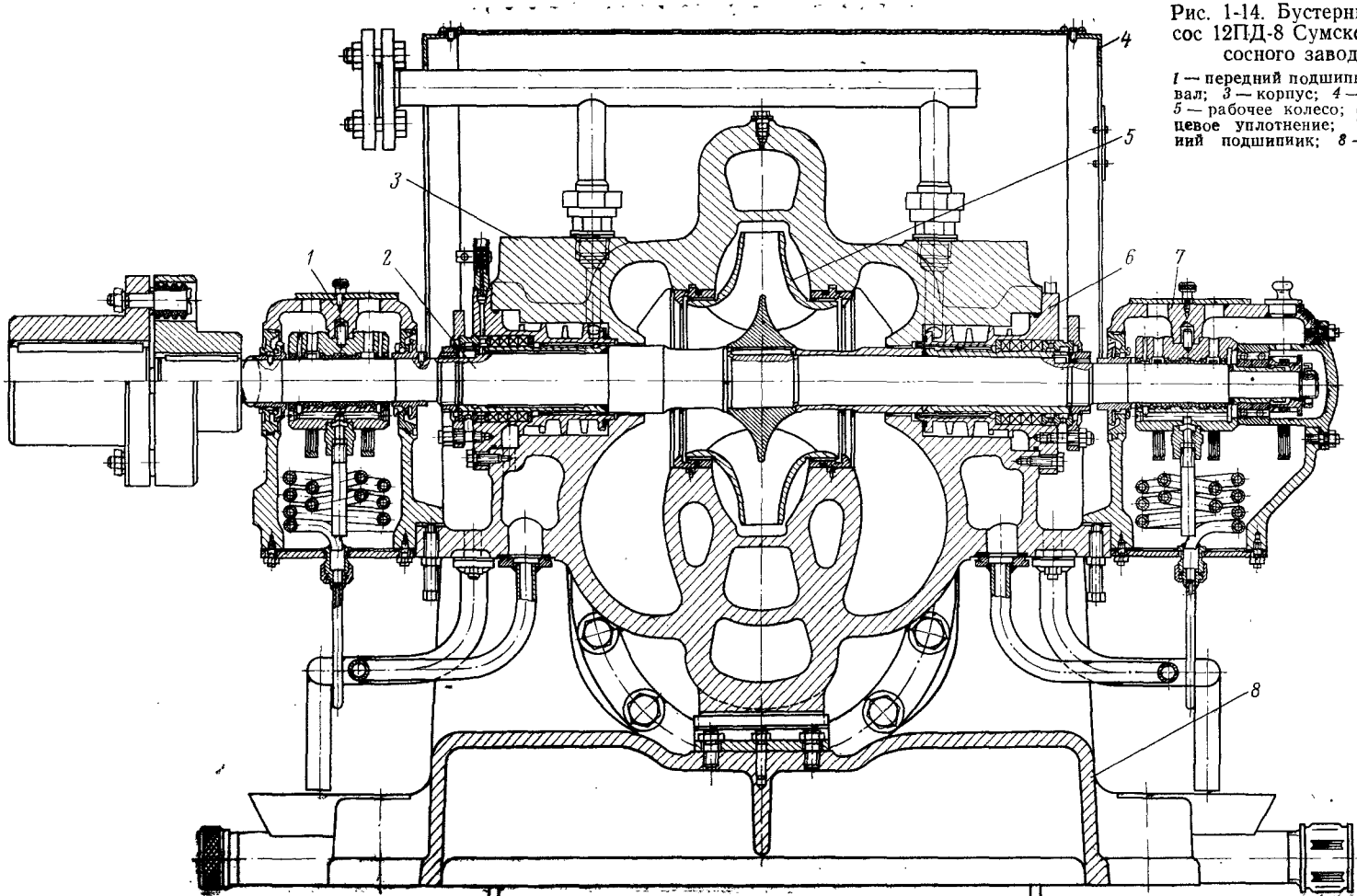


Рис. 1-14. Бустерный насос 12ПД-8 Сумского насосного завода.

1 — передний подшипник; *2* — вал; *3* — корпус; *4* — кожух; *5* — рабочее колесо; *6* — концевое уплотнение; *7* — задний подшипник; *8* — плита.

Насос 12ПД-8 — центробежный, горизонтальный, одноступенчатый, спирального типа с рабочим колесом двухстороннего всасывания. Характеристика насоса представлена на рис. 1-15.

Основные узлы насоса — корпус, ротор, подшипники, концевые уплотнения и плита. Корпус насоса — литой с горизонтальным разъемом по оси вала, выполнен из чугуна СЧ 21-40. Входной и напорный патрубки расположены в нижней части корпуса, что позволяет разбирать насос без демонтажа основных трубопроводов. Корпус насоса опирается четырьмя лапами на литую плиту, выполненную из чугуна СЧ 15-32.

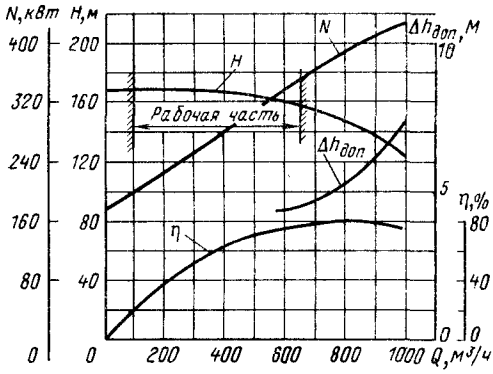


Рис. 1-15. Характеристика бустерного насоса 12ПД-8 (n=2975 об/мин; t=165°С).

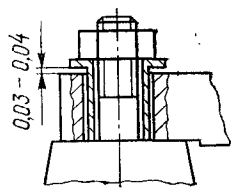


Рис. 1-16. Крепление корпуса бустерного насоса к фундаментной плите.

Стык между фланцами патрубков уплотняется паронитовой прокладкой. Шпильки, соединяющие обе части корпуса, закрыты колпачковыми гайками во избежание просачивания воды по резьбе. Для обеспечения правильного теплового расширения корпуса в направлении его оси и в поперечном направлении предусмотрены: продольная шпонка, поперечные цилиндрические шпонки в опорных лапах корпуса со стороны соединительной муфты и дистанционные втулки под гайками шпилек крепления корпуса к плите насоса (рис. 1-16).

Ротор насоса, состоящий из вала, рабочего колеса и защитных рубашек, опирается на подшипники скольжения с кольцевой смазкой. Вал выполнен из стали 40Х, рабочее колесо — из стали 20Х13Л. Охлаждение подшипников — водяное. Осевые усилия ротора, возникающие при работе насоса, воспринимаются опорно-упорным подшипником.

Концевые уплотнения — сальниковые с мягкой набивкой; в корпус концевых уплотнений подается охлаждающая вода. Для центрирования ротора в корпусе насоса предусмотрена возможность изменять положение корпуса подшипников относительно корпуса насоса с помощью регулировочных винтов. По окончании этого центрирования, производимого при сборке на заводе-изготовителе, положение корпусов подшипников относительно корпуса насоса фиксируется коническими штифтами.

Плита насоса служит для крепления на ней корпуса насоса, опорные лапы которого для уменьшения температурных вертикальных перемещений корпуса расположены на уровне оси вращения ротора. Привод насоса — от электродвигателя через пальцевую муфту, которая способна компенсировать небольшие изменения центрирования, возникающие при изменениях температуры проходящей через насос воды.

Направление вращения ротора насоса — против часовой стрелки (если смотреть со стороны электродвигателя). Агрегат оснащен системой автоматического управления, контроля, защиты и сигнализации.

Следует отметить, что допускается изменение подачи насоса при соответствующем изменении напора в пределах рабочей части характеристики насоса, а также кратковременная его работа с подачей 1200 м³/ч.

В верхнюю часть фундамента (на котором устанавливается бустерный насос) заливается сварная фундаментная рама. Опорные плоскости этой рамы перед заливкой проверяются по уровню и должны быть горизонтальны. После установки насоса на фундаментную раму выверяется горизонтальность его оси (по уровню, устанавливаемому на шейках вала).

Электродвигатель устанавливается на раме на парных клиновых подкладках и на них центрируется к насосу. Опорные лапы насоса и электродвигателя должны плотно прилегать к парным клиньям, а последние плотно прилегать к фундаментной раме.

После затяжки фундаментных болтов рамы и шпилек крепления к раме насоса и электродвигателя производится центрирование роторов по полумуфтам (при совместном проворачивании роторов), после чего клиновые подкладки прихватываются электросваркой между собой, а нижние — к раме. Радиальные зазоры между рабочим колесом и уплотнительным кольцом должны находиться в пределах 0,25—0,3 мм, а торцовые зазоры между ними $4 \pm 1{,}5$ мм.

1-6. КОНСТРУКЦИЯ ПИТАТЕЛЬНОГО НАСОСА СВПТ-340-1000 ЛМЗ

Питательный насос типа СВПТ-340-1000 предназначен для подачи питательной воды в котлоагрегат энергоблока мощностью 300 МВт с турбиной К-300-240 ЛМЗ. Агрегат выполнен на полную паропроизводительность котлоагрегата и осуществляет регулирование его питания по давлению и количеству питательной воды в интервале нагрузок от 30% до номинальной.

Центробежный насос СВПТ-340-1000 с подачей 1040 т/ч при давлении нагнетания 33,34 МПа (340 кгс/см²) и давлении всасывания 1,96 МПа (20 кгс/см²) имеет шесть ступеней давления. Нормальная температура перекачиваемой питательной воды 170°С. Для обеспечения надежности и герметичности насоса при работе в условиях сверхвысоких давлений и достаточно высоких значений температур корпус его выполнен двойным (рис. 1-17). Типоразмеры насоса приведены ниже.

Таблица размеров

Тип насоса	*А*	*Б*	*В*	*Г*	*Д*
СВПТ-340-1000	2598	875	1170	900	365
СВПЭ-320-550	2175	850	950	900	280

Внешний корпус *1* не имеет горизонтального разъема и состоит из кованого цилиндра с приваренными к нему напорным *7* и всасывающим *8* патрубками с опорными лапами и крышки *3*, присоединяемой на фланце. На стороне нагнетания к крышке присоединен на круглом фланце корпус *4* заднего уплотнения, образуя камеру разгрузочного

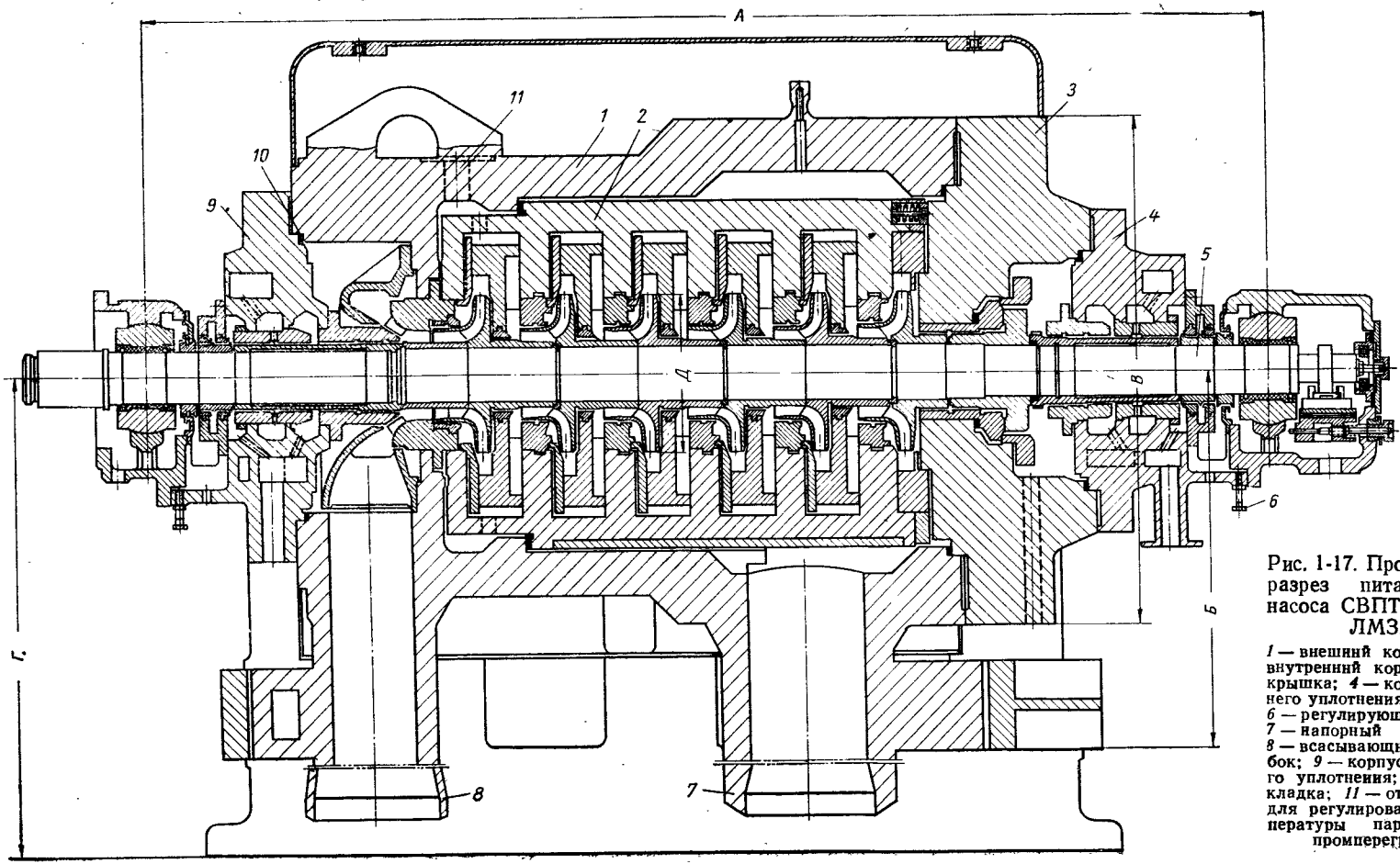


Рис. 1-17. Продольный разрез питательного насоса СВПТ-340-1000 ЛМЗ.

1 — внешний корпус; *2* — внутренний корпус; *3* — крышка; *4* — корпус заднего уплотнения; *5* — вал; *6* — регулирующий болт; *7* — напорный патрубок; *8* — всасывающий патрубок; *9* — корпус переднего уплотнения; *10* — прокладка; *11* — отбор воды для регулирования температуры пара после промперегрева.

диска. На стороне всасывания крышкой служит корпус *9* переднего уплотнения.

Внутренний корпус *2*, имеющий горизонтальный разъем, выполнен кованo-сварным. В него закладываются направляющие аппараты, также имеющие горизонтальный разъем; их верхние и нижние половины соединяются болтами. Такая конструкция дает возможность осмотра насоса при ревизии без разборки ротора. Крепление внутреннего кор-

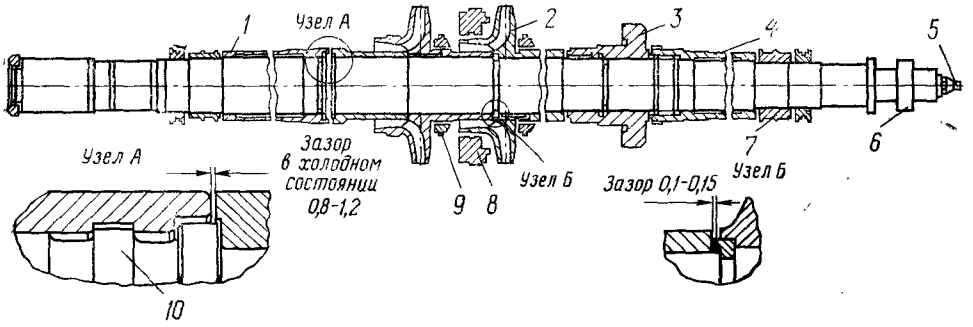


Рис. 1-18. Ротор насоса.

1 — передняя рубашка вала; *2* — рабочее колесо; *3* — разгрузочный диск; *4* — задняя рубашка; *5* — конец вала для замера частоты вращения; *6* — бурт вала для замера осевого сдвига ротора; *7* — втулка уплотнения; *8* — передняя уплотнительная втулка внутреннего корпуса; *9* — задняя уплотнительная втулка внутреннего корпуса; *10* — кольцевая выемка вала.

пуса обеспечивает возможность независимого теплового расширения деталей насоса без нарушения их центрирования.

Для обеспечения плотности между стыкуемыми деталями устанавливают прокладки *10* из нержавеющей стали. В местах установки прокладок корпус и крышки для обеспечения длительной плотности стыка наплавлены нержавеющей сталью. С этой же целью наплавлены торцовые плоскости стыка внешнего и внутреннего корпуса, отделяющего камеру нагнетания от камеры всасывания. Корпус насоса опирается четырьмя лапами на две литые фундаментные опоры и крепится к ним дистанционными болтами. За первой ступенью насоса предусмотрен отбор воды *11* для подачи ее на впрыск в паропровод с целью регулирования температуры пара после промежуточного перегрева.

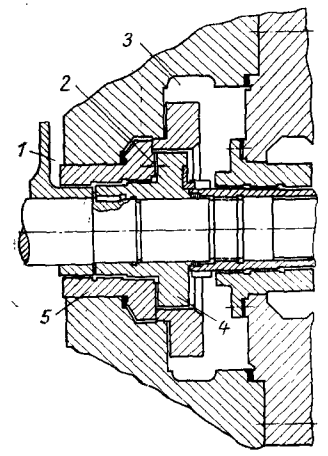


Рис. 1-19. Установка разгрузочного диска.

1 — область давления за последней ступенью рабочих колес; *2* — зазор между разгрузочным диском и шайбой; *3* — область давления всасывания; *4* — разгрузочный диск; *5* — пята разгрузочного диска.

Ротор насоса состоит из вала с насаженными на него рабочими колесами, которые выполнены из нержавеющей стали методом точного литья по выплавляемым моделям. Для облегчения сборки ротора диаметр вала под колесами изменяется ступенчато, а посадка колес на вал осуществляется с необходимым натягом. Для обеспечения независимого теплового расширения вала и рабочих колес между их втулками предусмотрены разрезные установочные кольца.

В области переднего и заднего концевых уплотнений вал защищен рубашками из нержавеющей стали (рис. 1-18). Передняя рубаш-

ка *1* насажена на вал с натягом и фиксируется в продольном направлении кольцевым выступом. Задняя рубашка *4* крепится к валу резьбой и прижимает разгрузочный диск *3*, выполненный из нержавеющей стали повышенной твердости, к бурту вала.

Осевое усилие, действующее на ротор насоса, полностью уравновешивается из-за разности давлений воды по обе стороны разгрузочного диска (рис. 1-19). Со стороны рабочих колес к диску поступает питательная вода после последней ступени *1*. Из камеры разгрузочного диска вода отводится перепускной трубой во всасывающую камеру насоса. Поэтому давление на разгрузочный диск со стороны разгрузочной камеры значительно меньше, чем со стороны рабочих колес. Зазор *2* между разгрузочным диском *4* и его пятой *5* при работе насоса составляет около 0,15 мм и незначительно изменяется в зависимости от осевого усилия.

Концевые уплотнения вала выполнены без сальников — щелевого типа. Для предотвращения протечек горячей воды и охлаждения концевых участков вала к ним подводится холодный конденсат. Оба уплотнения, со стороны всасывания и со стороны нагнетания, находятся под давлением всасывания 1,9 МПа (20 кгс/см^2).

Каждое уплотнение состоит из двух втулок и трех камер. Внутренние камеры, расположенные со стороны насоса, соединены с деаэратором: средние — с линией нагнетания конденсатных насосов, а наружные через сифон — с конденсатором главной турбины.

Питательная вода из всасывающей камеры насоса и камеры разгрузочного диска, дросселируясь в первых секциях уплотнения, поступает во виутренние камеры уплотнений и отводится в деаэратор. Холодный конденсат из линии нагнетания конденсатных насосов поступает в средние камеры корпусов уплотнений с давлением, несколько превышающим давление в деаэраторе. Этот конденсат частично уходит во внутренние камеры, препятствуя проникновению наружу питательной воды с температурой 170°С, и, дросселируясь во вторых секциях уплотиений, поступает в наружные камеры, откуда отводится через сифон в конденсатор. Для поддержания необходимого давления уплотняющего конденсата на конденсатопроводе установлены специальные регулирующие вентили.

Насос снабжен двумя опорными подшипниками скольжения, корпуса которых крепятся на корпусах уплотнений насоса. При этом термические деформации фундаментных опор не нарушают во время работы насоса взаимного расположения статора и ротора.

Каждый вкладыш подшипника установлен в корпусе на шаровой поверхности, что обеспечивает его установку по шейке вала в процессе сборки и работы насоса.

В корпусе заднего подшипника расположен электрический индикатор осевого положения ротора, позволяющий иаблюдать за положеиием ротора во время работы. В торцовой крышке заднего подшипника установлен шариковый подшипник, предотвращающий задевание и повреждение индикатора осевого сдвига при возможных перемещениях ротора насоса в его сторону. Масло к подшипникам поступает из системы смазки турбины К-300-240 под давлением 0,14—0,16 МПа (1,5—1,7 кгс/см^2) и сливается в ее масляный бак.

Соединение вала насоса и вала приводной турбины осуществлено зубчатой муфтой, что позволяет уменьшить влияние их возможной расцентровки. Смазка зубчатого соединения со стороны турбины обеспечивается подачей масла по трубке от вкладыша турбины, а со стороны

насоса — от вкладыша насоса в специальную выточку в коронке муфты. Для смазки зубцов муфты имеются наклонные сверления из выточки к каждому зубу. Муфта имеет ограждение в виде сварного кожуха с горизонтальным разъемом, который с одной стороны крепится к корпусу переднего подшипника насоса, с другой — к корпусу заднего подшипника турбины.

На напорном патрубке питательного насоса устанавливается обратный клапан (рис. 1-20), предназначенный для предотвращения обратного движения питательной воды из напорного трубопровода при остановке или отключении насоса. Корпус клапана выполнен сварным из

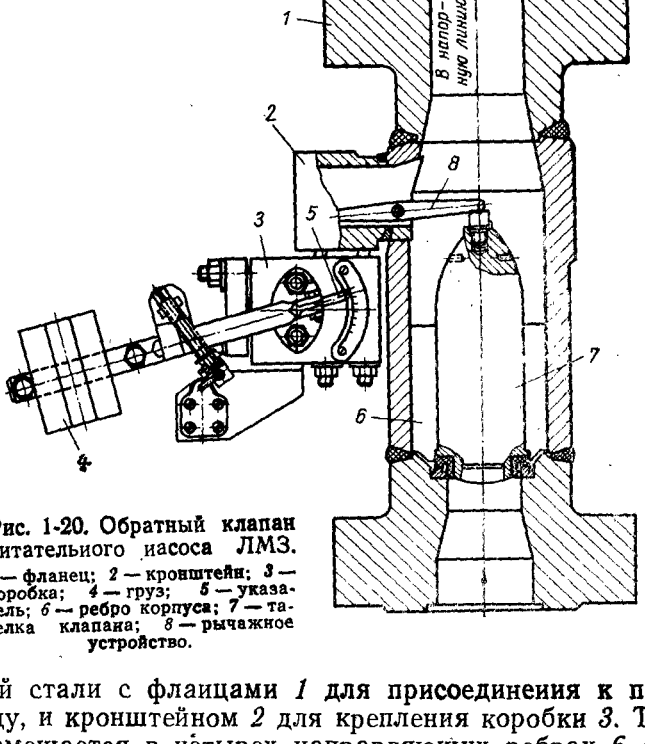


Рис. 1-20. Обратный клапан питательного насоса ЛМЗ.
1 — фланец; *2* — кронштейн; *3* — коробка; *4* — груз; *5* — указатель; *6* — ребро корпуса; *7* — тарелка клапана; *8* — рычажное устройство.

углеродистой стали с флаицами *1* для присоединеиия к питательному трубопроводу, и кронштейном *2* для крепления коробки *3*. Тарелка клапана *7* перемещается в четырех направляющих ребрах *6* его корпуса.

Уплотняющие поверхности тарелки и седла наплавлены нержавеющей сталью, при этом поверхность тарелки более твердая, чем поверхность седла. Тарелка обратного клапана посредством рычажного устройства *8* нагружена постоянно действующим усилием от груза *4*, подвешенного на рычаге. На коробке *3* имеется указатель *5* открытия и закрытия клапана.

Для предотвращения перегрева насоса при работе с малой производительностью или при закрытой напорной задвижке обратный клапан снабжен сбросным устройством, обеспечивающим в этих случаях проток питательной воды через насос в количестве не менее 170 м³/ч. Сброс питательной воды осуществляется в деаэратор.

Сбросное устройство состоит из вентиля, снабженного электроприводом, и дроссельных шайб. При пуске насоса открытие сбросного вентиля обеспечивается автоматически путем блокировки его с пусковой аппаратурой привода насоса. Возможность автоматического и дистан-

ционного управления главного насосного агрегата обеспечивается системой автоматического регулирования приводной турбины. Замер частоты вращения насоса производится электрическим тахометром, расположенным на свободном конце вала со стороны насоса.

1-7. КОНСТРУКЦИЯ ЭЛЕКТРОПИТАТЕЛЬНОГО АГРЕГАТА СВПЭ-320-550 ЛМЗ

Пускорезервный питательный агрегат к энергоблоку 300 МВт с турбиной К-300-240 ЛМЗ состоит из питательного насоса, редуктора и гидромуфты, изготовленных ЛМЗ, и электродвигателя АВ-8000/6000 Новосибирского турбогенераторного завода.

Соединение вала насоса с валом редуктора осуществлено жесткой муфтой через внутренний валик, расположенный внутри шестерни редуктора. Вал редуктора соединяется с ротором гидромуфты зубчатой муфтой. Соединение ротора гидромуфты с ротором электродвигателя осуществлено полужесткой муфтой.

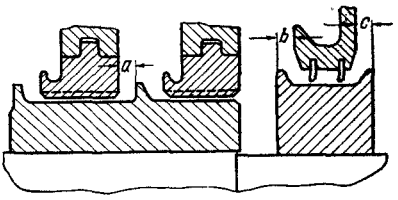


Рис. 1-21. Установка уплотнительной втулки и маслозащитиого кольца насоса СВПЭ-320-550 ЛМЗ.

Питательный насос имеет производительность 550 т/ч при давлении нагнетания 31,38 МПа (320 кгс/см²) и давлении всасывания 1,96 МПа (20 кгс/см²). Нормальная температура перекачиваемого конденсата 170°С. Частота вращения насоса 7500 об/мин при потребляемой мощности 6300 кВт.

Конструкция насоса СВПЭ-320-550 повторяет конструкцию насоса СВПТ-340-1000 (см. рис. 1-18).

Осевые зазоры между уплотнительными втулками и неподвижными деталями насоса (рис. 1-21) замеряются щупом и должны соответствовать величинам, приведенным в табл. 1-5.

Полный осевой разбег ротора насоса должен составлять 10,5±1 мм, с разгрузочным диском без установленного корпуса заднего уплотне-

Таблица 1-5

Осевые зазоры между уплотнительными втулками и неподвижными деталями насоса СВПЭ-320-550, мм

Место замера	Сторона переднего подшипника	Сторона заднего подшипника
a	5±1	5±1
b	3±0,3	3±0,3
c	3±0,3	3±0,3

Таблица 1-6

Зазоры в опорных подшипниках электропитательного агрегата СВПЭ-320-550, мм

Место замера	Насос	Редуктор	Гидромуфта	Электродвигатель
А	0,10—0,13	0,16—0,19	0,12—0,16	0,16—0,19
Б	0,20—0,23	0,30—0,39	0,20—0,29	0,30—0,39
В	0,10—0,13	0,16—0,19	0,12—0,16	0,16—0,19
Диаметр шейки вала	85	160	120	160

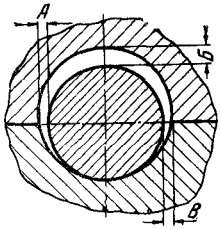


Рис. 1-22. Места замеров в опорных подшипниках питательного агрегата.

ния 5,5±1 мм, с разгрузочным диском и установленным корпусом заднего уплотнения 5±1 мм.

Радиальные зазоры в переднем и заднем уплотнениях, между рабочими колесами и соответствующими уплотнениями, а также по маслозащитным гребням должны составлять 0,5—0,6 мм. Зазоры в опорных подшипниках (рис. 1-22) должны соответствовать данным табл. 1-6.

Регулирование производительности насоса обеспечивается гидромуфтой, в замер частоты вращения осуществляется тахогенератором, установленным на свободном конце низкооборотного вала шестерни.

На напорной линии питательного насоса устанавливается обратный клапан (рис. 1-20), снабженный устройством, обеспечивающим сброс питательной воды в деаэратор в количестве 90 м³/ч при работе насоса на закрытую напорную задвижку. Насосный агрегат снабжен устройством, допускающим возможность включения его в систему автоматики энергоблока или дистанционного управления с блочного щита.

Зубчатый редуктор предназначен для передачи крутящего момента от электродвигателя к насосу с повышением частоты вращения от 2900 до 7500 об/мин. Редуктор выполнен одноступенчатым с двумя цельно-

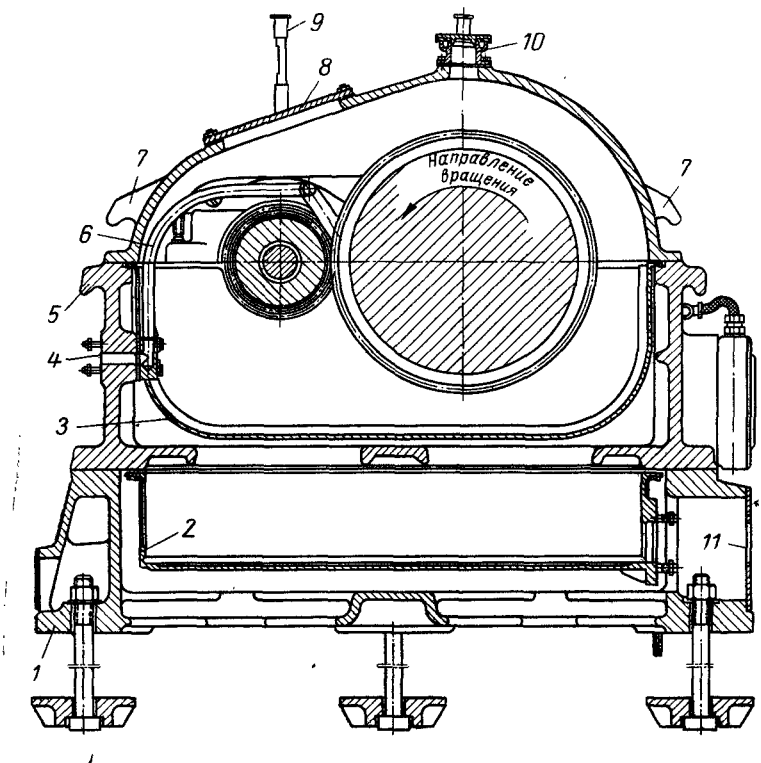


Рис. 1-23. Продольный разрез редуктора.

1 — рама; *2* — маслосборник рамы; *3* — маслосборник корпуса; *4* — подвод масла на зацепление; *5* — корпус редуктора; *6* — маслопровод; *7* — приливы для подъема верхней половины редуктора; *8* — смотровой люк; *9* — маслоуказатель; *10* — дефлектор; *11* — общий слив масла.

кованными шестернями, шевронные зубцы которых обеспечивают плавное зацепление и уравновешивание осевого давления.

Шестерни редуктора (рис. 1-23) расположены в чугунном корпусе *5*, имеющем горизонтальный разъем. В нижней части корпуса имеется маслосборник *3*. Корпус крепится к раме *1*, снабженной своим маслосборником *2*. На боковых стенках корпуса выполнены специальные приливы, в которых размещены вкладыши опорных подшипников. В крышке редуктора предусмотрен *люк 8*, позволяющий осматривать зубчатое зацепление, и дефлектор *10*, обеспечивающий свободный выход масляных паров из корпуса редуктора. Внешние стенки корпуса и крышка редуктора снабжены ребрами, увеличивающими жесткость конструкции.

Для подвода масла *4* к зацеплению шестерен предусмотрены маслоподводящие трубки *6*, прикрепленные к корпусу редуктора с внутренней стороны. Подача масла к каждому вкладышу производится через специальные отверстия, просверленные в боковых стенках корпуса. Через сверления во вкладышах масло, омывая шейки шестерен, попадает в маслоуказатель *9*, расположенный на крышке редуктора и снабженный термометром, а затем сливается в его корпус. Маслоуказатель позволяет контролировать наличие масла в подшипниках и его температуру.

К торцу низкооборотной шестерни со стороны насоса присоединен тахогенератор, позволяющий дистанционно замерять частоту вращения редуктора. Высокооборотная шестерня имеет сверление, через которое пропущен внутренний валик, с одной стороны жестко соединенный с шестерней, с другой стороны — через жесткую муфту с ротором насоса.

Гидромуфта предназначена для изменения частоты вращения питательного насоса при неизменной частоте вращения электродвигателя.

Основными узлами гидромуфты (рис. 1-24) являются статор *1*, ведущий *7* и ведомый *8* роторы. Статор выполнен в виде чугунного корпуса с горизонтальным разъемом, в который встроены два подшипника ведущего ротора и один ведомого. Задние подшипники ведущего и ведомого роторов имеют общую крышку и образуют с нижней половиной корпуса камеру для подвода масла в рабочие полости гидромуфты. Передний подшипник ведущего ротора имеет самостоятельную крышку. В нижней части корпуса помещается маслосборный картер *2*, предохраняющий стенки корпуса от соприкосновения с нагретым в гидромуфте маслом.

Ведущий ротор жиклерной гидромуфты образован двумя чашеобразными дисками, соединенными по наружному диаметру цилиндрической проставкой *5*. Внутренняя полость каждого диска разделена радиально расположенными лопатками на 20 частей. К торцу переднего диска прикреплен вал, на другой конец которого насажена полумуфта *3*, которой он соединяется с валом *4* электродвигателя. В средней своей части вал опирается на передний опорно-упорный подшипник.

В торце вала со стороны его крепления к диску имеется гнездо переднего подшипника ведомого ротора, в котором устанавливается наружная обойма роликового подшипника. Смазка его осуществляется через отверстия, сообщающиеся с канавкой, имеющейся в торце вала. Масло в эту канавку подается по зазору между шейкой вала и расточкой вкладыша. Шейкой заднего подшипника ведущего ротора служит вал, прикрепленный к торцу диска.

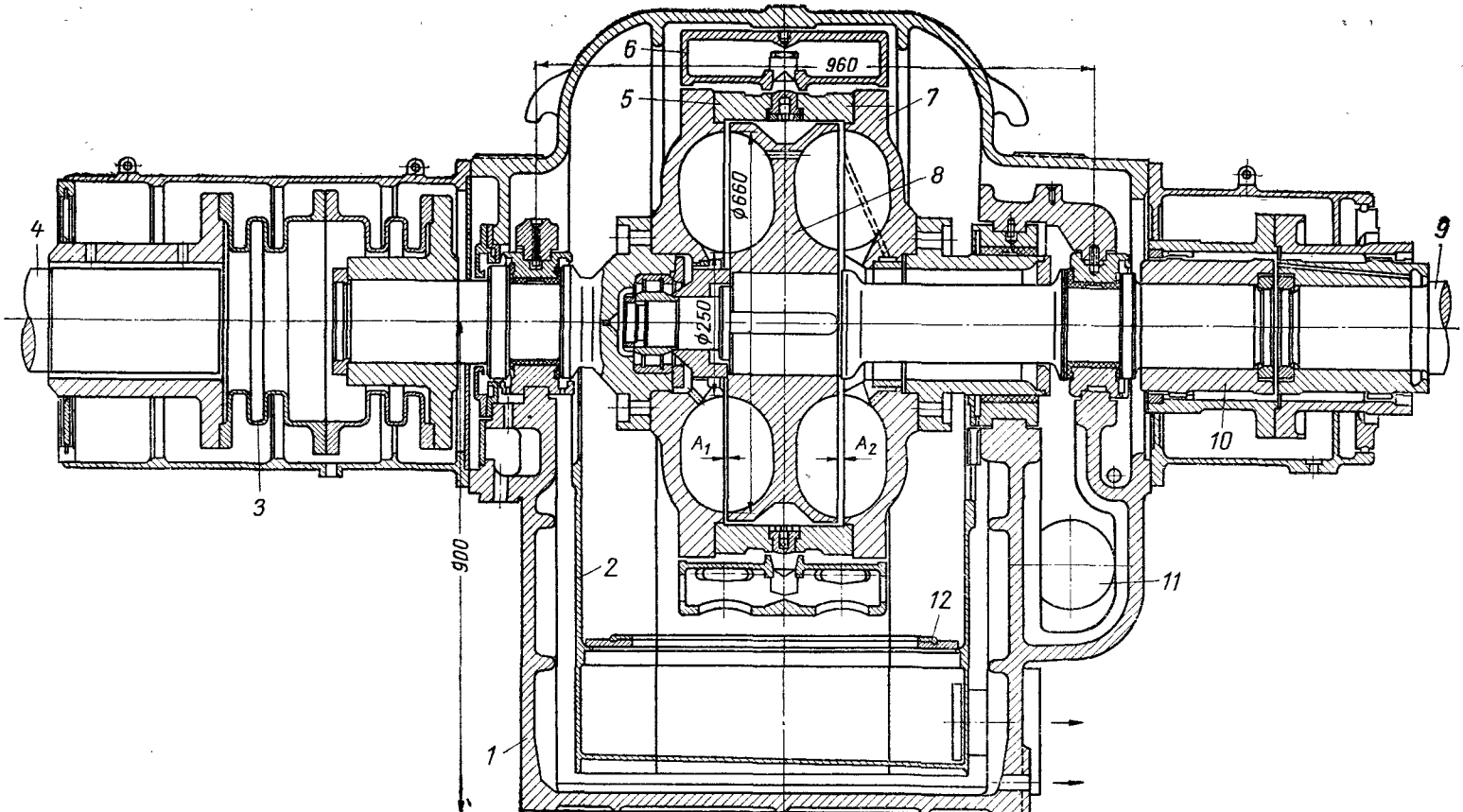


Рис. 1-24. Гидромуфта ЛМЗ.

1 — статор; *2* — маслосборный картер; *3* — полужесткая муфта; *4* — вал электродвигателя; *5* — цилиндрическая проставка; *6* — маслосборное кольцо; *7* — ведущий ротор; *8* — ведомый ротор; *9* — вал редуктора; *10* — зубчатая муфта; *11* — подвод масла от регулирующего клапана; *12* — фильтр.

Проставка *5* ротора имеет шесть радиально расположенных отверстий, в которые закреплены полые стаканы. В боковые стенки этих стаканов ввернуты ниппели, изготовленные из нержавеющей стали. Выходные отверстия ниппелей направлены в сторону, противоположную вращению гидромуфты, что позволяет использовать реактивное воздействие вытекающей струи масла. Через эти ниппели осуществляется слив масла из гидромуфты в количестве, необходимом для поддержания температуры на сливе не выше 60—65°С. Конструкция агрегата позволяет производить замену ниппелей без разборки ротора гидромуфты.

Ведомый ротор представляет собой вал с насаженным на него двухсторонним диском. На переднем конце вала расположены внутренняя обойма роликового подшипника и уплотнительная втулка. С другой стороны вал опирается на опорно-упорный подшипник и имеет зубчатую муфту *10*, служащую для соединения с валом *9* редуктора. На разъеме нижней части корпуса гидромуфты на двух лапах укреплено маслосборное кольцо *6*, предохраняющее стенки корпуса и картеры от эрозийного действия струй масла, вытекающих с большой скоростью из ниппелей. Осевое расстояние между роторами $A_1+A_2=10\pm0{,}5$ мм, $A_1=5\pm0{,}5$ мм. Расстояние от гребня лопаток маслосборного кольца до жиклеров ведущего ротора должно быть 1 мм.

Маслосборное кольцо выполнено из двух половин, скрепленных по горизонтальному разъему болтами, причем в нижней половине кольца имеются пазы и отверстия для слива масла в картер. Для направления движения масла в кольце установлены направляющие лопатки.

Работа гидромуфты регулируется изменением количества подводимого к ней масла. При установившемся режиме расход подведенного масла равен его сливу из гидромуфты через ниппели. Расход масла через ниппели определяется давлением масла перед ними, которое зависит от уровня масла в гидромуфте, т. е. от степени ее заполнения, поскольку частота вращения ведущего ротора постоянна. Чем больше заполнение гидромуфты маслом, тем меньше скольжение ведущего ротора относительно насосного.

Изменение количества подводимого к гидромуфте масла производится регулирующим устройством, смонтированным на специальном кронштейне, который крепится к корпусу гидромуфты. Регулирующее устройство состоит из регулирующего клапана, управляемого с помощью колонки дистанционного управления. Импульс, полученный от регулирующего устройства блока, передается через эту колонку золотнику регулирующего клапана, что влечет за собой изменение расхода масла через гидромуфту.

Масляная система агрегата состоит из принудительной циркуляционной системы смазки подшипников насоса, гидромуфты, редуктора, электродвигателя и системы питания гидромуфты рабочим маслом. Масло в масляную систему электропитательного агрегата поступает от масляной системы главной турбины при давлении 0,14—0,16 МПа (1,5—1,7 кгс/см^2) и сливается в ее масляный бак. Из этой же системы по отдельному трубопроводу поступает масло к регулирующему клапану гидромуфты, а сливные и дренажные маслопроводы из ее корпуса присоединяются к общей сливной магистрали главной турбины. Распределение масла по подшипникам электропитательного агрегата осуществляется в соответствии с проходными сечениями шайб, устанавливаемых на входе масла в подшипники.

1-8. КОНСТРУКЦИЯ ПИТАТЕЛЬНОГО АГРЕГАТА ОСПТ-1150 ЗАВОДА «ЭКОНОМАЙЗЕР»

Питательный агрегат ОСПТ-1150 устанавливается при компоновке энергоблока 300 МВт с турбиной К-300-240 ХТГЗ, состоит из приводной турбины мощностью 12 500 кВт и питательного насоса с подачей 1130 м³/ч, обеспечивающего полную производительность котлоагрегата энергоблока. Давление на нагнетательном патрубке насоса составляет 33,34 МПа (340 кгс/см²), а на приемном патрубке 1,96 МПа (20 кгс/см²). Минимальное давление на приемном патрубке (в аварийных случаях) 1,56 МПа (16 кгс/см²). Температура перекачиваемой питательной воды не должна превышать 165°С.

Питательный насос (рис. 1-25) имеет два корпуса: внешний и внутренний. Внешний корпус — сварной без горизонтального разъема, состоит из кованого цилиндра с приваренными к нему напорным и всасывающим патрубками и опорными лапами.

Корпус насоса устанавливается четырьмя лапами на тумбе литой рамы и крепится к ней при помощи упоров лап. Со стороны всасывания предусмотрены поперечные шпонки, являющиеся фикс-пунктами статора насоса.

На стороне всасывания крышкой цилиндра служит корпус концевого уплотнения всасывания. На напорной стороне корпус насоса закрывается крышкой, к которой присоединено концевое уплотнение со стороны нагнетания. К концевым уплотнениям на фланцах крепятся корпуса подшипников.

Внутренний корпус состоит из секций с направляющими аппаратами. Наружная часть их неразъемная, а внутренняя — разъемная из двух половин. В осевом направлении установка внутреннего направляющего аппарата в наружном ограничена буртиком. Секции крепятся между собой и к наружному корпусу насоса винтами.

Соединение крышки и корпуса насоса уплотняется прокладкой, выполненной из стали 1Х13 или 1Х18Н9Т, и осуществляется шпильками и глухими гайками. Торец корпуса насоса и торец, куда упирается первая секция проточной части, имеют нержавеющую наплавку, предохраняющую эти места от эрозийного разрушения.

Насос выполнен с шестью рабочими колесами, при этом каждое рабочее колесо в паре с направляющим аппаратом создает одну шестую часть полного давления, создаваемого насосом. Осевое положение статора насоса при тепловых расширениях обеспечивается двумя продольными шпонками, которые устанавливаются в шпоночный паз корпуса насоса и обоймы. Обойма крепится к раме болтами и фиксируется цилиндрическими штифтами, что позволяет производить смену шпонок без подъема насоса.

Из предвключенного насоса вода под давлением 1,96 МПа (20 кгс/см²) поступает в питательный насос через всасывающий патрубок во всасывающую камеру, последовательно проходит проточную часть насоса, попадает в кольцевую полость и выходит через нагнетательный патрубок и обратный клапан в питательную магистраль котлоагрегата.

Концевые уплотнения всасывания и нагнетания, аналогичные по конструкции (щелевого типа), предназначены для ограничения протечек воды по валу насоса. Работают концевые уплотнения по принципу дросселирования давления, имея ряд промежуточных подводов и отводов воды, при этом дросселирующая щель расположена между рубаш-

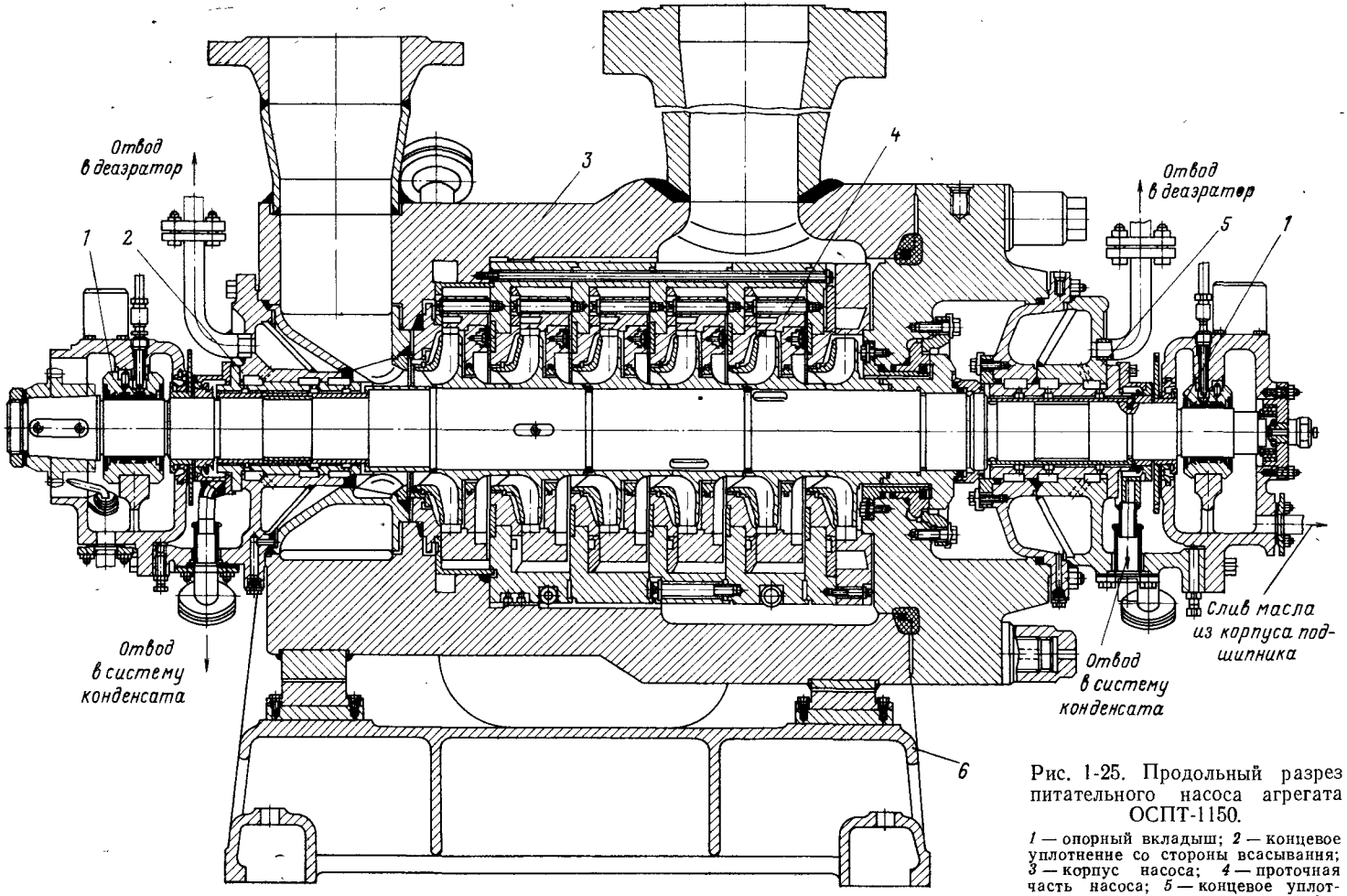


Рис. 1-25. Продольный разрез питательного насоса агрегата ОСПТ-1150.

1 — опорный вкладыш; *2* — концевое уплотнение со стороны всасывания; *3* — корпус насоса; *4* — проточная часть насоса; *5* — концевое уплотнение со стороны нагнетания; *6* — рама.

кой вала и втулкой уплотнения. Схема уплотнений приведена на рис. 1-26.

Для того чтобы запереть выход горячей питательной воды из насоса в окружающую атмосферу, в камеру *Б* концевых уплотнений подведена вода с давлением, равным или больше 0,98 МПа (10 кгс/см²), и температурой около 30°С. Часть воды в количестве около 15 м³/ч смешивается с питательной водой насоса и через камеру *А* отводится в деаэратор, а остальная дросселируется в щели и через камеру *В* отводится в область с давлением, ниже атмосферного не менее чем на 5—6%.



Рис. 1-26. Схема работы концевых уплотнений питательного насоса агрегата ОСПТ-1150.

Ротор насоса — неразборный, состоит из следующих деталей (рис. 1-27):

вала насоса — поковка из стали 34ХН1М;

шести рабочих колес (одинакового размера), выполненных точным литьем из стали 2Х13. На вал они насажены на плотной посадке. Рабочие колеса попарно имеют общий упор в осевом направлении; первые два колеса упираются в вал, последующие колеса упираются в закладные кольца из двух половин;

рубашек, имеющих на валу глухую посадку; в случае износа они стачиваются и заменяются новыми. Рубашки выполнены коваными из нержавеющей стали 2Х13;

разгрузочного диска, выполненного коваными из нержавеющей стали 2Х13. На валу диск имеет скользящую посадку, а в осевом положении диск закрепляется гайкой из нержавеющей стали;

маслоотбойных колец кованых из нержавеющей стали 2Х13 и имеющих на валу скользящую посадку и застопоренных винтами.

На левом конце вала на шпонках закреплена втулка зубчатой муфты. Принятая конструкция ротора исключает перекосы при неправильной торцовке ступиц рабочих колес, повышает жесткость ротора, обеспечивает безвибрационную работу и тем самым повышает надежность работы уплотнений рабочих колес и концевых уплотнений.

Центрирование секций между собой осуществляется за счет выступов, а уплотнения стыков между секциями за счет пригонки их друг к другу. Направляющий аппарат последней ступени крепится винтами непосредственно к последней секции, а внутренняя выемка этого направляющего аппарата служит для центрирования крышки насоса.

В центральных отверстиях секции укреплены разъемные (из двух половин) уплотнительные кольца, служащие передними уплотнениями рабочих колес. Уплотнительные кольца ограничивают протечку воды из области более высоких в область более низких давлений.

Во время работы насоса из-за разности давления воды по обе стороны рабочего колеса возникает осевое усилие около 40 тс, направленное в сторону всасывания. Для восприятия этого усилия предусмотрена гидравлическая система, состоящая из разгрузочного диска и его кольца, укрепленного фланцем в расточке крышки насоса. Осевое усилие в насосе полностью уравновешивается гидравлически силой, действующей на разгрузочный диск.

Диаметр разгрузочного диска и длина щели в осевом направлении между ступицей последнего рабочего колеса и разгрузочным диском с одной стороны и кольцом разгрузочного диска с другой выбираются так, что вода после дросселирования по щели проходит между торцами разгрузочного диска и его кольца и уравновешивает осевое усилие. При этом автоматически обеспечивается зазор в торцовой щели около 0,25 мм.

Ротор насоса опирается на два подшипника скольжения, крышки которых крепятся к корпусам шпильками и фиксируются штифтами. В расточках корпусов и крышек устанавливаются опорные вкладыши, изготовленные из двух половин из углеродистой стали с заливкой баббитом Б-83. От проворота эти вкладыши штифтуются. В расточку, также на штифте, устанавливаются маслоудерживающие кольца, которые в паре с маслоотбойным кольцом ротора препятствуют протеканию масла по валу.

На каждом корпусе подшипника имеется по два отверстия для подвода масла к вкладышу. Через одно отверстие масло поступает от главной масляной магистрали, а через другое в случае неподачи масла от главной магистрали оно самотеком поступает на подшипник. Кроме того, в корпусе подшипника имеется отверстие для штуцерного соединения, через которое подводится масло к зубчатой муфте. Корпус и крышка подшипника со стороны нагнетания закрыты специальной торцовой крышкой, в которой помещается приспособление для замера осевого сдвига ротора насоса.

Указатель осевого сдвига предназначен для измерения осевых перемещений ротора питательного насоса и защиты его от осевого сдвига. Датчик указателя состоит (рис. 1-28) из следующих деталей: датчика *6*, вторичного прибора типа ВМД, корпуса *1*, гайки *4*, крышки *3* и ползуна в сборе *2*. Датчиком служит индукционная ка-

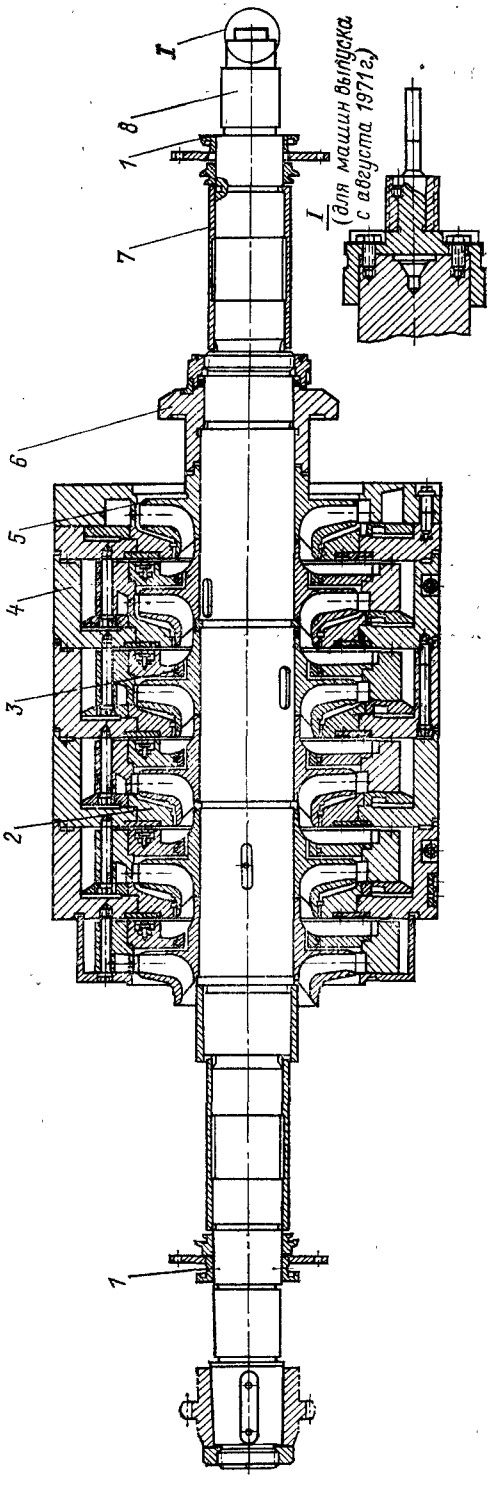


Рис. 1-27. Ротор питательного насоса агрегата ОСПТ-1150.
1 — маслоотбойное кольцо; *2* и *3* — уплотнительные кольца; *4* — секция с направляющим аппаратом; *5* — рабочее колесо; *6* — разгрузочный диск; *7* — рубашка; *8* — вал питательного насоса.

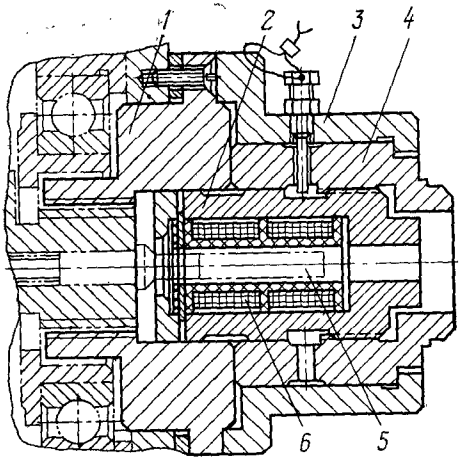


Рис. 1-28. Датчик указателя осевого сдвига ротора насоса завода «Экономайзер».

1 — корпус; *2* — ползун в сборе; *3* — крышка; *4* — гайка; *5* — сердечник; *6* — индукционная катушка.

тушка, использованная из первичного прибора типа МИД. Подвижной сердечник датчика *5*, изготовленный из стали *25*, жестко закреплен на торце питательного насоса.

Датчик снабжен устройством, позволяющим производить настройку, проверку и расхаживание указателя осевого сдвига посредством перемещения индукционной катушки относительно сердечника.

При осевом перемещении ротора сердечник датчика смещается относительно индукционной катушки, в результате чего нарушается равновесие дифференциально-трансформаторной схемы и происходит отклонение стрелки вторичного прибора в одну или другую сторону в зависимости от направления перемещения ротора.

При осевом сдвиге ротора, превышающем допустимые пределы, контактные устройства вторичного прибора дают импульс на сигнал и на отключение агрегата.

На напорном патрубке устанавливается обратно-запорный клапан конструкции ЛМЗ. На корпусе насоса имеются два патрубка для промежуточного отбора воды после первой ступени в количестве до 80 т/ч, с давлением около 6,37 МПа (65 кгс/см^2).

Следует отметить, что массовые характеристики питательного насоса агрегата ОСПТ-1150 имеют безусловное преимущество по сравнению с питательным насосом ЛМЗ аналогичной производительности (СВПТ-340-1000). Питательный насос завода «Экономайзер» имеет массу, в два раза меньшую (соответственно 10 и 22 т).

Насос завода «Экономайзер» внешне отличается от аналогичного насоса ЛМЗ тем, что всасывающий и напорный патрубки у него приварены к наружному корпусу с направлением вертикально вверх, в то время как у насосов ЛМЗ патрубки направлены вертикально вниз. Второе отличие конструкций заключается в том, что у насоса ОСПТ-1150 внутренний корпус представляет собой набор секций с вертикальным разъемом, в то время как у насоса ЛМЗ внутренний корпус выполнен с горизонтальным разъемом.

1-9. КОНСТРУКЦИЯ ЭЛЕКТРОПИТАТЕЛЬНОГО АГРЕГАТА ПЭ-600-300 СУМСКОГО НАСОСНОГО ЗАВОДА

Питательный агрегат ПЭ-600-300 (или ПЭ-600-300-2), предусмотренный компоновкой энергоблока мощностью 300 МВт, обеспечивает половинную производительность котлоагрегата. Насос ПЭ-600-300 изготовляется с входным и напорным патрубками, направленными вверх; насос ПЭ-600-300-2 — с патрубками, направленными вниз.

Питательный агрегат ПЭ-600-300 состоит из насоса и гидромуфты Сумского насосного завода, редуктора ХТГЗ или Казанского компрессорного завода и электродвигателя АВ-8000/6000 Новосибирского турбогенераторного завода.

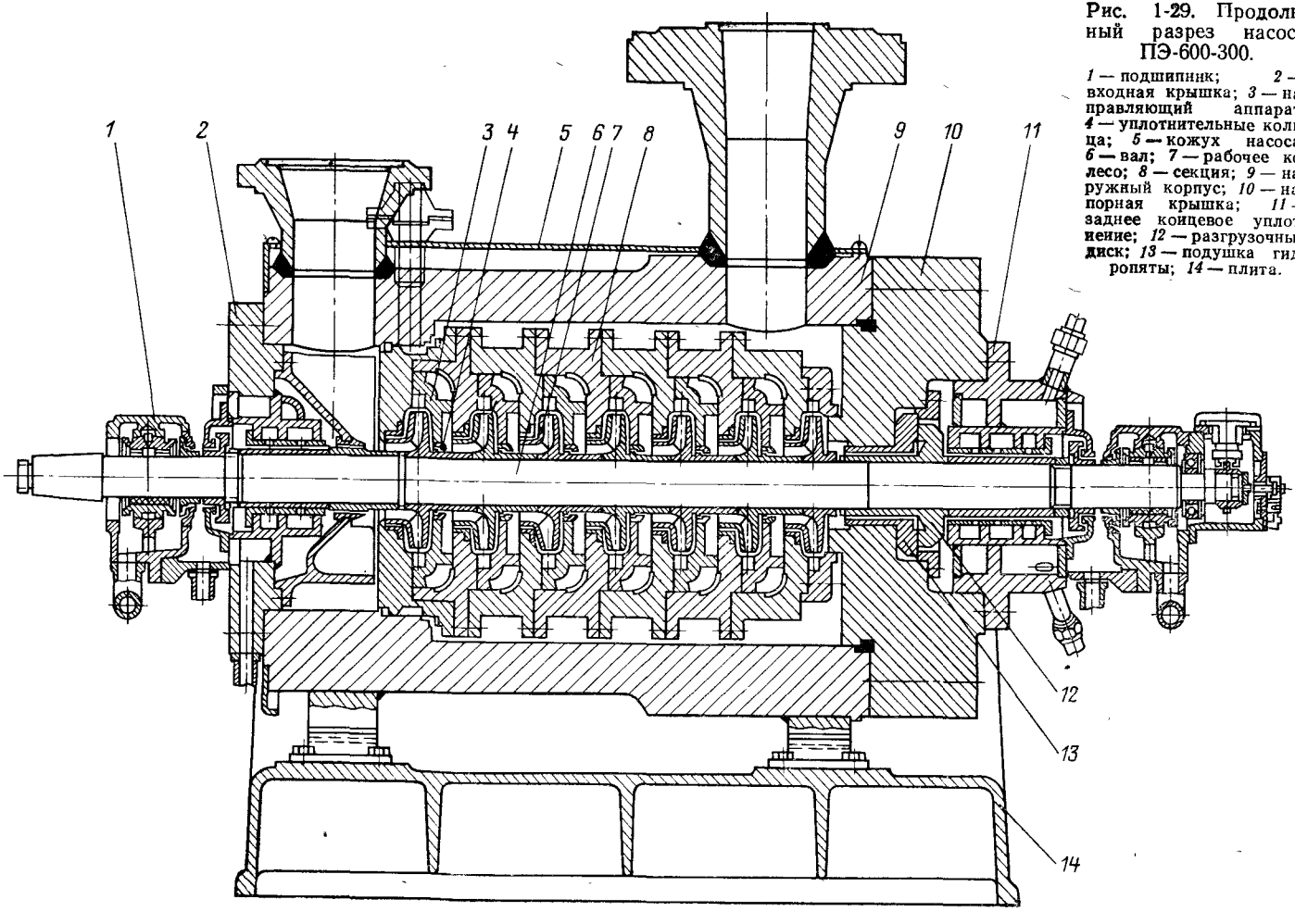


Рис. 1-29. Продольный разрез насоса ПЭ-600-300.

1 — подшипник; *2* — входная крышка; *3* — направляющий аппарат; *4* — уплотнительные кольца; *5* — кожух насоса; *6* — вал; *7* — рабочее колесо; *8* — секция; *9* — наружный корпус; *10* — напорная крышка; *11* — заднее коицевое уплотнение; *12* — разгрузочный диск; *13* — подушка гидропяты; *14* — плита.

Пускорезервный питательный насос центробежного типа (рис. 1-29), горизонтальный двухкорпусный, семиступенчатый с односторонним расположением рабочих колес и гидравлической пятой для восприятия осевого усилия.

Наружный корпус насоса представляет собой полый кованый цилиндр, выполненный из углеродистой стали, с приваренными входным и напорным патрубками и четырьмя опорными лапами. Для обеспечения правильности теплового расширения в лапах со стороны входного патрубка имеются пазы для поперечных шпонок и две продольные шпонки. С торцовых сторон корпус закрывается напорной крышкой и крышкой со стороны всасывания.

Наружный корпус опирается лапами на чугунную плиту-постамент. Под лапы подкладываются дистанционные плитки, изменение толщины которых точно центрирует насос. Корпус крепится к плите болтами с дистанционными втулками, обеспечивающими возможность его тепловых расширений. Плита насоса имеет камеры, через которые протекает охлаждающая вода, что предотвращает вертикальную расцентровку насоса от теплового расширения плиты.

Внутренний корпус насоса представляет собой набор секций с вертикальным разъемом, внутри которых находятся цельнолитые направляющие аппараты, выполненные из нержавеющей стали. Соосность секций обеспечивается призонными болтами.

Техническая характеристика питательного насоса ПЭ-600-300

Подача, м³/ч	600
Напор, м	3290
Давление во входном патрубке, МПа (кгс/см²)	1,96 (20)
Мощность насоса, кВт	6400
К. п. д. насоса, %	77
Температура питательной воды, °С	165
Частота вращения вала, об/мин	6300
Количество ступеней	7
Расход, м³/ч:	
охлаждающего конденсата	23
технической воды:	
для агрегата с редуктором Б-10Н	65
для агрегата с редуктором Б-10	205
масла	138
Электродвигатель:	
тип	АВ-8000/6000
мощность, кВт	8000
напряжение, В	6000
частота вращения, об/мин	3000
Масса, кг:	
насоса	12 690 (12 080)*
агрегата	47 250 (46 300)*

* В скобках указана масса насоса ПЭ-600-300-2.

Крышка нагнетания кованая, выполненная из углеродистой стали, крепится к наружному корпусу шпильками с колпачковыми гайками. В крышке имеется камера разгрузки гидропяты. Отверстия разгрузки осевого давления расположены в верхней части крышки и соединены со входом в главный питательный насос.

Со стороны входного патрубка наружный корпус закрыт торцовой крышкой всасывания, к внутреннему торцу которой прикреплен полуспиральный подвод. В крышку всасывания вварена фасонная отливка с ребрами, образующая камеры переднего уплотнения ротора. Корпус заднего концевого уплотнения соединен с крышкой нагнетания. Концевые уплотнения выполнены щелевыми с подводом холодного конденсата от напорной магистрали конденсатных насосов блока.

Ротор насоса состоит из кованого вала, семи рабочих колес, разгрузочного диска, деталей уплотнений и других мелких деталей, за-

крепленных на валу. Рабочие колеса отлиты из нержавеющей стали методом точного литья.

Опорами ротора являются подшипники скольжения с принудительным подводом масла. К корпусу заднего подшипника крепится узел указателя осевого сдвига ротора, состоящий из дистанционного и ручного указателей, собранных в общем корпусе. Направление вращения ротора насоса — по часовой стрелке (если смотреть со стороны электродвигателя).

Для технологических нужд электростанций от промежуточной ступени насоса можно отбирать питательную воду с расходом 80 м³/ч и давлением 5,88 МПа (60 кгс/см²). Пропускная способность обратного клапана насоса составляет 600 м³/ч питательной воды, а расход воды через линию рециркуляции составляет 130 м³/ч.

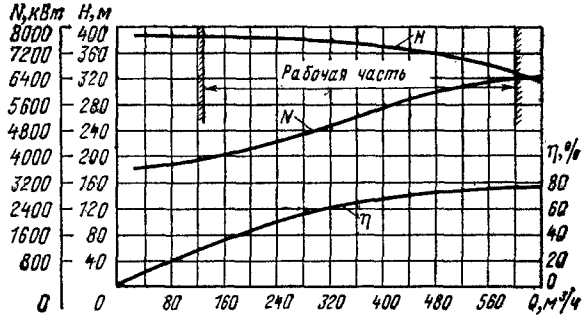


Рис. 1-30. Характеристика насосов ПЭ-600-300 и ПЭ-600-300-2 (n=6300 об/мин; t=165°С).

Для бескавитационной работы высокооборотного питательного насоса ПЭ-600-300 применяется бустерный насос 12ПД-8, создающий необходимый подпор на входе питательного насоса. Характеристика насосов ПЭ-600-300 и ПЭ-600-300-2 приведена на рис. 1-30.

Редуктор Б-10Н Казанского компрессорного завода представляет собой одноступенчатый ускоритель горизонтального типа (с передаточным числом 2,2).

Техническая характеристика редуктора Б-10Н

Передаваемая мощность, кВт	7200
Частота вращения, об/мин:	
ведущего вала	2860
ведомого вала	6292
Вид зубчатого зацепления	Дозаполюсное зацепление Новикова
Межосевое расстояние, мм	425
Расход масла, л/мин	400
Температура масла на входе, °С	40—45
Давление масла на входе, МПа (кгс/см²)	0,17—0,29 (1,8—3,0)
Коэффициент полезного действия	0,984

Корпус редуктора состоит из нижней и верхней половин, изготовленных из чугуна. В нижнем корпусе монтируются подшипники скольжения, на которые укладывается зубчатая пара. Подшипники прижимаются к корпусу крышками подшипников. Люк на верхней половине корпуса служит для осмотра деталей редуктора. Корпус редуктора выполнен симметрично относительно оси, перпендикулярной осям зубчатой пары.

Зубчатая пара состоит из колеса и вала-шестерни. Зубчатая нарезка на колесе и шестерне выполнена в виде двух полушевронов. При таком исполнении зубчатой пары редуктор полностью разгружен от осевых усилий. Колесо зубчатое изготавливается бандажированным. На вал из стали 45 насаживается ступица (из такого же материала), а затем обод зубчатого колеса из стали 38Х2Н2МА.

Колесо укладывается на два подшипника одинаковой конструкции. Вал-шестерня укладывается на два опорных подшипника, при этом вал-шестерня является полой, а внутри нее располагается торсионный вал (сталь 40ХНМА). Через зубчатую муфту, насаженную на вал-шестерню, и шестерню, насаженную на торсионный вал, осуществляется передача крутящего момента с вала-шестерни на торсионный вал.

Насос соединен жесткой муфтой с редуктором через торсионный вал, проходящий сквозь отверстие в вале-шестерне редуктора. Защитный кожух муфты прикреплен к торцу корпуса редуктора. Внизу кожух имеет сборную камеру для масла, которое может попасть в камеру из подшипников редуктора и насоса.

Замер температуры в подшипниках производится термометрами сопротивления ТСП-309, которые монтируются в верхней половине корпуса редуктора. В редуктор масло подается из общей маслосистемы, и по трубкам подвода масла через диафрагмы поступает в подшипники. Размер отверстия в диафрагме для регулирования подачи масла в подшипники уточняется при стендовых испытаниях. По сверлению в нижней части корпуса масло попадает в форсунку и подается в зацепление, а для регулирования его количества предусмотрены диафрагмы, отверстия в которых уточняются при испытаниях.

Для смазки редуктора Б-10 требуется масло с более низкой температурой, чем для смазки подшипников насосного агрегата и гидромуфты. В связи с этим в маслосистеме питательного агрегата с редуктором Б-10 предусматривается маслоохладитель для охлаждения входящего в редуктор масла до температуры 30—35°С.

Питательный агрегат ПЭ-600-300 включает в себя гидромуфту МГ-7000-2, предназначенную для регулирования производительности и напора насоса изменением его частоты вращения. Гидромуфта горизонтальная двухполостная с черпаковым регулированием степени наполнения круга циркуляции маслом, осуществляющим силовую связь между насосным и турбинным роторами. Масло подводится через золотник и сливается через черпаковую трубу в маслобак. Черпак гидромуфты перемещается от колонки дистанционного управления, импульс на которую подается автоматикой котлоагрегата.

Конструкции гидромуфт МГ-7000-2 и МГ-5000-2 идентичны, габариты и массы их одинаковы.

Скольжение гидромуфты определяется по следующей зависимости:

$$S = \frac{n_1 - n_2}{n_1} 100\%,$$

где S — скольжение; n_1, n_2 — частоты вращения ведущего и ведомого валов.

Принцип работы гидромуфты (рис. 1-31) заключается в том, что момент от приводного вала электродвигателя через зубчатую муфту

Технические характеристики гидромуфт МГ-7000-2 и МГ-5000-2

Параметры	Марка гидромуфты	
	МГ-7000-2	МГ-5000-2
Номинальная передаваемая мощность, кВт	7000	5000
Частота вращения ведущего вала, об/мин	3000	
Скольжение при номинальной мощности, %	3	
Скольжение максимальное в зоне регулирования, %	20	
Масса, кг	2230	
Габариты:		
длина, мм	1565	
ширина, мм	1000	
высота, мм	1010	
Рабочая жидкость	Масло турбинное 22 (ГОСТ 32-53)	

передается насосному ротору гидромуфты, где рабочая жидкость (масло) получает сложное вращательное движение и передает его турбинному ротору, который соединен зубчатой муфтой с редуктором.

В гидромуфту масло поступает через золотник, из него в канал *В*, далее в кольцевое пространство *Г*, из которого по сверлениям *Д* в ротор гидромуфты.

Круг циркуляции насосного и турбинного роторов имеет радиальные лопатки и называется рабочей полостью. Это пространство во время работы гидромуфты полностью или частично заполнено рабочей жидкостью. Рабочая жидкость через отверстия в насосном роторе попадает из рабочей полости *А* в черпаковую камеру *Б*, в которой из-за

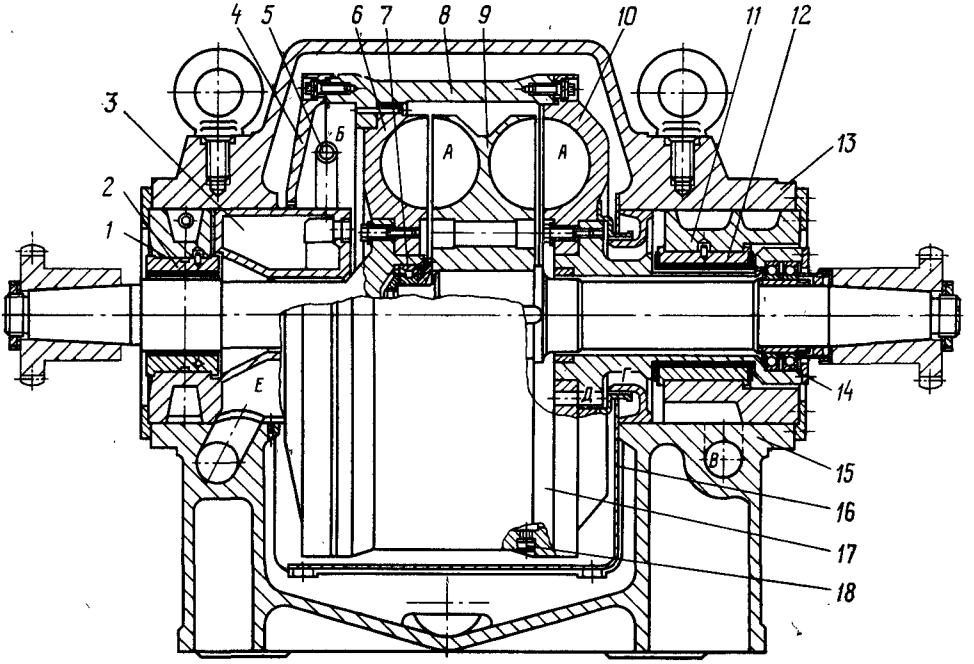


Рис. 1-31. Гидромуфта МГ-7000-2 (МГ-5000-2).

1 — скоба; *2* — вкладыш опорного подшипника; *3* — корпус черпака; *4* — крышка черпаковой камеры; *5* — черпак; *6* — полуротор насосный (левый); *7* — роликоподшипник; *8* — корпус ротора; *9* — ротор турбинный; *10* — полуротор насосный (правый); *11* — опорно-упорный подшипник; *12* — вкладыш опорно-упорного подшипника; *13* — крышка; *14* — шарикоподшипник; *15* — корпус; *16* — перфорированный экран; *17* — насосный ротор; *18* — пробка с плавким предохранителем.

центробежных сил образуется кольцо. Из камеры *Б* масло отводится черпаком *5* в полость *Е*. Черпак имеет вертикальное перемещение, обеспечивающее определенную степень заполнения гидромуфты, т. е. ее скольжение.

Картер гидромуфты является ее базовой деталью с горизонтальным разъемом в плоскости оси ротора и состоит из корпуса *15* и крышки *13*. В его расточках устанавливается корпус черпака и подшипник, которые крепятся к нему съемными фланцами. На внешних боковых поверхностях предусмотрены места подсоединения золотника, маслопроводов и термометров сопротивления. В разъеме выполнено сверление, в котором расположен вал зубчатого сектора.

Для изоляции вращающегося ротора от брызг масла внутри корпуса размещен перфорированный экран *16*. Картер крепится к фунда-

ментной раме четырьмя шпильками. Рама при монтаже заливается бетоном.

Гидромуфта имеет сложный ротор, состоящий из насосного *17* и турбинного *9* роторов. Насосный ротор состоит из полуроторов: насосного левого и насосного правого, которые между собой соединены корпусом ротора *8*. Черпаковая камера закрыта крышкой *4*. Каждый полуротор представляет собой неразборный узел.

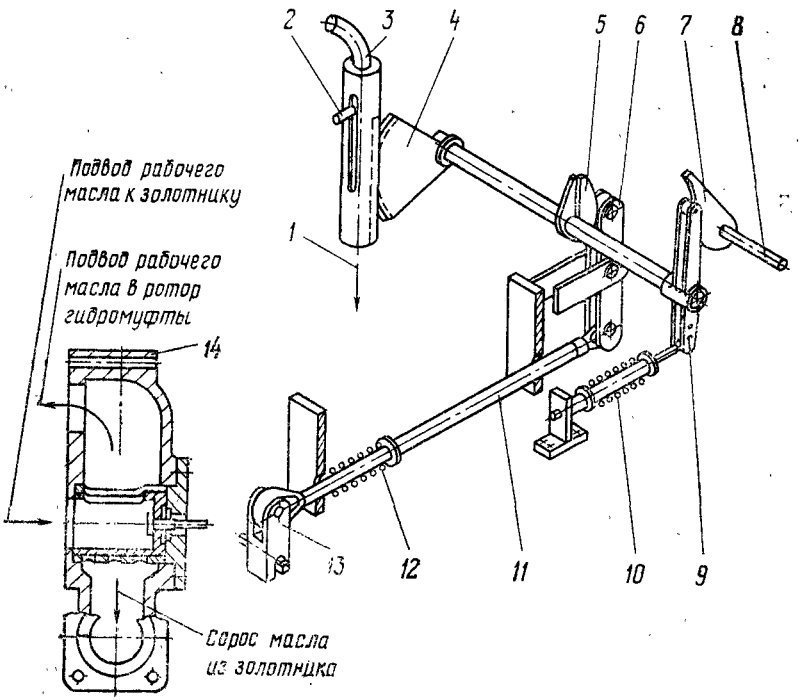


Рис. 1-32. Схема черпаково-золотникового устройства гидромуфты.
1 — выход масла из черпака; *2* — стопор; *3* — черпак; *4* — зубчатый сектор; *5* — кулак; *6* — двуплечий рычаг; *7* — кулак; *8* — вал исполнительного механизма; *9* — рычаг; *10* — пружинное устройство; *11* — тяга; *12* — возвратная пружина; *13* — рычаг; *14* — золотник.

Турбинный ротор состоит из турбиниого колеса, насаженного на вал, и деталей крепления. В насосном роторе вмонтированы две пробки с плавкими предохранителями, предназначенные для защиты ротора гидромуфты от перегрева (предохранители выплавляются при температуре 140°С).

Насосный ротор имеет две опоры: подшипник опориый *2* и подшипник опорно-упорный *11*. Вкладыш опорного подшипника скольжения расположен в корпусе черпака и крепится скобой, а вкладыш упорного подшипника с двухсторонними упорами расположен в корпусе подшипника. Вкладыш устанавливается в корпусных деталях гидромуфты по посадке с обеспечением натягов, от возможного проворачивания в верхних половинах вкладышей имеются штифты. В нижних половинах вкладышей для установки датчиков термометров сопротивления выполнены сверления.

Опорами турбинного ротора служат подшипники качения. В полуроторе насосном левом турбинный ротор установлен на роликоподшип-

ник *7*, а в правом — на двух опорно-упорных шарикоподшипниках *14*. Смазка подшипников скольжения осуществляется от общей системы смазки агрегата, при этом к каждому вкладышу выполнен индивидуальный подвод смазки. Смазка к подшипникам качения подводится от подшипников скольжения по специальным сверлениям.

Гидромуфта имеет черпаково-золотниковую систему регулирования (рис. 1-32). Черпаковое устройство обеспечивает определенную величину наполнения круга циркуляции гидромуфты, а регулирование производится воздействием сервопривода через кулак *7*, рычаг *9* и зубчатый сектор *4* на черпак *3*.

Черпак движется поступательно в направляющей втулке. Масло из-за действия центробежных сил образует вращающееся кольцо, в которое погружается черпак. Положение черпака определяет уровень масла в черпаковой камере и, следовательно, в круге циркуляции, а этим определяется скольжение гидромуфты.

Предельные положения черпака фиксируются специальным стопором *2*. На корпусе гидромуфты устанавливается указатель положения черпака, проградуированный в миллиметрах, при этом рабочий диапазон перемещений черпака для МГ-7000-2 около 150 мм, а для МГ-5000-2 около 130 мм.

Золотник *14*, установленный на картере гидромуфты, перераспределяет подводимое масло на два потока: в ротор гидромуфты и на сброс в маслобак. Масло подводится в центр золотника, затем через регулирующие окна в верхней части золотника подается в ротор или через окна в нижней части золотника сбрасывается в маслобак.

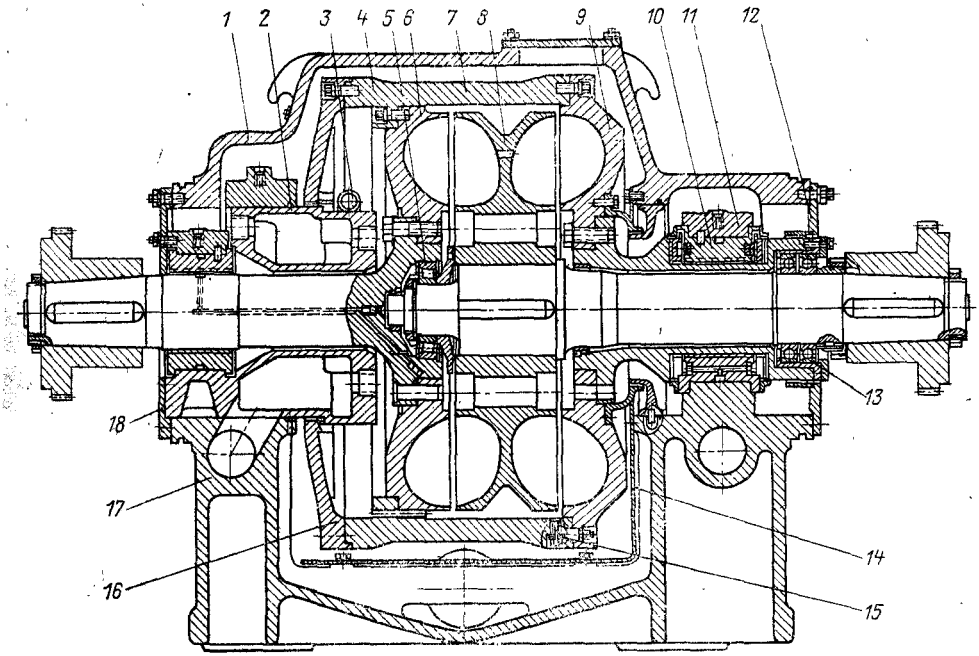


Рис. 1-33. Гидромуфта МГ2Л-650.

1 — крышка; *2* — корпус черпака; *3* — черпак; *4* — ротор насосный; *5* — роликоподшипник; *6* — полуротор насосный левый; *7* — корпус ротора; *8* — ротор турбинный; *9* — полуротор насосный правый; *10* — подшипник опорно-упорный; *11* — скоба; *12* — уплотнение; *13* — шарикоподшипник; *14* — экран; *15* — пробка с плавким предохранителем; *16* — крышка черпаковой камеры; *17* — корпус; *18* — фланец.

Золотник совершает вращательное движение, которое он получает от валика зубчатого сектора. На валике зубчатого сектора установлен кулачок *5*, который воздействует на двуплечий рычаг *6*, связанный тягой *11* с рычагом *13*, установленным на валике золотника. Продольная тяга имеет возвратную пружину *12*, которая обеспечивает возвратное движение золотника. Кулачок *5* спрофилирован таким образом, чтобы обеспечивать наибольшую подачу масла в ротор при режиме наибольших тепловыделений в гидромуфте.

Масло для смазки и охлаждения подшипников и зубчатых муфт насосного агрегата, зубчатого зацепления редуктора и для наполнения гидромуфты подается от масляной системы турбины К-300-240 под давлением 0,16 МПа (1,7 кгс/см^2), с температурой 45°С (к редуктору Б-10 — с температурой 30—35°С).

ВНИИАЭН созданы более совершенные конструкции гидромуфт. Разработаны конструкции черпательных гидромуфт типа МГ2-650 и МГ2-600, которые должны соответственно заменить конструкции гидромуфт МГ-7000-2 и МГ-5000-2.

Расшифровка обозначения гидромуфты МГ2-650 следующая: МГ — муфта гидродинамическая; цифра 2 означает, что гидромуфта двухполостная, а цифра 650 указывает на активный диаметр, мм.

Габариты (ширина и высота) гидромуфты МГ2-650 (МГ2-600) по сравнению с гидромуфтой МГ-7000-2 (МГ-5000-2) несколько больше: ширина 1020 мм, высота 1045 мм, а размер длины сохранен (1565 мм).

Конструктивные формы корпуса гидромуфты МГ2-650 (МГ2-600) более современные (рис. 1-33). Гидромуфты МГ2-650 и МГ2-600, как и предыдущие конструкции, могут быть выполнены как правого, так и левого вращения.

1-10. КОНСТРУКЦИЯ ПИТАТЕЛЬНОГО НАСОСА ПТН-1100-350-24 ЗАВОДА «ЭКОНОМАЙЗЕР»

Основной питательный насос ПТН-1100-350-24 предназначен для питания котлоагрегата энергоблока мощностью 250 МВт с турбиной Т-250/300-240 Уральского турбомоторного завода (УТМЗ). Питательный насос обеспечивает питание как однокорпусного котлоагрегата (моноблок), так и двухкорпусного котлоагрегата (дубль-блок), состоящего из двух параллельно включенных секций. Основные параметры насоса приведены в табл. 1-7.

Таблица 1-7

Основные параметры насоса ПТН-1100-350-24

Параметры	Максимальный режим	Номинальный режим	Минимальный режим
Подача, т/ч	1000	900	440
Давление нагнетания, МПа (кгс/см^2)	34,3(350)	33,02(337)	40,96(418)
Частота вращения, об/мин	5400	5200	4750
Давление в приемном патрубке насоса, МПа (кгс/см^2)	1,96(20)	1,96(20)	1,96(20)
Температура перекачиваемой воды, °С	165	165	165

Располагаемая мощность турбопривода обеспечивает возможность увеличения подачи насоса (дополнительно к расходу пара на главную турбину):

а) до 70 т/ч — при питании котлоагрегата моноблочного исполнения либо при питании котлоагрегата дубль-блочного исполнения с дву-

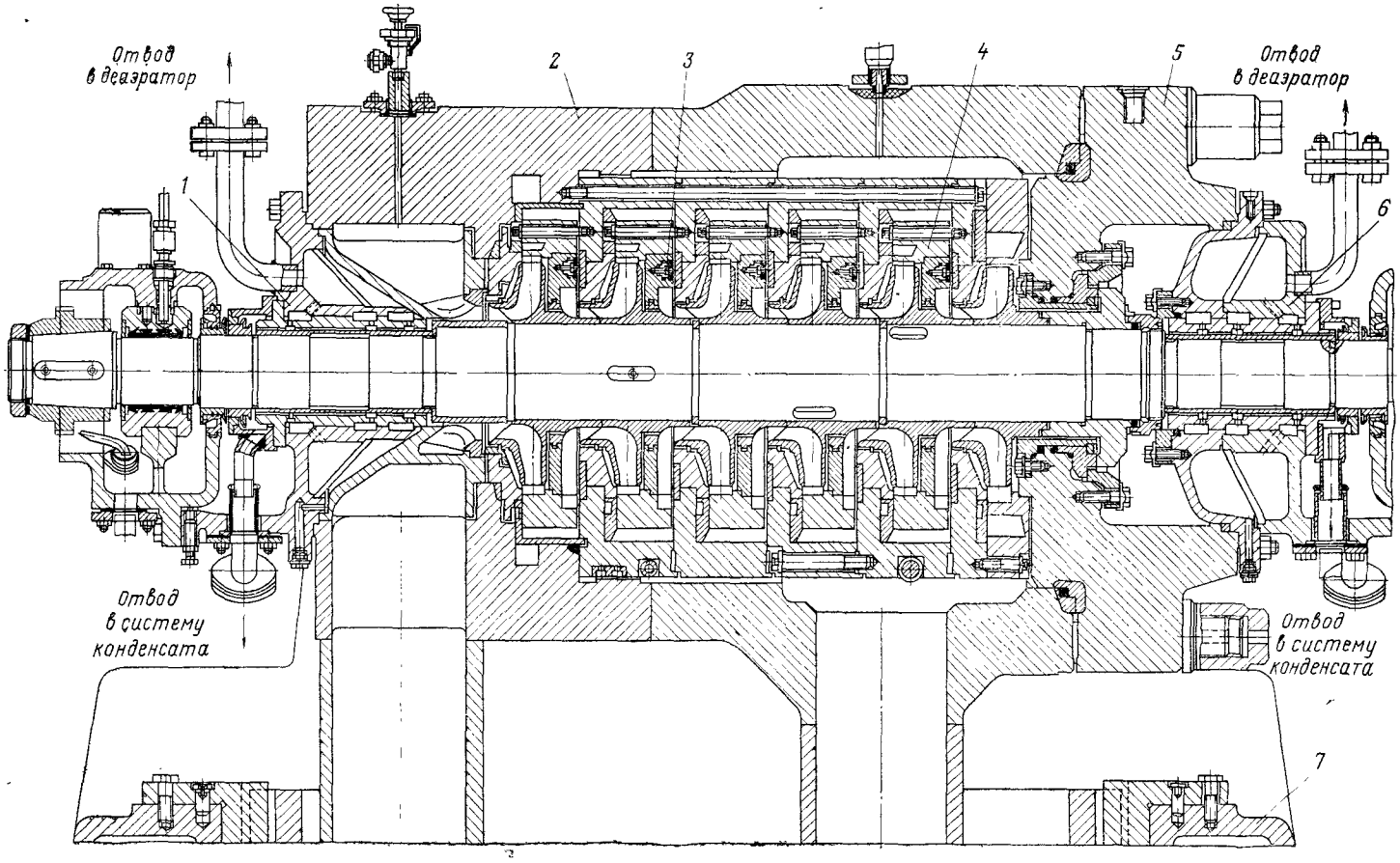


Рис. 1-34. Продольный разрез питательного насоса агрегата ПТН-1100-350-24.

1 — корпус уплотнения всасывания; *2* — наружный корпус насоса; *3* — штырь; *4* — направляющий аппарат; *5* — крышка насоса; *6* — корпус уплотнения нагнетания; *7* — рама насоса.

мя параллельными секциями в диапазоне режимов с расходом пара на главную турбину от 430 до 900 т/ч. При этом давление нагнетания насоса изменяется в соответствии с характеристикой сети;

б) до 10 т/ч — при питании котлоагрегата дубль-блочного исполнения с одной включенной секцией, в диапазоне режимов с расходом пара на главную турбину от 430 до 475 т/ч. При этом давление нагнетания насоса изменяется в соответствии с характеристикой сети дубль-блока с одной включенной секцией.

В питательном насосе предусмотрена возможность промежуточного отбора воды после первой ступени в количестве до 80 т/ч с давлением около 70 кгс/см² (без снижения выходных параметров) при работе насоса на максимальном режиме (подача 1000 т/ч, давление нагнетания 350 кгс/см²). Количество и давление отбираемой воды на других режимах определяется в соответствии с характеристикой сети энергетического блока.

Для обеспечения пуска, возможности работы на малых подачах, а также предотвращения запаривания насоса при работе на закрытую задвижку предусмотрена рециркуляция воды до обратного клапана в деаэратор. При давлении нагнетания насоса 34,32 МПа (350 кгс/см²) расход воды через линию рециркуляции составляет около 280 т/ч.

Забор воды в питательный насос производится из линии нагнетания бустерных насосов энергоблока. Из напорного патрубка питательного насоса вода через обратный клапан поступает в питательный трубопровод котлоагрегата энергетического блока.

Питательный насос (рис. 1-34) выполнен в двухкорпусном исполнении; насос — центробежный, горизонтальный, шестиступенчатый, с внутренним корпусом секционного типа и односторонним расположением рабочих колес.

Наружный корпус *2*, сваренный из двух поковок, является базовой деталью насоса. К корпусу приварены нагнетательный и всасывающий патрубки насоса (направленные вниз) и четыре лапы. Внутренний корпус насоса выполнен секционным. Направляющий аппарат первой ступени закладывается в обойму, прикрепленную к секции, в которой установлен направляющий аппарат второй ступени.

Направляющие аппараты III—V ступеней закладываются в секции, конструкции которых аналогичны секции второй ступени. Секции направляющих аппаратов II—VI ступеней состыкованы между собой; их центрирование осуществляется за счет выступов и впадин, выполненных на торцовых поверхностях. Уплотнение стыков между секциями производится пригонкой (притиркой) их друг к другу, а качество притирки стыков проверяется под давлением.

Направляющие аппараты I—V ступеней состоят из неразъемных наружных частей и разрезных (состоящих из двух половин) внутренних частей. Сопряжения наружных и внутренних частей исключают возможность нарушения запроектированных очертаний профилей каналов направляющих аппаратов. Направляющий аппарат VI ступени крепится болтами к соответствующей секции.

Для уплотнения стыков между наружными и внутренними частями направляющих аппаратов предусмотрены поджимные узлы, состоящие из подпружиненных штырей *3*. В направляющих аппаратах I—V ступеней имеется по шесть поджимных узлов, расположенных по окружности на равных расстояниях. Направляющий аппарат VI ступени неразъемный.

В центральных отверстиях внутренних частей направляющих аппаратов I—V ступеней крепятся разъемные (из двух половин) уплотнительные кольца, которые служат задними уплотнениями рабочих колес. Уплотнительные кольца передних уплотнений рабочих колес (также состоящие из двух половин) крепятся в центральных отверстиях секций II—VI ступеней. Уплотнительные кольца ограничивают протечки воды из области более высокого давления в область более низкого давления.

Внутренний корпус насоса крепится к наружному при помощи шести болтов. В месте стыка для уменьшения эрозийного размыва на наружном корпусе предусмотрена наплавка нержавеющей сталью.

Со стороны нагнетания наружный корпус закрыт крышкой *5*, крепление которой осуществляется 18 шпильками, а стык уплотняется металлической прокладкой, изготовленной из нержавеющей стали. При этом места стыка на наружном корпусе и на крышке наплавлены нержавеющей сталью.

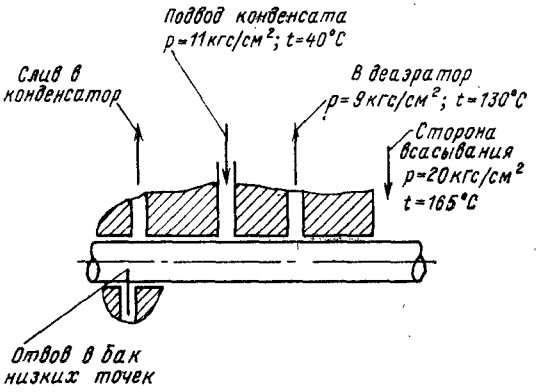


Рис. 1-35. Схема работы концевого уплотнения питательного насоса агрегата ПТН-1100-350-24.

Со стороны всасывания к наружному корпусу крепится корпус концевого уплотнения всасывания *1*, а со стороны нагнетания корпус концевого уплотнения *6* крепится к крышке насоса. Места стыков уплотняются теплостойкой резиной.

Конструкции концевых уплотнений — щелевого типа с подводом и отводом уплотняющего холодного конденсата, при этом концевые уплотнения всасывания и нагнетания аналогичны по конструкции.

Каждое уплотнение имеет три камеры. Для предотвращения протечек горячей питательной воды из насоса, поступающей из приемной камеры (сторона всасывания) либо из камеры разгрузочного диска к средним камерам уплотнений, подводится холодный уплотняющий конденсат (рис. 1-35), который частично поступает во внутренние камеры, препятствуя проникновению питательной воды наружу.

Из внутренних камер уплотняющий конденсат, смешанный с питательной водой, отводится в деаэратор энергоблока. Другая часть конденсата, охлаждая концевые участки вала, поступает в наружные камеры концевых уплотнений, откуда отводится в конденсатор и бак низких точек.

Оба концевых уплотнения имеют фланцы, к которым крепятся корпуса подшипников. В расточках корпусов и крышек устанавливаются опорные (разъемные) вкладыши, выполненные из углеродистой стали, рабочие поверхности которых залиты баббитом марки Б-83. В расточке на торцовой поверхности вкладышей установлены и заштифтованы маслоудерживающие кольца, которые в паре с маслоотбойным кольцом ротора насоса препятствуют протечкам масла по валу. На верхних половинах вкладышей подшипников предусмотрены гнезда для термопар.

В корпусе подшипника со стороны всасывания предусмотрено штуцерное соединение для крепления отростка, предназначенного для подачи масла к зубчатой муфте, соединяющей роторы насоса и приводной турбины. Масло на смазку подшипников и зубчатой муфты поступает

от системы смазки главной турбины энергоблока, а в аварийных случаях предусмотрена возможность подачи масла самотеком от автономного источника.

Ротор насоса лежит на двух опорных подшипниках скольжения, при этом все его рабочие колеса имеют одинаковые размеры. Для обеспечения сборки ротора диаметр вала под рабочими колесами изменяется ступенчато. Посадка колес на вал осуществляется с таким натягом, чтобы при рабочей частоте вращения не происходило его ослабления. В местах прохода через концевые уплотнения вал от эрозийного действия протечек защищен рубашками из нержавеющей стали.

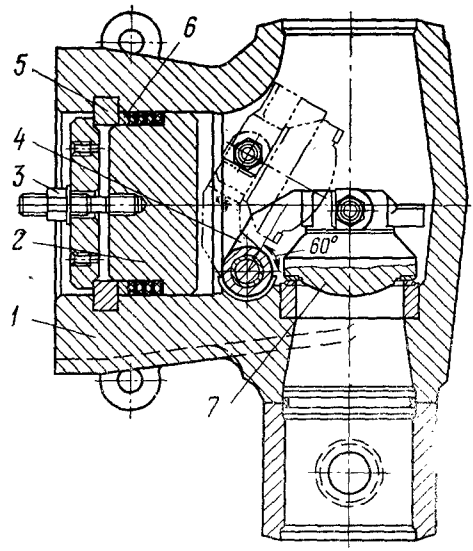


Рис. 1-36. Обратный вертикальный клапан питательного насоса агрегата ПТН-1100-350-24.

1 — корпус; *2* — крышка; *3* — гайка; *4* — рычаг; *5* — разрезное кольцо; *6* — опорное кольцо; *7* — тарелка.

В момент пуска насоса происходит перемещение его ротора в сторону нагнетания. Для ограничения этого перемещения и предотвращения задеваний в проточной части насоса в корпусе подшипника со стороны нагнетания предусмотрено упорное устройство, состоящее из втулки с упорным буртом и шарикоподшипником.

В крышке упорного устройства монтируется датчик указателя осевого сдвига ротора насоса, аналогичный по конструкции приведенному на рис. 1-29. Корпус датчика крепится к подшипнику насоса, установленному на стороне нагнетания. Для исключения попадания в датчик масла из подшипника насоса предусмотрено винтовое уплотнение; винтовые нарезки выполнены внутри корпуса датчика и на втулке, насаженной на хвостовик сердечника.

Обратный вертикальный клапан с диаметром прохода 300 мм (рис. 1-36) состоит из корпуса, тарелки, рычага и глухого патрубка. При движении потока воды в обратном направлении тарелка под действием собственного веса садится на седло клапана.

Конструкция глухого патрубка выполнена в виде бесфланцевого соединиения с самоуплотняющейся крышкой *2*. Между крышкой и разрезным кольцом *5* устанавливается мягкая сальниковая набивка, а перед разрезным кольцом помещается цельное металлическое кольцо *6*. Под действием давления воды крышка сжимает набивку, чем и препятствует проникновению жидкости наружу.

После опрессовки клапана крышка фиксируется в определенном положении затяжкой гайки *3*. В глухом патрубке имеются отверстия для выталкивания сегментов разъемного кольца при разборке узла. Корпус клапана имеет выходной патрубок для приварки напорного трубопровода.

1-11. КОНСТРУКЦИЯ ПИТАТЕЛЬНОГО НАСОСА ПН-1135-340 ЗАВОДА «ЭКОНОМАЙЗЕР»

Конструкция питательного насоса ПН-1135-340 в основном аналогична конструкции насоса ОСПТ-1150, который ранее изготавливался для энергоблока мощностью 300 МВт с турбиной ХТГЗ К-300-240.

Это объясняется тем, что после прекращения выпуска насосов на ЛМЗ заводу «Экономайзер» было поручено восполнить поставку питательных насосов к энергоблокам 300 МВт с турбинами К-300-240 ЛМЗ. Опыт изготовления и эксплуатации подобных питательных насосов (ОСПТ-1150) на заводе имелся, и поэтому в основном использована уже проверенная конструкция.

Однако конструкция насоса ПН-1135-340 по сравнению с насосом ОСПТ-1150 имеет основные особенности:

1) всасывающий и напорный патрубки насоса ОСПТ-1150 (рис. 1-25) направлены от насоса вверх, а в насосе ПН-1135-340 эти патрубки расположены в нижней части насоса, т. е. они направлены от насоса вниз;

2) приводом насоса ОСПТ-1150 являлась паровая турбина завода «Экономайзер», а для насоса ПН-1135-340 предусмотрено использование турбины ОР-12ПМ КТЗ.

Насос ПН-1135-340 имеет постоянно-подающую напорную характеристику. Основные параметры насоса при работе его в энергоблоке с турбиной К-300-240 ЛМЗ представлены в табл. 1-8.

Питательный насос ПН-1135-340 может быть также использован для работы энергоблока 300 МВт с турбиной К-300-240 ХТГЗ. Для этого меняется трассировка всасывающего и напорного питательных трубопроводов. Основные параметры насоса при работе его с турбиной ХТГЗ представлены в табл. 1-9.

Таблица 1-8

Параметры насоса ПН-1135-340 для работы энергоблока 300 МВт с турбиной К-300-240 ЛМЗ

Нагрузка блока (относительная)	Расход пара, т/ч	Подача насоса, м³/ч	Частота вращения, об/мин	Давление на выходе из насоса, МПа (кгс/см²)	Мощность питательного насоса, кВт
1,035	975	1150	5100	32,97 (336,5)	12 050
1,00	930	1061	4990	32,04 (327,0)	11 180
0,824	746	851	4600	29,0 (296,0)	8215
0,489	430	491	4120	25,38 (259,0)	4810

Таблица 1-9

Параметры насоса ПН-1135-340 для работы энергоблока 300 МВт с турбиной К-300-240 ХТГЗ

Нагрузка блока (относительная)	Расход пара, т/ч	Подача насоса, м³/ч	Частота вращения, об/мин	Давление на выходе из насоса, МПа (кгс/см²)	Мощность питательного насоса, кВт
1,03	950	1085	5050	32,53 (332,0)	11 550
1,00	910	1040	4990	31,75 (324,0)	10 900
0,793	700	800	4520	28,42 (290,0)	7600
0,687	600	685	4350	27,09 (276,5)	6350
0,433	373	426	4060	24,79 (254,0)	4300

Минимальная подача, при которой обеспечивается нормальная работа насоса, составляет 300 м³/ч, при этом давление на входе в насос должно быть 1,96 МПа (20 кгс/см²), а температура перекачиваемой воды 165°С.

Для защиты насоса от перегрева должен быть предусмотрен трубопровод рециркуляции с автоматическим защитным устройством, вступающим в действие при расходе воды через насос менее 300 м³/ч. Трубопровод рециркуляции перепускает воду из насоса в деаэратор; при закрытой задвижке на нагнетательном трубопроводе, по линии рециркуляции отводится 275±25 м³/ч воды. Вентили с электроприводом для трубопровода рециркуляции и дросселирующие устройства, предназначенные для снижения давления и предохранения вентилей от эрозийного износа, поставляются комплектно с насосом. Управление вентилями рециркуляции (открытие, закрытие) осуществляется по команде расходомерного устройства в зависимости от расхода воды через обратный клапан.

Центробежный питательный насос ПН-1135-340 (рис. 1-37) выполнен горизонтальным, шестиступенчатым, с внутренним корпусом секционного типа и односторонним расположением рабочих колес.

Наружный корпус *9*, сваренный из двух поковок, является базовой деталью насоса. К корпусу приварены нагнетательный и всасывающий патрубки насоса и четыре опорные лапы. Со стороны нагнетания корпус закрыт крышкой *12*, в расточке которой установлен корпус щелевого уплотнения *13*. Стык уплотняется металлической прокладкой, изготовленной из нержавеющей стали, а места стыка на наружном корпусе и на крышке наплавлены нержавеющей сталью.

К всасывающему и напорному патрубкам приварены направляющие шпонок, фиксирующие корпус относительно рамы в поперечном направлении. Опорные лапы со стороны всасывания фиксированы относительно рамы шпонками, удерживающими насос от продольных перемещений. Со стороны всасывания, в расточке корпуса насоса установлен корпус щелевого уплотнения *7*, при этом место стыка уплотняется теплостойкой резиной.

В наружный корпус насоса вставлен внутренний корпус, который вместе с ротором образует проточную часть насоса *11*. Уплотнение стыков между секциями осуществляется за счет притирки друг к другу их уплотнительных поясков. Проточная часть в сборе крепится к наружному корпусу шестью болтами М24 длиной 785 мм.

Во время работы насоса возникает осевое усилие, приложенное к ротору и направленное в сторону всасывающего трубопровода. Для препятствия этому усилию предусмотрена гидравлическая система разгрузки осевой силы. Основные ее детали — кольцо разгрузочного диска *16*, поджатое фланцем *15*, и разгрузочный диск ротора.

При работе насоса питательная вода из колеса последней ступени под большим давлением попадает в щель между ступицей разгрузочного диска и втулкой, в которой происходит частичное срабатывание напора. Затем вода попадает под разгрузочный диск и стремится отжать его от кольца *16*.

Осевая сила ротора уравновешивается. Между разгрузочным диском и кольцом *16* образуется осевой зазор, в котором происходит дальнейшее срабатывание напора. Из-под разгрузочного диска вода попадает в камеру *А* разгрузки осевой силы и отводится во всасывающий патрубок насоса.

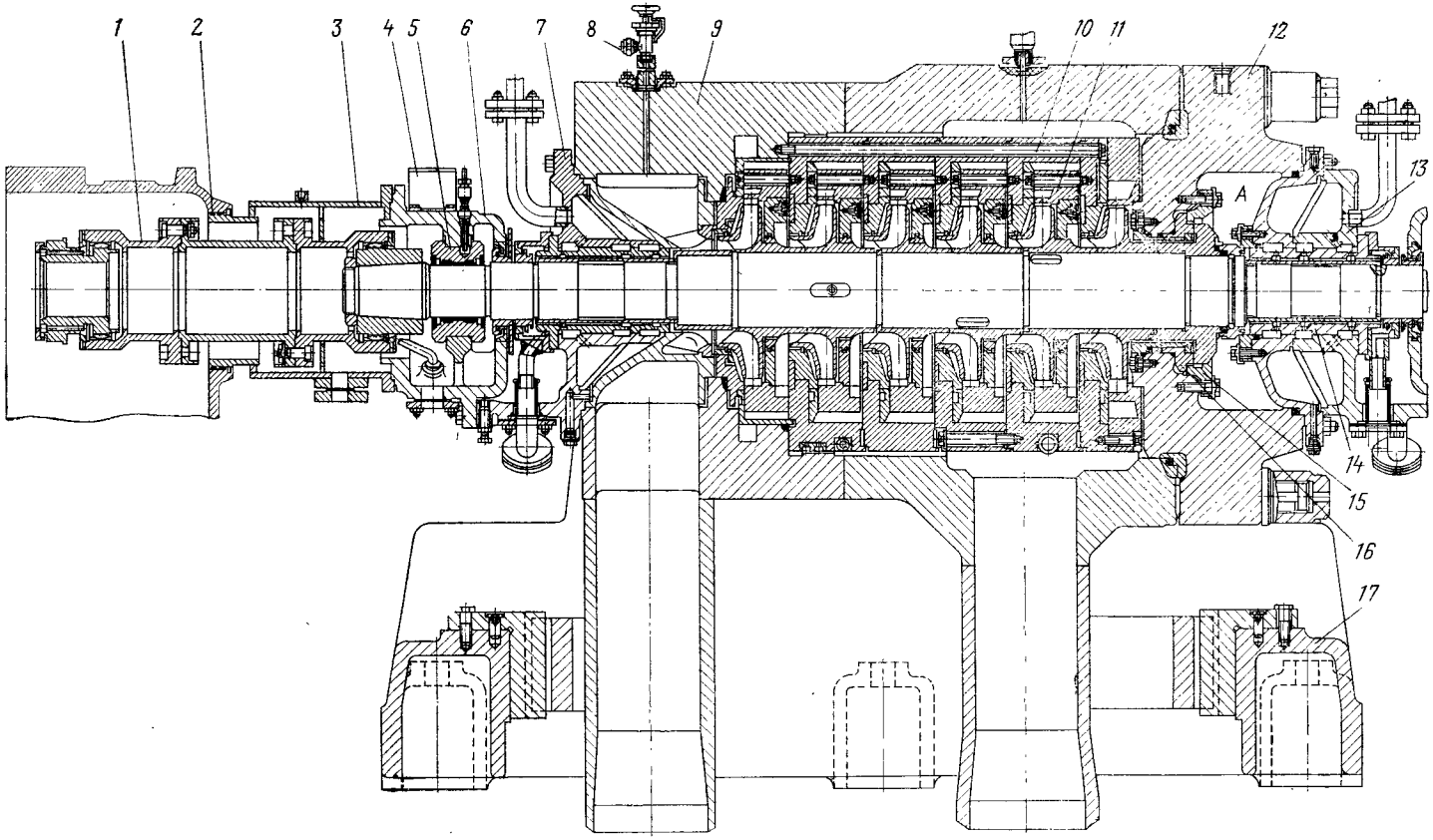


Рис. 1-37. Продольный разрез питательного насоса ПН-1135-340.

1 — муфта; *2* — кольцо; *3* — кожух; *4* — вибродатчик; *5* — вкладыш; *6* — крышка подшипника; *7* — концевое уплотнение стороны всасывания; *8* — клапан; *9* — корпус насоса; *10* — болт М24; *11* — проточная часть; *12* — крышка насоса; *13* — концевое уплотнение стороны нагнетания; *14* — втулка; *15* — фланец; *16* — кольцо разгрузочного диска; *17* — рама насоса.

При увеличении осевой силы разгрузочный диск перемещается в сторону кольца *16*, осевой зазор уменьшается, следовательно, увеличивается давление под разгрузочным диском и сила, отжимающая разгрузочный диск с ротором, в результате чего ротор займет новое равновесное положение.

При уменьшении осевой силы разгрузочный диск с ротором перемещается от кольца, осевой зазор увеличивается, давление под разгрузочным диском падает, следовательно, отжимающая сила уменьшается и ротор займет новое равновесное положение.

Диаметр разгрузочного диска и длина концевой щели, образованной его ступицей и внутренней поверхностью втулки, выбраны так, чтобы вода, проходя через зазоры системы разгрузки, обеспечивала осевой зазор между торцом разгрузочного диска и кольцом в пределах 0,15—0,18 мм. Контроль за состоянием гидравлической системы разгрузки ведется по давлению воды в разгрузочной камере.

Корпус насоса опирается на раму *17*. В корпусе насоса предусмотрен отбор перекачиваемой воды за первой ступенью в количестве 80 м³/ч с давлением около 7,35 МПа (75 кгс/см²) при подаче насоса 1135 м³/ч.

В подшипнике со стороны нагнетания устанавливается датчик указателя осевого сдвига ротора. Вторичный показывающий прибор (типа ВМД модель 4861), установленный на местном пульте управления, указывает осевое положение ротора относительно нулевой точки, соответствующей положению ротора при нормальной работе насоса. При осевом сдвиге ротора, превышающем допустимые пределы, контактные устройства вторичного прибора выдают сигнал на отключение насоса.

Реле обратного вращения, расположенное на торцовой крышке подшипника, служит для защиты насоса от обратного вращения, которое может возникнуть при обратном токе питательной воды, если почему-либо не закрылся обратновертикальный клапан на напорном трубопроводе насоса. Реле обратного вращения представляет собой обгонную муфту, которая при обратном вращении ротора вращает кулачок, включающий микропереключатель, который подает сигнал на закрытие задвижки на напорном трубопроводе насоса.

Для уплотнения вала от протечек воды со стороны нагнетания и всасывания предусмотрены концевые уплотнения щелевого типа.

Принципиальная схема трубопроводов насоса представлена на рис. 1-38. Перекачиваемая насосом вода поступает к ситу *19* и далее по трубопроводу *22* на вход насоса. После выхода из насоса вода по трубопроводу *4* через обратновертикальный клапан подается в котлоагрегат энергоблока. Грязь из сита *19* удаляется по трубе *21*. Трубопровод рециркуляции насоса подключается перед обратновертикальным клапаном, причем на этом трубопроводе устанавливаются параллельно вентили рециркуляции и дроссели.

Отвод воды после первой ступени насоса производится по трубам *20*, а вода из камеры разгрузочного устройства по трубе *17* отводится в трубу *18*. Уплотняющий конденсат к концевым уплотнениям насоса подводится к трубе *24* и через сита *25* поступает к уплотнениям. Запорными вентилями *26* сита поочередно отключаются для промывки, а подача воды к уплотнениям регулируется вентилями *13*.

От концевых уплотнений вода отводится: в деаэратор — по трубе *8*, в конденсатор — по трубе *14*, в атмосферный бак — по трубе *15* и в сливную систему — по трубе *16*. Для автоматизации подачи уплотняющего конденсата может быть подключен регулятор (в комплект постав-

ки насоса не входит). Управляющим воздействием регулятора будет разность давлений воды, поступающей к концевым уплотнениям и возвращаемой в деаэратор. Для подключения регулятора предусмотрены места отбора импульсов *7* и *23*.

Продувка корпуса насоса при его заполнении водой производится через клапаны *5* и *6* и тройники, где предусмотрены отводы к манометрам, измеряющим давление на входе и выходе насоса, а отвод к манометру, измеряющему давление в камере разгрузки, предусмотрен через клапан *10*.

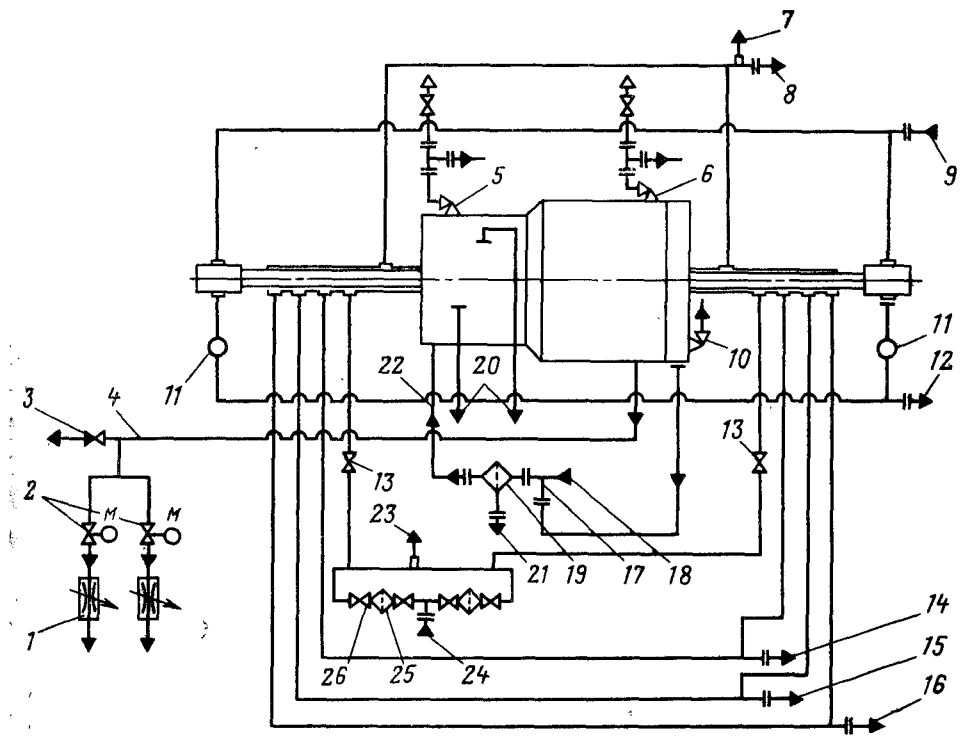


Рис. 1-38. Принципиальная схема трубопроводов питательного насоса ПН-1135-340.
1 — дроссель; *2* — вентиль рециркуляции; *3* — обратновертикальный клапан; *4* — напорный трубопровод насоса; *5, 6* — клапаны продувки; *7* — отбор к регулятору давления; *8* — труба отбора воды в деаэратор от концевых уплотнений; *9* — трубопровод подвода масла; *10* — вентиль; *11* — смотровое окно; *12* — трубопровод слива масла; *13* — вентиль регулирующий; *14* — трубопровод слива воды в конденсатор; *15* — трубопровод слива воды в атмосферный бак; *16* — трубопровод слива воды в сливную систему из кожухов уплотнений; *17* — труба слива воды из разгрузочной камеры; *18* — труба подвода воды к ситу; *19* — сито; *20* — труба отвода воды после I ступени насоса; *21* — труба слива загрязненного конденсата в сливную систему; *22* — трубопровод всасывания насоса; *23* — отбор к регулятору давления; *24* — труба подвода конденсата на уплотнения; *25* — сито; *26* — вентиль запорный.

Подвод масла на смазку насоса осуществляется по трубе *9*, а слив его — по трубе *12*, при этом на сливных участках предусмотрены смотровые окна *11*. Масло на смазку подшипников и зубчатой муфты поступает от системы смазки главной турбины энергоблока, а расход его составляет около 4 м³/ч, при этом давление в напорном маслопроводе на уровне оси насоса должно быть 0,14—0,16 (1,5—1,7 кгс/см²).

Для защиты насоса от попадания с питательной водой инородных тел служит сито (рис. 1-39), состоящее из корпуса *3*, к которому с торцов крепятся фланцы *1* и *5*; в корпус вставлен конус *4*, обтянутый сет-

кой из нержавеющей стали, с ячейкой около 0,1×0,15 мм. Для замера давления до и после сита служат два штуцера *2*. В корпусе также имеется патрубок, закрытый заглушкой *6*. При монтаже сита патрубок должен быть направлен вниз, так как он может быть использован для сброса загрязненной воды во время работы насоса при его чистке. Для

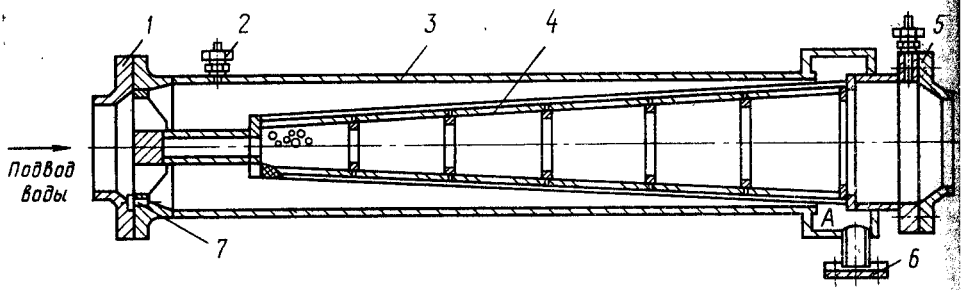


Рис. 1-39. Сито на всасывающем трубопроводе питательного насоса.
1 и *5* — фланцы; *2* — штуцер; *3* — корпус; *4* — сито; *6* — заглушка; *7* — палец.

этого во время работы насоса необходимо интенсивно обстукивать корпус сита; при открытом сбросном патрубке загрязненная вода сносится потоком в камеру *А* и сливается.

1-12. КОНСТРУКЦИИ ПРЕДВКЛЮЧЕННЫХ НАСОСОВ ПД-1600-180 И ПД-1600-180-1 СУМСКОГО НАСОСНОГО ЗАВОДА

Предвключенные насосы ПД-1600-180 и ПД-1600-180-1 предназначены для обеспечения бескавитационной работы питательных насосов энергоблоков 800 и 500 МВт соответственно. Предвключенные насосы приводятся во вращение от приводной турбины турбонасосного агрегата через понижающий редуктор. Основные технические данные предвключенных насосов приведены в табл. 1-10.

Таблица 1-10

Технические характеристики насосов ПД-1600-180 и ПД-1600-180-1

Показатель	Тип насоса		
	ПД-1600-180		ПД-1600-180-1
	Номинальный режим	Перегрузочный режим	Номинальный режим
Подача, м³/ч	1630	2230	1000
Давление во входном патрубке, МПа (кгс/см²)	0,7(7,2)	0,7(7,2)	0,7(7,2)
Давление в напорном патрубке, МПа (кгс/см²)	2,3(23,5)	2,2(22,5)	2,0(21,0)
Температура воды, °С	165	165	165
Частота вращения насоса, об/мин	1890	1950	1910

Конструкция предвключенного насоса ПД-1600-180-1 разработана на базе насоса ПД-1600-180 с уменьшением наружного диаметра рабочего колеса. Направление вращения насосов по часовой стрелке (если смотреть со стороны привода).

Насос — центробежный, горизонтальный, спирального типа, одноступенчатый с рабочим колесом двухстороннего входа. Корпус насоса выполнен литым чугунным, с полуспиральным подводом и спиральным двухзавитковым отводом и имеет горизонтальный разъем. Входной и напорный патрубки насоса расположены в нижней части корпуса насоса и направлены: входной — вертикально вниз, напорный — горизонтально вбок. Такая конструкция корпуса позволяет производить разборку насоса без демонтажа основных трубопроводов. Горизонтальный разъем насоса уплотняется паронитовой прокладкой.

Тепловое расширение корпуса в продольном направлении возможно только в сторону опорно-упорного подшипника. Это обеспечивается двумя продольными шпонками, расположенными в нижней части корпуса, и двумя поперечными цилиндрическими шпонками, расположенными в опорных лапах корпуса со стороны зубчатой муфты.

Ротор насоса представляет собой самостоятельную сборку; вал насоса выполнен из поковки стали 40ХФА с соответствующей термообработкой. Рабочее колесо — сварнолитое из нержавеющей стали 20Х13Л, насажено на вал по скользящей посадке. Втулки и рубашки вала выполнены из нержавеющей стали 2Х13 и насажены на вал также по скользящей посадке, причем от проворота они фиксируются шпонками. Для компенсации тепловых расширений деталей ротора между ними предусмотрен зазор в пределах 0,5—1,0 мм. В местах уплотнения рабочего колеса в корпусе насоса предусмотрены уплотнительные кольца из хромистой стали 3Х13.

Опорами ротора служат подшипники скольжения с принудительной смазкой (давление 0,14—0,16 МПа), а температура вкладышей подшипников замеряется термометрами сопротивления. Возможное осевое усилие ротора воспринимается радиальным сферическим роликоподшипником.

Центрирование ротора в корпусе насоса производится перемещением корпусов подшипников с помощью регулировочных винтов, после чего положение корпусов подшипников фиксируется коническими штифтами.

Концевые уплотнения вала — щелевые, бессальниковые. К ним подводится холодный конденсат ($t \leqslant 40°C$) с давлением 0,78 МПа (8 кгс/см^2), т. е. на 0,07—0,09 МПа (0,8—1,0 кгс/см^2) больше давления воды на входе в насос. Этот конденсат предотвращает выход горячей воды из насоса и охлаждает участки вала и корпуса перед подшипниками. Отвод конденсата осуществляется через сифон в конденсатор (при этом в камере отвода поддерживается давление 0,5 кгс/см^2) и в бак низких точек, а часть конденсата проходит внутрь насоса.

Для регулирования количества подводимого конденсата предусмотрены запорные вентили на подводе конденсата к насосу. Для поддержания постоянного давления конденсата перед концевыми уплотнениями насоса на трубопроводе подвода конденсата должен быть предусмотрен регулирующий клапан (заказываемый по спецификации проектной организации), поддерживающий постоянное давление, равное 0,78 МПа (8 кгс/см^2).

Плита насоса служит для крепления на ней корпуса насоса, опорные лапы которого для уменьшения вертикальных перемещений корпуса подняты возможно ближе к оси насоса. Насос с редуктором соединяется зубчатой муфтой, поставляемой комплектно с приводной турбиной, причем зубчатая муфта имеет индивидуальный подвод масла. Кожух насоса выполнен защитно-декоративным из листовой стали; при монтаже под кожух необходимо укладывать тепловую изоляцию.

Центрирование насоса с редуктором производится приспособлением, поставляемым с редуктором, при этом точность центрирования должна быть следующей: биение радиальное 0,05 мм, торцовое 0,03 мм.

1-13. КОНСТРУКЦИИ ПИТАТЕЛЬНЫХ НАСОСОВ СВПТ-350-850 И СВПТ-350-1350 ЛМЗ

Питательные насосы СВПТ-350-850 и СВПТ-350-1350 ЛМЗ предназначены для подачи питательной воды к котлоагрегатам энергоблоков мощностью 500 и 800 МВт. Насосы являются постоянно действующим оборудованием, при этом каждый насос выполнен на половинную производительность соответствующего котлоагрегата и может осуществлять регулирование питания по давлению и количеству питательной воды в интервале нагрузок турбоустановки от номинальной до 30%.

Приводом насоса СВПТ-350-850 является турбина ОК-18ПУ-500 КТЗ; насос СВПТ-350-1350 работает совместно с турбиной ОК-18ПУ-800 КТЗ.

Таблица 1-11

Основные характеристики питательных насосов СВПТ-350-850 и СВПТ-350-1350

Основные характеристики	Турбоустановка К-500-240	Турбоустановка К-800-240
Тип насоса	СВПТ-350-850	СВПТ-350-1350
Производительность, м³/ч	950	1500
Давление всасывания, МПа (кгс/см²)	1,96(20)	1,96(20)
Давление нагнетания, МПа (кгс/см²)	34,3(350)	34,3(350)
Температура питательной воды, °С	165	165
Частота вращения, об/мин	4700	5500
Мощность, кВт	10 800	16 200
Число ступеней	7	6
Направление вращения	По часовой стрелке, если смотреть со стороны приводной турбины	
Коэффициент полезного действия	80—2%	83—2%
Параметры отбора питательной воды за первой ступенью:		
давление, МПа (кгс/см²)	6,5(67)	7,3(75)
количество, м³/ч	75	100
Масса насоса с опорами, кг	22 140	21 100

Два пускорезервных насоса СВПЭ-320-550 ЛМЗ или ПЭ-600-300 Сумского насосного завода используются при пуске энергоблока, а также выполняют функции главного насоса при его аварийном состоянии.

Два пускорезервных насоса обеспечивают при работе в параллель с одним из главных насосов около 93% нагрузки энергоблока с турбоустановкой К-800-240. Для турбоустановки К-500-240 при замене одного из главных насосов пускорезервным сохраняется 86% мощности энергоблока.

Питательные насосы СВПТ-350-850 и СВПТ-350-1350 по конструкции однотипны, отличаются только геометрическими размерами и числом ступеней. Основные характеристики насосов приведены в табл. 1-11.

Конструкции питательных насосов СВПТ-350-850 и СВПТ-350-1350 выполнены в двухкорпусном исполнении (рис. 1-40). Внешний корпус *5* состоит из ковано-сварного цилиндра с приваренными к нему патрубками и лапами и крышки цилиндра. Внутренний корпус *6*, разъемный в горизонтальной плоскости, выполнен ковано-сварным; в него закла-

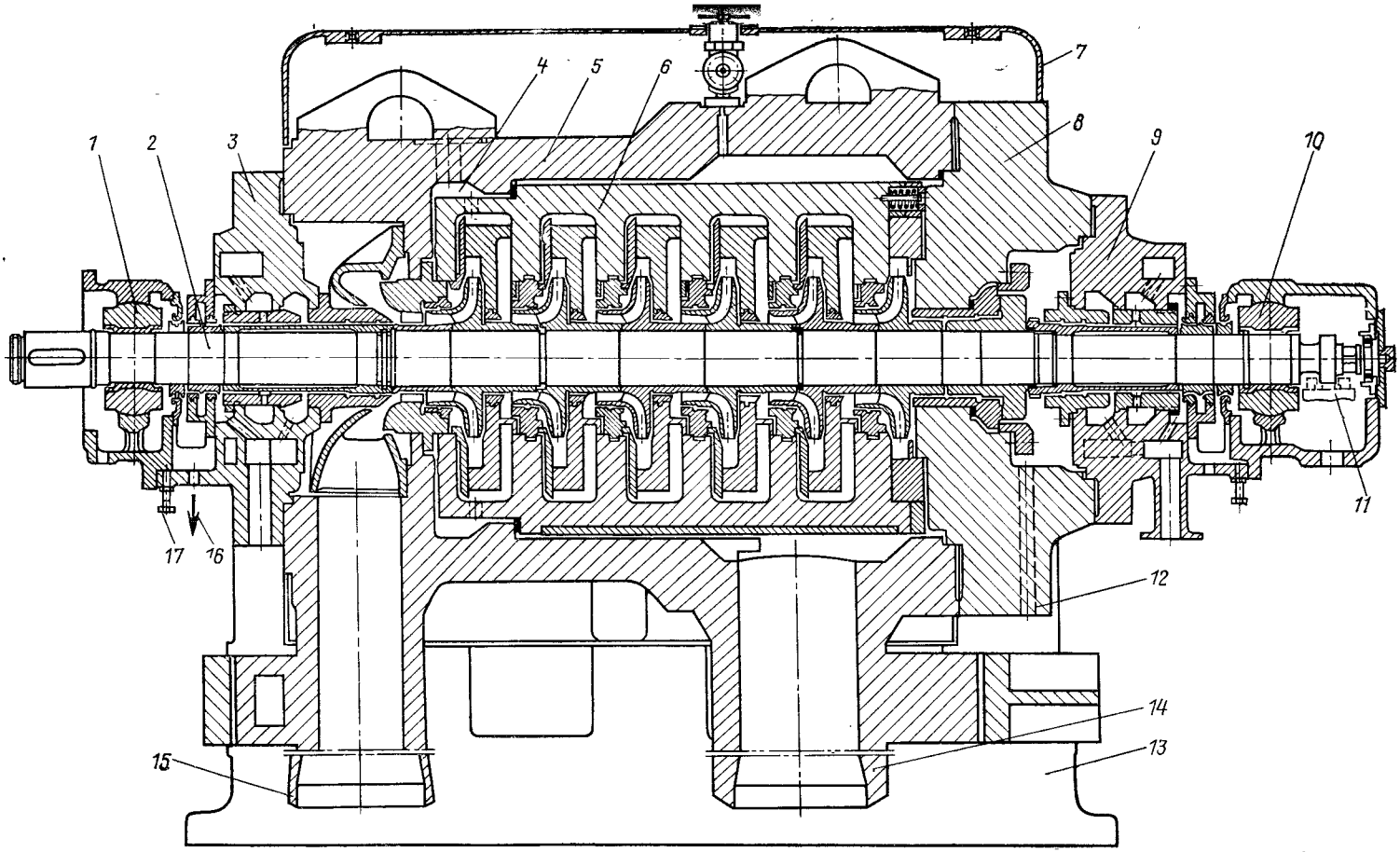


Рис. 1-40. Продольный разрез питательного насоса СВПТ-350-1350 (СВПТ-350-850).

1 — передний подшипник; *2* — ротор; *3* — корпус переднего уплотнения; *4* — камера отбора; *5* — внешний корпус; *6* — внутренний корпус; *7* — обшивка; *8* — крышка цилиндра; *9* — корпус заднего уплотнения; *10* — задний подшипник; *11* — датчик осевого сдвига; *12* — отверстия перепуска жидкости из камеры разгрузки на всасывание насоса; *13* — рама; *14* — напорный патрубок; *15* — всасывающий патрубок; *16* — в дренаж; *17* — регулирующий болт.

дываются литые фрезерованные (четырехканальные) направляющие аппараты.

Цилиндр со стороны нагнетания закрыт кованой крышкой *8*, присоединяемой к цилиндру круглым фланцем. Крышкой цилиндра со стороны всасывания служит присоединяемый также круглым фланцем корпус переднего уплотнения *3*. Корпус заднего уплотнения *9* присоединяется к крышке цилиндра со стороны нагнетания, образуя область за разгрузочным диском.

Всасывающий и напорный патрубки цилиндра направлены вниз. Всасывающий патрубок заканчивается круглым фланцем (привариваемым на монтаже), к которому снизу крепится проставка трубы с двумя фланцами, с установленным в ней коническим ситом. Напорный патрубок выполнен в виде толстенной трубы, с разделкой для приварки к станционному трубопроводу.

За первой ступенью предусмотрен отбор воды на регулирование температуры пара после промперегрева. Отбор воды осуществлен двумя трубами, объединенными в пределах агрегата одним общим коллектором.

Для приближения осевой линии расточек уплотнений рабочих колес и втулок концевых уплотнений к упругой линии вала торцы корпусов уплотнения подрезаны с перекосом относительно оси расточек с тем, чтобы оси расточек под уплотнительные втулки при сборке были направлены под углом к горизонтали и совпадали с направлением изогнутой оси вала на этих участках.

Проточную часть насоса составляют всасывающий корпус, обтекатель, собственно внутренний корпус, направляющие аппараты, конструктивно объединенные с обратными клапанами, направляющий аппарат последней ступени, передние и задние уплотнительные втулки рабочих колес. Всасывающий патрубок и обтекатель конструктивно крепятся и устанавливаются во внешнем корпусе, а служат они для организации потока на входе в первое колесо.

Направляющий аппарат первой ступени центрируется через щеку непосредственно в расточке внутреннего корпуса. Со стороны обратных каналов в направляющих аппаратах насосов установлены опорные кольца, создающие дополнительную опору направляющим аппаратам.

Направляющие аппараты первой и промежуточных ступеней и щеки к ним выполнены разъемными в горизонтальной плоскости. Крепление направляющих аппаратов по разъему осуществлено с помощью шпилек и болтов.

Фрезерованные окна, где расположены крепежные детали со стороны кольцевого канала — перехода потока из диффузоров в обратные каналы — закрыты щитками. Направляющие аппараты от проворачивания стопорятся штифтами, расположенными в разъеме внутреннего корпуса. Направляющий аппарат последней ступени ковано-фрезерованный, разъема по горизонтали не имеет и крепится непосредственно к диафрагме внутреннего корпуса.

На торцовой стороне внутреннего корпуса, со стороны нагнетания, расположены четыре фрезерованных канала, которые служат продолжением диффузоров направляющего аппарата последней ступени. Передние и задние уплотнительные втулки рабочих колес выполнены неразъемными и центрируются соответственно, передние — в расточках диафрагм внутреннего корпуса, задние — в расточках направляющих аппаратов. Уплотнительные втулки от проворота стопорятся штифтами.

Внутренний корпус со стороны всасывания центрируется на заточке обтекателя, укрепленного в цилиндре насоса; со стороны нагнетания — на специальной заточке крышки цилиндра. Положение внутреннего корпуса в осевом направлении ограничено торцовым буртом, являющимся одновременно уплотнением области давления за первой ступенью от области нагнетания.

Прижим внутреннего корпуса к упорному бурту внешнего осуществляется при сборке пружинами, расположенными в торце внутреннего корпуса со стороны крышки цилиндра. При работе насоса прижим осуществляется гидравлически — напорным давлением.

Для предотвращения разъедания уплотняющего бурта внешнего корпуса при возможных протечках в стык между внутренним и внешним корпусами поставлено кольцо, при этом упорный торец внутреннего корпуса наплавлен нержавеющей сталью.

Все рабочие колеса имеют одинаковые размеры проточной части. Для обеспечения независимого теплового расширения вала и рабочих колес между втулками колес предусмотрены разрезные упорные кольца, устанавливаемые с осевым зазором 0,1—0,15 мм.

Концевые уплотнения вала выполнены щелевого типа; к ним подводится холодный конденсат под давлением всасывания 1,96 МПа (20 кгс/см²). Каждое уплотнение состоит из двух уплотняющих втулок, соединенных с камерами корпуса уплотнений. Полукольцевые камеры подвода и отвода холодного конденсата, разделенные перегородками, расположены таким образом, что предотвращают нагрев корпуса подшипника от корпуса насоса, при этом в каждой камере предусмотрен штуцер для замера давления.

Центрирование корпусов подшипников относительно оси расточки корпуса насоса должно выполняться с учетом статического прогиба вала и осуществляться тремя регулирующими болтами *17* (рис. 1-40) с последующей установкой штифтов.

Вкладыш подшипника установлен в корпусе по шаровой поверхности, что обеспечивает самоустановку вкладышей по направлению оси вала в процессе сборки насоса и исключает необходимость выполнения ручной пригонки рабочей поверхности вкладыша по шейке вала. В корпусе заднего подшипника расположен индикатор осевого положения ротора, позволяющий следить за осевым смещением ротора во время работы насоса.

В нижней половине вкладышей подшипников для замера температуры баббита установлены термометры сопротивления. В крышке заднего подшипника расположен шариковый подшипник, ограничивающий разбег ротора в сторону заднего подшипника при транспортировке, монтаже и пусках. При случайных перемещениях ротора насоса в сторону заднего подшипника установка шарикового подшипника предотвращает задевание и повреждение индикатора осевого сдвига. При нормальной эксплуатации насоса этот подшипник не работает.

Для замера частоты вращения ротора насоса на торцовой крышке заднего подшипника может быть закреплен электротахометр. Смазка подшипников — принудительная, циркуляционная, от системы смазки главной турбины с давлением 0,14—0,16 МПа (1,5—1,7 кгс/см²).

Соединение валов насоса и приводной турбины осуществлено через зубчатую муфту с промежуточной соединительной частью, что обеспечивает возможность разборки муфты, а следовательно, и насоса без разборки приводной турбины. Муфта имеет предохранительный сварной кожух с горизонтальным разъемом, который с одной стороны крепится к корпусу переднего подшипника насоса, а с другой уплотняется в корпусе заднего подшипника турбины.

Насосы устанавливаются на литые фундаментные опоры, которые в свою очередь опираются на шабренную поверхность постоянных подкладок, приваренных к закладным плитам. Внешний корпус ставится на раму четырьмя лапами, расположенными в горизонтальной плоскости. Крепление насоса на раме осуществляется восемью дистанционными болтами, при этом предусматривается свободное тепловое расширение насоса без нарушения центрирования с валом турбопривода.

Для предотвращения несимметричных боковых смещений оси насоса относительно вертикальной плоскости предусмотрены шпонки, расположенные на вертикальных трубах всасывающего и напорного патрубков насоса. В раме соответствующие пазы расположены в траверсах, соединяющих правую и левую опоры, в передних лапах насоса предусмотрены две поперечные шпонки.

Принятая система крепления фиксирует в пространстве ось насоса, сохраняя свободу тепловых расширений во все стороны.

Обратные клапаны на напорных трубопроводах питательных насосов снабжены сбросными устройствами (рис. 1-41), обеспечивающими проток питательной воды через главный насос в количестве не менее 190 м³/ч и для пускорезервного насоса 90 м³/ч.

Открытие сбросного клапана осуществляется при импульсе, получаемом от тарелки обратного клапана, вертикально перемещающейся в направляющих корпуса клапана. При пуске насоса открытие сбросного клапана автоматически обеспечивается блокировкой пусковой аппаратуры привода насоса со сбросным клапаном.

Сбросной клапан представляет собой корпус *5* с фланцами, в котором вертикально перемещается шток *4* клапана. Корпус своим фланцем устанавливается на дросселе, представляющем собой набор дроссельных шайб, сваренных между собой. На корпусе клапана имеется фланец для присоединения к сбросному трубопроводу в деаэратор. Шток кла-

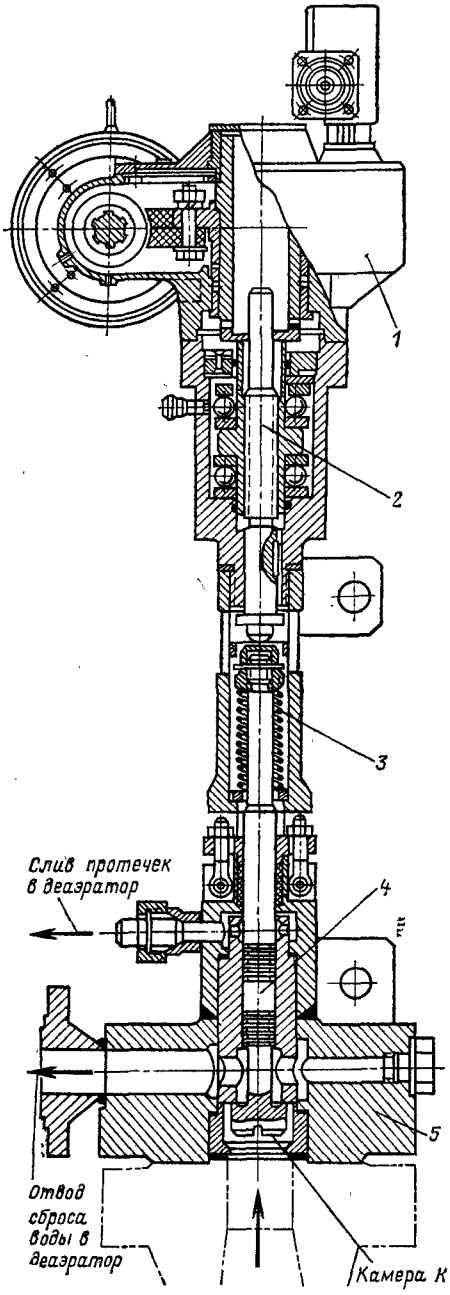


Рис. 1-41. Сбросной клапан.
1 — электропривод; *2* — шпиндель клапана; *3* — пружина; *4* — шток; *5* — корпус клапана.

лана под воздействием закрывающего усилия пружины *3* и давления питательной воды в камере *К* прижимается к седлу, чем обеспечивается закрытие клапана.

При вращении приводного вала электродвигателя по часовой стрелке происходит перемещение шпинделя *2* вниз и вместе с преодолением усилия пружины, осуществляется перемещение вниз штока, при этом камера *К* соединяется со сбросным трубопроводом. Открытие сбросного клапана может происходить с помощью электродвигателя, либо вручную с помощью маховика. Время полного открытия клапана электроприводом составляет 3,6 с; для полного открытия клапана вручную необходимо около 39 оборотов маховика.

1-14. КОНСТРУКЦИЯ ПИТАТЕЛЬНОГО НАСОСА ПН-1500-350 ЗАВОДА «ЭКОНОМАЙЗЕР»

Питательный насос ПН-1500-350, входящий в состав турбонасосного агрегата, предназначен для питания котлоагрегата энергоблока мощностью 800 МВт. Насос обеспечивает половинную производительность котлоагрегата и является постоянно действующим оборудованием.

Использование насоса в схеме энергоблока 500 МВт (вместо насоса СВПТ-350-850 ЛМЗ) нецелесообразно, так как в этом случае один из насосов ПН-1500-350 будет работать неэффективно, с большими потерями, дросселируя расход питательной воды.

Техническая характеристика питательного насоса ПН-1500-350

Подача, м³/ч 1500	Температура перекачиваемой воды, °С 165
Давление в напорном патрубке, МПа (кгс/см²) 34,3 (350)	Частота вращения, об/мин 4700
Давление в приемном патрубке, МПа (кгс/см²) 2,15 (22)	Мощность на валу, МВт 16,5

Приводом питательного насоса ПН-1500-350 является конденсационная турбина ОК-18ПУ КТЗ, соединенная с питательным насосом зубчатой муфтой.

Схема компоновки питательного турбонасосного агрегата с насосом ПН-1500-350 показана на рис. 1-42. Турбина ОК-18ПУ является оновременно приводом предвключенного насоса ПД-1600-180 через понижающий редуктор *3* и зубчатые муфты *2*. Питательная вода из деаэратора поступает в предвключенный насос и затем через перепускную трубу на всасывание питательного насоса. На перепускной трубе перед входом в питательный насос предусмотрен фильтр в виде конусообразного сита. На напорной линии питательного трубопровода установлен обратный клапан *8* в комплекте с клапаном рециркуляции и дросселирующим устройством I и II ступеней.

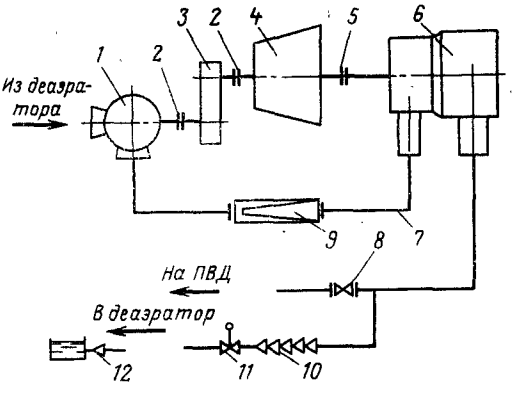


Рис. 1-42. Схема компоновки питательного турбонасосного агрегата с насосом ПН-1500-350.
1 — бустерный насос; *2* — соединительные муфты между бустерным насосом и турбиной; *3* — редуктор; *4* — приводная турбина; *5* — соединительная муфта между питательным насосом и турбиной; *6* — питательный насос; *7* — перепускная труба; *8* — обратный клапан; *9* — водяное сито; *10* — дроссель I ступени; *11* — сбросной клапан; *12* — дроссель II ступени.

Питательный насос ПН-1500-350 центробежного типа выполнен с семью ступенями давления. Для обеспечения высокой надежности и полной герметичности при работе в условиях сверхвысоких давлений и температур корпус насоса выполнен двойным. Секционная конструкция проточной части предусматривает быструю разборку насоса без съема рабочих колес. Отсутствие горизонтального разъема секций проточной части обеспечивает надежность стыка между камерой отбора за первой ступенью и напорной камерой.

Большинство узлов питательного насоса ПН-1500-350 унифицировано. Конструкция, его геометрические формы такие же, как у насоса ПН-1335-340, за исключением незначительных изменений. Корпус насоса представляет собой кованый сварной цилиндр из стали 15Х5МФ с приваренными лапами и патрубками, направленными вниз. Патрубки выполнены в виде толстостенных труб с разделкой для приварки к станционному трубопроводу.

Со стороны всасывания корпус закрывается крышкой, представляющей собой корпус уплотнения, выполненный конструктивно совместно со всасывающей камерой. Со стороны нагнетания корпус насоса закрыт торцовой крышкой. Корпус уплотнения нагнетания присоединяется круглым фланцем к крышке насоса, образуя область за разгрузочным диском.

Проточную часть образуют ротор и направляющие аппараты с обратными каналами. Направляющий аппарат состоит из двух частей: собственно направляющего аппарата (неразъемного) и внутреннего кольца направляющего аппарата, имеющего горизонтальный разъем.

Во избежание протечек в стыке между направляющим аппаратом и внутренним кольцом эти детали выполняются из материалов с различными коэффициентами линейного расширения. Предварительный прижим внутреннего кольца к уплотнительному бурту направляющего аппарата (во время сборки) обеспечивается пружинами, расположенными в лопатках внутреннего кольца направляющего аппарата.

Центрирование направляющих аппаратов осуществляется по уплотнительным кольцам, которые, в свою очередь, зацентрованы в расточках секций, проточенных в пакете с одной установки. Секции центрируются с помощью трех продольных шпонок; кроме того, для удобства сборки каждая секция относительно другой крепится тремя штифтами.

Ротор насоса образует кованый вал с насаженными на него семью рабочими колесами, выполненными из нержавеющей стали, причем все рабочие колеса имеют одинаковые размеры проточной части, а посадка их на вал осуществляется с натягом. Для облегчения сборки ротора диаметр вала под колесами изменяется ступенчато.

Для осуществления независимого теплового расширения вала и рабочих колес между ступицами рабочих колес предусмотрены разрезные установочные кольца, устанавливаемые с осевым зазором 0,4—0,6 мм. В области концевых уплотнений со стороны всасывания и нагнетания вал защищен от эрозийного воздействия рубашками из нержавеющей стали. Разгрузочный диск изготавливается из нержавеющей стали повышенной твердости, при этом диск насаживается на вал по скользящей посадке.

Ротор должен быть динамически отбалансирован на заводе. Однако при необходимости выполнить дополнительную балансировку на собственных опорах на роторе имеются диски с резьбовыми отверстиями для размещения груза. Следует отметить, что балансировочный диск конструктивно объединен с маслозащитным кольцом.

На валу ротора, со стороны привода, на конусной посадке с натягом устанавливается втулка зубчатой муфты; ее положение фиксируется гайкой со стопорной шайбой. На другом конце вала также на конусной посадке насаживается шестерня для привода ротора редуктора, реле обратного вращения и хвостовик указателя осевого сдвига.

Во время работы насоса из-за разности давления воды по обе стороны рабочего колеса возникает осевое усилие, примерно равное 75 тс, направленное в сторону всасывания, которое полностью уравновешивается гидравлически силой, действующей на разгрузочный диск. Система уравновешивания осевой силы разгрузочным диском является самоустанавливающейся.

Концевые уплотнения со стороны всасывания и со стороны нагнетания во время работы находятся под давлением всасывания 2,15 МПа (22 кгс/см²). В остальном схема работы уплотнений аналогична показанной на рис. 1-35.

Центрирование корпусов подшипников относительно оси расточки корпусов насоса осуществляется тремя установочными винтами с последующей установкой точеных болтов из-под развертки, расположенных у разъема корпуса подшипника. Вкладыши подшипников являются самоустанавливающимися (шаровыми), а смазка их принудительная циркуляционная.

В торцовой крышке подшипника со стороны нагнетания расположен шариковый подшипник, установка которого предотвращает большие перемещения ротора насоса в сторону нагнетания во время останова насоса. При нормальной работе насоса этот подшипник не работает.

На напорной линии питательного насоса устанавливается обратный клапан тарельчатого типа ЛМЗ (см. рис. 1-20). Сбросное устройство обеспечивает проток питательной воды через насос в количестве не менее 200 т/ч.

Автоматическое и дистанционное управление питательным насосом обеспечивается системой автоматического регулирования приводной турбины. Насос снабжен первичными датчиками и специальными контрольно-измерительными приборами для дистанционного контроля и защиты агрегатов.

1-15. КОНСТРУКЦИЯ ПИТАТЕЛЬНОГО НАСОСА ПТН-2200-350 ЛМЗ

Конструкция питательного насоса ПТН-2200-350 разработана ЛМЗ для работы в схеме энергоблока мощностью 1200 МВт. При этом предусмотрена одновременная работа двух насосов, каждый из которых обеспечивает 50% номинальной производительности котлоагрегата энергоблока. При проектировании насоса учтен опыт эксплуатации питательных насосов энергоблоков 300, 500 и 800 МВт.

Техническая характеристика насоса ПТН-2200-350

Подача насоса (номинальная), м³/ч	2000—2200	Отборы воды из насоса: давление МПа (кгс/см²)	6,86(70)
Температура перекачиваемой воды, °С	165	количество, м³/ч	100
Давление в напорном патрубке насоса, МПа (кгс/см²)	34,3(350)	К. п. д. насоса при номинальном режиме, %	~85

При остановке одного из двух турбонасосов оставшийся в работе насос может повысить подачу до 2500 м³/ч, при снижении давления в напорном патрубке до 29,4 МПа (300 кгс/см²). Насос допускает плавное регулирование напора от 350 до 250 кгс/см² при изменении подачи

от номинальной до 30%, за счет изменения частоты вращения приводной турбины. Расход питательной воды через сбросной клапан (при закрытом обратном клапане) при номинальной частоте вращения — около 420 м³/ч.

Насос шестиступенчатый, двухкорпусный (с внутренним корпусом), имеет горизонтальный разъем и разъемные направляющие аппараты. Внешний корпус насоса четырьмя лапами опирается на две боковые рамы, связанные траверсами с расположенными в них шпоночными пазами. В отличие от ранее выпускаемых насосов между лапами и опорными поверхностями боковых рам используются мерные шлифованные прокладки, позволяющие за счет изменения их толщины производить перецентровку насоса при капитальных ремонтах. Для удобства выема прокладок в лапах предусмотрены отжимные болты.

С напорной стороны цилиндр насоса закрывается крышкой, в которой установлена шайба разгрузочного диска, а также расположены пружины, обеспечивающие начальное прижатие внутреннего корпуса к упорному бурту цилиндра. К наружной стороне крышки круглым фланцем крепится корпус заднего уплотнения, к которому присоединена нижняя половина корпуса подшипника.

К торцовой части цилиндра со стороны всасывания крепится корпус переднего уплотнения с присоединенной нижней половиной корпуса переднего подшипника. Профилированная расточка цилиндра со стороны всасывания в сочетании с внутренней стенкой корпуса переднего уплотнения образуют камеру всасывания без применения специального всасывающего патрубка.

В цилиндре насоса в области первой ступени располагается камера отбора воды на впрыск в промперегреватель; отбор выполнен двумя трубами, расположенными в верхней части цилиндра. К цилиндру внешнего корпуса привариваются всасывающую и напорные трубы, которые для удобства компоновки направлены вниз.

Внутренний корпус, выполненный из нержавеющей стали, сварен из отдельных секций и имеет горизонтальный разъем. Первые пять направляющих аппаратов, объединенных с обратными каналами, также имеют горизонтальный разъем. В расточке направляющих аппаратов фиксируются неразрезные задние уплотнительные втулки. Неразъемные передние уплотнительные втулки устанавливаются в расточки диафрагм внутреннего корпуса.

Направляющий аппарат последней ступени — неразъемный, крепится торцовой поверхностью к внутреннему корпусу. Выходные диффузорные каналы направляющего аппарата совпадают с каналами на торцовой стороне внутреннего корпуса.

Внутренний корпус центрируется во внешнем по цилиндрическим поверхностям: обтекателя — со стороны всасывания и крышки — со стороны нагнетания. В осевом направлении положение внутреннего корпуса ограничено упорным буртом, являющимся одновременно уплотнением между камерой отбора за первой ступенью и камерой нагнетания. При сборке прижим внутреннего корпуса к уплотнительному бурту производится пружинами, расположенными в расточках крышки, а при работе насоса осуществляется гидравлически, напорным давлением.

Ротор насоса образован стальным кованым валом с насаженными на него рабочими колесами, разгрузочным диском, передней и задней рубашками и маслозащитными кольцами. Для снижения массы отливок рабочих колес задний участок ступицы выполнен в виде отдельных втулок. Оптимальные размеры диска и торцовой щели в разгрузочном устройстве определены рядом вариантных расчетов для различ-

ных режимов работы насоса и крайних значений зазоров в радиальном участке уплотнения разгрузочного устройства.

Концевые уплотнения выполнены комбинированными, с щелевыми уплотнениями и плавающими кольцами (по одному с каждой стороны), расположенными на участке отвода запирающего конденсата в конденсатор. Следует отметить, что применение плавающих колец позволяет существенно снизить расход холодного конденсата.

Важнейшим вопросом при разработке конструкции насоса является выбор его рабочей частоты вращения. Анализ технических данных по крупнейшим зарубежным питательным насосам показывает, что близкие по параметрам насосы выполняются с частотой вращения 5450—4950 об/мин. При этом приводом служат турбины как противодавленческого, так и конденсационного типа.

Значительные трудности при создании конденсационных приводных турбин на высокую частоту вращения связаны с обеспечением вибрационной надежности облопачивания последних ступеней турбин, работающих в широком диапазоне переменной частоты вращения.

В связи с этим для турбонасоса ПТН-2200-350 принята частота вращения до 4700 об/мин, равная частоте, принятой для конденсационных турбин КТЗ, применяемых в качестве привода турбонасосов энергоблоков 500 и 800 МВт.

Мощность конденсационного турбопривода к каждому питательному насосу энергоблока мощностью 1200 МВт составляет 25 000 кВт, причем кроме насоса турбопривод через редуктор вращает бустерный насос ПД-1600-180.

ГЛАВА ВТОРАЯ

КОНСТРУКЦИИ ТУРБОПРИВОДОВ ПИТАТЕЛЬНЫХ НАСОСОВ МОЩНЫХ ЭНЕРГОБЛОКОВ

2-1. КОНСТРУКЦИЯ ПАРОВОЙ ТУРБИНЫ ЗАВОДА «ЭКОНОМАЙЗЕР» К ПИТАТЕЛЬНОМУ АГРЕГАТУ ОВПТ-500А

По характеру проточной части турбина (рис. 2-1) относится к активному типу; в ее конструкции отчетливо выражены специфические особенности турбин высокого давления. Разность давлений пара на входе и выходе турбины составляет около 12,55 МПа (128 кгс/см²), разность температур также весьма значительна. Эти данные, а также требования достаточно высокой экономичности определили схему проточной части турбины.

Параметры работы турбины следующие:

Давление свежего пара перед стопорным клапаном, МПа (кгс/см²)	12,64 (129)
Температура свежего пара перед стопорным клапаном, °С	565
Давление отработанного пара, МПа (кгс/см²)	0,019—0,14 (0,2/1,5)
Расход пара, т/ч, не более	18/20
Мощность, кВт	3300
Частота вращения, об/мин	6300

Двухвенечная ступень скорости — диск Кертиса, является регулирующей ступенью, срабатывающей значительный тепловой перепад (~100 ккал/кг), благодаря чему резко снижаются давление и температура пара в камере регулирующей ступени (до 2,94—3,33 МПа и 430°С). Средний диаметр ступени составляет 515 мм, к. п. д. регулирующей ступени доходит до 46%. Из-за небольшого расхода пара и его высоких параметров регулирующая ступень выполнена с малой парциальностью (около 0,1).

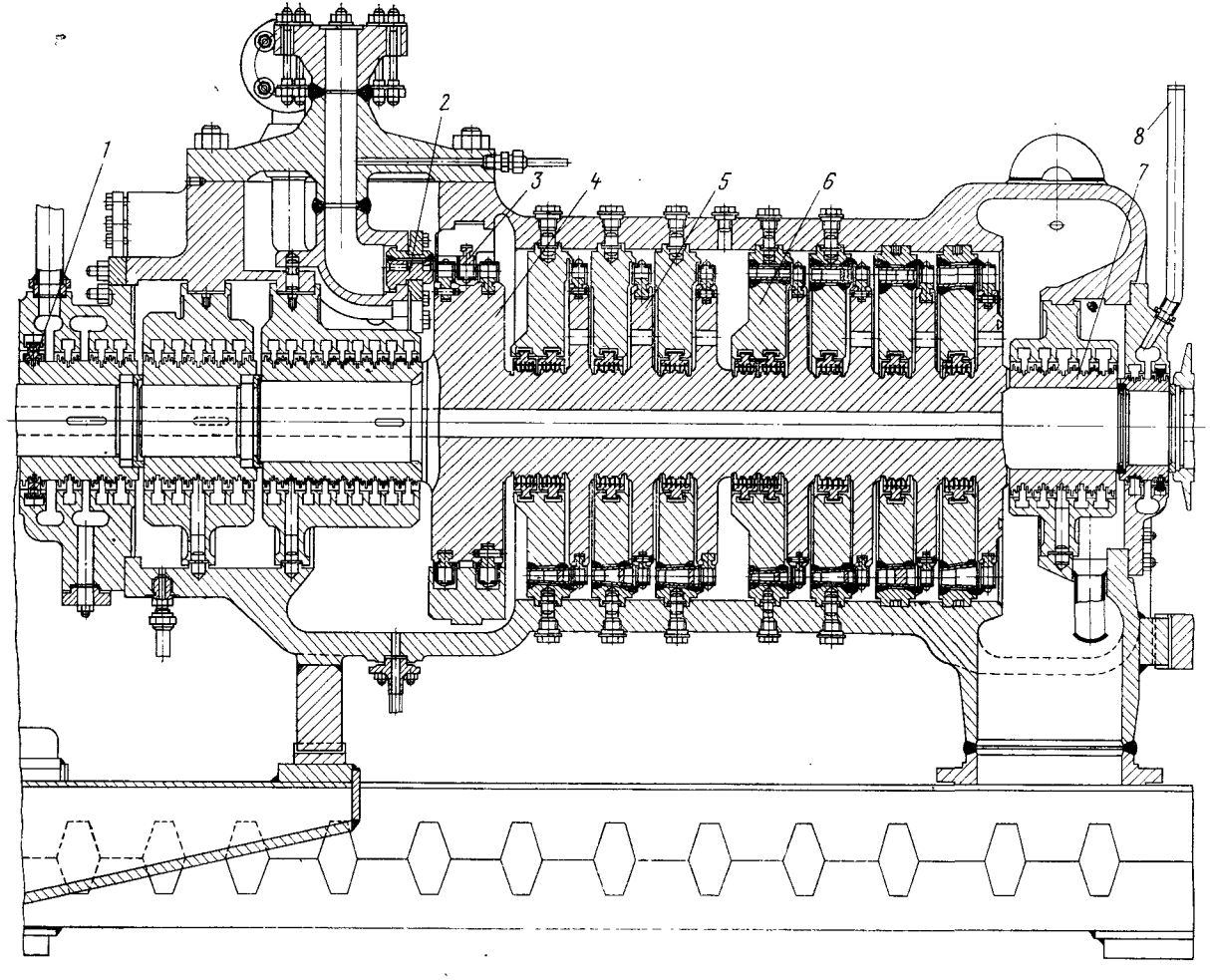


Рис. 2-1. Продольный разрез турбины питательного агрегата ОВПТ-500А.

1 — уплотнительная втулка со стороны высокого давления; *2* — сопловой аппарат; *3* — направляющий аппарат регулирующей ступени; *4* — диск Кертиса; *5* — рабочий диск; *6* — диафрагма; *7* — уплотнительная втулка со стороны выхлопа; *8* — труба каминная.

Основное регулирование турбины — дроссельное. Исключение составляет добавочное сопло, предназначенное для работы при пониженных параметрах пара при противодавлении 0,14 МПа (1,5 кгс/см²). Отдельный клапан, связанный с этим соплом, открывается автоматически.

За колесом Кертиса следует семь ступеней давления, каждая из которых состоит из диафрагмы и рабочего колеса. Первые три диафрагмы имеют парциальные ряды сопловых лопаток (со степенью парциальности 0,34) с подводом пара в нижней части, что способствует выравниванию давления в камере регулирующей ступени. Несмотря на то, что экономичность парциальных ступеней понижена, они дают возможность увеличить высоты лопаток при малом расходе, что в конечном счете повышает их к. п. д.

Диафрагмы последних четырех ступеней имеют полный подвод пара. Пар, значительно расширившийся на предыдущих ступенях, имеет достаточно большие объемные значения.

Ротор турбины выполнен из стали 36ХН1МФА цельнокованым, при этом восемь дисков рабочих колес представляют собой одно целое с валом. Между дисками по валу проточены уплотнительные канавки под диафрагменные уплотнения.

Рабочие лопатки всех ступеней снабжены бандажными лентами. По их наружной стороне производится уплотнение проточной части; для этого все бандажные ленты имеют выточки под уплотнения. На бандажных лентах колеса Кертиса выполнены по две выточки, так как протечки здесь особенно велики.

Лопатки колеса Кертиса выполнены из стали 15Х11МФ, остальные — из нержавеющей стали Ж-2. Все лопатки выполнены заодно с промтелом и снабжены Т-образным хвостом. Материал бандажных лент колеса Кертиса сталь 15Х11МФ, остальных ступеней сталь Ж-1. Замковые лопатки крепятся фиксированными штифтами, что является одним из надежных способов крепления лопаток.

Ротор турбины имеет продольное центральное отверстие, которое позволяет контролировать структуру поковки методом перископического осмотра. Справа и слева от группы дисков на вал на шпонках насажены гребенчатые уплотнительные втулки, закрепленные разрывными кольцами. Со стороны высокого давления таких втулок имеется три, со стороны выхлопа — две. Профиль втулок рассчитан на работу совместно с пятиконтактными елочными уплотнениями. Первая уплотнительная втулка, работающая в условиях высоких температур, выполнена из стали 25Х2МФА; остальные втулки — из стали 15ХМА.

На конец вала со стороны питательного насоса на шпонках насажена зубчатая муфта, связывающая турбину с насосом. Со стороны высокого давления на валу находится диск упорного подшипника, передающий осевые усилия. На торце вала укреплен регулятор предельной частоты вращения. С этой же стороны на вал насажена зубчатая муфта, передающая вращение редуктору и связанным с ним бустерному и масляному насосам.

Следует отметить, что критическая частота вращения ротора турбины составляет 4000 об/мин, или 63% рабочей частоты вращения.

Корпус и крышка турбины выполнены из легированной стали 12МХ, при этом корпус снабжен четырьмя лапами, на которые опирается турбина. В концевых частях корпуса и крышки имеются расточки для посадки обойм елочных уплотнений. В передней части крышки, вверху,

расположен прямоугольной фланец для крепления сопловой коробки. В задней части корпуса, внизу, находится выхлопной патрубок.

Цилиндрическая часть крышки и корпуса имеет расточки под семь диафрагм. Направляющий аппарат регулирующей ступени крепится в расточке по отдельным выступам, проходы между которыми обеспечивают выравнивание давлений до и после колеса Кертиса.

Канализация пара, проходящего через уплотнения, осуществляется через фланцы отсосов в следующем порядке. Пар, прошедший первую группу уплотнений, отводится в выхлопной патрубок. После второй группы пар отводится в систему с давлением 0,009 МПа (0,1 кгс/см^2). Последний, третий отвод направляется в среду с давлением ниже атмосферного, а остающиеся количества пара отводятся в каминную трубу. Следует отметить, что допускается отвод пара из второй группы в систему с давлением ниже атмосферного, но в этом случае отвод из третьей группы должен быть заглушен.

В уплотнениях со стороны выхлопа протечки после первой группы уплотнений отсасываются в систему с давлением ниже атмосферного, а остальное направляется в каминную трубу.

Сопловая коробка представляет собой сварную конструкцию, в которую входят две отливки и ряд других деталей. Прямоугольный фланец сопловой коробки скрепляется шпильками с крышкой турбины; фиксация осуществляется штифтом в тыльной части сопловой коробки.

Для подвода пара служат два фланца, из которых больший является основным подводом, а меньший соединен с дополнительным соплом. В нижней части конструкции находится собственно сопловая коробка, скрепленная с сопловым сегментом.

Способ закрепления соплового сегмента имеет важное значение при рассмотрении вопроса экономичности малых турбин высоких параметров. В данной конструкции в основу способа закрепления положен принцип самоуплотнения контактной поверхности за счет разности давлений пара до и после сопл. Сопловой сегмент заводится внутрь сопловой коробки через боковое отверстие и крепится (от выпадения внутрь) подтягивающими планками.

Сопловой сегмент представляет собой сложную сварную конструкцию и имеет две группы сопл. Лопатки отфрезерованы заодно с внутренней частью сегмента, а бандажная лента и обод приварные. Контактная поверхность сегмента тщательно обработана; на цилиндрической его части имеются пазы под планки.

Упорный подшипник является единственной общей точкой ротора и статора и находится в переднем стуле турбины, который имеет возможность скользить в осевом направлении по шпонке. При нагревании в процессе работы ротор и статор расширяются в одном направлении от упорного подшипника. Тепловое удлинение ротора несколько превосходит удлинение статора, поэтому в процессе работы паровходные зазоры незначительно увеличиваются.

Передние лапы турбины опираются на передний стул, имея возможность перемещаться по шпонкам в поперечном направлении. На задний стул опираются задние лапы турбины. Задний стул турбины жестко закреплен на раме и, таким образом, является фикс-пунктом.

При тепловом расширении корпус турбины вместе с передним стулом движется навстречу ходу пара, через упорный подшипник увлекая за собой ротор. Такая схема тепловых расширений обеспечивает примерно постоянные зазоры по проточной части и фиксированное положение выхлопного патрубка.

Опорно-упорный вкладыш является подшипником скольжения, служащим опорой передней части вала турбины. Опорные колодки подшипника воспринимают осевые усилия ротора, возникающие от разности давлений по ступеням, а также от реакции струи пара на лопатки. Осевое усилие согласно расчету направлено по ходу пара. Однако на ряде режимов могут наблюдаться обратнонаправленные усилия.

Для питательного агрегата ОВПТ-500А предусмотрено дистанционное управление, поэтому приняты дополнительные меры, обеспечивающие надежность работы. Это относится к защите турбины от осевого сдвига ротора, для чего в переднем стуле установлено электромеханическое реле осевого сдвига. Два переключателя связаны с сигнальными лампами на пульте турбины, при этом переключатели управляются рычагом, который имеет следящий за перемещением ротора скользящий башмак.

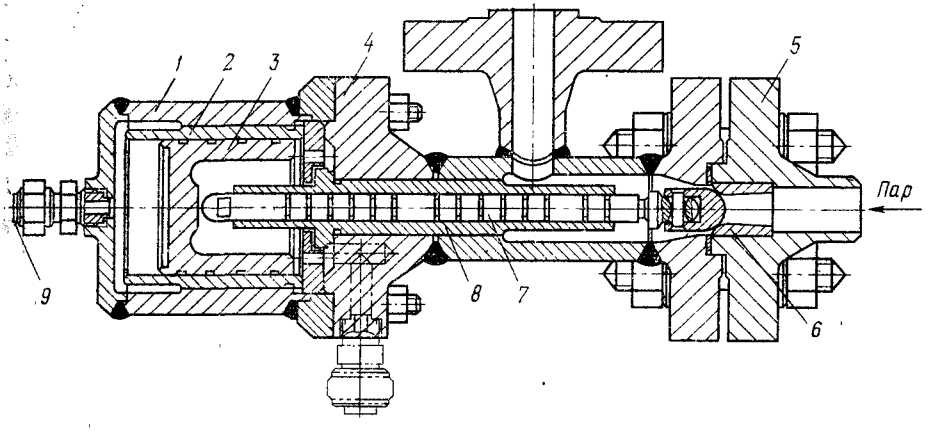


Рис. 2-2. Автоматический клапан на повышенное противодавление.
1 — крышка; *2*, *8* — буксы; *3* — поршень; *4* — корпус клапана; *5* — фланец; *6* — седло клапана; *7* — шток; *9* — подвод воды к поршню.

Основными узлами парораспределения являются парозапорный и регулирующий клапаны, а также автоматический клапан на повышенное противодавление (рис. 2-2).

Свежий пар подводится к стопорному клапану, связанному с системой защиты. В паровой коробке вместе со стопорным имеется регулирующий клапан, обеспечивающий дросселирование пара на режимах неполной нагрузки. Полная пропускная способность регулирующего клапана больше пропускной способности основной группы сопл. Автоматический клапан на повышенное противодавление соединяет дополнительную группу сопл с трубопроводом, подводящим пар к основной группе сопл, при этом импульс на открытие клапана повышенного противодавления поступает от бустерного насоса.

Таким образом, автоматический клапан на повышенное противодавление предназначен для открытия доступа свежего пара к дополнительной группе сопл при увеличенном противодавлении турбины и полном использовании основных сопл. Клапан состоит из корпуса с запрессованной в нем буксой, в которой перемещается шток, крышки с запрессованной в ней буксой, поршня и фланца, в котором запрессовано седло клапана.

При подводе рабочей воды от электромагнитного золотникового выключателя (рис. 2-3) в полость над поршнем клапан оказывается в закрытом положении, так как давление воды на поршень, передаваемое на клапан через шток, превосходит давление пара на клапан. При прекращении подачи воды к поршню клапан под действием давления пара открывается и пар подводится к дополнительной группе сопл турбины.

Корпусом парораспределения является паровая коробка, закрепленная на отдельной раме. Сверху паровая коробка закрыта двумя литыми стальными крышками, в которых размещены буксы со штоками. Правый (по чертежу) шток несет на себе стопорный клапан, с которым связан через разгрузочный клапан. Левый шток соединен с разгруженным золотником регулирующего клапана, перемещаемым в буксе с профилированными окнами.

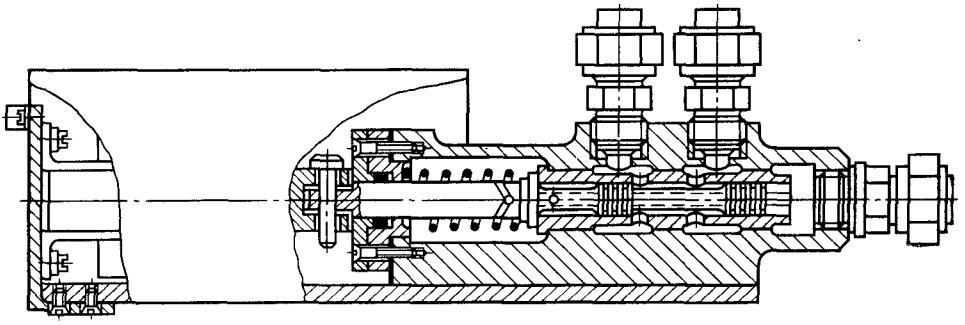


Рис. 2-3. Золотник автоматического клапана повышенного противодавления.

Шток парозапорного клапана связан со своим поршнем сервомотора, расположенного на подставке правой крышки. Пружина сервомотора всегда стремится закрыть клапан, но давление масла, подводимое под поршень сервомотора, поднимает его, сжимая пружину. При падении давления масла соединение полости сервомотора со сливом вызывает его быстрое закрытие.

Сервомотор регулирующего клапана размещен на подставке левой крышки, а поршень его связан с золотником регулирующего клапана. В приливе корпуса сервомотора расположены букса золотника и золотник сервомотора.

Букса золотника имеет возможность перемещения, но в верхней ее части имеется упор. Так как на буксу вверх действует давление, то рычаг, прижатый к упору, будет следить за перемещениями буксы. Другой упор рычага расположен на штоке сервомотора, чем достигается обратная связь.

Золотник сервомотора управляет движениями сервомотора. Боковые фланцы, расположенные на корпусе сервомотора, служат: верхний — для подвода масла от редукционного клапана, нижний — для отвода масла к регулятору давления.

Поршень сервомотора дифференциальный; его верхняя площадь в два раза больше нижней. Полость под поршнем всегда находится под полным давлением 0,98 МПа (10 кгс/см^2). Давление под поршнем устанавливается в зависимости от внешних сил, действующих на шток поршня.

Для пуска турбонасосного агрегата, а также для закрытия вручную регулирующего клапана, если в этом появится необходимость, служит

клапан ручного управления, который устанавливается на трубопроводе около регулятора давления.

Клапан ручного управления соединяет полость подвода масла к сервомотору регулирующего клапана с полостью отвода к регулятору давления. При этом золотник поднимается вверх и на поршень сверху будет действовать большее, чем снизу, усилие, вызывая закрытие регулирующего клапана.

Пуск осуществляется постепенным закрытием клапана ручного управления (вращением маховика в сторону стрелки «прибавить»). Для останова без воздействия на блок пуска и защиты клапан ручного управления нужно открыть (вращением маховика в сторону стрелки «убавить»).

Пар подводится к камере стопорного клапана и при открытом клапане попадает в паровую коробку, из которой через камеру регулирующего клапана уходит в турбину.

Регулятор безопасности (автомат безопасности) кольцевого типа срабатывает при повышении частоты вращения ротора турбины на 10—12% выше максимальной частоты вращения турбонасоса. При срабатывании регулятора ось эксцентричного кольцевого груза перемещается вместе с грузом относительно втулки и гайки, при этом происходит сжатие пружины на величину хода груза, равную 5 мм. До момента срабатывания регулятора и вылета груза пружина прижимает эксцентричную часть груза к валу регулятора.

Регулятор настраивается на частоту вращения 7150 об/мин. Обеспечивается также срабатывание регулятора при частоте вращения 5870 об/мин при условии подвода масла к полости кольцевого груза регулятора.

При достижении предельной частоты вращения груз регулятора за счет увеличения центробежных сил перемещается радиально и выступающая при этом часть груза, вращаясь, ударяет по площадке рычага. Рычаг освобождает поворотный стакан системы рычагов регулятора, при этом золотниковое устройство открывает слив масла из-под поршня сервомотора парозапорного клапана, что вызывает прекращение подачи пара в турбину и быструю остановку турбонасосного агрегата.

Таким образом, рычаги регулятора безопасности являются связующим звеном в системе прекращения подачи пара в турбину и остановки турбонасосного агрегата. Сварной стальной корпус рычагов крепится к фланцу переднего стула турбины. При срабатывании регулятора груз его, отбрасываемый центробежной силой, ударяет по площадке рычага, который, поворачиваясь вокруг оси, выводит зуб из зацепления с поворотным стаканом. При этом коромысло поворачивается и опускает серьги с подвесками и золотники, один из которых открывает слив масла из-под поршня сервомотора парозапорного клапана и обеспечивает быстрое прекращение подачи пара в турбину, а другой открывает подвод масла под поршень парового регулирующего клапана и обеспечивает его медленное закрытие.

Аварийную остановку агрегата можно осуществить нажатием на кнопку, закрепленную на штоке, что также вызовет освобождение поворотного стакана от зацепления с зубом рычага, поворот коромысла и быструю остановку турбонасосного агрегата.

Регулятор давления является чувствительным узлом системы регулирования, реагирующим на изменение давления нагнетания питательного насоса, и через гидравлическую связь регулятор воздействует на положение сервомотора регулирующего клапана.

Все узлы регулятора давления собраны в двух литых корпусах (верхнем и нижнем), которые скреплены между собой. В верхнем корпусе размещен корпус сильфона, который вместе с прикрепленным к не-

му сильфоном в сборе образует камеру подвода импульсной воды. Давление импульсной воды на сильфон, передаваемое через иглу и направляющий шток, уравновешивается двумя пружинами. Шток при перемещении направляется шариковыми подшипниками.

В нижнем корпусе расположена червячная передача, позволяющая с помощью маховика, сжатием одной из пружин, производить в определенных пределах настройку регулятора на заданное давление. В нижнем корпусе размещается сопло регулятора, через которое производится слив масла, подводимого к регулятору от сервомотора регулирующего клапана. Количество сливаемого масла определяется зазором между срезом сопла и торцом штока регулятора.

Регулятор давления крепится фланцем нижнего корпуса к фланцу трубы, приваренной к масляному баку, в который производится слив масла из регулятора.

Совместная работа регулятора давления и сервомотора регулирующего клапана осуществляется следующим образом. При уменьшении проходного сечения клапана питания котлоагрегата увеличивается давление нагнетания питательного насоса, а вместе с ним и давление импульсной воды, подводимой к регулятору давления. При увеличении импульсного давления шток регулятора, сжимая пружины, перемещается; зазор между его торцом и соплом уменьшается и тем самым уменьшается слив масла из-под отсечного сервомотора регулирующего клапана.

Давление масла под золотником возрастает, перемещает золотник, который открывает окна, сообщающие пространство над поршнем сервомотора с полным давлением масла, в результате чего поршень сервомотора перемещается вниз.

Положение золотника фиксируется гидравлической обратной связью, выполненной в виде окон во втулке золотника, перекрываемых при движении золотника вверх его нижним заплечиком. Положение поршня сервомотора фиксируется рычагом, опирающимся на шток сервомотора, и буксой, которая при движении поршня вниз движется вверх под действием давления, направленного на нее снизу, закрывая при этом окна, связывающие верхнюю полость сервомотора с полостью полного давления масла.

Перемещение поршня сервомотора вниз вызывает закрытие парового регулирующего клапана и уменьшение подачи насоса до величины соответствующей положению клапана питания котлоагрегата. Увеличение подачи сопровождается обратным процессом. Неравномерность работы регулирования при изменении подачи насоса в рабочем диапазоне (от минимальной до номинальной) составляет примерно 8—10%.

Блок пуска и защиты крепится на раме редуктора и предназначен для размещения в нем узлов дистанционного пуска и защиты. Блок пуска состоит из кожуха, плиты и прикрепленных к ней электродвигателя ДТ-75, редуктора, корпуса блока с размещенными в нем пусковым клапаном и электромагнитным стопорным клапаном.

Электродвигатель ДТ-75 приводит в движение шток пускового клапана через редуктор. На втором свободном конце вала электромотора установлен тормоз для уменьшения свободного выбега электромотора. Редуктор состоит из корпуса, крышки и двух червячных пар, вращающихся во втулках. Выходной конец редуктора вворачивается в шток пускового клапана, который удерживается от вращения шпонкой, и вращение электромотора приводит к поступательному перемещению штока пускового клапана по направляющей шпонке.

Пусковой клапан состоит из штока, втулки, уплотняющей манжеты и крышки со шпоночным пазом. К штоку крепится держатель с планкой, которая при перемещении штока в его крайние положения воздействует на микропереключатели МП-1, отключающие электромотор пускового клапана.

Электромагнитный стопорный клапан состоит из электромагнита МИС-6100, золотника, напрессованного на шток электромагнита, втулки, пружины, уплотняющей манжеты и дросселя, ограничивающего подвод масла к сервомотору быстрозапорного клапана.

Пусковой клапан служит для пуска турбины постепенным открытием регулирующего клапана. В начале пуска шток пускового клапана находится в крайнем левом положении, окно в его втулке полностью открыто, и рабочее масло с давлением 0,9 МПа (10 кгс/см²) подводится в импульсную линию отсечного золотника сервомотора регулирующего клапана через это окно.

Под воздействием увеличившегося давления золотник перемещается вверх, вызывая закрытие регулирующего клапана. При включении электромотора шток пускового клапана постепенно перемещается вправо, перекрывая окно во втулке. Подвод масла в импульсную линию отсечного золотника уменьшается, давление под отсечным золотником уменьшается, золотник постепенно перемещается вниз, что приводит к постепенному открытию регулирующего клапана.

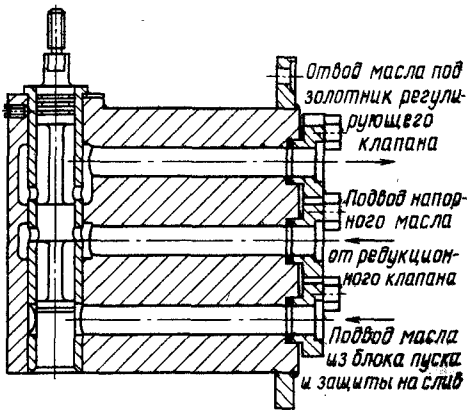


Рис. 2-4. Золотниковое устройство.

Регулирующий клапан будет открываться под воздействием пускового клапана до тех пор, пока в работу не вступит регулятор давления и не подаст соответствующую нагрузке команду. Следует отметить, что пусковой клапан обеспечивает плавный запуск агрегата в течение 1—2 мин, а в конце запуска пусковой клапан, находясь в крайнем правом положении, должен быть полностью закрыт.

Работа электромагнитного стопорного клапана происходит следующим образом. При включении электромагнита золотник клапана открывает во втулке окна, сообщающие со сливом полость блока пуска и защиты, через которую масло подводится к сервомотору быстрозапорного клапана. Благодаря тому что масло в указанную полость поступает через дроссель, имеющий значительно меньшее проходное сечение (∅ 2,5 мм), чем окна во втулке клапана, давление масла в полости падает, что приводит к закрытию быстрозапорного клапана.

При выключенном электромагните золотник клапана под воздействием пружины находится в крайнем нижнем положении, слив через окна во втулке закрыт, и масло с полным давлением подводится к сервомотору быстрозапорного клапана, который при этом открывается.

Золотниковое устройство (рис. 2-4) служит для останова турбины закрытием быстрозапорного и регулирующего клапанов при срабатывании регулятора безопасности. Золотниковое устройство крепится к стенке переднего стула турбины и состоит из корпуса, втулки, золотника и фланцев.

Золотниковое устройство работает следующим образом. При срабатывании регулятора безопасности золотник перемещается в крайнее нижнее положение. При этом рабочее масло с полным давлением через окно во втулке поступает в импульсную линию отсечного золотника, что приводит к закрытию регулирующего клапана. Одновременно открывается слив масла из полости блока пуска и защиты, через которую масло подводится к сервомотору быстрозапорного клапана, что приводит к его закрытию.

При нормальной работе питательного агрегата соответствующие подвод и слив масла через золотниковое устройство закрыты.

Предохранительный клапан устанавливается на трубопроводе отработавшего пара и предназначен для выпуска пара в атмосферу при повышении противодавления сверх рабочего до 0,29—0,34 МПа (3—3,5 кгс/см^2). Усилие пружины регулируется соответствующим болтом на необходимое противодавление. При повышении давления за турбиной сверх допустимого тарелка клапана отрывается от седла, поднимается и сжимает пружину. При этом часть пара выбрасывается в атмосферу, пока давление не упадет до нормального, после чего тарелка клапана усилием пружины вновь опускается, закрывая выпуск пара.

Питательный агрегат ОВПТ-500А снабжен автономной масляной системой, обеспечивающей принудительную смазку всех подшипников, зубчатых передач и муфт, а также снабжающей маслом под необходимым давлением систему регулирования и защиты. В масляную систему включены следующие узлы: пусковой и главный масляные насосы, масляный фильтр, блок из двух маслоохладителей, редукционный и предохранительный клапаны, реле давления для отключения электронасоса, масляный бак и маслопроводы.

Работа масляной системы протекает следующим образом. Перед пуском турбины включается масляный электронасос, который засасывает масло из бака и нагнетает его в масляный фильтр при давлении свыше 0,98 МПа (10 кгс/см^2). Затем масло поступает в блок из двух маслоохладителей, где его температура снижается до заданной (не ниже 30—35°С при работающей турбине). Из маслоохладителей масло направляется в редукционное устройство, где давление снижается и стабилизируется редукционными клапанами.

Масло к регулятору давления и сервомоторам парозапорного и регулирующего клапанов, а также к валоповоротному устройству подается с давлением около 0,98 МПа (10 кгс/см^2), а в напорную магистраль на смазку подшипников и зубчатых передач — с давлением 0,11—0,19 МПа (1,2—2 кгс/см^2).

Из напорной магистрали масло поступает на смазку подшипников бустерного насоса, подшипников и зубчатых передач редуктора, на смазку зубчатых муфт. От той же магистрали питаются оба подшипника турбины, передний и задний подшипники питательного насоса.

Слив масла осуществляется в общую сборную трубу, а из нее в масляный бак.

Напорная магистраль соединена с реле давления, которое включено в электрическую цепь пускового электронасоса. Реле настраивается таким образом, что давление, развиваемое пусковым электронасосом, оказывается недостаточным для его выключения. По мере повышения частоты вращения турбины возрастает давление, создаваемое главным винтовым насосом. В результате возрастает давление в напорном маслопроводе и реле выключает пусковой электронасос.

При снижении частоты вращения турбины давление в маслопроводе падает и реле вновь включает электронасос. Выключение электронасоса после полной остановки турбины производят вручную.

В качестве пускового насоса применяется винтовой масляный насос ЭВМН, который вертикальным фланцем через кронштейн крепится к электродвигателю. Конструкция главного масляного насоса однотипна с пусковым масляным насосом, с той лишь разницей, что присоединительный фланец, предназначенный для сболчивания с корпусом бустерного насоса, имеет иную разбивку отверстий и другие присоединительные размеры.

Редукционный клапан поддерживает постоянным и примерно равным давление масла 0,98 МПа (10 кгс/см²) в магистрали к сервомоторам парораспределения, к пусковому устройству и к регулятору давления. Давление в системе смазки 0,11—0,19 МПа (1,2—2,0 кгс/см²) вкладышей подшипников и зубчатых передач обеспечивается предохранительным клапаном.

Поршень редукционного клапана и поршень предохранительного клапана расположены в литом чугунном корпусе и поджимаются пружинами, настройкой которых определяется давление масла в магистралях. При повышении давления часть масла сбрасывается в масляный бак.

Для устранения вибрации поршня редукционного клапана в конструкции клапана предусмотрены два сопла, в которые входит и выходит масло, заполняя камеру.

Рама представляет собой сварную конструкцию, на которой крепятся бустерный насос, редуктор, два маслоохладителя, пусковой масляный насос, регулятор давления и реле давления масла.

Одновременно конструкция является масляным резервуаром емкостью 650 л, из которого забирается масло на смазку и работу сервомоторов; сюда же производится слив масла.

Реле давления типа РДК конструктивно представляет собой мембрану, реагирующую на изменения давления масла в напорной магистрали и связанного с ней выключателя электромотора. Повышение давления вызывает размыкание, а понижение — замыкание выключателя. С помощью подставки реле укрепляется на раме.

2-2. КОНСТРУКЦИЯ ПАРОВОЙ ТУРБИНЫ ОР-12П КТЗ К ПИТАТЕЛЬНЫМ АГРЕГАТАМ СВПТ-340-1000 И ПН-1135-340

Турбина предназначена для работы при переменных начальных и конечных параметрах пара и переменной частоте вращения. Номинальное давление пара перед стопорным клапаном турбины p_0=1,37 МПа (14 кгс/см²), температура t_0=450°С, противодавление p_2=0,12 МПа (1,3 кгс/см²). Данные параметры соответствуют полной нагрузке насоса, при этом мощность турбины равна 12 500 кВт, а частота вращения ее ротора 6000 об/мин.

Турбина ОР-12П является приводом питательных насосов СВПТ-340-1000 ЛМЗ или ПН-1135-340 завода «Экономайзер», работающих в энергоблоке мощностью 300 МВт с турбиной К-300-240.

Приводная турбина получает пар после 16-й ступени главной турбины, а отработанный пар отводится в камеру за ее 24-й ступенью и частично в систему регенерации. Диапазон изменения частоты вращения ротора турбины находится в пределах от 4720 до 6000 об/мин и исполь-

зуется для управления насосом с помощью регулятора питания котлоагрегата.

Турбина представляет собой одноцилиндровый агрегат активного типа с семью ступенями давления (рис. 2-5). Стопорный клапан расположен отдельно от турбины. В проточную часть турбины пар поступает через два дроссельных клапана 20, расположенных по обе стороны ниж-

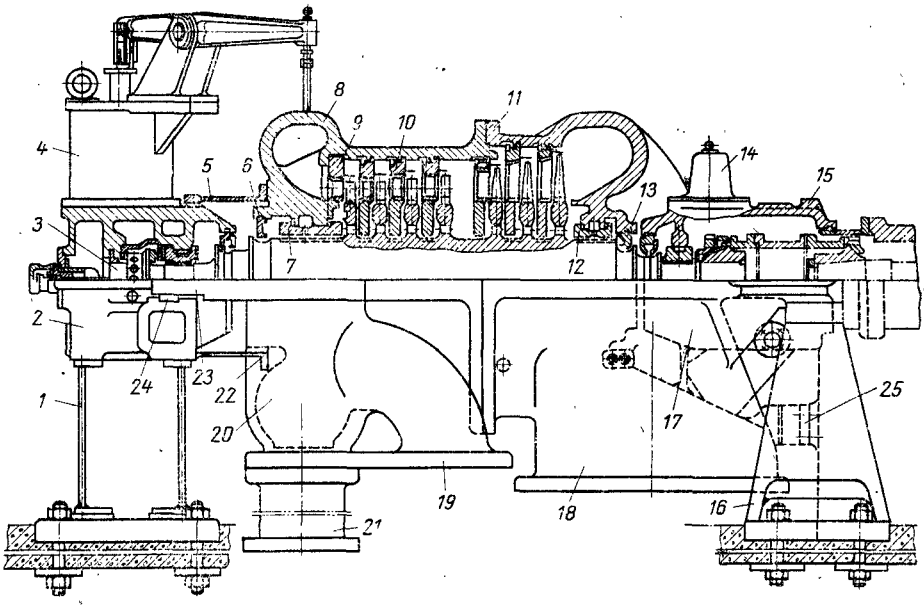


Рис. 2-5. Продольный разрез турбины ОР-12П КТЗ.

1 — гибкие опоры; *2* — передний подшипник; *3* — ротор; *4* — блок регулирования; *5* — верхняя соединительная деталь; *6* — передний пароотбойник; *7* — обоймы уплотнения; *8* — передняя часть цилиндра турбины; *9* — сегмент сопл; *10* — диафрагма; *11* — выхлопная часть цилиндра; *12* — обойма уплотнения; *13* — задний пароотбойник; *14* — валоповоротное устройство; *15* — крышка заднего подшипника; *16* — задняя фундаментная плита; *17* — корпус заднего подшипника; *18* — выхлопной патрубок; *19* — подвод пара из стопорного клапана; *20* — корпус дроссельного клапана; *21* — корпус байпасного клапана; *22* — нижняя соединительная деталь; *23* — опорная лапа цилиндра турбины; *24* — поперечная шпоика; *25* — вертикальная шпонка.

ней части корпуса турбины. Цилиндр турбины опирается опорными лапами *23* на корпус переднего подшипника *2*, который через гибкие опоры *1* передает нагрузку на фундаментную плиту. Опорами выхлопного патрубка цилиндр опирается на фундаментную плиту *16*.

Корпус переднего подшипника и цилиндр турбины связаны также соединительными деталями *5* и *22*. На крышке корпуса переднего подшипника установлен блок регулирования *4*, а в корпусе размещены главный масляный насос, упорный и опорный подшипники, а также регулятор безопасности.

Корпус заднего подшипника *17* выполнен заодно с выхлопной частью; на крышке корпуса смонтирован гидравлический валоповоротный механизм *14*.

Фиксация цилиндра турбины относительно фундамента осуществляется двумя цилиндрическими горизонтальными штифтами, расположенными на опорах выхлопного патрубка, и одной вертикальной шпонкой *25*, расположенной между выхлопными патрубком и задней фундаментной плитой. Указанные штифты на боковых опорах, поперечные шпонки *24* и соединительные детали *5* и *22* допускают свободное рас-

ширение выхлопного патрубка и передней части турбины в поперечном направлении, а вертикальная шпонка — в вертикальном направлении, сохраняя заданное положение продольной оси цилиндра.

Свобода теплового расширения цилиндра турбины в осевом направлении обеспечивается за счет упругой деформации гибкой опоры, при этом тепловое смещение передней части цилиндра достигает 5 мм.

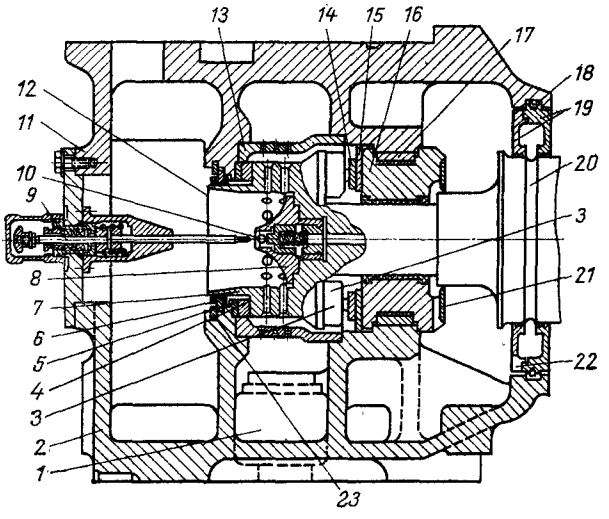


Рис. 2-6. Передний опорно-упорный подшипник и главный масляный насос турбины ОР-12П.
1 — камера нагнетания насоса; *2* — корпус подшипника; *3* — рабочая упорная колодка; *4* — установочное упорное кольцо; *5* — установочная прокладка; *6* — плавающее уплотнительное кольцо; *7* — рабочее колесо главного масляного насоса; *8* — обтекатель; *9* — толкатель; *10* — шариковый масляный клапан; *11* — крышка подшипника; *12* — камера всасывания насоса; *13* — безлопаточный направляющий аппарат; *14* — упругая подкладка; *15* — установочная прокладка; *16* — вкладыш опорного подшипника; *17* — опорная колодка; *18* — винт для центрирования маслоотбойника; *19* — кольца маслоотбойника; *20* — канавка для срыва масляной пленки; *21* — щиток; *22* — отверстие для слива масла; *23* — разъемное кольцо.

Цилиндр турбины стальной, сварно-литой конструкции, состоит из двух частей — передней и выхлопной. Обе части имеют горизонтальный разъем и соединены вертикальным фланцем. К нижней части цилиндра турбины с двух сторон приварены корпуса дроссельных клапанов *20*, к которым на фланцах присоединены корпуса байпасных клапанов *21* парораспределения.

На переднем конце ротора *3* расположено рабочее колесо главного масляного насоса-регулятора, имеющее каналы в виде радиальных сверлений и одновременно являющееся гребнем упорного подшипника. Все семь дисков ступеней давления, а также рабочее колесо главного масляного насоса образованы проточкой одной поковки. Регулятор безопасности ввернут в резьбовое радиальное сверление вала и состоит из бойка, пружины и втулки.

Упорный подшипник (рис. 2-6) имеет шесть рабочих упорных колодок *3*, расположенных по окружности со стороны турбины, а с другой стороны установочное упорное кольцо *4*. Рабочие поверхности колодок и выступов упорного кольца прилегают к боковым поверхностям рабочего колеса *7* главного масляного насоса. Рабочие колодки *3* опираются на упругую подкладку *14*, обеспечивающую в ограниченных пределах выравнивание нагрузки на отдельные рабочие колодки. Для фиксации колодок относительно упругой подкладки предусмотрены штифты, входящие в соответствующие отверстия в колодках. Осевое положение ротора и его разбег в подшипнике определяются толщиной установочных прокладок *5*, *15*.

Главный масляный насос состоит из рабочего колеса *7*, камеры всасывания *12*, камеры нагнетания *1*, неразъемного уплотнительного кольца *6*, обтекателя *8* и безлопаточного направляющего аппарата *13*. Плавающее уплотнительное кольцо *6* служит для предотвращения пере-

текания масла из камеры нагнетания в камеру всасывания насоса. Уплотнительное кольцо *6* фиксируется в осевом направлении разъемным кольцом *23*, а от проворачивания — цилиндрическим штифтом. Между уплотнительным кольцом и выступом корпуса подшипника имеется зазор, благодаря которому кольцо *6* во время работы может перемещаться в радиальном направлении вместе с концом ротора турбины.

Обтекатель *8* служит для уменьшения гидравлических потерь на всасе насоса. Во внутреннюю полость обтекателя вмонтирован шариковый масляный клапан *10*, используемый при гидравлическом опробовании регулятора безопасности на ходу турбины. Безлопаточный направляющий аппарат *13* установлен в расточках корпуса и крышки переднего подшипника и предназначен для устранения пульсации давления масла.

Для предотвращения слива масла через камеры нагнетания и всасывания главного масляного насоса во время работы пускового маслонасоса служит обратный клапан. Часть масла с напорной стороны используется для смазки вкладыша 16 опорного подшипника. Пройдя опорный подшипник, масло сливается в картер, а оттуда в сливную магистраль главной турбины.

От одной упорной колодки подшипника выполнен вывод к электроконтактному манометру системы защиты, который во избежание расплавления колодок и последующего осевого сдвига ротора подает сигнал на останов турбины при снижении давления масла в масляном клине до 0,11 МПа (1,2 кгс/см²). В аварийном случае остановки турбоагрегата (когда пусковой насос по какой-либо причине не обеспечивает подачи масла) передний подшипник турбины смазывается маслом, оставшимся в камере нагнетания, а также за счет небольшой подачи масла от главного масляного насоса, происходящей в период инерционного выбега ротора. Этого количества масла, поступающего к подшипнику, достаточно для его работы в период остановки турбины.

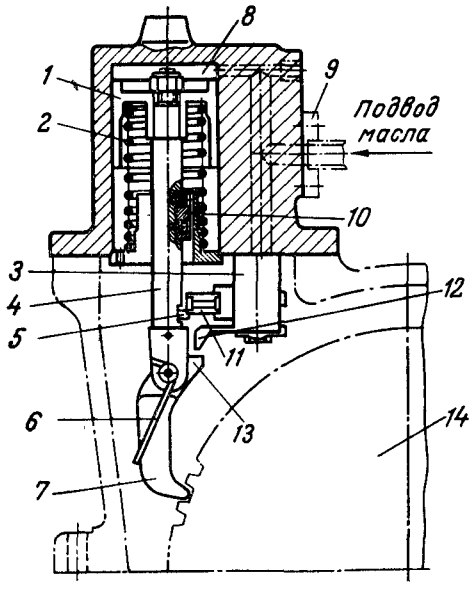


Рис. 2-7. Валоповоротное устройство турбины ОР-12П.

1 — поршень; *2* — пружина; *3* — золотник; *4* — шток; *5* — винт; *6* — пружина собачки; *7* — собачка; *8* — полость над поршнем; *9* — фланец подвода масла; *10* — шпонка; *11* — рычаг; *12* — упор; *13* — уступ; *14* — храповое колесо.

В корпусе заднего подшипника, приваренном к выхлопной части турбины, расположены опорный вкладыш, зубчатая муфта ротора и ее кожух. На зубчатую полумуфту турбины насажено храповое колесо валоповоротного устройства. Подвод масла к вкладышу осуществляется по залитой в корпусе подшипника трубе, откуда оно поступает в полукольцевой канал и через отверстия в нижнем вкладыше в его масляные карманы. Из этого же канала масло также направляется через сверление в верхней половине вкладыша и через сопло на смазку зубчатой муфты.

Кожух муфты служит для снижения вентиляционных потерь и уменьшения разбрызгивания масла в картере подшипника. Кожух имеет сверху отверстие для штока валоповоротного устройства, а снизу отверстие для слива масла в картер подшипника. Для предотвращения утечки пара из цилиндра в машинный зал в местах выхода вала ротора из цилиндра установлены переднее и заднее лабиринтовые уплотнения. Лабиринтовая часть уплотнений состоит из чередующихся коротких и удлиненных

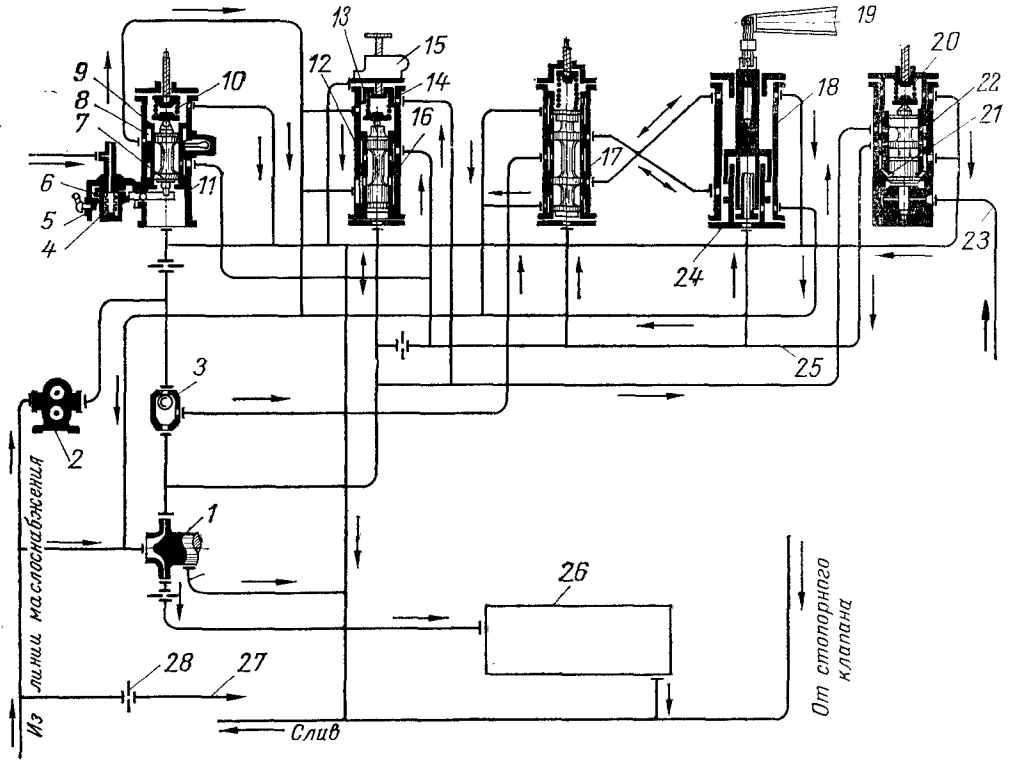


Рис. 2-8. Схема регулирования турбины ОР-12П.

1 — главный насос; *2* — пусковой электронасос; *3* — обратный клапан; *4* — сильфон; *5* — эксцентриковый выключатель; *6* — приемник импульсов; *7* и *13* — золотники; *8* — поворотное кольцо; *9* и *12* — втулки; *10*, *14* и *20* — пружины; *11* — опережающее импульсное устройство; *15* — синхронизатор; *16* — трансформатор давления; *17* — отсечной золотник; *18* — сервомотор; *19* — рычаг управления регулирующими клапанами; *21* — поясок втулки; *22* — реле закрытия регулирующих клапанов; *23* — маслопровод системы защиты; *24* — трубка обратной связи; *25* — проточный импульсный маслопровод; *26* — масляный бак; *27* — маслопровод к заднему подшипнику; *28* — дроссельная шайба.

тонких гребней, закрепленных на валу и расположенных против соответствующих кольцевых канавок обоймы уплотнений.

Для предотвращения теплового прогиба ротора в период остывания турбины после ее остановки или при пуске ротор турбины непрерывно или периодически вращается. Для этого применено гидравлическое валоповоротное устройство (рис. 2-7). Масло подается специальным шестеренчатым насосом в полость *8* над поршнем *1* и толкает его вместе со штоком *4* вниз. Собачка *7*, соединенная со штоком, под действием пружины *6* входит в зацепление с храповым колесом *14* и поворачивает ротор. При движении штока вниз (в конце его хода) закрепленная на нем шпонка *10* входит в соприкосновение с рычагом *11*, который с помощью пружины поворачивает золотник *3* для открывания окон, по которым напорное масло поступает на слив.

Тогда вступает в действие пружина *2*, которая возвращает поршень, шток и собачку в первоначальное положение. При этом винт *5* поворачивает рычаг *11*, возвращая золотник в прежнее положение, при котором сливные окна закрыты, и масло вновь поступает в полость над поршнем. При отключении шестеренчатого насоса поршень *1* отжимается в крайнее верхнее положение, собачка *7* автоматически выводится

из зацепления и, упираясь своим уступом *13* в упор *12*, отходит от храпового колеса так, чтобы не мешать вращению ротора турбины.

Впуск пара в турбину осуществляется механизмом парораспределения, получающим движение через рычаги и тяги от сервомотора блока регулирования. При пуске турбины и при расходе пара, соответствующему мощности до 5200 кВт, открыты как дроссельные, так и байпасные клапаны и через байпас часть пара перепускается в камеру за 4-й ступенью турбины. При расходе пара, соответствующем мощности свыше 5200 кВт, байпасные клапаны закрыты и тогда весь пар поступает в турбину только через дроссельные клапаны.

В состав гидродинамической системы регулирования турбины (рис. 2-8) входят: главный масляный насос *1*, опережающее импульсное устройство *11*, трансформатор давления *16*, синхронизатор *15*, отсечной золотник *17*, сервомотор *18* и реле закрытия регулирующих клапанов *22*. Главный масляный насос используется в качестве регулятора скорости. Во всасывающую сторону насоса масло поступает от напорного маслопровода смазки главной турбины (К-300-240) с давлением 0,14 МПа (1,5 кгс/см^2). Давление масла, развиваемое насосом при номинальной частоте вращения ротора, составляет 1,02 МПа (10,5 кгс/см^2).

Зависимость напора главного масляного насоса от частоты вращения используется в качестве регулирующего импульса. При этом изменения напора насоса воспринимаются золотником *13* трансформатора давления *16*, под нижний поршень которого подведено масло от трубопровода нагнетания главного масляного насоса, а к верхнему — от всасывающей камеры. Разность сил давлений, действующих на поршни снизу и сверху, уравновешивается пружиной *14*, начальное натяжение которой задается синхронизатором. Таким образом, положение золотника трансформатора относительно втулки *12*, в которой он размещен, зависит от давления, развиваемого насосом, т. е. от частоты вращения ротора турбины.

При перемещениях золотника трансформатора давления изменяется проходная площадь для слива масла из проточного импульсного маслопровода. Этим самым изменяется давление масла в проточном маслопроводе. В результате при увеличении частоты вращения турбины давление в этом маслопроводе возрастает, а при уменьшении его — падает.

Установка синхронизатора в положение, требуемое для начального натяжения пружины, осуществляется от руки при помощи маховичка, либо автоматически посредством специального прибора сельсина-приемника, установленного на синхронизаторе, и сельсина-датчика регулятора питания котлоагрегата.

К проточному импульсному маслопроводу подключен отсечной золотник *17*, управляющий подачей масла из трубопровода нагнетания главного масляного насоса в рабочую полость сервомотора и выпуском масла в камеру всасывания насоса из его нерабочей полости. Рабочие окна втулки отсечного золотника полностью закрываются только при определенном «среднем» положении золотника, при котором прекращается перемещение поршня сервомотора.

Таким образом, установившийся режим работы турбины может быть достигнут только при строго определенном давлении в проточном импульсном маслопроводе и определенном натяжении пружины отсечного золотника.

В результате изменения частоты вращения ротора турбины давление в проточном маслопроводе отклоняется от номинального, отсечной

золотник смещается от своего «среднего» положения, что приводит к перемещению поршня сервомотора и его воздействию через рычаг *19* на клапаны парораспределения. При этом изменяется проходная площадь щели трубки обратной связи *24*.

Вызываемое этим изменение давления в проточном маслопроводе противоположно тому, которое вызывало смещение отсечного золотника от «среднего» положения. В результате по мере перемещения поршня сервомотора давление в проточном маслопроводе будет возвращаться к номинальному значению, а отсечной золотник — к «среднему» положению. Новый режим работы турбины будет достигнут, когда ее мощность придет в соответствие с требуемым в данный момент для энергоблока расходом питательной воды.

Система регулирования имеет устройство для восприятия опережающего импульса по нагрузке главной турбины. В качестве рабочей жидкости для подачи опережающего импульса используется негорючее масло «иввиоль», поступающее из системы регулирования главной турбины в полость приемника импульсов, где предусмотрен сильфон *4*, воспринимающий давление масла. В зависимости от этого давления происходит дальнейшая передача импульса через рычажную систему на золотник *7* импульсного устройства.

К втулке *9*, в которой перемещается золотник, подается масло из импульсной линии системы регулирования турбины ОР-12П. В этой же втулке предусмотрены окна для слива масла во всасывающую камеру главного масляного насоса. При перемещении золотника изменяется проходная площадь сливных окон и тем самым золотник *7* оказывает влияние на давление в импульсном маслопроводе системы регулирования, которое, в свою очередь, вызывает соответствующее перемещение сервомотора.

В системе регулирования предусмотрено реле *22* закрытия регулирующих клапанов, которое обеспечивает их закрытие одновременно с закрытием стопорного клапана в результате срабатывания какого-либо из защитных устройств. Для этого к реле подводится масло из маслопровода *23* системы защиты турбины от главного масляного насоса и импульсного маслопровода *25* системы регулирования.

При работе турбины золотник реле *22* закрытия регулирующих клапанов прижимается к нижнему пояску втулки рабочим давлением масла в системе защиты. При этом золотник прикрывает в реле окно, через которое внутренняя полость втулки сообщается с проточным импульсным маслопроводом *25*, и поэтому маслопровод, идущий от главного насоса к данному реле, является в период работы турбины тупиковой линией.

При срабатывании системы защиты давление в маслопроводе *23* резко понижается, под действием пружины *20* золотник отходит от пояска и опускается вниз, вследствие чего открывается окно в импульсный проточный маслопровод системы регулирования. Масло, поступающее от главного масляного насоса, перепускается теперь в импульсный маслопровод и давление в нем повышается. При этом золотник отсечного золотника перемещается вверх, перепуская масло высокого давления под поршень сервомотора и вызывая тем самым закрытие регулирующих клапанов.

Все механизмы регулирования размещены в сварном корпусе блока регулирования, установленном на крышке переднего подшипника. Корпус блока регулирования разделен внутри перегородками и втулками на полости, основными из которых являются полости нагнетания и

всасывания главного масляного насоса, полости проточного импульсного маслопровода и дренажа.

Для предотвращения аварии турбины предусмотрены следующие защитные устройства:

1) стопорный клапан, обеспечивающий остановку турбины путем мгновенного прекращения доступа пара в турбину при срабатывании того или иного механизма защиты;

2) регулятор безопасности, который при повышении частоты вращения до 6700—6800 об/мин воздействует на автоматический затвор, установленный в корпусе переднего подшипника. При этом автоматический затвор прерывает поступление масла высокого давления к быстрозапорному устройству стопорного клапана и сбрасывает в сливную магистраль турбины К-300-240 масло, имеющееся в быстрозапорном устройстве стопорного клапана, вследствие чего стопорный клапан закрывает доступ пара в турбину. Закрытие стопорного клапана может также быть осуществлено от руки, при помощи ручного выключателя автоматического затвора;

3) гидравлическое реле давления в системе смазки, вызывающее мгновенное закрытие стопорного клапана при снижении давления масла в системе смазки ниже 0,029 МПа (0,3 кгс/см²);

4) реле пуска масляного электронасоса, которое служит для автоматической остановки электронасоса после вступления в работу главного масляного насоса турбины (при давлении 4,92—5,5 кгс/см²);

5) дистанционный выключатель с электромагнитным приводом, при помощи которого осуществляется закрытие стопорного клапана в случае:

срыва масляного клина в упорном подшипнике;

недопустимого повышения температуры масла в системе смазки;

недопустимого повышения давления в нагнетательном трубопроводе питательного насоса;

недопустимого повышения температуры воды в питательном насосе;

снижения давления в системе смазки питательного насоса;

недопустимого повышения напора насоса-регулятора;

осевого сдвига ротора питательного насоса;

закрытия обратного клапана питательного насоса;

дистанционного воздействия.

При работе турбины без повышения частоты вращения ротора предусмотрена возможность гидравлического опробования регулятора безопасности. Для этого турбина имеет специальное приспособление (рис. 2-9), состоящее из масляного клапана и толкателя. Масляный клапан встроен в обтекатель главного насоса-регулятора и состоит из шарика *9*, направляющей втулки *13*, пружины *12* и пробки *11*. Толкатель клапана встроен в торцовую крышку *4* переднего подшипника и имеет кнопку *1*, шток *8*, пружину *6* и втулки *3* и *5*.

Гидравлическое опробование регулятора безопасности заключается в том, что при частоте вращения не менее 5000 об/мин и при давлении масла на всасывающей стороне главного масляного насоса-регулятора не менее 0,14 МПа (1,5 кгс/см²) с помощью толкателя открывается масляный клапан и масло подается под блок регулятора безопасности, который под действием давления этого масла и центробежной силы выдвигается из втулки и вызывает срабатывание автоматического затвора. Однако из-за особенностей его конструкции при этом проверяется

лишь отсутствие заеданий в регуляторе и затворе, а останова турбины не происходит.

Блок маслоснабжения расположен на передней части фундамента перед турбиной. На масляном баке размещены пусковой шестеренчатый масляный электронасос, шестеренчатый электронасос валоповоротного устройства, реле давления смазки и пуска электронасоса, электромагнитный дистанционный выключатель и перепускной клапан. Масло к переднему опорно-упорному подшипнику турбины поступает из линии нагнетания главного масляного насоса-регулятора; к заднему подшип-

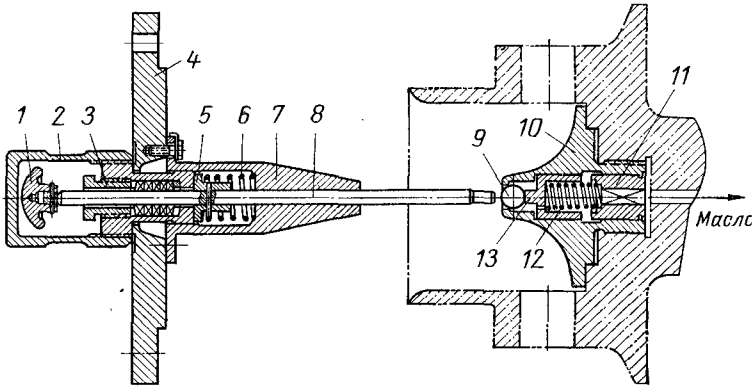


Рис. 2-9. Приспособление для гидравлического опробования регулятора безопасности турбины КТЗ.

1 — кнопка толкателя; *2* — гайка; *3* — нажимная втулка; *4* — крышка; *5* — втулка; *6* и *12* — пружины; *7* и *13* — направляющие втулки; *8* — шток; *9* — шарик масляного клапана; *10* — обтекатель; *11* — пробка.

нику — из напорной линии системы смазки турбины К-300-240 (через дроссельную шайбу *28*) при давлении 0,049 МПа (0,5 кгс/см^2) (см. рис. 2-8).

Следует отметить, что совместная работа турбины ОР-12П с питательным насосом ЛМЗ типа СВПТ-340-1000 более предпочтительна, чем рабочее сочетание турбины ОР-12ПМ с питательным насосом ПН-1135-340 завода «Экономайзер». Это объясняется тем, что турбина ОР-12П (ее проточная часть) была специально выполнена как турбопривод насоса ЛМЗ, и поэтому в этом случае турбина работает в более выгодных режимах.

2-3. КОНСТРУКЦИЯ ПАРОВОЙ ТУРБИНЫ ЗАВОДА «ЭКОНОМАЙЗЕР» К ПИТАТЕЛЬНОМУ АГРЕГАТУ ОСПТ-1150

Турбопривод к питательному агрегату ОСПТ-1150 имеет мощность 12500 кВт при частоте вращения около 5200 об/мин. Параметры работы турбины следующие: давление свежего пара перед стопорным клапаном 1,44 МПа (14,75 кгс/см^2), температура свежего пара перед стопорным клапаном 443°С, давление отработавшего пара 0,24 МПа (2,5 кгс/см^2) и расход пара около 114 т/ч.

По своему типу турбина активная (рис. 2-10) с одновенечной регулирующей ступенью и с шестью ступенями давления. Регулирующая ступень имеет два сегмента сопл; остальные ступени состоят из диафрагмы и диска с лопатками, при этом все ступени имеют полный подвод пара. Для повышения экономичности турбины проточная часть по всем

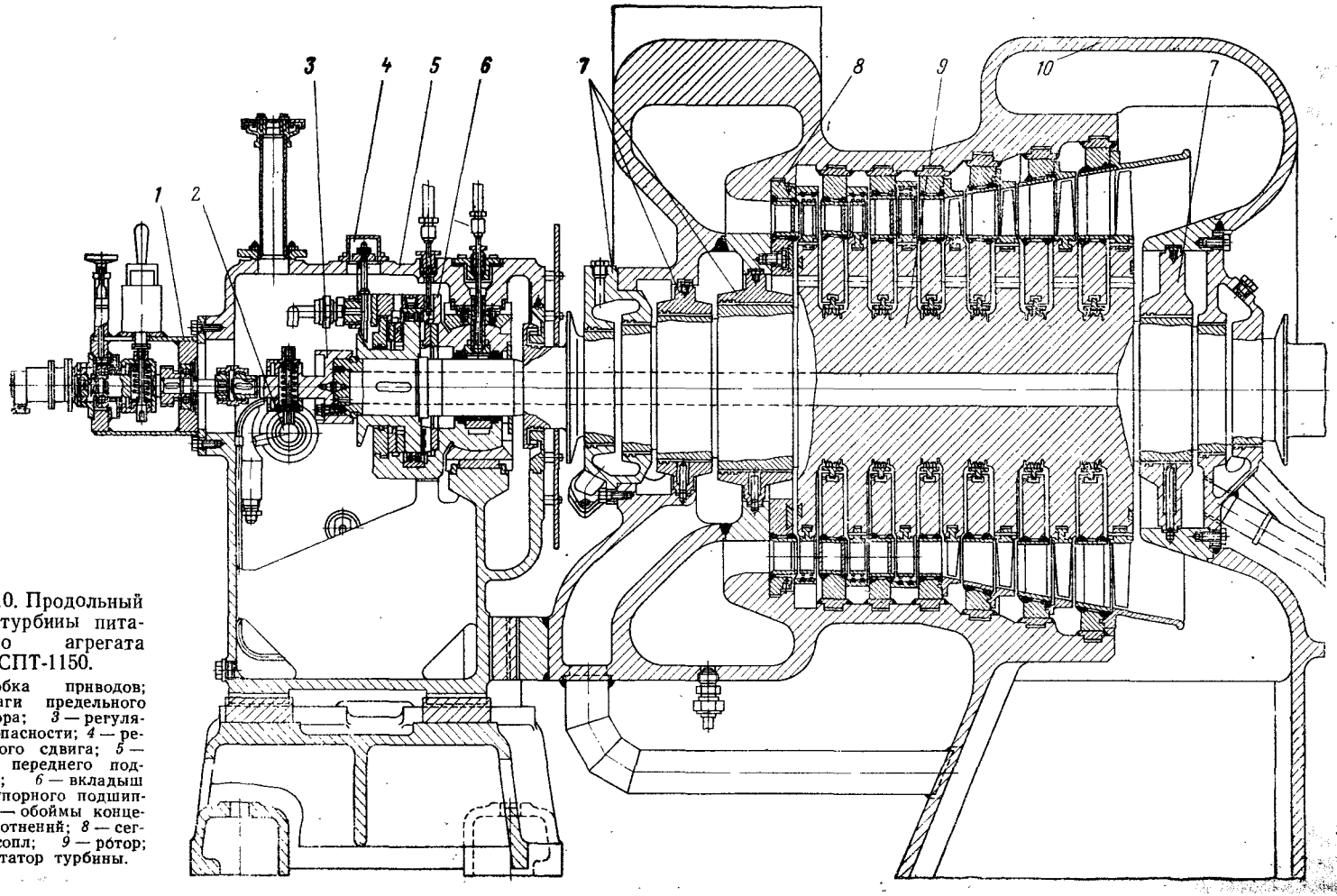


Рис. 2-10. Продольный разрез турбины питательного агрегата ОСПТ-1150.

1 — коробка приводов; *2* — рычаги предельного регулятора; *3* — регулятор безопасности; *4* — реле осевого сдвига; *5* — крышка переднего подшипника; *6* — вкладыш опорно-упорного подшипника; *7* — обоймы концевых уплотнений; *8* — сегмент сопл; *9* — ротор; *10* — статор турбины.

ступеням давления уплотнена, причем лопатки первых трех ступеней имеют бандажи с проточенными усиками, остальные ступени не имеют бандажей.

Ротор турбины выполнен цельнокованым из легированной стали, при этом семь дисков выполнены заодно с валом. Рабочие лопатки и бандажи изготавливаются из нержавеющей стали 2Х13. На конце вала со стороны подвода пара насажен упорный диск, который передает осевые усилия на колодки опорно-упорного подшипника. За диском к торцу вала шестью винтами крепится регулятор безопасности с бойком кольцевого типа.

На конце вала насажена на шпонке обойма зубчатой муфты; со стороны питательного насоса на конце вала и шпонках насажены зубчатое колесо для восприятия вращения от валоповоротного устройства и втулка зубчатой муфты, которая передает крутящий момент на вал питательного насоса.

Регулятор безопасности настраивается на 5700—5750 об/мин, при этом обеспечивается также срабатывание регулятора на частоте вращения турбонасоса в диапазоне 4700—4900 об/мин с подводом масла в полости кольцевого груза регулятора.

Статор турбины состоит из корпуса и крышки, диафрагм, обойм уплотнений, сегмента сопл регулирующей ступени и ряда других мелких деталей. Корпус и крышка турбины отливаются из стали 12МХ. В передней и задней частях корпуса и крышки обрабатываются места для посадки обойм лабиринтовых уплотнений. Здесь же расположены камеры протечек пара из уплотнений.

В передней части корпуса и крышки турбины имеется паз для установки сегмента сопл. Кроме того, на крышке и корпусе выполнены расточки для установки шести диафрагм.

На корпусе турбины со стороны подвода пара имеются две лапы, которыми корпус опирается на корпус переднего стула, и приварена шпонка для центрирования переднего стула. С противоположной стороны на корпусе имеется фланец для крепления корпуса к заднему стулу. Во избежание нагрева корпуса заднего стула во фланец турбины вварена полутруба, в которую для охлаждения подается вода.

Конструктивно диафрагмы выполнены однотипно, при этом обод и тело диафрагмы второй ступени изготавливаются из легированной стали, а остальных ступеней — из углеродистой стали. Направляющие лопатки выполняются из стали Ж-1, а бандаж — из стали 1Х13.

Сегмент сопл представляет собой сварную конструкцию, состоящую из наружной и внутренней частей, лопаток, бандажей и вставок. Сторона прилегания сегмента к корпусу или крышке турбины шабрится, что улучшает уплотнение этого соединения.

В корпусе и крышке переднего стула турбины, выполняемых из чугуна СЧ 32-52, размещены вкладыш опорно-упорный, рычаги регулятора предельной частоты вращения, реле осевого сдвига ротора, золотниковое устройство, плунжеры, а также ряд дополнительных устройств. На крышке имеются люки для настройки регулятора безопасности, установки реле осевого сдвига ротора и воздушника, площадки для установки вибродатчика и отверстия для термометров сопротивления. На корпусе имеются также приливы для крепления золотникового устройства или плунжеров.

Плунжеры связаны с рычагами регулятора безопасности и подают сигнал на пульт управления в случае срабатывания регулятора.

В корпусе расположены два плунжера — верхний и нижний. Когда рычаг находится в зацеплении с поворотным стаканом, коромысло прижимает нижний плунжер. Как только произойдет расцепление, плунжер под действием пружины поворачивает коромысло, которое вращает поворотный стакан, обеспечивая при этом подъем золотника. Возвращение коромысла в начальное положение производится поворотом рукоятки рычагов регулятора безопасности.

Коробка приводов служит для передачи вращения регулятору безопасности, дистанционному тахометру и обгонной муфте (реле обратного вращения). Корпус коробки приводов сварной, состоит из корпуса и крышки и крепится к переднему стулу фланцем.

В корпусе коробки приводов размещены два ротора, смонтированных на подшипниках качения. Приводной ротор, на котором находятся регулятор безопасности и датчик дистанционного тахометра, соединен зубчатой муфтой с ротором турбины; приводной ротор приводит во вращение второй ротор с передаточным отношением 1 : 2, а последний приводит во вращение обгонную муфту.

Стопорно-регулирующий клапан представляет собой конструкцию, совмещающую стопорный и регулирующий клапаны. Корпус клапана состоит из двух литых камер, сваренных между собой. В нижней камере расположен стопорный клапан, в верхней — регулирующий. Свежий пар подается в нижнюю камеру по двум трубам, проходит через паровое сито, стопорный и регулирующий клапаны и по двум трубам отводится к турбине.

Корпус сверху и снизу закрыт крышками. На нижней крышке установлен сервомотор стопорного клапана, на верхней — сервомотор регулирующего клапана. Пружина сервомотора стопорного клапана постоянно стремится закрыть клапан, который связан с ней через шток и разгрузочный клапан. Вода под давлением подводится под поршень сервомотора и открывает клапан, сжимая пружину. Соединение полости сервомотора со сливом вызывает быстрое закрытие стопорного клапана.

Стопорный клапан снабжен направляющей втулкой, которая, образуя камеру с нижней крышкой клапана, разгружает клапан от давления пара при его открытии. Регулирующий клапан, расположенный в верхней камере, предназначен для изменения количества поступающего в турбину свежего пара; клапан снабжен втулкой, которая, образуя камеру с верхней крышкой, разгружает его при открытии.

Сервомотор регулирующего клапана (рис. 2-11) предназначен для перемещения регулирующего клапана в соответствии с командой, поступающей от золотникового устройства КДУ, и крепится с помощью подставки *11* на паровой коробке. Рабочая среда в сервомоторе — вода давлением 1,17 МПа (12 кгс/см²).

Сервомотор работает следующим образом. Поршень сервомотора находится в покое, когда кромки отсечного золотника перекрывают полости во втулке золотника, через которые полости над поршнем и под поршнем сервомотора сообщаются с подводом и сливом воды. Отсечной золотник находится в равновесии, когда в полости над золотником давление становится равным $0{,}5p_{раб}$.

Рабочая вода подводится в полость *А* и по сверлениям в золотнике и через кольцевой зазор между конусом обратной связи и втулкой попадает в полость *Б* и отсюда направляется к золотниковому устройству КДУ. Полость *В* втулки золотника соединяется по боковому каналу в корпусе сервомотора, закрытому снаружи крышкой, с полостью *Е* сервомотора.

Полость *Г* втулки золотника соединяется также по боковому каналу в корпусе сервомотора, закрытому снаружи крышкой, с полостью *Д*. Полость под отсечным золотником сообщается со сливом воды, а полость *Ж* отсечного золотника постоянно сообщена со сливом. Зато полость *З* отсечного золотника постоянно сообщена с подводом рабочей воды. Шток с конусом обратной связи всегда прижат к рычагу обратной связи, а рычаг обратной связи прижимается к шарикоподшипнику вилки давлением воды на шток в полости *Б*. При увеличении нагрузки на агрегат в золотниковом устройстве уменьшается слив воды из полости

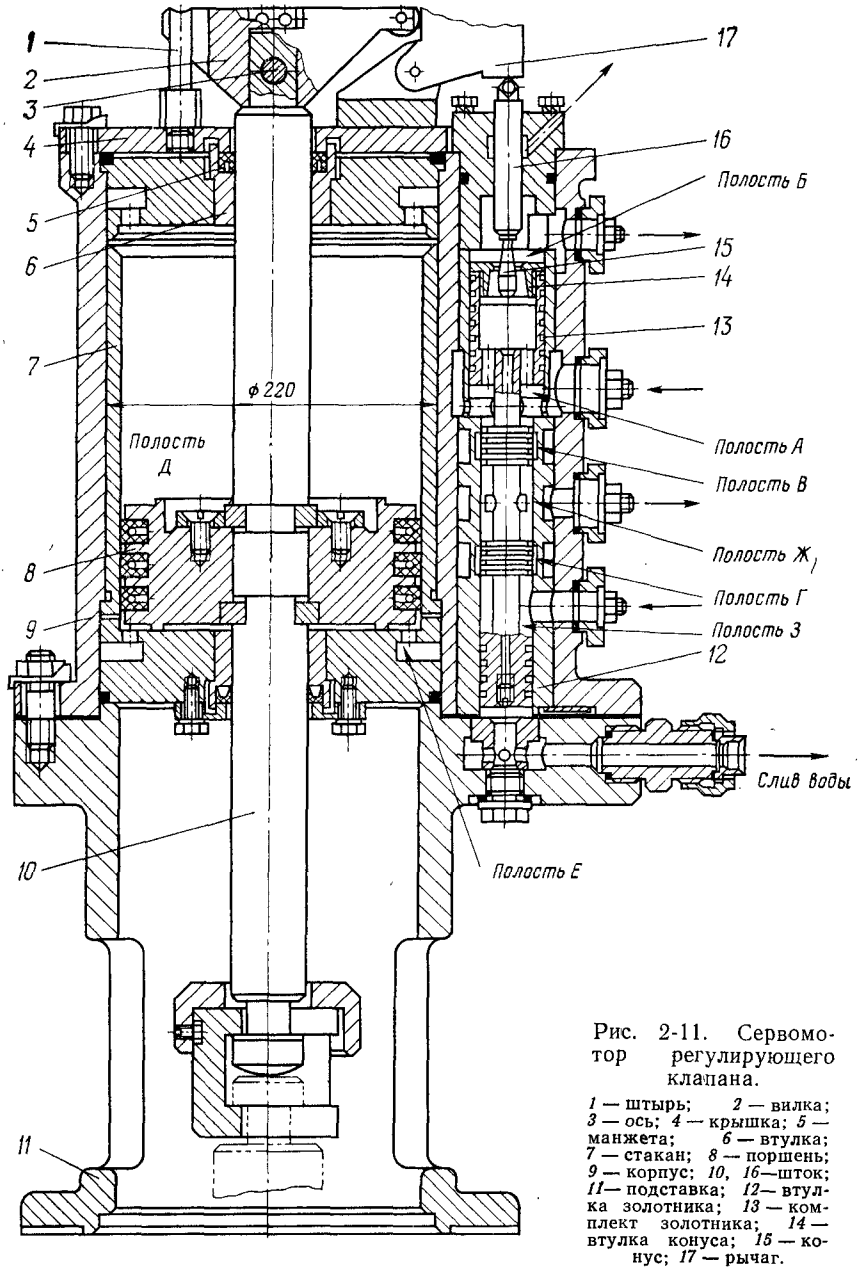


Рис. 2-11. Сервомотор регулирующего клапана.

1 — штырь; *2* — вилка; *3* — ось; *4* — крышка; *5* — манжета; *6* — втулка; *7* — стакан; *8* — поршень; *9* — корпус; *10, 16*—шток; *11*— подставка; *12*— втулка золотника; *13* — комплект золотника; *14* — втулка конуса; *15* — конус; *17* — рычаг.

Б отсечного золотника, так как при перемещении конуса золотникового устройства вверх уменьшается кольцевой зазор между втулкой и конусом. Это приводит к увеличению давления в полости *Б*, равновесие отсечного золотника нарушается и золотник перемещается вниз. Конус обратной связи в этот момент остается неподвижным, при этом происходит уменьшение окружного зазора между конусом и его втулкой, подвод воды в полость *Б* уменьшается, из-за чего уменьшается и давление в этой полости. Золотник будет перемещаться вниз до тех пор, пока давление в полости *Б* не восстановится до равновесного значения $p=0{,}5p_{раб}$.

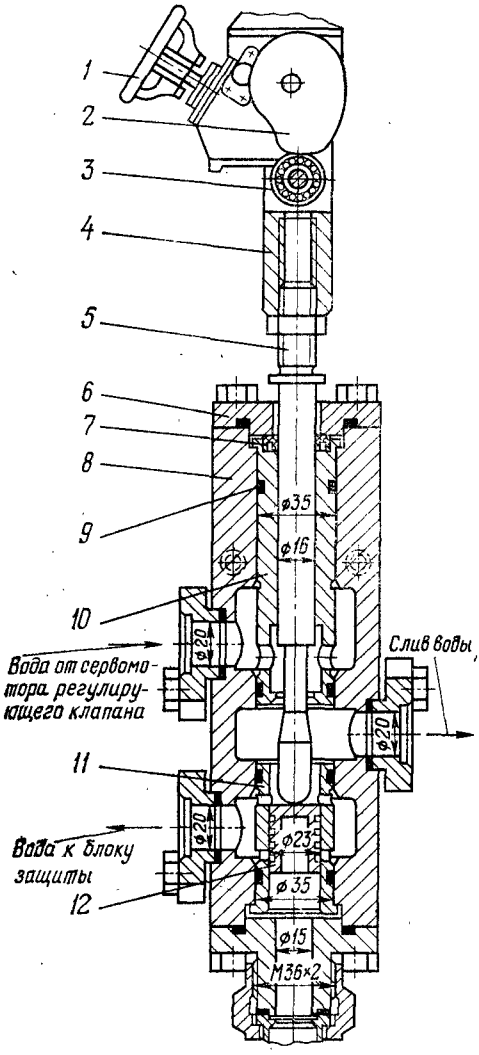


Рис. 2-12. Золотниковое устройство КДУ.
1 — КДУ-II-П-К; *2* — кулачок; *3* — шарикоподшипник; *4* — стойка; *5* — конус; *6* — верхняя крышка; *7* — манжета; *8* — корпус; *9* — кольцо; *10, 11* — втулка; *12* — поршень.

При указанном положении золотника его отсечные кромки откроют подвод рабочей воды в полость *Е* сервомотора из полости *А* через полость *В* и слив воды из полости *Д* сервомотора в полость *Ж* через полость *Г*. Поршень сервомотора начнет перемещаться вверх, открывая регулирующий клапан и увеличивая подвод пара к турбине.

Перемещение поршня сервомотора со штоком вверх вызовет перемещение конуса обратной связи также вверх. При этом равновесие отсечного золотника опять нарушится, так как окружной зазор между конусом обратной связи и его втулкой, а следовательно, и подвод воды в полость *Б* начнет уменьшаться. Давление воды в полости *Б* уменьшится, и золотник начнет перемещаться вверх, следя за перемещением конуса обратной связи. В тот момент, когда кромки отсечного золотника перекроют полости *В* и *Г* втулки золотника, подвод воды в полость *Е* и слив воды из полости *Д* прекратится, поршень сервомотора остановится, перестанет перемещаться вверх конус обратной связи и отсечной золотник также остановится. Наступит новое равновесное состояние сервомотора, а следовательно, и регулирующего клапана, соответствующее новой нагрузке. При дальнейшем увеличении нагрузки весь процесс повторится и регулирующий клапан откроется еще больше. При уменьшении нагрузки весь процесс протекает в обратном порядке.

Сервомотор имеет ход 170 мм. При полном ходе поршня сервомотора (170 мм) конус обратной связи благодаря соответствующему передаточному отношению рычага обратной связи перемещается на 10 мм.

Золотниковое устройство КДУ (рис. 2-12) предназначено для управления сервомотором регулирующего клапана и устанавливается на раме блока управления и защиты. Золотниковое устройство состоит из корпуса *8* с вставленными в него втулками *10* и *11*, уплотненных резиновыми кольцами *9*, поршня *12*, уплотнительной манжеты *7*, крышки *6*, конуса *5*, стойки *4* с шарикоподшипником. Конус с помощью профильного кулачка *2*, насаженного на ось КДУ, приводится в движение колонкой дистанционного управления.

На работающей машине конус *5* находится вверху. При поступлении электрического импульса (команды) на КДУ от регулятора перепада давления воды на закрытие, который расположен на клапане питания воды, вал КДУ с кулачком *2* поворачивается на соответствующий угол, перемещая конус вниз. При этом увеличивается кольцевой зазор между профильной конуса и очком втулки *10*, через который осуществляется слив воды из полости *Б* сервомотора регулирующего клапана. Это приводит к закрытию регулирующего клапана и прекращению подачи пара к турбине.

Сервомотор стопорного клапана служит для открытия и закрытия стопорного клапана, который открывает или закрывает доступ пара в турбину. Сервомотор стопорного клапана (рис. 2-13) состоит из корпуса *11*, который сверху закрывается крышкой *3*. Внутри него находится поршень *7* с уплотнениями *8*. Движение поршня направляется втулкой *4*, которая вставлена в корпус. Поршень соединен со штоком *13* с помощью кольца *5* и кольца из двух половин *6*. Движение штока направляется втулкой *9*, запрессованной в корпус, причем шток с помощью замка *15* соединяется со стопорным клапаном.

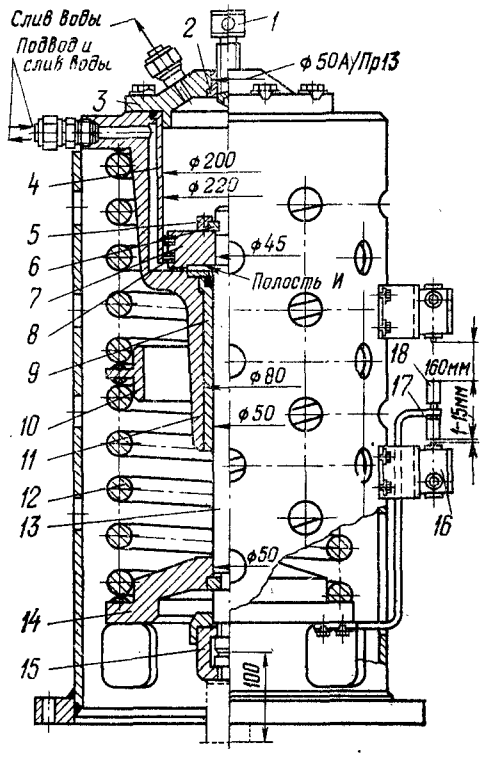


Рис. 2-13. Сервомотор стопорного клапана.

1 — винт; *2* — гайка; *3* — крышка; *4*, *9* — втулка; *5*, *10* — кольцо; *6* — кольцо из двух половин; *7* — поршень; *8* — уплотнение; *11* — корпус; *12* — пружина; *13* — шток; *14* — тарелка; *15* — замок; *16* — выключатель путевой конечный типа ВПК-2110; *17* — нажимная планка; *18* — колпачок.

Стопорный клапан открывается подачей рабочей воды в полость *И*, а закрывается сливом воды из этой полости и действием пружин *12*. Для расхаживания клапана применяется винт *1*, который вворачивается в гайку *2*, а после расхаживания сервомотора винт заменяется на пробку. Полный ход сервомотора стопорного клапана равен 160 мм. Когда стопорный клапан открыт, планка *17* нажимает на выключатель *16*.

Таким образом, для открытия стопорного клапана под поршень *7* сервомотора подводится рабочая вода от золотникового устройства

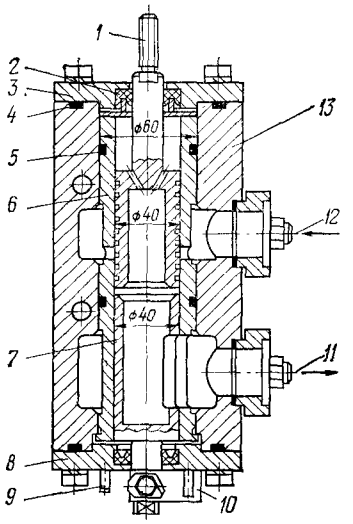


Рис. 2-14. Золотниковое устройство быстрозапорного клапана.

1 — золотник; *2* — манжета; *3* и *8* — флаицы; *4* и *5* — кольца; *6* — втулка; *7* — пробка; *9* — штифт; *10* — планка; *11* — слив воды; *12* — подвод воды от сервомотора БЗК; *13* — корпус.

КДУ через усилитель блока защиты. Когда частота вращения турбины повысится на 10—12% номинальной, сработает регулятор безопасности, который через золотниковое устройство сообщит полость *И* со сливом. В результате этого поршень со штоком под действием пружин пойдет вниз и опустит стопорный клапан. Прекратится подача пара в турбину.

Золотниковое устройство быстрозапорного клапана (БЗК) является исполнительным механизмом регулятора безопасности (рис. 2-14) и состоит из корпуса *13*, в который вставлена втулка *6*. Во втулке перемещается золотник *1*, соединенный с рукояткой регулятора безопасности. Выходной конец золотника уплотнен манжетой *2*, расположенной во фланце *3*, а с другого конца втулки находится пробка *7*, предназначенная для проверки работы рычагов регулятора безопасности на работающей машине. К пробке прикреплена планка *10*, выполняющая роль фиксатора, а штифты 9 ограничивают поворот пробки.

На нормально работающей турбине золотник находится в положении, обеспечивающем подачу рабочей воды под поршень сервомотора быстрозапорного клапана; стопорный клапан открыт и пар поступает в турбину. При повышении частоты вращения агрегата на 10—12% сверх номинальной срабатывает регулятор безопасности, в результате чего рукоятка его рычага поворачивается и перемещает золотник, который открывает слив воды из-под поршня сервомотора БЗК и обеспечивает быстрое закрытие стопорного клапана.

Чтобы проверить работу рычагов регулятора безопасности на работающей турбине, необходимо сливное отверстие перекрыть пробкой и золотниковое устройство обеспечит подачу рабочей воды под поршень сервомотора БЗК при любом положении золотника.

Блок защиты предназначен для пуска и останова турбонасоса. Блок состоит из двух электромагнитных стоп-клапанов и пробки, которая служит для проверки одного из электромагнитов на работающей турбине.

Электромагнитные клапаны состоят из электромагнита, установленного на проставку, которая прикрепляется к корпусу. Сердечник электромагнита связан с золотником при помощи вилки. Золотник перемещается во втулке, вставленной в корпус.

Для предотвращения протечек из одной полости в другую предусмотрены резиновые кольца, надетые на втулку. К корпусу крепится планка, к которой присоединены конечные выключатели. Выключатели замыкаются в крайних верхнем и нижнем положениях золотника, сигнал от которых поступает на электрические табло. Ход электромагнитов равен 10 мм.

Реле осевого сдвига (рис. 2-15), служащее для защиты турбины от осевого сдвига, устанавливатся на корпусе ее опорно-упорного под-

шипника. Для обеспечения равномерного зазора A между соплом *5* и упорным диском на роторе служит специальное приспособление, состоящее из основания *4* и стойки, которые крепятся к корпусу подшипника. При помощи специальной гайки *2*, насаженной на хвостовик, сопло может перемещаться по основанию и стойке, обеспечивая нужный зазор A, при этом положение гайки фиксируется установочным штифтом *1*.

Работа реле осевого сдвига осуществляется следующим образом. В полость К подводится масло от сервомотора реле осевого сдвига, которое сливается через зазор A. Когда происходит осевой сдвиг ротора, зазор A уменьшается, вызывая увеличение давления в полости A и тем самым увеличение давления в соответствующей полости сервомотора реле осевого сдвига, что приводит к падению давления масла перед электроконтактным манометром (ЭКМ-1), который дает сигнал на электромагнитные клапаны для останова насоса.

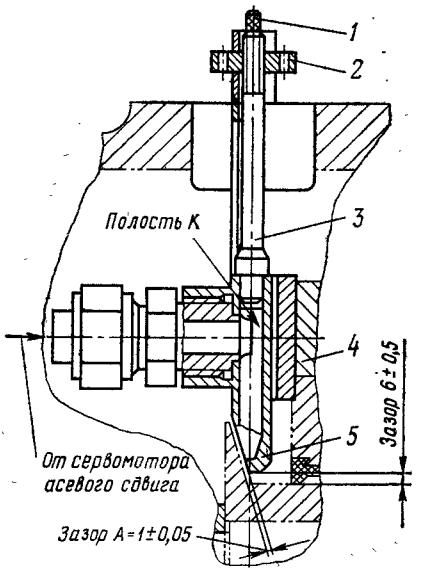


Рис. 2-15. Реле осевого сдвига турбины завода «Экономайзер».

1 — установочный штифт; *2* — специальная гайка; *3* — хвостовик; *4* — основание *5* — сопло.

Сервомотор реле осевого сдвига является узлом защиты по осевому сдвигу ротора и предназначен для превращения гидравлического сигнала от реле осевого сдвига в электрический импульс в электроконтактном манометре. Рабочая среда в сервомоторе — масло давлением 0,19 МПа (2 кгс/см²), подводимое из системы смазки.

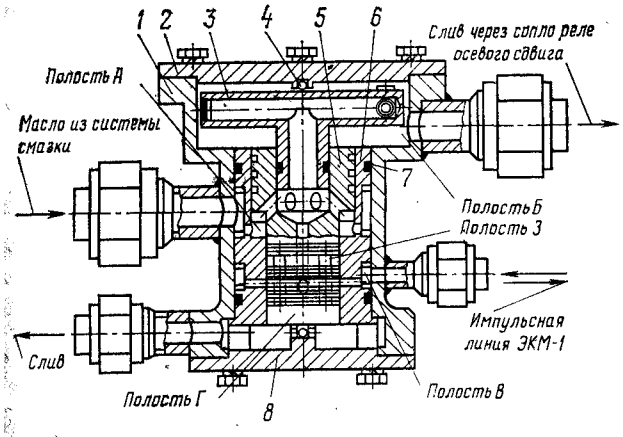


Рис. 2-16. Сервомотор реле осевого сдвига.

1 — корпус; *2* — крышка верхняя; *3* — корпус турбинки; *4* — шарик; *5* — золотник; *6* — втулка; *7* — кольцо; *8* — крышка нижняя.

Сервомотор реле осевого сдвига (рис. 2-16) состоит из корпуса *1*, в котором запрессована втулка *6*. Корпус турбинки *3* со вставленными дросселями и золотник *5* соединены винтами, при этом золотник вставлен во втулку. При работе сервомотора золотник и корпус турбинки опираются на шарик *4*.

Масло из системы смазки (давлением 2 кгс/см²) подводится в полость A и по сверлениям в золотнике, корпусе турбинки и через дроссели попадает в полость $Б$, отсюда направляется в сопло реле осевого сдвига, а также в полость В, откуда направляется к электроконтактному маномет-

у ЭКМ-1; полость *Г* соединена со сливом. При нормальной рабо-е агрегата золотник с корпусом турбинки находится вверху и опи-ается на шарик, так как давление в полости *А* больше давления полости *Б*. В корпус турбинки вставлены два дросселя в противопо-ожных направлениях, поэтому масло, проходя по корпусу турбинки выходя из дросселей, заставляет их вращаться (так как корпус тур-инки соединен с золотником, то золотник с корпусом турбинки вра-аются).

Когда происходит осевой сдвиг ротора, то увеличивается давление полости *Б* и золотник перемещается вниз на 9,5 мм. В результате того полость *3* соединяется с полостью *В* и со сливом. Давление масла еред электроконтактным манометром ЭКМ-1 падает и манометр дает игнал на электромагнитные клапаны для остановки насоса.

Усилитель блока защиты предназначен для открытия и закрытия топорного и регулирующего клапанов при включении и отключении лектромагнитов блока защиты. Усилитель состоит из корпуса, внутрь оторого вставлена втулка, а во втулке перемещается золотник. Кор-ус вверху и снизу закрыт крышками. Резиновые кольца, вставленные корпус, исключают протечки наружу.

Для выпуска пара в атмосферу при повышении противодавления а трубопроводе отработавшего пара предусмотрена установка двух редохранительных клапанов.

2-4. КОНСТРУКЦИЯ ПАРОВОЙ ТУРБИНЫ ЗАВОДА «ЭКОНОМАЙЗЕР» К ПИТАТЕЛЬНОМУ АГРЕГАТУ ПТН-1100-350-24

Приводная паровая турбина к питательному агрегату ПТН-1100-350-24 выполнена шестиступенчатой, однокорпусной, с дрос-ельным парораспределением и противодавлением. По своему типу тур-ина — активного типа, работающая с переменной частотой вращения а отборном паре от главной турбины энергоблока мощностью 250 МВт. Основные параметры турбины агрегата ПТН-1100-350-24 приведены в табл. 2-1.

Таблица 2-1

Основные параметры турбины агрегата ПТН-1100-350-24

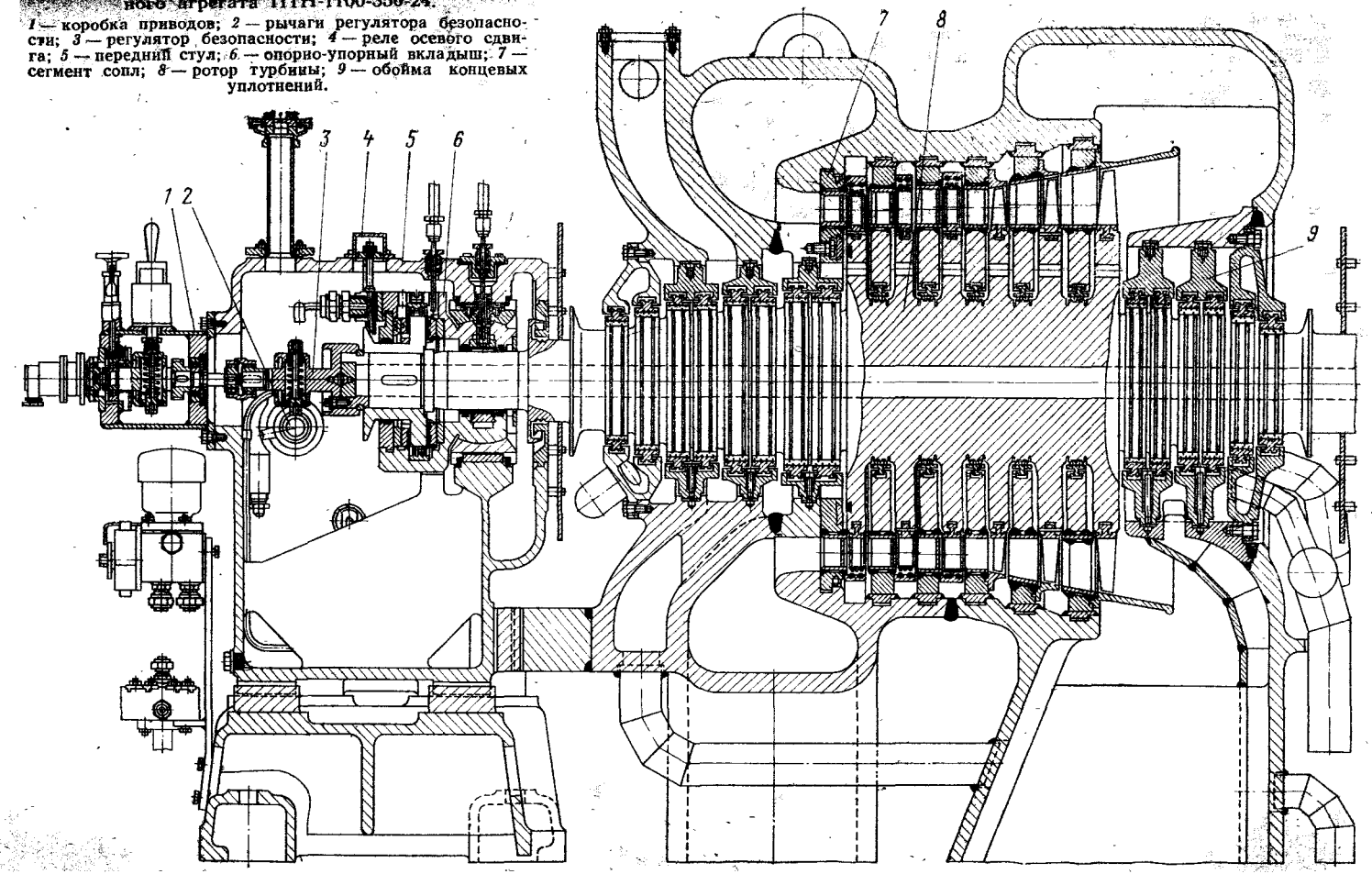
Параметры	Максимальный режим	Номинальный режим	Минимальный режим
Давленне пара перед стопорным клапаном приводной турбины, МПа (кгс/см²)	2,15 (22)	2,13 (21,8)	0,94 (9,6)
Температура пара перед стопорным клапаном приводной турбины, °С	501	502	501
Давление отработанного пара, МПа (кгс/см²)	0,56 (5,8)	0,53 (5,5)	0,21 (2,2)
Расход пара на приводную турбину, т/ч	165	140	83

Корпус турбины (рис. 2-17) сварен из двух стальных отливок. Два паровпускных патрубка отлиты вместе с передней частью корпуса, патрубок отработавшего пара отлит заодно с выхлопной частью корпуса, при этом все патрубки направлены вниз. Корпус крепится к переднему и заднему стульям, которые устанавливаются на отдельные фундаменты.

В передней части корпуса и крышки имеются пазы, предназначен-ые для установки сегментов сопл первой ступени; два сегмента сопл, одинаковых по конструкции и типу каналов, крепятся винтами в па-

ного агрегата ПТН-1100-350-24.

1 — коробка приводов; *2* — рычаги регулятора безопасности; *3* — регулятор безопасности; *4* — реле осевого сдвига; *5* — передний стул; *6* — опорно-упорный вкладыш; *7* — сегмент сопл; *8* — ротор турбины; *9* — обойма концевых уплотнений.



зах крышки и корпуса, а для центрирования сегментов предусмотрены шплинты.

Ротор турбины цельнокованый; шесть дисков рабочих колес вы-

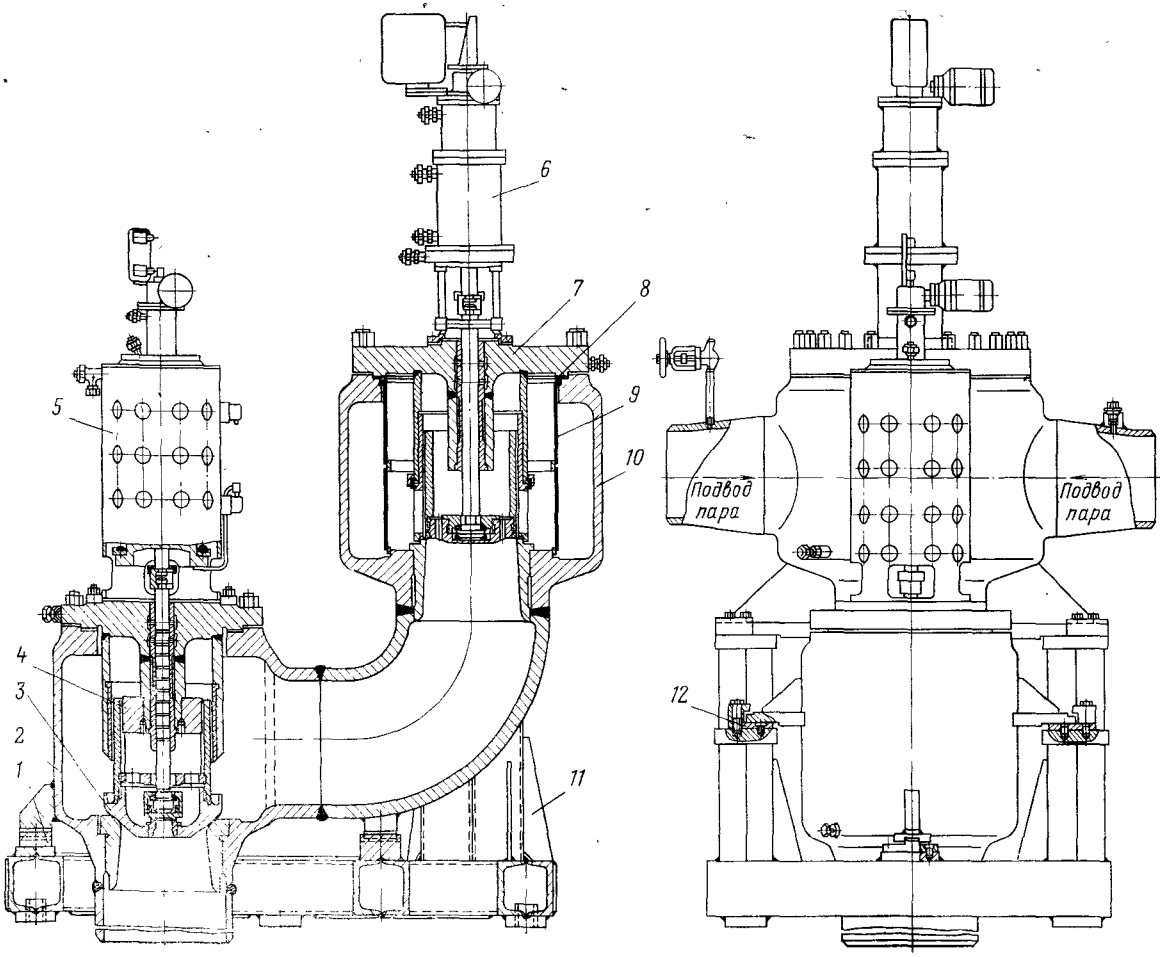


Рис. 2-18. Стопорно-регулирующий клапан турбины к питательному агрегату ПТН-1100-350-24.

1, 12 — шпонки; *2* — корпус стопорного клапана; *3* — стопорный клапан; *4* — шпонка; *5* — сервомотор стопорного клапана; *6* — сервомотор регулирующего клапана; *7* — крышка; *8* — прокладка; *9* — паровое сито; *10* — корпус регулирующего клапана; *11* — рама.

устанавливается на сварной раме. В конструкции крепления корпуса к раме предусмотрены продольные и поперечные шпонки, обеспечивающие возможность теплового расширения.

Свежий пар поступает в корпус регулирующего клапана *10* через два симметрично расположенных патрубка диаметром 350 мм. Внутри корпуса установлено паровое сито *9*, через которое пар поступает к шести профилированным окнам, вырезанным в буксе, соединенной сварным замком с крышкой корпуса регулирующего клапана.

Крышка *7* крепится к корпусу регулирующего клапана *24* шпильками М48, а стык уплотняется стальной прокладкой. Для продувания корпуса предусмотрена бобышка с резьбовым отверстием и ввернутым в него штуцерным соединением. Седло регулирующего клапана насажено в расточку корпуса на прессовой посадке, а прилегание регулирующего клапана к уплотняющему пояску седла проверяется по краске.

Регулирующий клапан перемещается сервомотором, который крепится на крышке корпуса. Клапан состоит из втулки, днища и штока. Днище крепится к втулке четырьмя винтами, зачеканенными в шлиц, при этом в днище имеются четыре разгрузочных отверстия.

Глухая расточка в центре днища предназначена для крепления нижнего конца штока, которое состоит из специальной гайки и двух сферических шайб; при сборке крепления за счет подрезки торца гайки обеспечивается разбег штока в пределах 0,3—0,4 мм. Верхний конец штока соединяется сухарем со штоком сервомотора.

Шток клапана перемещается в буксе, запрессованной в центральной расточке крышки корпуса регулирующего клапана. В верхней части буксы имеются два ряда отверстий: четыре отверстия верхнего ряда и четыре отверстия нижнего ряда, которые выходят в две расположенные одна над другой камеры, проточенные в крышке корпуса регулирующего клапана. Из нижней камеры через отверстие во фланце крышки отводится пароводяная смесь, а из верхней камеры через другое отверстие во фланце крышки — вода.

После регулирующего клапана пар поступает в корпус стопорного клапана *2*, сверху закрытый крышкой, закрепленной 20 шпильками М42. Стык уплотняется стальной прокладкой. Стопорный клапан *3* перемещается сервомотором, устанавливаемым на крышке стопорного клапана. К крышке корпуса приварен стакан, в который запрессовывается азотированная втулка; относительно этой втулки перемещается стопорный клапан.

Для исключения возможного вращения стопорного клапана и обеспечения его строгого поступательного движения предусмотрена направляющая шпонка *4*, жестко закрепленная на втулке крышки корпуса. Шпоночные пазы этой шпонки симметрично расположены внутри направляющей втулки стопорного клапана.

В центре стопорного клапана имеется отверстие, в которое запрессовано седло разгрузочного клапана. Разгрузочный клапан, предназначенный для выравнивания давления в верхней и нижней частях корпуса до открытия стопорного клапана, крепится к штоку при помощи специальной гайки и сферической шайбы.

На трубопроводе отработавшего пара устанавливают два (спаренные в одном корпусе) предохранительных клапана.

Автоматическое регулирование подачи питательного насоса осуществляется регулятором, изменяющим мощность приводной турбины. Исполнительный механизм регулятора подачи поставляется комплектно

с турбонасосом и состоит из регулирующего клапана приводной турбины и электрогидравлического следящего сервопривода.

На вход исполнительного механизма регулятора подачи поступает электрический сигнал от электронно-регулирующего прибора, измеряющего давление питательной воды перед питательным клапаном котлоагрегата. В соответствии с этим сигналом, пропорциональным отклонению давления от заданного значения, электрогидравлический следящий сервопривод перемещает регулирующий клапан приводной турбины. К сервомотору подводятся переменный ток (напряжением 220 или 380 В) и вода давлением 1,17—1,96 МПа (12—20 кгс/см^2), поступающая от системы регулирования главной турбины энергоблока.

Защиты турбонасоса вступают в действие в тех случаях, когда отклонение контролируемых величин от заданных значений могут вызвать аварию турбонасоса. Действие каждой защиты приводит к закрытию стопорного клапана приводной турбины, снабженного пружинно-гидравлическим сервомотором.

В зависимости от причин, приводящих к аварии турбонасоса, действия защит и блокировок осуществляют останов турбонасоса, а также срабатывание защит и блокировок по отдельным механизмам.

Останов турбонасоса во всех случаях действия защиты осуществляется:
воздействием на электромагнитные стоп-клапаны;
отключением воздействия регулятора подачи турбонасоса на исполнительный механизм регулирующего органа и закрытием этого регулирующего органа (регулирующего клапана приводной турбины).

Пуск турбонасоса производится воздействием на испытательный механизм регулятора подачи и возможен при наличии давления масла в системе смазки и давления воды на всасывании насоса, открытых вентилях рециркуляции и обесточенных электромагнитных стоп-клапанах.

Для автоматического извещения о возникновении опасных изменений велнчин, характеризующих работу турбонасоса, дальнейшее развитие которых может привести к аварии, у питательного агрегата предусмотрена предупредительная световая сигнализация.

2-5. КОНСТРУКЦИЯ ПАРОВОЙ ТУРБИНЫ ОК-18ПУ КТЗ К ПИТАТЕЛЬНЫМ АГРЕГАТАМ СВПТ-350-850, СВПТ-350-1350 И ПН-1500-350

Турбина ОК-18ПУ предназначена для привода питательного и бустерного насосов энергоблоков мощностью 500 МВт с турбиной К-500-240-2 (ОК-18ПУ-500) ХТГЗ и 800 МВт с турбиной К-800-240-2 (ОК-18ПУ-800) ЛМЗ и имеет одни промежуточный нерегулируемый отбор пара для питания деаэраторной колонки конденсатора.

Турбина устанавливается на общем фундаменте с питательным и бустерным насосами и может работать только совместно с главными турбинами указанных энергоблоков.

Турбина ОК-18ПУ предназначена для работы с переменной частотой вращения ротора в широком диапазоне, при переменных начальных и конечных параметрах пара, поступающего из промежуточного нерегулируемого отбора пара главной турбины, обеспечивая при этом необходимую для привода питательного и бустерного насосов мощность и длительную работу на режимах от 37 до 100% по расходу питательной воды для энергоблока 500 МВт и от 30 до 100% по расходу питательной воды для энергоблока 800 МВт. Основные параметры турбины приведены в табл. 2-2.

Длительная работа турбины допускается при повышении температуры охлаждающей воды до 33°С, при этом обеспечивается номиналь-

Таблица 2-2

Основные параметры работы турбины ОК-18ПУ КТЗ

Параметры	Мощность энергоблока, МВт	
	500	800
Номинальная мощность, кВт	10 300	15 550
Номинальная частота вращения, об/мин	4600	4650
Номинальная частота вращения выходного вала редуктора, об/мин	1870	1890
Давление пара перед стопорным клапаном, МПа (кгс/см²):		
номинальное	0,84(8,6)	1,42(14,5)
максимальное	1,17(12,0)	1,56(16,0)
Температура перед стопорным клапаном, °С:		
номинальная	378	443
максимальная	390	450
Номинальная температура охлаждающей воды, °С	15	15

ная мощность и нормальная работа турбины с соответствующим увеличением расхода пара на турбину.

Диапазон изменения частоты вращения ротора турбины находится в следующих пределах: для энергоблока 500 МВт — от 4030 до 4700 об/мин, для энергоблока 800 МВт — от 3800 до 4800 об/мин. Этот диапазон используется для управления питательным насосом от регулятора питания котлоагрегата.

Тепловой схемой турбоустановки предусмотрен (рис. 2-19) подвод свежего пара из отбора главной турбины к стопорному клапану *1*, откуда пар двумя параллельными потоками направляется к двум регулирующим клапанам *3* парораспределения и далее в проточную часть турбины *4*.

По условиям работы турбины и параметрам пара перед стопорным клапаном тепловой схемой предусмотрен подвод свежего пара через байпасные клапаны за четвертую ступень проточной части турбины, при этом открытие и закрытие байпасных клапанов производится системой автоматического регулирования.

Два конденсатных насоса *11*, один из которых является рабочим, а другой — резервным, работают с постоянной производительностью при любом режиме работы турбины. Поэтому поток конденсата, направленный в регулятор уровня *12*, автоматически распределяется по двум направлениям: часть конденсата в количестве, равном нагрузке на конденсатор, откачивается по конденсатопроводу, а часть — разница между производительностью конденсатного насоса и нагрузкой на конденсатор — сбрасывается обратно в конденсатор.

Таким образом, постоянно поддерживается в заданных пределах уровень конденсата в конденсатосборнике. При выходе из строя регулятора уровня уровень регулируется вручную задвижками, установленными на линии ручной рециркуляции и обводной линии охладителей эжекторов.

Камеры за первыми отсеками концевых уплотнений объединены между собой и подключены к регулятору уплотнений *16*, который автоматически поддерживает в системе уплотнений постоянное давление, несколько превышающее атмосферное. На пусковых режимах работы турбины регулятор уплотнений подает острый пар в камеры уплотнений за первыми отсеками. При нормальной работе пар от переднего уплотнения направляется в заднее концевое уплотнение, а избыток его

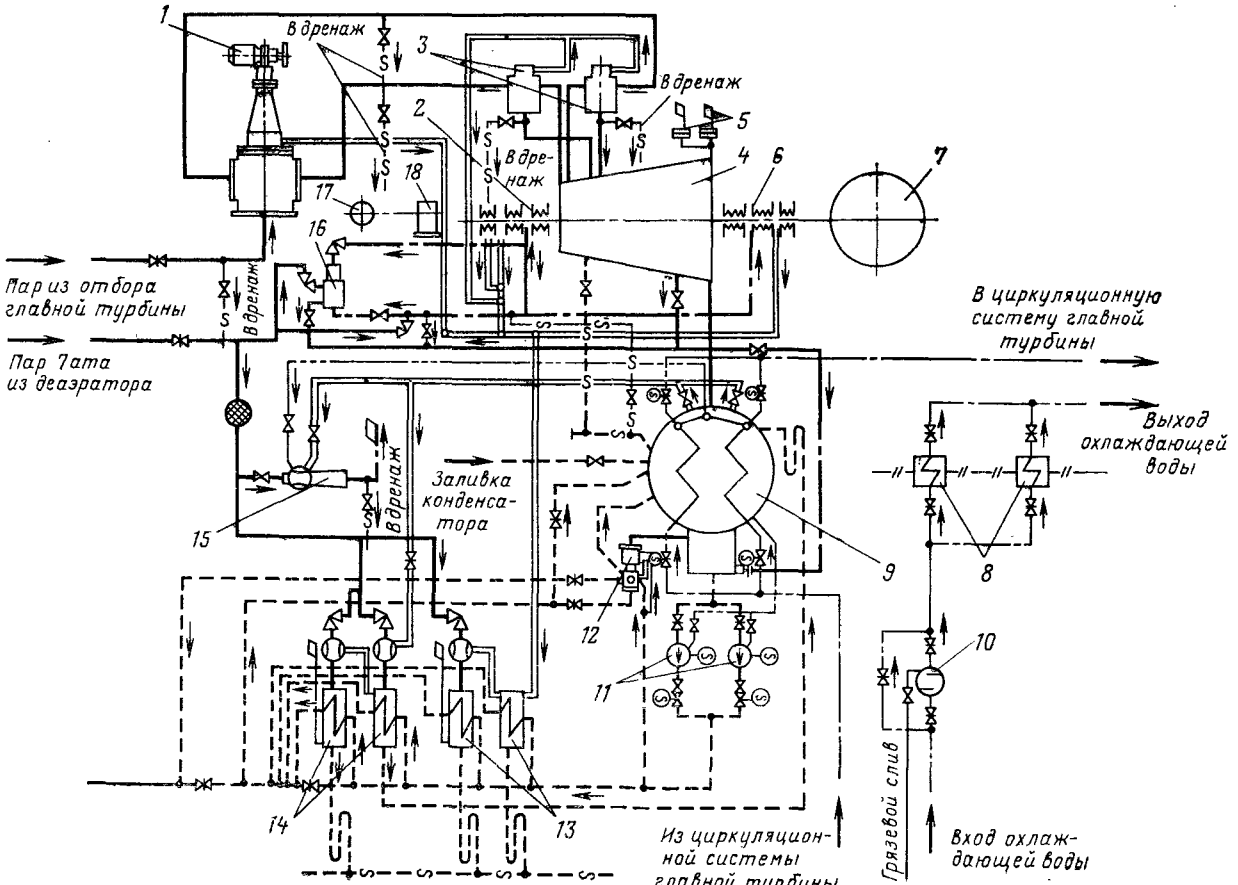


Рис. 2-19. Тепловая схема турбины ОК-18ПУ КТЗ.

1 — **стопорный** клапан; *2* — **переднее** концевое уплотнение; *3* — **регулирующие** клапаны; *4* — турбина; *5* — **предохранительная** диафрагма; *6* — заднее концевое уплотнение; *7* — питательный **насос;** *8* — маслоохладитель; *9* — конденсатор; *10*—фильтр; *11* — конденсатные насосы; *12* — регулятор уровня; *13* — эжектор системы отсоса; *14* — основной эжектор; *15* — пусковой эжектор; *16* — регулятор уплотнения; *17* — бустерный насос; *18* — редуктор.

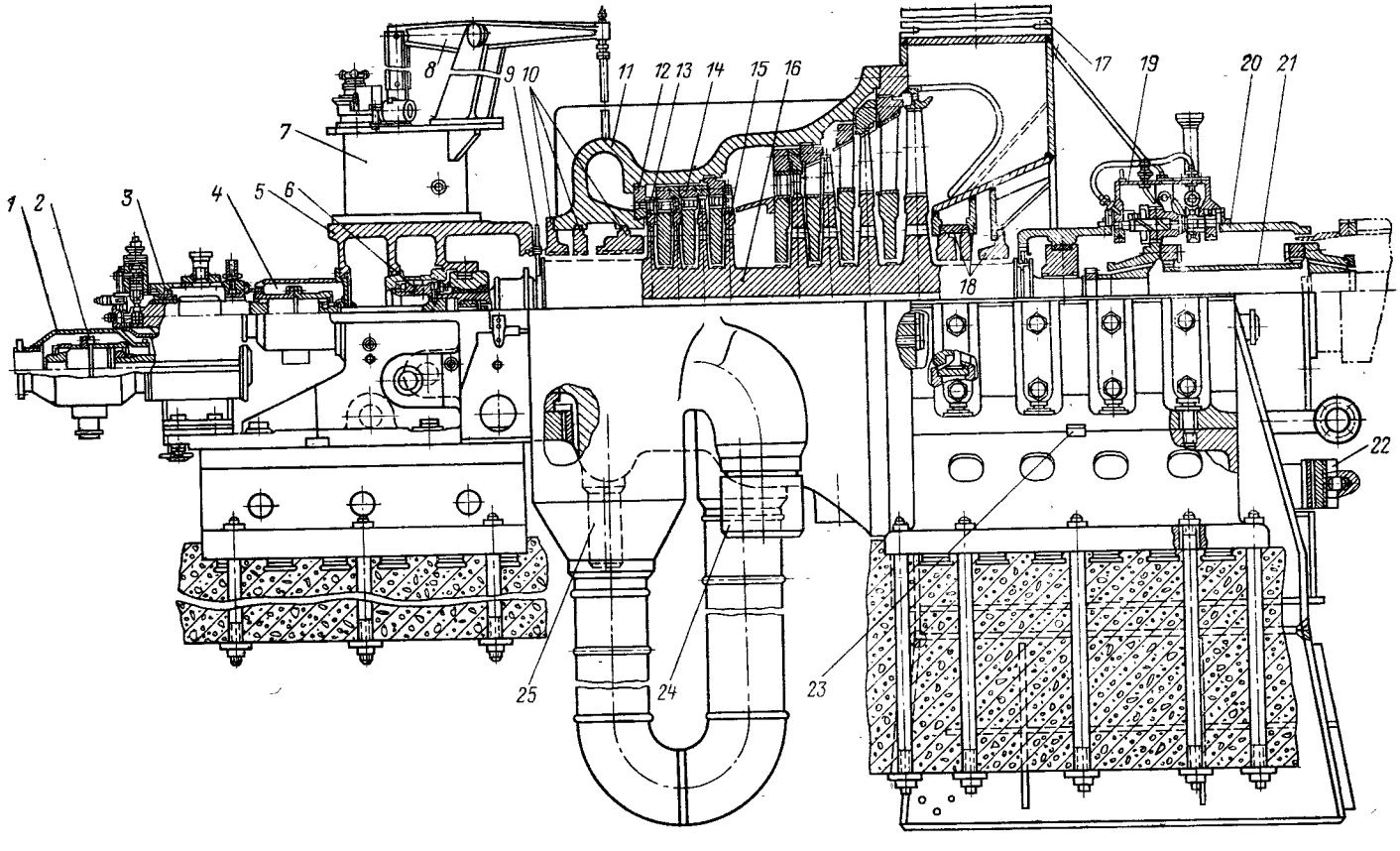


Рис. 2-20. Продольный разрез турбины ОК-18ПУ КТЗ.

1 — кожух муфты; *2* и *4* — зубчатая муфта; *3* — редуктор; *5* — крышка переднего подшипника; *6* — рабочее колесо масляного насоса-регулятора; *7* — блок регулирования; *8* — рычаги парораспределения; *9* — экран; *10* — переднее концевое уплотнение; *11* — корпус турбины; *12* — сегмент сопл; *13* — паровой щит; *14* — блок диафрагм; *15* — рабочее колесо ротора; *16* — ротор; *17* — предохранительная диафрагма; *18* — заднее концевое уплотнение; *19* — валоповоротное устройство; *20* — задний подшипник; *21* — соединительная муфта; *22* — фасонная шпонка; *23* — [illegible]

отводится в деаэрационный конденсатосборник. При выходе из строя регулятора уплотнений схемой предусмотрена ручная регулировка давления пара в уплотнениях с помощью вентилей.

Предусмотренные тепловой схемой пусковой и основной эжекторы, эжектор системы отсоса пара из уплотнений и регулятор уплотнений турбины питаются паром давлением 0,58 МПа (6 кгс/см^2) от деаэратора главной турбины.

Для охлаждения масла, идущего на зацепление редуктора *18*, предусмотрены два маслоохладителя *8*, охлаждающая вода к которым подается от циркуляционной системы главной турбины или от постороннего источника с давлением не выше 0,078 МПА (0,8 кгс/см^2).

Конденсационная активная турбина ОК-18ПУ (рис. 2-20) включает в себя парораспределение с рычажным приводом и проточную часть, состоящую из восьми ступеней давления. Первая ступень давления состоит из сегмента сопл *12* и одновенечного рабочего колеса *15*; остальные ступени давления состоят из диафрагмы *14* и одновенечных рабочих колес.

Клапаны парораспределения размещены в двух клапанных коробках, расположенных по обе стороны на нижней части корпуса турбины. В каждой клапанной коробке размещено по одному дроссельному клапану с разгрузочным поршнем и выполненному вместе с ним байпасному клапану золотникового типа. Дроссельные клапаны парораспределения работают параллельно и приводятся в движение одним сервомотором, расположенным в блоке регулирования.

Сегмент сопл и блоки диафрагм стальные, сварной конструкции, при этом сегмент сопл и все диафрагмы выполнены с полным подводом пара. Направляющие лопатки всех диафрагм и сопл изготовлены из нержавеющей стали.

Ротор турбины — цельнокованый, гибкий с центральным отверстием. На переднем конце вала ротора заодно с ним выполнено рабочее колесо масляного насоса-регулятора *6*. Передний конец вала ротора соединен с шестерней редуктора при помощи зубчатой муфты *4*. Задний конец вала ротора соединен с валом ротора питательного насоса также при помощи зубчатой муфты *21*.

Передний опорно-упорный подшипник объединен с масляным центробежным насосом системы маслоснабжения, рабочее колесо которого одновременно является и гребнем упорного подшипника турбины. Корпус подшипника опирается на переднюю фундаментную плиту и крепится к ней дистанционными болтами. На плите корпуса подшипника установлен редуктор *3*, а на крышке переднего подшипника расположен блок регулирования турбины.

Корпус заднего опорного подшипника выполнен сварным и приварен к выхлопной части корпуса турбины. На крышке подшипника установлен валоповоротный механизм, приводимый в действие электродвигателем мощностью 1,7 кВт. Между корпусом турбины и передним подшипником имеется экран *9*, защищающий подшипник от воздействия высокой температуры корпуса турбины.

Турбина передней частью опирается на переднюю фундаментную плиту, а лапами выхлопной части корпуса турбина опирается на задние фундаментные плиты. Фиксация корпуса турбины относительно фундамента осуществляется при помощи двух призматических горизонтальных шпонок *23*, установленных под боковыми опорными лапами выхлопного патрубка, в плоскости, перпендикулярной оси турбины, и одной вертикальной фасонной шпонки *22*, расположенной в пло-

скости турбины, между выхлопными патрубком и специальной плитой.

Горизонтальные призматические шпонки под опорными лапами допускают свободное расширение корпуса турбины в поперечном направлении; вертикальная фасонная шпонка и вертикальные шпонки, установленные между передним подшипником и корпусом турбины, обеспечивают расширение корпуса турбины в вертикальном направлении.

При тепловом расширении турбины корпус переднего подшипника скользит в осевом направлении по передней фундаментной плите, причем продольная шпонка удерживает его от смещения в стороны. Расчетное значение теплового расширения корпуса турбины равно 5 мм.

Корпус турбины — стальной, сварно-литой конструкции; изготовляется из высоколегированных сортов стали и выполняется с горизонтальным и вертикальным (технологическим) фланцевыми разъемами. Выхлопная часть корпуса турбины — стальная, сварная, имеет на верхней половине фланец, к которому крепятся две предохранительные диафрагмы *17*, срабатывающие при повышении давления пара в выхлопной части турбины, а к нижней половине присоединены болтами две опорные лапы, которыми турбина опирается на задние фундаментные плиты.

В передней части нижней половины корпуса турбины, заодно с корпусом с обеих сторон отлиты опорные лапы, посредством которых корпус опирается на соответствующие опорные плоскости корпуса переднего подшипника.

Все восемь дисков ротора одновенечные, откованы заодно с валом; имеют разгрузочные отверстия, предназначенные для создания равного давления по обе стороны диска. На переднем конце ротора в диаметральной расточке впрессована втулка, в которой установлен регулятор безопасности бойкового типа, срабатывающий при 5180—5220 об/мин.

На заднем конце вала ротора установлена зубчатая втулка, необходимая для преобразования частоты вращения в электрический сигнал, с частотой, пропорциональной частоте вращения вала. На цилиндрический конец вала ротора насажена зубчатая полумуфта для соединения роторов турбины и питательного насоса. От проворачивания на валу полумуфта удерживается двумя парами тангенциальных шпонок, а от осевого перемещения стопорится с торцов двумя винтами.

Передний подшипник состоит из трех взаимосвязанных между собой узлов: опорного подшипника, упорного подшипника и масляного насоса-регулятора.

Опорный подшипник имеет стальной вкладыш, рабочая поверхность которого залита баббитом Б-83. Вкладыш состоит из двух половин и имеет вдоль разъема масляные карманы, соединенные с камерой нагнетания масляного насоса-регулятора. Для измерения температуры вкладыша и подачи импульса на щит сигнализации используется миниатюрный платиновый термометр сопротивления ТСП-309, хвостовик которого вставляется непосредственно во вкладыш. Помимо своего основного назначения вкладыш опорного подшипника обеспечивает уплотнение камеры нагнетания насоса со стороны камеры слива масла.

Упорный подшипник сегментного типа состоит из двух рядов опорных колодок, расположенных по окружности. В каждом ряду установлено по восемь упорных колодок, при этом рабочая поверхность колодок прилегает к боковым поверхностям рабочего колеса масляного насоса-регулятора, являющегося одновременно гребнем упорного подшипника.

Масляный насос-регулятор состоит из рабочего колеса, камеры всасывания, камеры нагнетания и плавающего уплотнительного кольца, которое служит для уплотнения камеры нагнетания насоса со стороны камеры всасывания.

При вращении ротора турбины зазор между упорным гребнем и колодками начинает работать как вязкостный насос. Из-за неравномерности распределения вязкости и сил давления по рабочей поверхности колодки для прохождения масла через зазор колодка поворачивается вокруг ребра качания на какой-то угол. В образующемся между колодкой и гребнем клиновидном зазоре создается высокое давление масла, благодаря которому упорный гребень, а следовательно, и ротор турбины, удерживается во взвешенном состоянии относительно упорных колодок.

Для предотвращения аварий упорного подшипника при нарушении режима жидкостного трения от двух рабочих упорных колодок подшипника выполнены выводы к электроконтактным манометрам системы сигнализации. Сверления в колодках выполнены над ребром качания в зоне максимального давления.

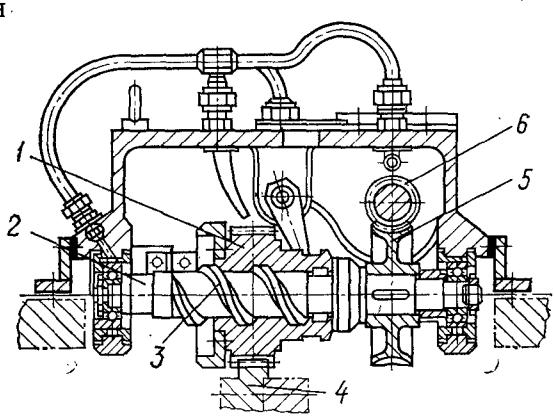


Рис. 2-21. Валоповоротное устройство турбины ОК-18ПУ.

1 — ведущая шестерня; *2* — шлицевый вал; *3* — шлицы; *4* — зубчатое колесо; *5* — червячное колесо; *6* — червяк

Масло, поступающее к масляному насосу-регулятору, проходит через фильтрующую сетку, которая устанавливается во всасывающей камере насоса. Состояние сетки контролируется манометром, который измеряет давление во всасывающей камере после фильтрующей сетки.

При снижении давления масла во всасывающей камере ниже допустимого значения в зависимости от степени загрязнения сетки турбина должна быть разгружена и остановлена, после чего вскрывается передний подшипник турбины, фильтрующая сетка вынимается из подшипника и очищается от механических примесей.

После монтажа или капитального ремонта турбина в период пусконаладочных работ должна эксплуатироваться с сеткой вплоть до полной промывки масляной системы, после чего сетку следует снять.

Для проворачивания ротора турбины, а следовательно, и питательного и бустерного насосов предусмотрено валоповоротное устройство с электроприводом, которое устанавливается на крышке заднего подшипника турбины (рис. 2-21). Электродвигатель передает вращение на червяк *6*, с которым соединен муфтой. Червяк вращает червячное колесо *5*, на валу которого находится шестерня *1*, передающая вращение на зубчатое колесо *4*, выполненное на полумуфте ротора турбины.

При работе турбонасоса валоповоротное устройство отключается. Для этого шестерня *1*, имеющая поступательное движение по валу *2*, выводится из зацепления при помощи рычага. Шестерня *1* перемещается по шлицам *3* вдоль шлицевого вала и осуществляет сцепление или расцепление с зубчатым колесом *4* ротора турбины. Для поворота вала ротора турбины вручную имеется специальная ручка.

Ко всем трущимся частям валоповоротного устройства через штуцерные соединения по патрубкам подведено масло от главной турбины. Корпус валоповоротного устройства выполнен чугунным, вал — стальным, червячное колесо и шестерня выполнены из бронзы.

Система регулирования турбины гидродинамическая с двукратным усилением регулирующих импульсов (первая ступень усиления проточная, вторая — отсечная). В качестве датчика импульса изменения частоты вращения ротора используется главный масляный насос центробежного типа с радиально просверленными каналами, к всасывающей стороне которого масло подается из системы маслоснабжения главной турбины.

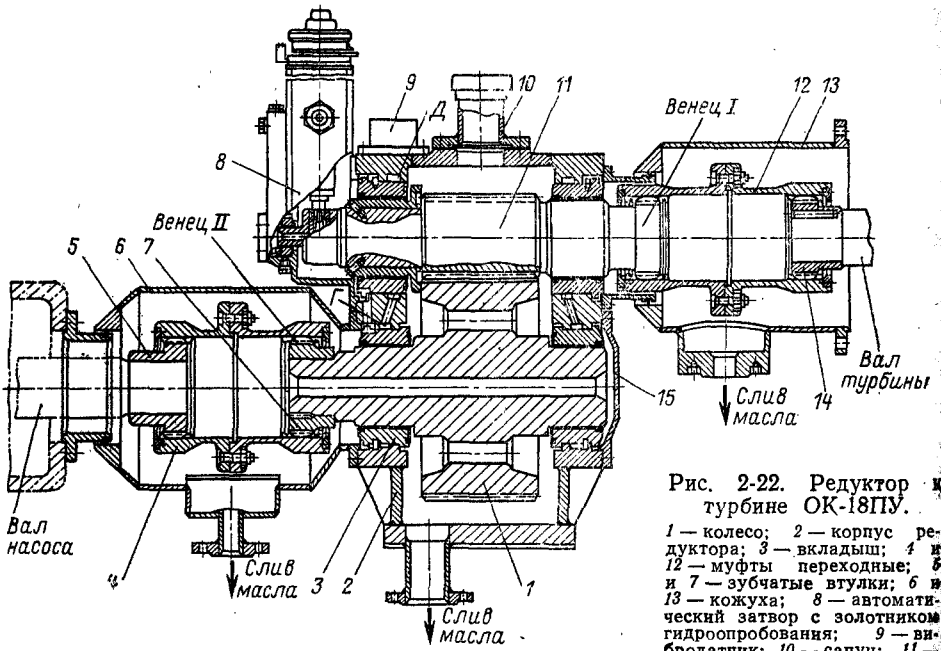


Рис. 2-22. Редуктор к турбине ОК-18ПУ.

1 — колесо; *2* — корпус редуктора; *3* — вкладыш; *4* и *12* — муфты переходные; *5* и *7* — зубчатые втулки; *6* и *13* — кожуха; *8* — автоматический затвор с золотником гидроопробования; *9* — вибродатчик; *10* — сапун; *11* — шестерня; *14* — зубчатая втулка; *15* — крышка.

Для энергоблока 800 МВт давление в линии нагнетания насоса при номинальной частоте вращения ротора турбины и давлении в линии всасывания насоса 0,14 МПа составляет 1,02 МПа (10,5 кгс/см^2). Для энергоблока 500 МВт при номинальной частоте вращения ротора турбины и давлении масла в линии всасывания насоса 0,11 МПа (1,2 кгс/см^2) давление в линии нагнетания насоса составляет 0,99 МПа (10,1 кгс/см^2).

Конструкция главного масляного насоса такова, что его напор, зависящий от квадрата частоты вращения, почти не зависит от расхода, т. е. характеристика насоса весьма полога, близка к горизонтали, что обеспечивает высокие динамические качества процесса регулирования. Автоматическое регулирование турбины имеет достаточное быстродействие, так что быстрое закрытие питательного клапана котлоагрегата не приводит к срабатыванию регулятора безопасности. Схема и конструктивные узлы регулирования турбины ОК-18ПУ в основном аналогичны схеме регулирования турбины ОР-12П.

Турбоагрегат (рис. 2-20) имеет редуктор *3*, предназначенный для передачи крутящего момента от приводной турбины к бустерному (предвключенному) насосу, с понижением его частоты вращения. Редуктор выполнен одноступенчатым с параллельными осями, косозубым и нереверсивным. Передаваемая мощность редуктора равна 1000 кВт, передаточное отношение 2,46, частота вращения шестерни турбины ОК-18ПУ-500 составляет 4600 об/мин, а турбины ОК-18ПУ-800 4650 об/мин.

Зубчатая передача редуктора (рис. 2-22) состоит из колеса *1* и шестерни *11*, откованных совместно с валами из высоколегированной стали с последующей азотизацией зубчатых венцов. На вал шестерни насажена упорная шайба, служащая для восприятия осевого усилия, возникающего в косозубом зацеплении. Передача размещена в стальном сварном корпусе *2*, имеющем горизонтальный разъем вдоль оси колеса. Корпус редуктора крепится нижним опорным фланцем к переднему подшипнику турбины призонными болтами.

Момент от турбины к редуктору передается зубчатой муфтой, состоящей из зубчатой втулки *14*, насаженной на вал турбины, зубчатого эвольвентного венца *I* шестерни *11* и двух зубчатых муфт *12*, имеющих внутренний прямозубый венец и соединенных между собой призонными болтами.

Момент от редуктора к предвключенному насосу передается с помощью зубчатой муфты, состоящей из зубчатого эвольвентного венца *II* колеса *1*, зубчатой втулки *5*, насаженной на вал насоса, двух зубчатых полумуфт *4*, имеющих внутренний прямозубый венец и соединенных призонными болтами. Для предотвращения осевых перемещений зубчатых муфт предусмотрены соответствующие стопоры.

Для предотвращения повышения давления в полости редуктора на его корпусе предусмотрен сапун *10*. На верхней половине корпуса редуктора установлены вибродатчик *9* и автоматический затвор *8* с золотником гидравлического опробования, который входит в систему защиты турбины от повышения частоты вращения.

Система маслоснабжения турбины ОК-18ПУ обеспечивается маслом от системы смазки главной турбины с давлением 0,14—0,16 МПа (1,5—1,7 кгс/см²) и температурой 40—45°С для энергоблока 800 МВт и давлением 0,11—0,13 МПа (1,2—1,4 кгс/см²) и такой же температурой для энергоблока 500 МВт. Масло для смазки подшипников и зацепления редуктора должно подаваться под давлением не ниже 0,11 МПа (1,2 кгс/см²) и при температуре не выше 37°С, поэтому масляная система редуктора имеет специальные маслоохладители.

При номинальной частоте вращения ротора турбины масляный насос-регулятор обеспечивает маслом высокого давления всю систему маслоснабжения турбоустановки. От масляного насоса-регулятора (до обратного клапана) масло высокого давления поступает в блок регулирования турбины, а часть масла, проходя через дроссельную шайбу, поступает в трубопровод рециркуляции и в сливную магистраль главной турбины, соединенную с главным масляным баком турбоустановки.

После обратного клапана масло высокого давления поступает в блок регулирования и к механизмам системы защиты: к автоматическому затвору, к реле останова пускового масляного электронасоса, к реле давления масла в системе смазки, к дистанционному выключателю, к стопорному клапану и к реле закрытия регулирующих клапанов парораспределения (расположено в корпусе блока регулирования).

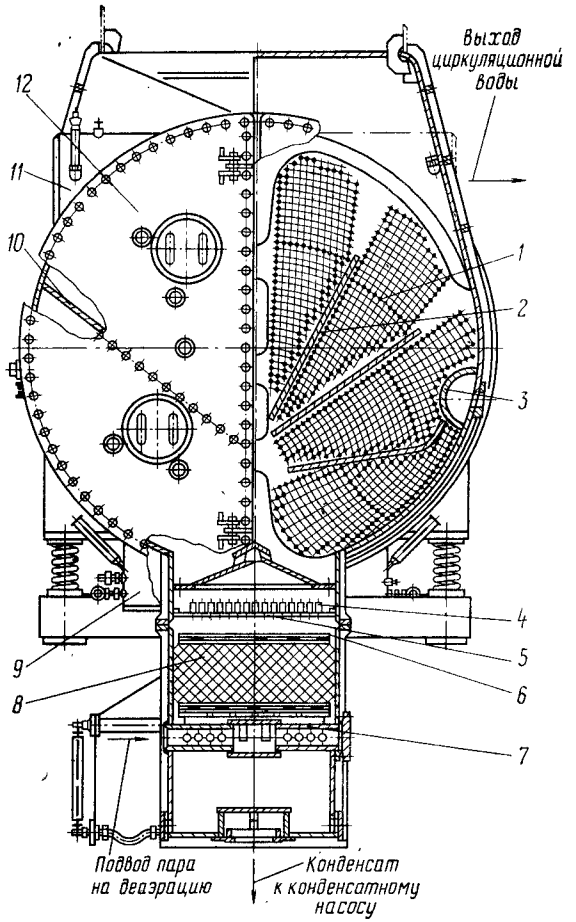


Рис. 2-23. Конденсатор КП-1200.

1 — охлаждающие трубки; *2* — перегородки паровые; *3* — желоб отсоса паровоздушной смеси; *4* — патрубки водораспределительной тарелки; *5* — водораспределительная тарелка; *6* — пружины; *7* — пароораспределительный коллектор; *8* — омегообразные элементы; *9* — патрубок входа охлаждающей воды; *10* — перегородка водяная; *11* — патрубок выхода охлаждающей воды; *12* — полукрышка.

Смазка переднего опорно-упорного подшипника осуществляется за счет протечек масла из линии нагнетания масляного насоса-регулятора. Слив масла из блока регулирования направлен на всас масляного насоса-регулятора. Внутренние протечки масла в блоке регулирования (дренажи), сливы масла из подшипников турбины, подшипников и зацепления редуктора, привода стопорного клапана, автоматического затвора, а также слив масла из масляного бака направлены в сливную магистраль главной турбины.

Из трубопровода нагнетания масляного насоса-регулятора масло высокого давления подведено в качестве датчика импульса к реле останова пускового масляного электронасоса, которое при повышении давления масла в этом трубопроводе до 0,58—0,68 МПа (6—7 кгс/см^2) останавливает пусковой электронасос.

Из маслопровода главной турбины подведено масло (в качестве датчика импульса) к реле давления масла в системе смазки, которое при снижении давления масла в этом маслопроводе до 0,034 МПа (0,35 кгс/см^2), воздействуя на привод стопорного клапана, автоматически останавливает турбину.

Конденсатор турбины ОК-18ПУ выполнен регенеративным. Для направления стекающего с трубок конденсата к центру конденсатора (рис. 2-23) предусмотрены перегородки *2*. Подогрев конденсата, стекающего с трубной системы, осуществляется паром, проникающим в нижнюю часть конденсатора по выполненным в трубной системе проходам. Основные технические данные конденсатора КП-1200 приведены в табл. 2-3.

В конденсатосборнике конденсатора предусмотрено деаэрационное устройство с омегообразными элементами. К нижней части корпуса конденсатора приварен прямоугольный патрубок, внутри которого приварена распределительная решетка, имеющая отверстия для прохода конденсата. В верхней части решетки предусмотрены окна для выхода парогазовой смеси.

К прямоугольному патрубку крепится водораспределительная та-

Таблица 2-3

Техническая характеристика конденсатора КП-1200

Основные характеристики	Мощность энергоблока, МВт	
	800	500
Тип конденсатора	КП-1200	
Количество пара, поступающее в конденсатор на номинальном режиме, кг/ч	65 500	50 000
Противодавление в конденсаторе на номинальном режиме, кгс/см²	0,006	
Поверхность охлаждения, м²	1200	
Расход охлаждающей воды, м³/ч	3400	
Температура охлаждающей воды, °С	15	20
Содержание кислорода в конденсате, мг/л:		
до деаэрации	0,13	
после деаэрации	0,015	
Конструктивные данные трубного пучка:		
количество трубок, шт	2780	
диаметр трубок, мм	22/20	
длина трубок, мм	6200	
число ходов по воде	2	
Габариты конденсатора:		
длина, мм	7535	
ширина, мм	2600	
высота, мм	4450	
Масса конденсатора:		
без воды, кг	26 000	
с водой (в рабочем состоянии), кг	36 100	

релка *5*, представляющая собой горизонтальный стальной лист, к которому приварены патрубки *4* для прохода парогазовой среды. Между патрубками просверлены отверстия для равномерного распределения конденсата, поступающего в конденсатосборник.

На нижней сетке конденсатосборника расположена насадка, состоящая из омегообразных элементов *8*, выполненных из нержавеющей стали. Для предотвращения сдвигов омегообразных элементов и компенсации тепловых расширений предусмотрено эластичное крепление насадки с помощью пружин *6*. Для предупреждения уноса элементов насадки с выпаром последние закреплены верхней сеткой.

Греющий пар на деаэрацию подводится в нижнюю часть конденсатосборника через парораспределительный коллектор *7* с отверстиями для равномерного распределения пара по всей поверхности насадки. Конденсат через отверстия в распределительной решетке стекает на водораспределительную тарелку и через отверстия, расположенные между патрубками *4*, попадает на насадку. Проходя через омегообразные элементы, конденсат омывает их, образуя пленку.

Для поддержания нормального уровня конденсата в конденсаторе предусмотрен регулятор уровня конденсата, а для визуального контроля имеется водоуказательный прибор. Для компенсации вертикальных температурных расширений выхлопного патрубка турбины и корпуса конденсатора последний установлен на восьми пружинах.

При замене элементов насадки необходимо перед загрузкой их в конденсатосборник промыть 1%-ным раствором щелочи, а затем конденсатом.

Системой защиты турбины предусмотрены устройства, обычно применяемые КТЗ для этой цели (различные реле, регулятор безопасности и т. д.). На автоматическом затворе редуктора имеется золотник

гидравлического опробования, с помощью которого производится опробование регулятора безопасности. При нажатии на кнопку золотник открывает подвод масла по центральному сверлению вала шестерни из линии нагнетания насоса-регулятора под боек регулятора безопасности. Давление подведенного масла в сочетании с центробежной силой, соответствующей частоте вращения вала, действующее на боек снизу, выдвинет его из расточки втулки. Боек, ударяя своим концом по рычагу автоматического затвора, вызовет срабатывание автоматического затвора.

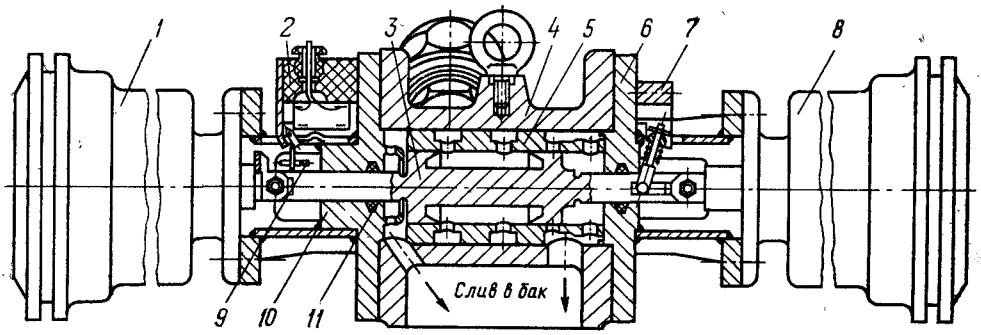


Рис. 2-24. Дистанционный выключатель турбины КТЗ.
1 и *8* — электромагниты; *2* — концевой выключатель; *3* — золотник; *4* — корпус; *5* — втулка; *6* и *10* — стаканы; *7* — кронштейн; *9* — винт регулировочный; *11* — кольцо уплотнительное.

Однако чтобы при этом не произошло закрытия стопорного клапана, на автоматическом затворе предусмотрена защелка, которая в этом случае не допускает его полного срабатывания, т. е. не открывает слива масла из быстрозапорного устройства привода стопорного клапана.

Система защиты турбин КТЗ (ОК-18ПУ и ОР-12П) включает в себя дистанционный выключатель (рис. 2-24), предназначенный для закрытия стопорного клапана турбины с пульта управления, а также для автоматического закрытия стопорного клапана при срабатывании какого-либо узла системы защиты, подающего электрический импульс на останов турбины.

Дистанционный выключатель состоит из корпуса, втулки, золотника, двух стаканов, двух электромагнитов, концевого выключателя и стопора. При работе турбины золотник *3* занимает крайнее левое положение (как показано на рис. 2-24). При таком положении золотника открывается подвод масла высокого давления из системы защиты турбоагрегата в полость быстрозапорного устройства стопорного клапана, что создает условия для его открытия.

При поступлении электрического импульса на останов турбины, поданного с пульта управления или возникшего в результате срабатывания какого-либо узла системы защиты, электромагнит *8* переместит золотник в крайнее правое положение. Это перекроет подвод масла высокого давления к стопорному клапану из системы защиты и соединит полость быстрозапорного устройства стопорного клапана со сливом масла в бак, в результате чего стопорный клапан автоматически закроется.

Чтобы вновь открыть стопорный клапан, необходимо взвести дистанционный выключатель, т. е. с пульта управления турбины переместить золотник в крайнее левое положение.

Следует обратить внимание на то, чтобы золотник плавно перемещался во втулке и в стаканах. В случае необходимости плавность перемещения золотника обеспечивают доводкой трущихся поверхностей.

Для регулировки срабатывания концевого выключатели *2* золотник следует установить в крайнее правое положение и упором регулировочного винта *9* в скобу добиться срабатывания концевого выключателя, после чего винт следует застопорить.

Согласно Правилам технической эксплуатации турбинных агрегатов работу регуляторов безопасности необходимо периодически проверять. Что касается турбин КТЗ (в частности, турбины ОК-18ПУ), то завод-изготовитель рекомендует через каждые четыре месяца работы турбины, а также после каждой разборки механизмов системы регулирования и защиты, и в случае длительной стоянки (более одного месяца) обязательно производить проверку работы регулятора безопасности и автоматического затвора методом повышения частоты вращения ротора. Для этого необходимо в соответствии с инструкцией электростанции переключить питательный насос с питания котлоагрегата на рециркуляцию насоса.

Если питательный насос при работе на рециркуляцию по своим техническим характеристикам не допускает повышения частоты вращения ротора турбины ОК-18ПУ до 5180—5220 об/мин, необходимых для срабатывания регулятора безопасности, то следует остановить турбину, разобрать соединительные муфты и отсоединить роторы питательного и бустерного насосов от ротора турбины и колеса редуктора. После этого вновь пустить турбину, довести вращение ротора до 5180—5220 об/мин и в пределах этой частоты вращения произвести проверку работы регулятора безопасности.

При наладке регулятора безопасности необходимо помнить, что поворот его на один зуб, выфрезерованный на втулке регулятора, изменяет частоту вращения, при которой срабатывает регулятор безопасности приблизительно на 28 об/мин.

В связи с тем что турбина имеет два регулятора безопасности и соответственно два автоматических затвора для обеспечения опробования каждого регулятора поочередно, затворы имеют специальные приспособления, позволяющие исключить останов турбины при их срабатывании. С этой целью перед опробованием необходимо маховичок автоматического затвора повернуть против часовой стрелки настолько, чтобы указательная стрелка на маховичке совпала с указательной стрелкой таблички с надписью «Испытание», в результате чего защелка маховичка встанет в закрытое положение.

На автоматическом затворе имеется микровыключатель, предназначенный для подачи сигнала на пульт управления турбинной установки при опробовании регулятора безопасности. Замыкание и размыкание контактов микровыключателя осуществляется специальным винтом в соответствии с положением маховичка автоматического затвора.

На фланце верхней выхлопной части турбины предусмотрены две предохранительные диафрагмы *17* (типа ДП-450), предназначенные для отвода пара в атмосферу при повышении давления пара выхлопной части турбины выше 0,019 МПа (0,2 кгс/см^2). Суммарная площадь отверстий сетки каждой предохранительной диафрагмы равна 0,0935 м^2. Габаритные размеры диафрагмы: диаметр 645 мм, высота 405 мм.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

КОНСТРУКЦИИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ К ПИТАТЕЛЬНЫМ НАСОСАМ

3-1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Обозначение типов двигателей расшифровывается следующим образом:

первая цифра характеризует порядковый номер серии;

первая буква — род двигателя (например, А — асинхронный);

вторая буква указывает исполнение по вентиляции: З — замкнутый цикл вентиляции;

третья буква характеризует исполнение электродвигателя по пусковым характеристикам: М — с нормальным пусковым моментом, для привода механизмов с нормальными условиями пуска и повышенными маховыми массами.

Первое число второй части обозначения указывает мощность двигателя, кВт.

Второе число (через дробь) — напряжение двигателя, В.

Буква второй части обозначения показывает климатическое исполнение двигателя по ГОСТ 15150-69.

Например, буква У означает, что двигатель выполнен для макроклиматических районов с умеренным климатом.

Последняя цифра в обозначении указывает категорию двигателя в зависимости от места его установки. Например, цифра 4 характерна для двигателей, предназначенных для работы в помещениях с искусственно регулируемыми климатическими условиями.

Таким образом, расшифровка типа электродвигателя, например 2АЗМ-4000/6000 У4, следующая: электродвигатель асинхронный с замкнутым циклом вентиляции, нормальным пусковым моментом, мощностью 4000 кВт, на напряжение 6000 В, для районов с умеренным климатом и для работы в помещениях с искусственно регулируемыми климатическими условиями.

Основные параметры электродвигателя при номинальной нагрузке, энергетические показатели двигателя при частичных нагрузках, пусковые характеристики двигателя в процессе прямого пуска и основные данные воздухоохладителей в номинальном режиме (для двигателей с замкнутым циклом вентиляции) должны быть приведены в технических данных агрегата. Двигатели рассчитаны на прямой пуск от полного напряжения сети.

На двигателе укрепляется щиток с его номинальными данными в соответствии с ГОСТ 183-66, товарный знак завода-изготовителя, указатели вращения, знаки заземления, указатели подачи и слива воды. Маркировка выводных концов обмотки статора должна соответствовать ГОСТ 183-66 и выбита на кабельных наконечниках выводных концов обмотки.

3-2. КОНСТРУКЦИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ 2АЗМ-500/6000 НОВОСИБИРСКОГО ЗАВОДА «СИБЭЛЕКТРОТЯЖМАШ»

Электродвигатель 2АЗМ-500/6000 мощностью 500 кВт и номинальным напряжением 6000 В предназначен для привода быстроходных механизмов (бустерного насоса) с установкой в помещении при температуре окружающей среды не менее +5°С и наибольшей относительной влажности воздуха 95%.

Электродвигатель 2АЗМ-500/6000 асинхронный, с нормальным пусковым моментом предназначен для привода механизма с нормальными условиями пуска и повышенными маховыми массами.

Техническая характеристика электродвигателя 2АЗМ-500/6000

Номинальная мощность, кВт . . .	500	Коэффициент мощности, $\cos\varphi$ . .	0,920
Напряжение питающей сети, В . .	6000	Краткость максимального момента	2,1
Ток статора, А	55	Расход воздуха, м³/ч	0,6
Частота вращения, об/мин	2980	Частота питающей сети, Гц . . .	50
Коэффициент полезного действия, %	95,5		

Двигатель имеет четыре воздухоохладителя, размещенных по периметру средней части корпуса статора; выполнен на щитовых подшипниках качения и имеет два рабочих конца вала, что создает универсальность по направлению вращения.

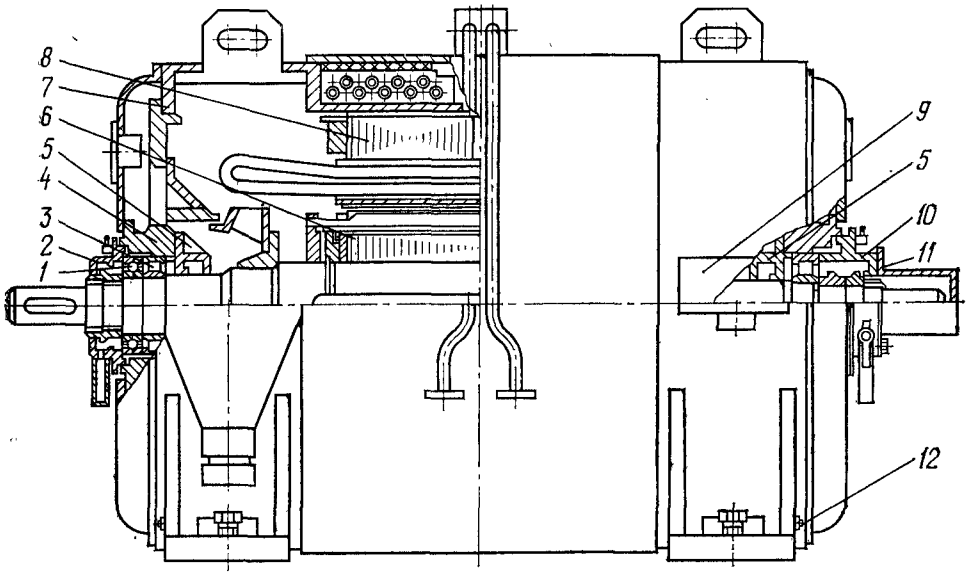


Рис. 3-1. Общий вид асинхронного двигателя серии АТД-2 типа 2АЗМ-500/6000.

1 — радиальный шариковый подшипник; *2, 5, 10* — лабиринтные уплотнения; *3* — радиальный роликовый подшипник; *4* — щит подшипниковый; *6* — сердечник ротора; *7* — корпус статора; *8* — сердечник статора; *9* — клеммная коробка датчиков теплоконтроля; *11* — транспортировочный кожух; *12* — заземляющий зажим.

Корпус статора (рис. 3-1) выполнен стальным, сварным, неразъемным, в виде цилиндра, на торцах которого установлены щиты. Для подъема статора и собранного двигателя в верхней его части предусмотрены рымы. В нижней части корпуса статора размещены болты заземления.

Корпус статора имеет три окна с фланцами для крепления коробки выводов, коробки нулевого соединения и обмотки статора, а также клеммной коробки датчиков теплоконтроля. Сердечник статора собран из штампованных листов электротехнической стали.

Пазы статора выполнены открытыми, специально углубленными для образования надпазовых вентиляционных каналов. Обмотка статора катушечная, двухслойная, с укорочением шага по пазам, равным 1/3 полюсного деления, имеет шесть выводов. Три конца на одной из

боковых сторон двигателя соединяются в нуль, а остальные три конца на другой стороне двигателя являются выводами трех фаз (схема соединения — звезда). Расположение выводов обмотки и маркировку их указывают в схеме обмотки.

Сердечник ротора собран из листов электротехнической стали. Короткозамкнутая обмотка ротора двигателя алюминиевая, отлитая вместе с короткозамыкающими кольцами и лопатками вентиляторов.

Для восприятия радиальных нагрузок с обеих сторон двигателя установлено по одному радиальному роликовому подшипнику, а для восприятия осевых нагрузок со стороны привода предусмотрена установка радиального шарикового подшипника. Смазка подшипников качения консистентная.

Щиты подшипниковые выполняются жесткими, сварными, неразъемными, со втулками для установки подшипников качения и окнами для забора охлаждающего воздуха. Конструкция щитов позволяет вводить в подшипники свежую и удалять из них консистентную смазку без разборки и остановки двигателя. Пополнение подшипниковых камер смазкой производится через пресс-масленки на щитах.

Для смазки подшипников должна применяться смазка марки ЭШ-176 или другие смазки, близкие по своим техническим характеристикам.

Смена смазки в подшипниковых узлах производится методом шприцевания при номинальной частоте вращения электродвигателя, при этом подшипниковые узлы пополняют смазкой в объеме 100 $см^3$ через 500 ч работы электродвигателя и один раз в течение трех календарных месяцев (2200 ч) также в объеме 100 $см^3$.

Для предотвращения вытекания смазки из подшипниковых узлов последние снабжены лабиринтовыми уплотнениями. Отработанная смазка поступает в съемные коробки, из которых должна периодически удаляться.

Смена подшипников должна осуществляться через 8000 ч суммарного времени работы двигателя на номинальной частоте вращения или через два года календарного времени независимо от времени и работы электродвигателя.

Двигатель снабжается коробкой выводов. Крепление выводов обмотки статора и кабеля питающей сети в коробке выводов осуществляется на трех высоковольтных изоляторах. Коробка выводов сварная и рассчитана на трехжильный кабель с медными или алюминиевыми жилами, при этом сечение каждой жилы не превышает 185 $мм^2$.

Конструкция муфты для разделки кабеля питающей сети допускает как разделку кабеля с последующей заливкой места разделки кабельной массой, так и сухую разделку кабеля.

Для уплотнения разделываемого в муфту кабеля муфта снабжена уплотняющим фланцем с кольцом из резины. Коробка выводов имеет два заземляющих зажима; один из них, расположенный внутри коробки, служит для присоединения оболочки питающей сети, другой, расположенный снаружи — для присоединения брони кабеля.

Система вентиляции двигателя аксиально-радиальная. Схема движения воздуха показана на рис. 3-2. Вентиляторы забирают воздух из камер подшипниковых щитов и подают его в камеры лобовых частей обмотки статора. Отсюда охлаждающий воздух разветвляется — основная часть воздуха идет по кольцевому каналу между корпусом и сердечником статора, другая часть — по надпазовым каналам статора, охлаждая по пути ротор. Обе струи воздуха соединяются в зоне

у радиальных каналов статора и выходят на периферию сердечника статора, а затем выбрасываются через окно в верхней части корпуса статора.

Горячий воздух поступает к охладителям, в которых по трубкам циркулирует вода, а между ними — охлаждаемый воздух. В кожухах, расположенных на торцах подшипниковых щитов, установлены фильтры.

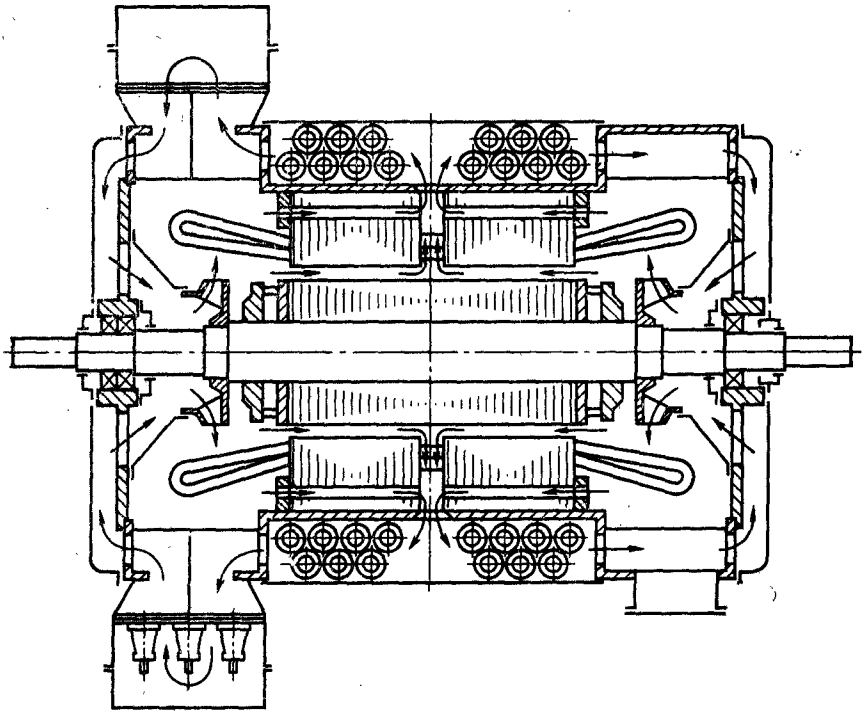


Рис. 3-2. Схема вентиляции электродвигателя 2АЗМ-500/6000.

В настоящее время разработана конструкция электродвигателя (мощностью 500 кВт и частотой вращения 2980 об/мин) для привода бустерного насоса 12ПД-8, главной особенностью которого является наличие внутреннего охлаждения обмотки статора дистиллятом, от замкнутой системы охлаждения ротора и статора электродвигателя ПЭН энергоблока мощностью 300 МВт.

3-3. КОНСТРУКЦИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ 2АЗМ-4000/6000 И 2АЗМ-5000/6000 НОВОСИБИРСКОГО ЗАВОДА «СИБЭЛЕКТРОТЯЖМАШ»

Электродвигатель 2АЗМ-4000/6000 является приводом питательного насоса ПЭ-500-180-2 и питательного насоса ПЭ-580-185-2 (для агрегата без гидромуфты). Электродвигатель 2АЗМ-5000/6000 преднадначен для привода питательного насоса ПЭ-580-185-2 (с гидромуфтой), а также для питательных насосов ПЭ-580-200-2 и ПЭ-720-185-2. Конструкции указанных асинхронных двигателей серии АТД-2 идентичны.

Основные параметры электродвигателя 2АЗМ-4000/6000

Напряжение питающей сети, В . .	6000	Коэффициент полезного действия, %	96,9
Частота питающей сети, Гц . . .	50	Коэффициент мощности cos φ . . .	0,920
Ток статора, А	431,0	Расход воздуха, м³/с	4
Частота вращения, об/мин	2985		

Двигатели выполнены на стояковых подшипниках скольжения (рис. 3-3), смонтированных вместе со статором на общей фундаментной плите. Двигатели имеют один рабочий конец вала; направление вращения левое (против часовой стрелки), если смотреть со стороны рабочего конца вала, однако эти двигатели могут быть выполнены и на правое направление вращения, если это положение предусмотрено в заказе.

Двигатели с замкнутым циклом вентиляции имеют четыре воздухоохладителя, которые размещены по торцам корпуса статора в зоне лобовых частей его обмотки, в вертикальном положении. Лобовые части обмотки статора и воздухоохладители закрываются кожухами, которые крепятся к фундаментной плите и торцовым стенкам корпуса статора.

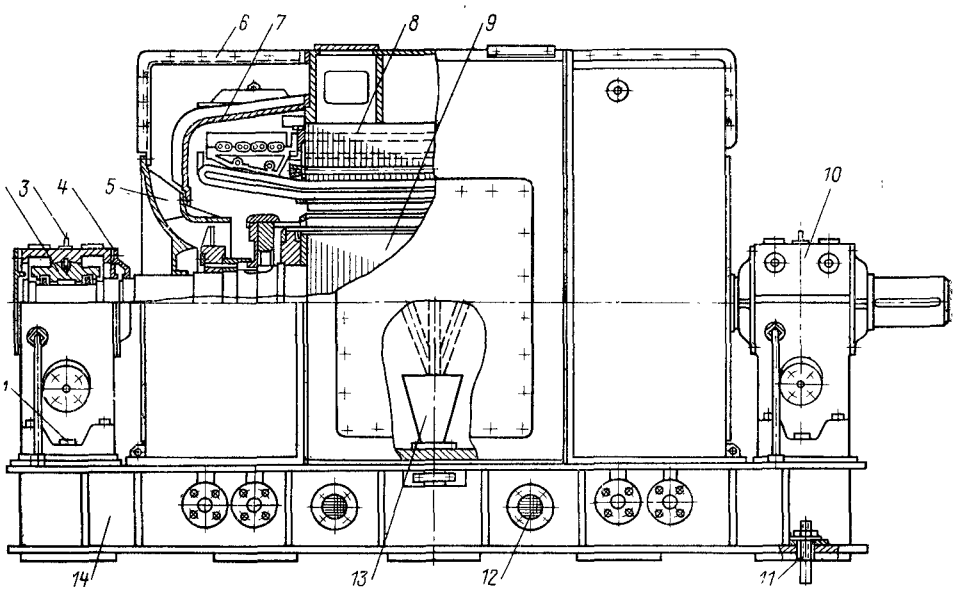


Рис. 3-3. Общий вид асинхронного двигателя серии АТД-2 типа 2АЗМ-5000/6000.
1 — пробка; 2 — вкладыш; 3 — винт грузовой (рым-болт); 4 — уплотнение; 5 — щит вентилятора; 6 — кожух; 7 — щит; 8 — статор; 9 — ротор; 10 — подшипник; 11 — фундаментный болт; 12 — фильтр; 13 — вводное устройство; 14 — монтажная плита.

Корпус статора выполнен стальным, сварным, неразъемным. Для подъема статора и собранного двигателя в верхней части корпуса статора предусмотрены отверстия. Корпус статора имеет развитые боковые камеры, в которых размещены: с одной стороны — вводное устройство для кабеля питающей сети; с другой (противоположной) стороны — нулевое соединение обмотки статора. Торцовые стенки боковых камер имеют окна для прохода охлаждающего воздуха из воздухоохладителей к радиальным каналам сердечника статора.

Сердечник статора собран из штампованных сегментов электротехнической стали. Пазы статора выполняются открытыми, специально

углубленными для образования надпазовых вентиляционных каналов.

Обмотка статора двигателей катушечная, двухслойная с укорочением шага по пазам, равным 1/3 полюсного деления. Изоляция обмотки статора выполнена на термореактивных связующих, типа «Монолит-2», по нагревостойкости не ниже класса В (ГОСТ 8865-70).

Сердечник ротора собран из листов электротехнической стали. Стержни короткозамкнутой обмотки ротора выполнены из профильной меди и впаяны в пазы короткозамыкающих колец. На вал насажены вентиляторы, обеспечивающие необходимый расход охлаждающего воздуха.

Подшипники выполнены с горизонтальным разъемом, при этом нижняя половина вкладыша залита баббитом марки Б-83, верхняя половина — баббитом Б-16. Для возможности самоустановки вкладыша при работе двигателя посадка вкладыша в корпус подшипника выполнена шаровой.

Для смазки подшипников рекомендуется применять турбинное масло марки 30 (ГОСТ 32-53) или менее вязкое масло — турбинное марки 22 (ГОСТ 32-53). Можно применять и другие смазочные масла, близкие по своим техническим характеристикам.

Смазка подшипников принудительная, с давлением 0,029—0,049 МПа (0,3—0,5 кгс/см^2). Расход масла на два подшипника ориентировочно составляет 36 л/мин. Для обеспечения кратковременной (до 10 мин) работы двигателя при прекращении принудительной циркуляции масла каждый подшипник снабжен двумя смазочными кольцами, свободно висящими на валу ротора. Для исключения подшипниковых токов подшипник двигателя со стороны нерабочего конца должен быть изолированным.

Воздухоохладители состоят из охлаждающих трубок, завальцованных своими концами в трубных панелях. По трубкам циркулирует вода; между ними — охлаждаемый воздух. Технические сведения о воздухоохладителях должны быть указаны в технических данных электродвигателя.

Щиты и кожухи выполнены разъемными. Щиты вентиляторов и щиты, закрывающие лобовые части обмотки статора, устанавливаются на двигатель с разъемом по горизонтали. Кожухи, закрывающие зону лобовых частей двигателя, выполнены с разъемом по вертикали. В собранной машине щиты вентилятора, щиты лобовых частей и кожухи образуют вентиляционный тракт для циркулирующего внутри машины воздуха.

Двигатели не имеют специальной коробки выводов; для крепления выводов обмотки статора и жил кабеля питающей сети внутри корпуса статора установлены высоковольтные изоляторы. Муфта для разделки кабеля расположена на верхней полке фундаментной плиты, а зажимы для заземления оболочки кабеля размещены на муфте для разделки кабеля.

Фундаментная плита выполняется сварной, общей для установки и крепления статора, подшипников и воздухоохладителей. В нижней полке плиты имеются четыре отверстия для фундаментных шпилек; на верхней полке — два заземляющих болта, расположенных по диагонали. В нижней части плиты имеется контрольная пробка для стока воды из плиты при появлении течи воздухоохладителей.

Система вентиляции двигателей симметричная, вытяжная. Схема движения воздуха показана на рис. 3-4. Холодный воздух засасывается в радиальные каналы сердечника статора, в которых воздух разветвляется. Часть воздуха направляется в аксиальные каналы спинки статора, а затем, омывая лобовые части обмотки статора, попадает в вентилятор; другая его часть проходит по надпазовым каналом статора, а также каналам ротора.

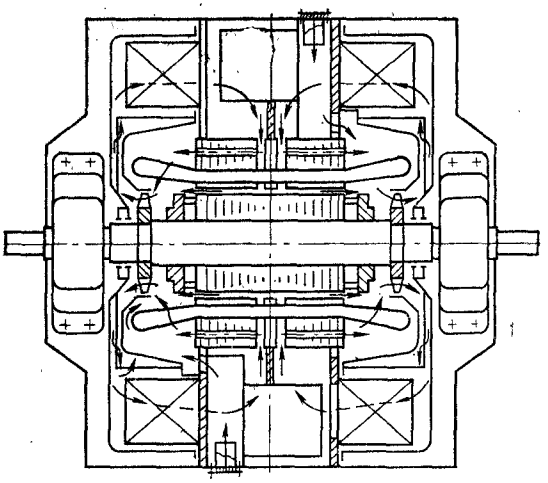


Рис. 3-4. Схема вентиляции электродвигателей 2АЗМ-4000/6000 и 2АЗМ-5000/6000.

Нагретый воздух подается к воздухоохладителям, где охлаждается, а затем направляется к периферии сердечника статора — в зону радиальных каналов. Для стабилизации положения точки атмосферы * в вентиляционном тракте двигателя внутренняя его полость (зона лобовых частей обмотки статора) соединена с атмосферой. В этих отверстиях установлены фильтры для очистки воздуха, поступающего в машину для компенсации его утечки через возможные неплотности из зон повышенного давления.

Электродвигатели при установке их на высоте до 1000 м над уровнем моря могут нести номинальную нагрузку при температуре охлаждающей воды не более 30°С. Во избежание отпотевания охлаждающих трубок воздухоохладителя температура охлаждающей воды не должна быть ниже 15°С; в случае понижения температуры воды ниже 15°С необходимо осуществить ее частичную рециркуляцию.

3-4. КОНСТРУКЦИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ АВ-8000/6000 НОВОСИБИРСКОГО ЗАВОДА «СИБЭЛЕКТРОТЯЖМАШ»

Трехфазный, асинхронный, двухполюсный электродвигатель АВ-8000/6000 предназначен для привода питательных насосов энергоблоков мощностью 300 МВт (СВПЭ-320-550 или ПЭ-600-300).

Электродвигатель выполнен на стояковых подшипниках скольжения, смонтированных вместе со статором на общей фундаментной плите, и имеет один рабочий конец вала. Направление вращения двигателя правое (по часовой стрелке), если смотреть со стороны приводного конца вала.

Техническая характеристика электродвигателя АВ-8000/6000

Номинальная мощность, кВт	8000	$M_{пуск}/M_{ном}$	0,8
Номинальное напряжение, В	6000	Маховой момент ротора, т·м²	0,83
При номинальной нагрузке:		Расход воды статора, м³/ч	5
ток статора, А	875	Расход воды ротора, м³/ч	40
к. п. д., %	96,6	Расход воздуха, м³/с	3
cos φ	0,91	Масса ротора, кг	4527
частота вращения, об/мин	2960	Масса электродвигателя (без воздухоохладителя), кг	21 290
$M_{макс}/M_{ном}$	2,5		

Обмотка статора электродвигателя имеет шесть выводов, выполненных жесткими шинами вниз, в проем фундамента. Система охлаждения электродвигателя комбинированная: обмотка ротора охлаждается водой непосредственно, сердечник статора вместе с пазовой частью обмотки — косвенно, лобовые части статора охлаждаются воздухом. Цир-

* Точкой атмосферы называют место по вентиляционному тракту двигателя, где статическое давление равно атмосферному.

куляция воздуха осуществляется по замкнутому циклу и обеспечивается двумя вентиляторами, насаженными на вал ротора электродвигателя.

Корпус статора электродвигателя — сварной, неразъемный, закрытого типа. Для подъема корпуса статора (и собранного электродвигателя) к нему приварены два подъемных стержня (рыма). Корпус статора имеет пять окон, обеспечивающих доступ к гидравлическим соединениям системы охлаждения статора, а болты его крепления закрываются заглушками.

Сердечник статора состоит из 26 пакетов, между которыми установлено 25 рядов охлаждающих сегментов. Пакеты собраны из отдельных штампованных сегментов электротехнической стали толщиной 0,5 мм, покрытых изолирующим лаком. В каждом пакете проложены изоляционные прокладки из картона толщиной 0,5 мм.

Активная сталь сердечника статора в запрессованном состоянии удерживается нажимными кольцами из немагнитного чугуна. Для предотвращения распушовки стали в зубцовой зоне крайних пакетов между нажимными кольцами и сталью установлены сегменты (крайние) с нажимными пальцами.

Обмотка статора стержневая, двухслойная, с укорочением шага по пазам, равным 1/4 полюсного деления. Витковая и корпусная изоляция пазовой и лобовой частей стержней обмотки класса В — непрерывная, из микаленты, компаундированная. В пазах стержни закреплены гетинаксовыми клиньями. Лобовые части обмотки статора прибандажированы к стальным бандажным кольцам, собранным на специальных кронштейнах. Соединение фазных групп — последовательное, соединение фаз — звезда.

Корпус статора с каждого торца закрыт сварными щитами, образующими полость, через которую в машину подается холодный воздух. Разъемы щитов расположены в вертикальной плоскости. На щитах крепятся уплотнения вала и вентилятора.

Сердечник ротора собирается из трех пакетов листовой стали толщиной 0,5 мм. Сердечник в запрессованном состоянии удерживается нажимными кольцами, которые одновременно служат для центрирования короткозамыкающих колец.

Ротор электродвигателя имеет непосредственное (внутрипроводниковое) водяное охлаждение обмотки (рис. 3-5). Для короткозамкнутой обмотки ротора применены полые латунные стержни трапецеидального сечения с круглыми концами, впаянными в отверстия полых короткозамыкающих колец. Полости колец соединены с центральным отверстием вала посредством радиально распо-

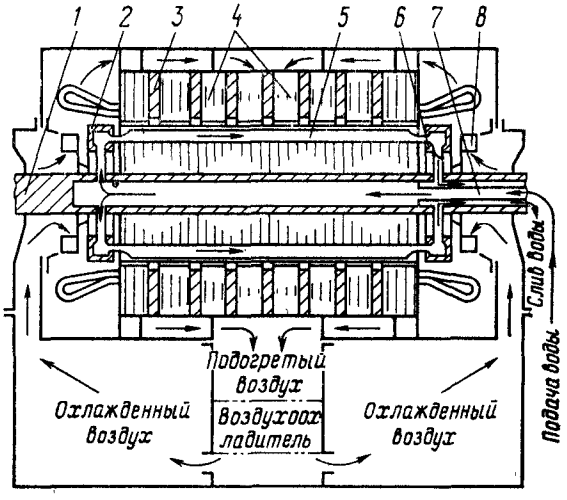


Рис. 3-5. Система охлаждеиия ротора и система вентиляции электродвигателя АВ-8000/6000.

1 — вал; *2* — короткозамкнутое кольцо; *3* — охлаждающий элемент; *4* — пакеты стали; *5* — полый стержень обмотки ротора; *6* — гидравлическое соединенне; *7* — вращающаяся труба; *8* — вентнлятор.

ложенных трубок, один конец которых закреплен в кольце гайкой, а другой может перемещаться в уплотняющем гнезде вала, что позволяет устранить напряжение в трубках при температурных деформациях кольца во время пуска. Стержни с обеих сторон сердечника поджаты к боковым стержням паза встречными клиньями. На короткозамыкающие кольца надеты бандажные кольца из немагнитной стали.

В центральное отверстие вала ротора вставлена вращающаяся вместе с ним труба *7*, которая с помощью специального уплотнения разделяет камеры холодной и подогретой воды в роторе. Охлаждающая вода подается в трубу через неподвижную самоустанавливающуюся втулку со фторопластовым уплотнением — специальный водоподвод, корпус которого крепится к фундаментной плите электродвигателя.

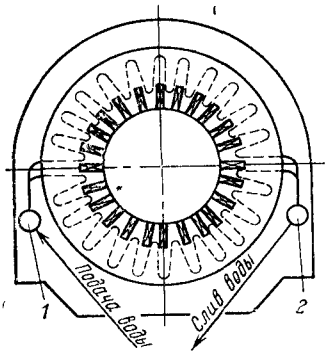


Рис. 3-6. Система охлаждения статора электродвигателя АВ-8000/6000.

1 — нагнетательный коллектор; *2* — сливной коллектор.

Первоначальный установочный зазор между неподвижным фторопластовым уплотнением и вращающейся трубой должен быть от нуля до 0,05 мм (по диаметру). Водоподвод имеет камеру для сбора и замера утечек воды через зазор между вращающейся трубой и уплотняющей втулкой. Утечки должны быть не более 10% номинального расхода воды через ротор. Водоподвод изолируется от сливного и нагнетательного трубопроводов, а также фундаментной плиты, при помощи специальных изоляционных втулок и прокладок.

Для охлаждения статора и ротора используется турбинный конденсат с содержанием железа не более 0,15 мг/л, кремния — не более 0,05 мг/л. Однако в периоды пуска и наладки энергоблока для охлаждения электродвигателя может использоваться химически очищенная и обессоленная вода или турбинный конденсат с ранее действующего энергоблока с аналогичным содержанием железа и кремния.

Для охлаждения воздуха предусмотрен водяной воздухоохладитель типа ВПТ-108-1000, устанавливаемый в проеме фундамента.

Техническая характеристика воздухоохладителя ВПТ-108-1000

Потери, отводимые воздухоохладителем, кВт	40
Расход воды, м³/ч	15
Температура входящей воды, °С	33
Расход воздуха, м³/с	3
Температура охлаждающего воздуха, °С	40
Число секций, шт.	1
Пробное гидравлическое давление, кгс/см²	3
Число ходов воды, шт.	6
Общая масса без воды, кг	425

Вкладыши подшипников шаровые, самоустанавливающиеся, разъемные — нижняя половина вкладыша залита баббитом Б-83, верхняя половина — баббитом Б-16. Масло на смазку подшипников подается от системы смазки главной турбины энергоблока при давлении 0,14 — 0,16 МПа (1,5—1,7 кгс/см²) и сливается в ее масляный бак. Для обеспечения кратковременной работы двигателя при прекращении принудительной циркуляции масла каждый из подшипников снабжен двумя смазочными кольцами.

Охлаждение сердечника статора и пазовой части обмотки — косвенное. Между пакетами сердечника запрессованы охлаждающие элементы (рис. 3-6). Охлаждающие элементы представляют собой силуми-

новые сегменты с залитыми в них трубками, по которым циркулирует вода. Шесть сегментов соединяются последовательно и образуют параллельную ветвь. Охлаждающая вода подается в нагнетательный коллектор *1*, затем в охлаждающие сегменты и сливается в сливной коллектор *2*.

При нормальной частоте вращения двигателя и температуре конденсата 45°С его расход для охлаждения ротора составляет 40 м³/ч, а для охлаждения статора 5 м³/ч, при этом давление воды на входе в статор не должно превышать 0,49 МПа (5 кгс/см²), а на входе в ротор 0,39 МПа (4 кгс/см²).

Для контроля расхода охлаждающей воды на подводящих трубопроводах ротора и статора должна быть предусмотрена установка расходомеров (датчиков расходов). При уменьшении расходов воды через ротор и статор до 35 и 4,5 м³/ч (соответственно) должны включаться световые сигналы. При прекращении циркуляции воды через ротор или статор должно быть предусмотрено автоматическое отключение электродвигателя от сети с выдержкой времени не более 3 мин.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ

МОНТАЖ ТУРБОПИТАТЕЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ

4-1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Успешное выполнение монтажных работ зависит от квалификации персонала, правильной организации работ, качества оборудования и инструмента. До начала работ необходимо ознакомить монтажный персонал с конструктивными особенностями агрегатов, объемом и графиком работ, заводскими инструкциями и технологическими картами, разработанными на монтаж данного оборудования.

Выполнение подготовительных работ организуется таким образом, чтобы создать все условия, необходимые для высококачественного выполнения монтажа агрегатов в установленные сроки. Подготовительные работы включают подбор необходимого инструмента и вспомогательных материалов, подготовку и изготовление монтажных приспособлений, проверку комплектности и приемку оборудования, предмонтажную ревизию узлов агрегатов и при необходимости отправку дефектных деталей на заводы-изготовители для ремонта, проверку фундамента.

При приемке оборудования проверяются комплектность поставки и соответствие номенклатуры и количества мест отправочным документам, соответствие поставленного оборудования маркировке и техническим условиям на поставку оборудования, состояние оборудования, отсутствие повреждений, трещин, раковин и других видимых дефектов; наличие заводских пломб на заглушках всех патрубков насосов, поступивших на монтаж в собранном виде. Обнаруженные при ревизии и монтаже оборудования повреждения, отступления от чертежей и технических условий фиксируются в соответствующем акте с указанием способа исправления и исполнителей.

Монтажные работы проводятся в строгом соответствии с инструкциями заводов-изготовителей и технологическими картами.

Применяющиеся при монтаже такелажные приспособления и грузоподъемные механизмы после их проверки должны иметь бирки с указанием даты проведенного испытания и допустимой нагрузки.

Основным механизмом для производства такелажных работ в машинном зале является мостовой кран. Для ускорения монтажных работ

в качестве вспомогательного механизма применяют козловой кран. Так, например, при монтаже питательных агрегатов в схеме энергоблока 300 МВт используется козловой кран грузоподъемностью 2 т, который устанавливается непосредственно на фундаменте питательных агрегатов.

В процессе выполнения ревизий и монтажа оборудования все замеряемые зазоры и размеры фиксируются в соответствующих монтажных формулярах. С целью повышения качества монтажных работ межоперационный контроль осуществляется мастером (производителем работ) монтажной организации с предъявлением их представителям заводов-изготовителей и электростанции.

4-2. ПРОВЕРКА И ПРИЕМКА ФУНДАМЕНТА

До начала монтажа питательных агрегатов проверяется выполнение фундамента с целью получения уверенности в его годности либо своевременного производства необходимых исправлений. Перед проверкой фундамент освобождают от опалубки и тщательно очищают от мусора. При проверке убеждаются в отсутствии трещин, пустот и оголенной арматуры, соответствии осей фундамента осям главной турбины и геометрических размеров фундамента проектным данным. Особо важно проверить положение и качество выполнения колодцев для фундаментных болтов, которые должны быть вертикальны для возможности затяжки фундаментных болтов без перекоса.

В соответствии с расположением колодцев под фундаментные болты на фундаменте наносят его главные оси, положение которых фиксируют керном на металлических планках, заранее заделанных в фундамент. По осям фундамента натягивают струны из проволоки диаметром около 0,5 мм, которые крепят к специально установленным приспособлениям, приваренным к арматуре фундамента. После проверки взаимной перпендикулярности этих струн производят обмеры фундамента с помощью рулетки и отвесов, подвешенных на проволоке, а высотные отметки проверяют нивелиром или гидростатическим уровнем по реперам, установленным строителями. Наличие таких реперов позво-

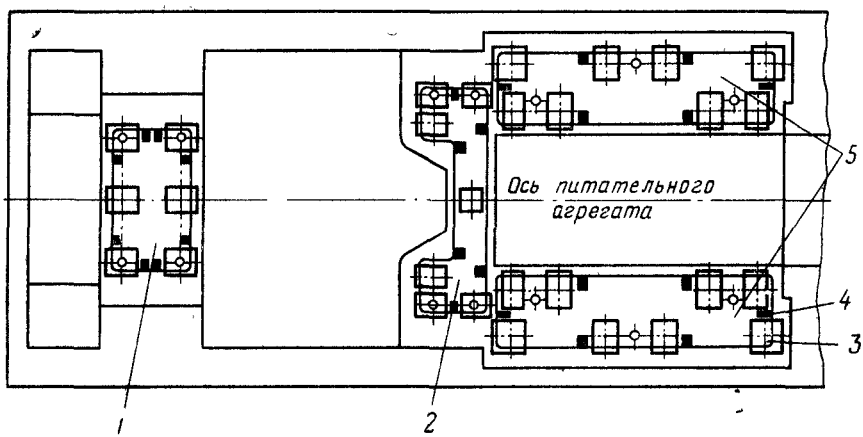


Рис. 4-1. Установка опорных плит на фундаменте питательного агрегата СВПТ-340-1000.

1 — фундаментная плита переднего подшипника турбины; *2* — фундаментная плита заднего подшипника турбины; *3* — закладная плита; *4* — место под клиновой домкрат; *5* — фундаментные опоры насоса.

ляет в дальнейшем проводить контроль за просадкой и деформациями фундамента.

Методы монтажа турбопитательных агрегатов ЛМЗ и завода «Экономайзер» принципиально различны. Питательные насосы ЛМЗ устанавливают на закладные опорные плиты (рис. 4-1), которые обычно изготовляют котельно-механические заводы (КМЗ) монтажных организаций. При изготовлении опорных плит их поверхность, обращенная к фундаментным рамам, чтобы исключить дальнейшие работы по шабровке, обрабатывается окончательно. Монтаж опорных плит производят при помощи вспомогательных рам, которые устанавливают до окончания бетонирования верхней плиты фундамента с тем, чтобы заливку опорных плит производить одновременно с окончанием работ по фундаменту.

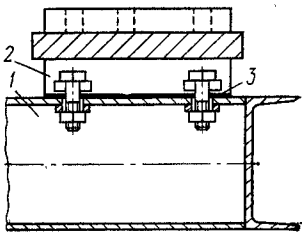


Рис. 4-2. Опорная плита, присоединенная к вспомогательной раме.
1 — рама; *2* — опорная плита; *3* — прокладка.

Установка опорных плит под питательные агрегаты ЛМЗ аналогична установке опорных плит под паровые турбины этого же завода. В том и другом случае наличие вспомогательных рам, к которым на болтах присоединяют опорные плиты (рис. 4-2), позволяет расположить их в одной плоскости, с уклоном 40—50 делений по уровню «Геологоразведка» в нужном направлении для заводки постоянных подкладок. Уклон создают установкой между рамой *1* и опорной плитой *2* прокладки *3* толщиной 0,9 мм. После сборки всех закладных плит на вспомогательной раме ее перекантовывают и, установив уровень на обработанную поверхность брусков опорных плит, проверяют соответствие полученных уклонов. После выверки опорные плиты приваривают к арматуре фундамента.

Бетонирование опорных плит производят так, чтобы плоскость, к которой приваривают бруски опорной плиты, оставалась на уровне подливки. При этом во избежание образования пустот и непрочного соединения закладных опорных плит с бетоном фундамента следят, чтобы бетон подливки был тщательно уплотнен с помощью металлических штырей и вибраторов. Сразу после окончания бетонирования опорных плит в еще не затвердевшем бетоне фундамента выравнивают с помощью металлических плит места под установку клиновых домкратов, используемых для выверки и центрирования корпуса насоса. Через 3—4 дня после бетонирования вспомогательные рамы удаляют.

Монтаж питательных агрегатов завода «Экономайзер» производят на закладных опорных рамах, которые обычно устанавливает монтажный персонал на фундамент до приемки его под монтаж. Закладные части под раму питательного агрегата, а также фундаментные болты с анкерными плитами изготовляют на монтажном объекте или котельно-механическом заводе по чертежам завода «Экономайзер».

После установки и выверки закладных частей по осям и высотным отметкам их положение фиксируют фундаментными болтами (рис. 4-3), затем их приваривают к выпускам арматуры и бетонируют так, чтобы плоскость верхних полок швеллеров рам, на которые устанавливают парные шабренные клиновые подкладки, оставалась на 30 мм выше уровня бетона.

Что касается монтажа турбин КТЗ, применяемых как турбоприводы к питательным насосам, установка их также осуществляется на за-

кладные плиты с использованием постоянных подкладок между плитами и фундаментными рамами, при этом методика выполнения этих работ аналогична применяемой на ЛМЗ.

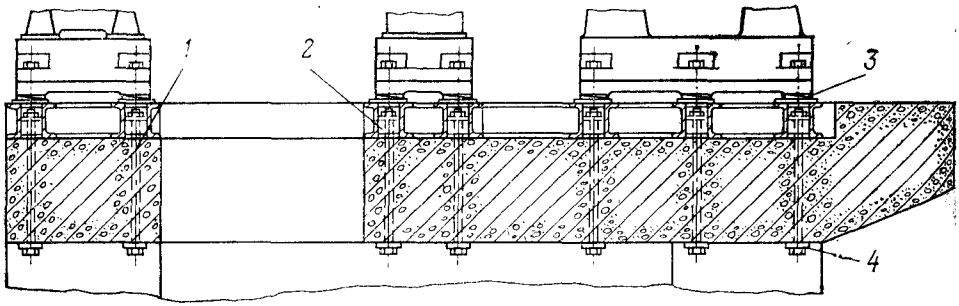


Рис. 4-3. Установка опорных рам питательного агрегата занода «Экономайзер».
1 — фундаментный болт; *2* — опорная рама; *3* — клиновые подкладки; *4* — анкерная плита.

При приемке фундамента под питательный агрегат ЛМЗ или завода «Экономайзер» допускаются следующие отклонения от проектных размеров:

Смещение осей фуидамента от осей главной турбины энергоблока	±50 мм
Смещение осей закладных опорных плит	±5 мм
Разность высотных отметок отдельных опорных плит (рам)	±3 мм

Смещение и наклон осей колодцев под фундаментные болты допускаются при условии, чтобы вертикально установленные болты отстояли от стенки колодца на величину не меньше своего диаметра. При приемке фундамента следует проверить качество бетонирования закладных опорных плит или рам путем их обстукивания.

Фундамент принимается только после устранения обнаруженных дефектов.

4-3. РЕВИЗИЯ УЗЛОВ ТУРБОПИТАТЕЛЬНОГО АГРЕГАТА

На монтажной площадке турбина подвергается полной разборке для проверки состояния ее узлов и отдельных деталей. Удаление консервационной смазки с деталей производят в процессе монтажа по мере необходимости. Если питательный насос поставлен заводом в блочном исполнении и к моменту монтажа на патрубках сохранились плотные заглушки и пломбы, то насос разборке не подвергается. При нарушении целости заглушек и пломб производится ревизия насоса с удалением внутреннего корпуса и очисткой камер корпусов уплотнений. Если насос прибыл с установленными заглушками и сохранившимися пломбами, но истек срок действия консервации, то для проверки состояния деталей также необходимо произвести ревизию насоса.

Вскрытие упаковочных ящиков и осмотр узлов оборудования производят в машинном зале. Удаление консервационной смазки осуществляют уайт-спиритом, ксилолом или растворителем Р4, при этом детали протирают чистой тканью, обильно смоченной в растворителе, до полного удаления смазки. По мере загрязнения ткань заменяют новой, смоченной в чистом растворителе. Удаление смазки с мелких деталей

выполняют выдержкой их в течение 10—15 мин в растворителе, после чего детали вынимают и протирают.

Густую смазку с мелких деталей и крепежа при обеспечении монтажной площадки паром целесообразно удалять горячей водой в специальном баке. Детали укладывают на решетку бака и заливают водой, которая подогревается паром, проходящим через барботажное устройство, до 80—90°С. После этого растворенная смазка сливается с водой, а горячие детали быстро высыхают.

В процессе разборки следует проверять наличие маркировки на сопрягаемых деталях, а в случае ее отсутствия нанести соответствующую маркировку на нерабочих поверхностях. Необходимо следить, чтобы при разборке, строповке, транспортировке и сборке не повредить детали агрегатов. Перед сборкой все детали следует внимательно осмотреть и убедиться, что они не имеют забоин и вмятин. Дефекты, обнаруженные при ревизии, должны быть устранены.

Гайки крепежа агрегатов должны навертываться на соответствующие шпильки от руки, без применения ключа. В случае повреждения резьбы шпильки ее исправляют надфилем, а при дефекте резьбы гайки — резцом токарного станка. Плотность корпусов подшипников проверяют наливом керосина, уровень которого должен быть выше отверстия сливного патрубка на 50—60 мм, при этом проверка продолжается 8—10 ч. Дефектные места вырубают и обезжиривают тампоном, смоченным в бензине, после чего наносят на них слой приготовленной эпоксидной мастики. Устранять неплотности с помощью электросварки не рекомендуется, так как из-за выделения газов в массу наплавляемого металла трудно достигнуть полного уплотнения дефектного места.

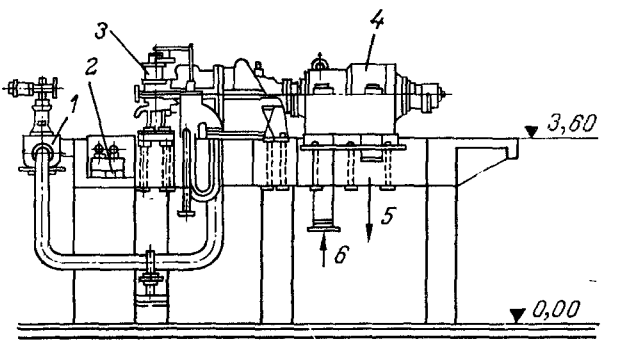


Рис. 4-4. Компоновка турбопитательного агрегата энергоблока 300 МВт.

1 — стопорный клапан; *2* — блок маслоснабжения; *3* — турбина ОР-12П; *4* — насос; *5* — питательная вода к ПВД; *6* — питательная вода от бустерных насосов.

Контрольные штифты проверяют на плотность посадки в соответствующих местах; штифты должны плотно входить на место от ударов слесарного молотка. При ревизии горизонтальных и вертикальных шпонок замеряют ширину шпонок и соответствующих им пазов, проверяют плотность прилегания горизонтальных шпонок к корпусу подшипника и отклонение от перпендикулярности плоскостей, по которым перемещается вертикальная шпонка; указанное отклонение не должно быть более 1 мм на высоту шпонки.

Ревизию узлов и деталей оборудования выполняют до начала монтажных работ, но в большинстве случаев их можно совместить. При сборке агрегатов все зазоры, замеры которых предусмотрены формулярами, должны быть выдержаны в соответствии с данными заводских чертежей или формуляров сборки агрегатов на заводе; все замеренные величины заносят в соответствующие графы формуляров.

В схемах мощных энергоблоков наибольшее распространение получили питательные агрегаты к энергоблокам 300 МВт. Рассмотрим методы выполнения ревизионных (рекомендации могут быть использованы и при ремонтных работах) и монтажных работ питательного агрегата с насосом СВПТ-340-1000 и турбоприводом ОР-12П, питательного агрегата ОСПТ-1150, причем большинство технических указаний и рекомендаций, относящихся к насосу ОСПТ-1150, можно применить при выполнении работ по насосу ПН-1135-340. Компоновка питательного насоса с турбоприводом ОР-12П представлена на рис. 4-4.

Ревизия насоса СВПТ-340-1000

Разборка насоса выполняется в следующей последовательности. Отвернув крепежные гайки, снимают крышку переднего подшипника. С этой же стороны удаляют половину маслозащитного кольца из нижней половины корпуса подшипника, снимают верхнюю и нижнюю половины камеры концевого уплотнения. Отворачивают стопоры переднего маслоотбойного кольца и уплотнительной втулки ротора, снимают верхнюю половину вкладыша переднего подшипника, после чего на корпусе уплотнения закрепляют приспособление для подъема конца ротора и натягивают его строп, не поднимая при этом ротора. Со стороны нагнетания насоса снимают торцовую крышку заднего подшипника с обоймой, крышку подшипника с верхней половиной маслозащитного кольца, удаляют его нижнюю половину, снимают верхнюю и нижнюю камеры концевого уплотнения.

Ослабив сальник электропровода датчика осевого сдвига, разъединяют штепсельный разъем у корпуса заднего подшипника. Удалив контрольные штифты, отвертывают болты крепления кронштейна датчика осевого сдвига, разворачивают кронштейн вместе с ползуном и датчиком до упора в дно корпуса подшипника. Отвернув стопоры маслоотбойного кольца и задней уплотнительной втулки ротора, снимают верхнюю половину вкладыша заднего подшипника.

Пользуясь подъемными приспособлениями, поочередно приподнимают на 0,1 мм передний и задний концы ротора, при этом удаляют нижние половины вкладышей переднего и заднего подшипников. Затем опускают ротор, снимают приспособление для подъема концов ротора, а с вала снимают переднее и заднее маслоотбойные кольца и уплотнительные втулки.

Отвернув специальным ключом колпачковые гайки крепления корпуса заднего уплотнения, при помощи болтов М30 длиной 140 мм снимают его вместе с корпусом заднего подшипника и вынимают уплотнительное кольцо, заложенное между крышкой цилиндра и корпусом уплотнения. Без необходимости корпус подшипника не следует отсоединять от корпуса уплотнения. После снятия корпусов уплотнений на них необходимо закрыть заглушками все фланцы подвода и отвода воды, а также расточки корпусов уплотнений, чтобы исключить возможность попадания посторонних предметов и грязи в водяные камеры.

Далее, вывернув винт, снимают чеку, стопорящую заднюю рубашку ротора, и уплотнение ее торца. Установив приспособление для снятия разгрузочного диска, снимают его с посадочного места, а затем снимают приспособление и диск с вала. Очищают резьбовые отверстия шпилек цилиндра, после чего в центральные резьбовые отверстия диаметрально расположенных шпилек устанавливают два нагревателя и,

собрав верхние контакты, включают питание нагревателей, отрегулировав дросселем силу тока около 460 А, при этом шпильки следует нагревать не более 15—20 мин.

Слегка отвернув колпачковые гайки специальным ключом, переставляют нагреватели в следующие места и последовательно отворачивают и снимают все колпачковые гайки. Крышку отжимают болтами М30 длиной 250 мм, а затем снимают ее вместе с шайбой разгрузочного диска. Вынув прокладочное кольцо, установленное в стыке корпуса насоса с крышкой, устанавливают приспособление для удаления внутреннего корпуса (рис. 4-5), проверяют положение направляющих приспособления по отношению оси насоса и выкатывают внутренний корпус с ротором *6* на приспособление. Пользуясь подъемным приспособлением, перевозят ротор с внутренним корпусом к месту разборки и снимают приспособление для удаления внутреннего корпуса.

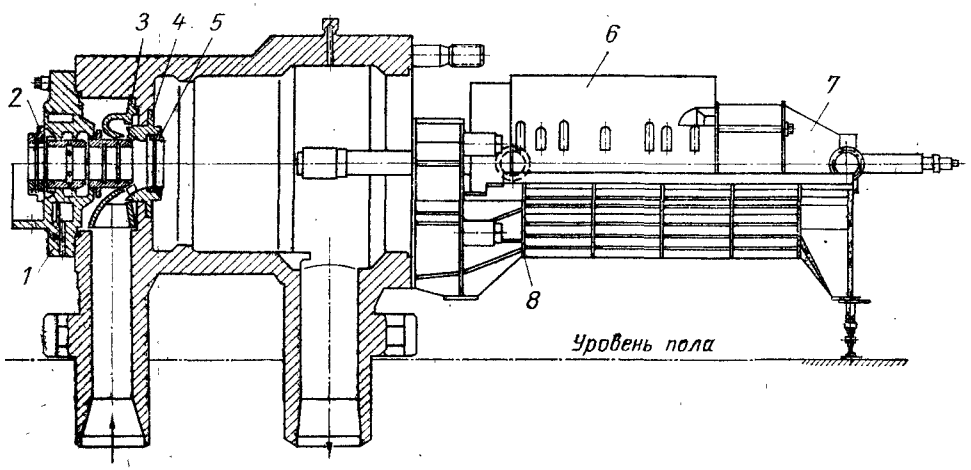


Рис. 4-5. Удаление внутреннего корпуса питательного насоса.
1 — корпус переднего уплотнения; *2* — камера переднего уплотнения; *3* — всасывающий патрубок; *4* — обтекатель; *5* — передняя уплотнительная втулка; *6* — внутренний корпус насоса с ротором; *7* — тележка приспособления; *8* — корпус приспособления.

При необходимости замены деталей переднего уплотнения или всасывающего патрубка производят дальнейшую разборку корпусной части, для чего отвертывают болты крепления обтекателя *4*, отжимают его болтами М12 длиной 80 мм и снимают совместно с передней уплотнительной втулкой *5*. Вынув стопорную шайбу, крепящую уплотнительную втулку, вынимают втулку из обтекателя. Отвернув и сняв колпачковые гайки крепления корпуса переднего уплотнения *1*, отжимают его болтами М30 длиной 140 мм и снимают корпус переднего подшипника с уплотнительными втулками. Затем вынимают уплотнительное кольцо из стыка корпуса уплотнения с цилиндром, отворачивают крепление и снимают всасывающий патрубок *3*.

Сборку насоса производят в следующей последовательности. Пользуясь подъемным приспособлением, перевозят внутренний корпус с уложенным в него ротором к месту сборки. Проверив положение направляющих приспособления для установки внутреннего корпуса и используя это приспособление, закатывают внутренний корпус в расточку корпуса. Удалив приспособление, устанавливают прокладочное кольцо

в стыке корпуса насоса с крышкой и пяту разгрузочного диска, после чего затягивают колпачковые гайки крепления крышки.

Далее устанавливают разгрузочный диск и торцевое уплотнение задней рубашки, а также корпус заднего уплотнения вместе с корпусом заднего подшипника. Собрав переднее и заднее маслоотбойные кольца и уплотнительные втулки, с помощью приспособления поочередно приподнимают на 0,1 мм передний и задний концы ротора для установки нижних половин вкладышей переднего и заднего подшипников.

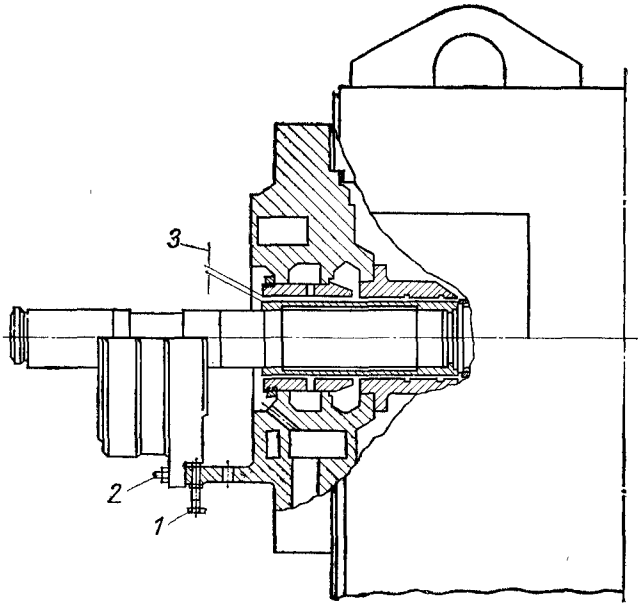


Рис. 4-6. Центрирование ротора в корпусе насоса.
1 — регулирующий болт; *2* — гайка; *3* — зазор.

При сборке насоса центрирование ротора по корпусу насоса производят при снятых крышках подшипников, корпусов уплотнений и верхних половин вкладышей. Смещение ротора в необходимом направлении осуществляют перемещением нижних половин корпусов подшипников (рис. 4-6), пользуясь регулирующими болтами *1*. При этом гайки *2*, крепящие вертикальные фланцы подшипников, должны быть ослаблены так, чтобы зазор в вертикальном стыке у горизонтального разъема находился в пределах 0,05—0,03 мм. Замеры зазоров *3* производят щупом сверху, снизу, слева и справа, при этом боковые зазоры не должны отличаться друг от друга более чем на 0,03—0,05 мм, а нижний должен быть больше полусуммы боковых на 0,1 мм.

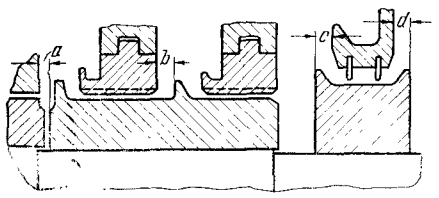


Рис. 4-7. Установка уплотнительной втулки и маслозащитного кольца насоса СВПТ-340-1000.

Осевые зазоры между уплотнительными втулками и неподвижными деталями насоса (рис. 4-7) замеряют щупом, они должны соответствовать величинам, приведенным в табл. 4-1.

Полный осевой разбег ротора насоса должен составлять 11,5±1 мм, с разгрузочным диском без установленного корпуса заднего уплотнения 6±1 мм, с разгрузочным диском и установленным корпусом заднего уплотнения 5±1 мм. Радиальные зазоры, в переднем и заднем уплотнениях, между рабочими колесами и соответствующими уплотнениями, а также по гребням маслозащитных колец должны составлять 0,5—0,6 мм.

Таблица 4-1

Осевые зазоры между уплотнительными втулками и неподвижными деталями насоса СВПТ-340-1000

Место замера	Зазор со стороны переднего подшипника, мм	Зазор со стороны заднего подшипника, мм
a	6,5	4
b	6±1	6±1
c	5±0,3	5±0,3
d	5±0,3	5±0,3

Ревизия турбины ОР-12П

Турбина ОР-12П поступает на монтажный объект блоком, но по условиям поставки турбина требует ревизии, которую производят в следующей последовательности. Сначала снимают рычаги парораспределения с тягами и серьгами (рис. 2-5), а также верхнюю соединительную деталь *5*, соединяющую цилиндр турбины *8* с корпусом переднего подшипника *2*. Для разборки переднего подшипника разболчивают крепеж горизонтального разъема корпуса (рис. 2-6), снимают его торцовую крышку *11* вместе с толкателем *9* клапана и отжимными болтами поднимают на 2—3 мм крышку подшипника. Застропив блок регулирования за монтажные крюки, снимают его вместе с крышкой подшипника, после чего удаляют верхнюю половину вкладыша подшипника.

Отсоединив выводы к электроконтактному манометру от упорного подшипника, снимают с его рабочей стороны пакет, состоящий из рабочих колодок *3*, упругой подкладки *14* и установочной прокладки *15*, а с нерабочей стороны пакет, состоящий из упорного кольца *4* и установочной прокладки *5*. Для этого необходимо удалить стопорные планки и повернуть колодки с прокладками так, чтобы разъем прокладок совместился с горизонтальным разъемом корпуса подшипника.

Для вскрытия заднего подшипника отсоединяют маслопровод к валоповоротному устройству и разболчивают крепеж горизонтального разъема корпуса подшипника. Застропив крышку подшипника за рамы, поднимают ее вместе с валоповоротным устройством, после чего снимают верхнюю половину вкладыша подшипника.

Если ревизия выполняется при подготовке турбины к пуску и валы турбины и насоса соединены муфтой, то разбирают крепеж вертикального разъема соединительной части и зубчатых обойм муфты. После этого отжимными болтами сдвигают одну зубчатую обойму в сторону турбины, а другую — в сторону насоса и, предварительно вывернув болты, вынимают соединительную часть муфты. После удаления оставшихся пакетов, фиксирующих положение упорного подшипника, сдвигают ротор турбины в сторону насоса на 1,5—2,0 мм, чтобы избежать задеваний торцовых уплотнительных гребней проточной части при подъеме крышки цилиндра.

Разболтив крепеж горизонтального разъема цилиндра турбины, устанавливают направляющие шпильки, стропят крышку за монтажные крюки на выхлопной и передней частях. Производя пробные подъемы на высоту 10—20 мм, регулируют длину тросов так, чтобы между фланцами горизонтального разъема цилиндра был равномерный зазор.

Во время подъема крышки расстояния между фланцем крышки и фланцем нижней части цилиндра справа, слева, а также у концевых уплотнений должны быть одинаковы. Этим проверяется отсутствие перекоса крышки.

Для осмотра диафрагм и концевых уплотнений, размещенных в крышке цилиндра, ее перекантовывают. Из крышки переднего подшипника вынимают верхнюю половину безлопаточного направляющего аппарата *13*, а из корпуса подшипника его нижнюю половину. Удалив нижние половины маслоотбойных щитков переднего и заднего подшипников, стропят ротор, используя заводское приспособление для его подъема.

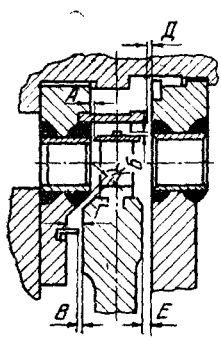
Таблица 4-2

Зазоры в проточной части турбины ОР-12П, мм

Место замера	№ ступени						
	1	2	3	4	5	6	7
А	1,2—1,7	1,2—1,6	1,2—1,6	2,7—3,1	—	—	—
Б	0,5—0,8	0,5—0,8	0,5—0,8	0,5—0,8	1,8—2,8	1,8—2,8	1,8—2,8
В	0,5—0,8	0,5—0,8	0,5—0,8	0,5—0,8	0,7—1,2	0,7—1,2	0,7—1,2
Г	6,7—7,1	5,7—6,2	5,7—6,2	5,7—6,2	7,7—8,2	7,9—8,4	7,9—8,4
Д	1,3—2,1	1,3—2,1	1,3—2,1	—	2,3—2,9	2,4—3,0	—
Е	4,9—5,6	4,9—5,6	4,9—5,6	—	4,9—5,6	4,7—5,3	—
Ж	Не менее 4,0	Не менее 4,0	Не менее 4,0	Не менее 4,0	Не менее 4,0	Не менее 4,0	Не менее 4,0

Производя пробные подъемы ротора на высоту 2—3 мм, вращением винтовой стяжки следует добиться одновременности отрыва обеих шеек от вкладышей. Поднимая ротор, необходимо следить, чтобы не было задеваний бандажей рабочих лопаток за торцовые уплотнительные гребни диафрагм, а после подъема уложить его на подготовленные козлы. После удаления ротора следует вынуть и осмотреть нижние половины диафрагм и их уплотнения.

При сборке турбины особое внимание следует обратить на состояние поверхностей шеек вала и упорного гребня, на залитые баббитом поверхности вкладышей и колодок упорного подшипника, на чистоту внутренних паровых и масляных полостей.



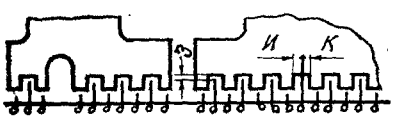


Рис. 4-8. Места замеров зазоров в проточной части и концевых уплотнениях турбины ОР-12П.

Плавающее уплотнительное кольцо главного масляного насоса (см. рис. 2-6) после установки на место должно свободно вращаться в расточке корпуса подшипника. Его торцовая уплотнительная поверхность должна быть пригнана по краске к поверхности смежного с ним кольца, состоящего из двух половин и расположенного со стороны всасывающей камеры насоса.

Особое внимание следует уделять правильности сборки упорного подшипника. Разница толщины пакета, состоящего из упорных колодок, упругой и установочной прокладок, замеренная в различных его точках, не должна превышать 0,1 мм. Проверку зазоров проточной части производят при собранном упорном подшипнике.

При проверке зазоров проточной части ротор отжимают в сторону выхлопа. Осевые зазоры измеряют пластинчатым или клиновым щупом в плоскости разъема при двух положениях ротора, смещенных одно относительно другого на 90°. При исходном положении балансировочный груз первого колеса должен находиться у плоскости разъема с правой стороны по ходу пара; поворот на 90° производят в направлении вращения ротора. В формуляр заносят только наибольшие и наименьшие величины зазоров, которые должны соответствовать данным табл. 4-2 (рис. 4-8).

Зазоры по гребням переднего и заднего уплотнений должны находиться в следующих пределах: $З$=0,3—0,5 мм; $И$=1,8—2,1 мм, $К$ — не менее 2,5 мм. В маслозащитных уплотнениях зазор между гребнями уплотнений и валом должен составлять 0,3—0,4 мм.

Разъем цилиндра турбины необходимо собирать на мастике, разъемы корпусов подшипников — на разведенном в спирте шеллаке.

Рекомендуемый состав мастики (по массе, %): свинцовый глет — 45, свинцовый сурик — 21, мел — 12, крокус — 17 и графит — 5. Составные части мастики тщательно перемешивают и разводят вареной натуральной олифой до консистенции густой сметаны.

Из рецептур уплотняющих мастик заслуживает внимания паста сульфида молибдена. Эта паста применяется в отечественной практике ремонта турбин, а также зарубежными фирмами. Преимущество ее состоит в том, что паста является готовым препаратом заводского изготовления, это избавляет от необходимости приготовлять мастику в монтажных условиях и значительно уменьшает расход компонентов, входящих в рецептуру мастики. Паста легко удаляется с поверхности разъема, на которую ее наносят, и не пригорает к ней.

Ревизия питательного агрегата ОСПТ-1150

Насос ОСПТ-1150 поступает на монтажный объект обычно в блочном исполнении, поэтому при наличии пломб и плотных заглушек на фланцах нет необходимости в ревизии насоса. Тем не менее для квалифицированного выполнения ремонта насоса (после его эксплуатации) следует знать технологическую последовательность работ по его разборке и сборке.

Прежде всего необходимо перекрыть все вентили и задвижки на присоединительных трубопроводах воды и масла, спустить воду из насоса, слить

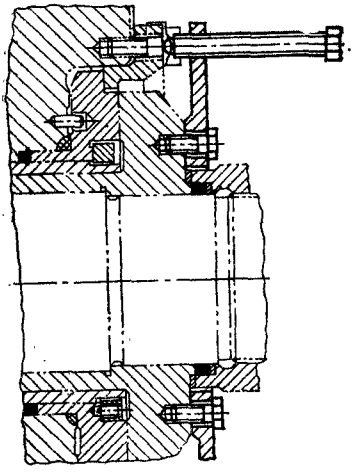


Рис. 4-9. Приспособление для съема разгрузочного диска.

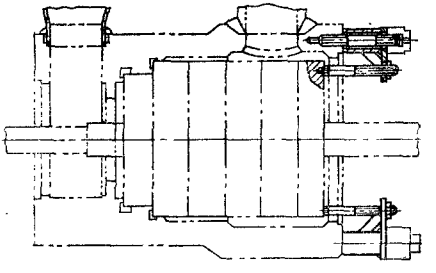


Рис. 4-10. Приспособление для извлечения проточной части из корпуса.

масло из корпусов подшипников и трубопроводов, снять трубки подвода масла, воды, дренажей и подключения к манометрам; снять обшивку насоса.

Перед разборкой следует проверить осевое положение ротора насоса и сравнить его с данными формуляра, разъединить полумуфты зубчатой муфты и проверить центрирование насоса, а в случае расцентровки необходимо выяснить причину ее появления и устранить. Затем снять крышки подшипников и вынуть опорные вкладыши со стороны нагнетания и всасывания, снять корпус подшипника и кольцевое уплотнение со стороны нагнетания, круглую гайку и разгрузочный диск. Приспособление для съема разгрузочного диска показано на рис. 4-9.

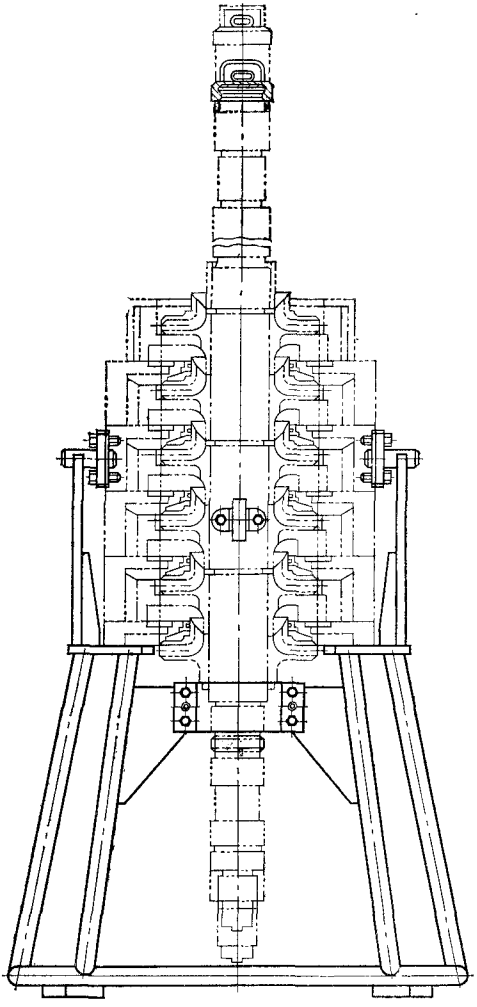


Рис. 4-11. Приспособление для сборки проточной части питательного насоса.

Далее следует снять крышку насоса, отсоединив фланец трубы разгрузки, направляющий аппарат и отвернуть болты, крепящие проточную часть к корпусу насоса; установить между опорным вкладышем со стороны всасывания и втулкой зубчатой муфты приспособление для снятия втулки муфты, после чего снять ее с вала насоса. Завести в корпус насоса приспособление (рис. 4-10) и выдвинуть проточную часть насоса из корпуса, после чего разобрать проточную часть, используя приспособление для сборки при вертикальном положении насоса. Затем снять корпус подшипника и концевое уплотнение всасывания.

Сборку насоса производят в следующей технологической последовательности. Вначале устанавливают и закрепляют на шпонках упорами за лапы на раме насоса корпус, укрепляют на корпусе концевое уплотнение всасывания, а на нем корпус подшипника. Одновременно на приспособлении для сборки (рис. 4-11) собирают проточную часть насоса, для чего закрепляют в вертикальном положении собранный ротор насоса.

Затем проточную часть заводят с помощью специального приспособления в корпус насоса и закрепляют ее болтами, устанавливают последний направляющий аппарат и закрывают корпус крышкой насоса, насаживают на вал разгрузочный диск, который укрепляют круглой гайкой. На крышке насоса устанавливают концевое уплотнение

стороны нагнетания, а на его кронштейне монтируют корпус подшипника насоса, после чего собирают вкладыши в корпусах подшипников и закрывают их крышками.

Следует проверить разбег ротора питательного насоса, используя хомут из комплекта приспособления (указателя осевого сдвига) с индикатором, сравнив его с величиной разбега, выбитой на крышке подшипника. Необходимо помнить, что при отсутствии балансированного станка разрешается произвести динамическую балансировку ротора насоса в штатных подшипниках, используя для этого специальные винты М10, имеющиеся в группе приспособлений.

Турбопривод питательного агрегата ОСПТ-1150 обычно поступает на монтажный объект в разобранном виде, отдельными узлами и деталями, поэтому оборудование турбины подвергают ревизии. Сначала подготавливают к установке на фундамент рамы и корпуса переднего и заднего подшипников, для чего:

заливают керосином картеры корпусов подшипников для проверки их плотности;

очищают от консервации, забоин и заусенцев нижние опорные поверхности фундаментных рам, полуфланец корпуса заднего подшипника, при этом следует убедиться в отсутствии масла и краски во внутренних полостях фундаментных рам;

проверяют плотность прилегания опорных поверхностей корпусов подшипников к фундаментным рамам, при этом пластина щупа толщиной 0,05 мм не должна проходить в стык сопрягаемых поверхностей. Следует помнить, что проверку производят при установке фундаментных рам на жестком основании.

В период ревизии турбины проверяют величины зазоров в направляющих шпонках между корпусом переднего подшипника и фундаментной рамой, в вертикальной шпонке между корпусом переднего подшипника и цилиндром, в центрирующих шпонках между полуфланцами корпуса заднего подшипника и цилиндра; проверяют плотность прилегания поперечных шпонок к корпусу переднего подшипника и к пазам в лапах цилиндра, а также величины зазоров в этих шпоночных соединениях. При этом следует иметь в виду, что по опорным поверхностям шпонок не должна проходить пластина щупа толщиной 0,03 мм.

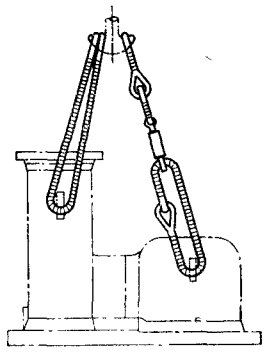


Рис. 4-12. Приспособление для подъема крышки турбины к насосу ОСПТ-1150.

Целесообразно большую часть ревизионных работ совместить с выполнением монтажных работ. При установке корпусов подшипников на фундаментные рамы следует убедиться, что по отношению к краю фундаментной рамы (для переднего подшипника со стороны коробки приводов, а для заднего — со стороны насоса), корпуса подшипников установлены с размером 20 ± 5 мм.

В процессе ревизии турбины проверяют плотность фланца горизонтального разъема цилиндра (то же для турбины КТЗ), для чего застропливают специальным приспособлением (рис. 4-12) крышку цилиндра и укладывают ее на нижнюю половину цилиндра. При затянутых болтах (через один) пластина щупа 0,05 мм не должна проходить в разъем.

Проверка состояния деталей проточной части, упорного и опорных подшипников и зазоров проточной части аналогичны выполнению этих работ на турбине ОР-12П.

4-4. УСТАНОВКА ТУРБИНЫ НА ФУНДАМЕНТЕ

Турбина ОР-12П поступает на монтаж блоком, в состав которого входит полностью собранная турбина, гибкие опоры и фундаментные плиты. После снятия упаковки собранного блока на монтажной площадке разбирают передний и задний подшипники, снимают крышку цилиндра, вынимают ротор и диафрагмы, затем удаляют консерваци-

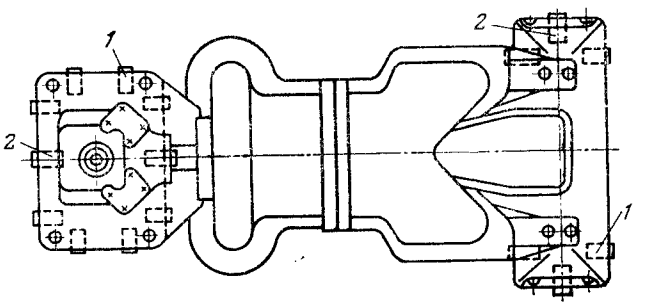


Рис. 4-13. Расположение клиновых домкратов.
1 и *2* — клиновые домкраты.

онную смазку деталей и осматривают их. Под фланец выхлопного патрубка укладывают шпальную выкладку, отсоединяют заднюю фундаментную плиту и заливают ее внутреннюю полость бетоном так, чтобы его уровень не доходил до верхнего края плиты на 30—40 мм. После схватывания бетона цилиндр опирают на фундаментную плиту, при этом под дистанционные болты устанавливают технологические шайбы и болты затягивают до отказа.

После установки клиновых домкратов на подготовленные для них места на фундаменте стропят блок цилиндра турбины с фундаментными плитами, подвешивают к ним фундаментные болты и опускают блок на клиновые домкраты (рис. 4-13), при этом фундаментные болты заводят в предназначенные для них колодцы. Затем щупом проверяют плотность прилегания опорных поверхностей передних лап цилиндра к шпонкам, шпонок к корпусу переднего подшипника, корпуса переднего подшипника к гибким опорам, оснований гибких опор к передней фундаментной плите и опорных поверхностей задних лап цилиндра к задней фундаментной плите. Во

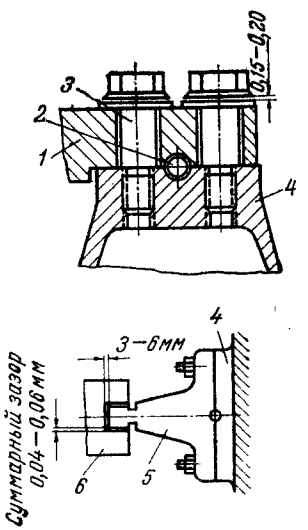


Рис. 4-14. Задние дистанционные болты и вертикальная шпонка турбины ОР-12П.
1 — опорная плита; *2* — цилиндрический штифт; *3* — дистанционный болт; *4* — задняя фундаментная плита; *5* — вертикальная шпонка; *6* — прилив на выхлопном патрубке.

емя проверки пластина щупа 0,05 мм не должна проходить в стык прягаемых плоскостей. После проверки шпонки и опорные поверхно- лап смазывают серебристым графитом.

Соблюдение установленных формуляром зазоров в шпоночных соинениях обеспечивает нормальные тепловые расширения во время плуатации турбины и является одним из условий ее спокойной боты. Зазоры между болтами и шайбами задних дистанционных итов в вертикальной шпонке указаны на рис. 4-14. Аналогичные оры должны быть выдержаны и у передних дистанционных болтов, чем необходимые величины зазоров между болтами и шайбами дают за счет обработки последних.

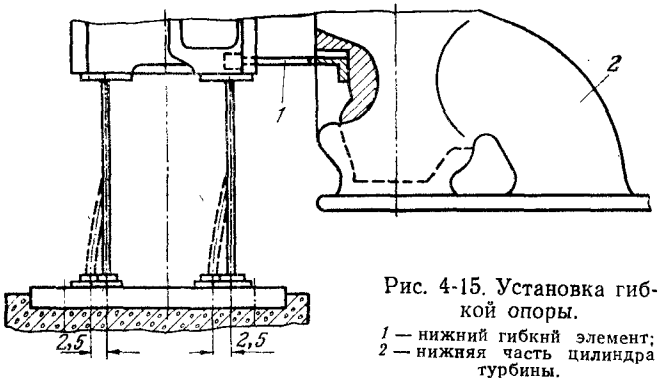


Рис. 4-15. Установка гибкой опоры.
1 — нижний гибкий элемент; *2* — нижняя часть цилиндра турбины.

С помощью струны, натянутой вдоль оси фундамента и выверенной расточкам масляных уплотнений, производят центрирование цидра и корпуса переднего подшипника. При этом максимальиая ность замеров расстояний от струны до расточек заднего уплотнения бины (справа и слева) должна составлять ±0,01 мм, а до расточек еднего уплотиения ±0,03 мм.

После центрирования по струне ротор укладывают в нижнюю поину цилиндра при помощи заводского приспособления. Ослабив новые домкраты *1* (рис. 4-13), с помощью клиновых домкратов *2* тавляют цилиндр на трех точках так, чтобы задняя шейка ротора а практически горизонтальна, при этом ее уклон, замеренный внем «Геологоразведка», не должен превышать одного-двух деле, т. е. 0,1—0,2 мм/м, а уклон цилиндра в поперечном направлении должен превосходить одного деления, т. е. 0,1 мм/м.

Вслед за этим проверяют зазоры между дистанционными болтами апами цилиндра, зазоры у вертикальной шпонки, прикрепленной адней фундаментной плите, и соответствие положения ротора отнодельно расточек под масляные уплотнения данным заводского форяра. При необходимости положение ротора исправляют, заменяя кладки под опорными колодками вкладышей.

Увеличением высоты клиновых домкратов *1* обеспечивают одноменное опирание фундаментных плит на все клиновые домкраты, нчательно затягивают фундаментные болты, контролируя положеуровня на шейке заднего подшипника, положение ротора по раскам и поперечные уклоны цилиндра. После снятия замеров для еделения толщин постоянных подкладок и их обработки подкладки анавливают под фундаментными плитами, а клиновые домкраты ляют.

Для получения необходимого холодного натяга гибкой опоры при-
)днимают ротор заводским приспособлением, отвертывают болты,
)епящие основание опоры к фундаментной плите, сдвигают домкратом
юру по фундаментной плите в сторону расширения турбины на 2,5 мм
)ис. 4-15), закрепляют основание опоры в новом положении и раз-
:ртывают отверстия под контрольные болты.

Аналогичные работы производят со второй опорой. Если зазоры отверстиях оснований не позволяют сдвинуть опоры на нужную ;личину, то болты протачивают до необходимого размера.

На рис. 4-15 пунктиром показано положение гибких опор после ;ремещения их в сторону расширения турбины. При работе турбины ;ледствие теплового расширения цилиндра гибкие опоры принимают ;ртикальное положение.

При монтаже турбины завода «Экономайзер» (к питательному грегату ОСПТ-1150) на опорные рамы устанавливают косынки с при-аренными к ним бобышками для болтов, на них клиновые подкладки, оставляемые заводом, на которые опирают фундаментные рамы корпусами подшипников. После выверки корпусов подшипников отношении струны и высотных отметок фланцев горизонтальных азъемов в соответствии с данными установочного чертежа косынки риваривают к рамам.

Застропив нижнюю половину цилиндра (предварительно тщатель-о проверив полуфланец выхлопной части в части забоин, заусенцев прочих дефектов), ее подводят к корпусу заднего подшипника так, тобы в отверстия полуфланца цилиндра вошли шпильки на полу-)ланце корпуса подшипника. Установив центрирующие шпонки в полу-)ланцах, затягивают шпильки и проверяют, что пластина щупа 0,03 мм ;е проходит в стык полуфланцев, после чего его рассоединяют, смазы-)ают поверхность стыка мастикой и вновь затягивают шпильки. Передними лапами цилиндр опирают на поперечные шпонки переднего юдшипника.

Необходимо убедиться, что расстояние между торцом корпуса переднего подшипника и торцом цилиндра в месте установки наружной)боймы переднего концевого уплотнения составляет $168{,}5 \pm 0{,}5$ мм. Проверку положения цилиндра в отношении струны, натянутой по оси фундамента, производят по расточкам под наружные обоймы концевых уплотнений (переднего — по диаметру 395 мм, заднего — 600 мм) с точностью до 0,05 мм.

При монтаже турбины (КТЗ и завода «Экономайзер») следует проверить биение упорного диска. Для этого ротор опускают на вкла-дыши подшипников, а проверку производят двумя индикаторами, чтобы избежать влияния осевого перемещения ротора при замерах.

После установки в цилиндр турбины диафрагм и ротора собирают упорный подшипник и проверяют осевой разбег ротора, который дол-жен быть в пределах 0,4—0,5 мм для турбины КТЗ и 0,35—0,45 мм для турбины завода «Экономайзер». Производя замеры зазоров проточной части, необходимо убедиться, что эти зазоры находятся в пределах допусков, указанных в заводском формуляре.

Перед закрытием цилиндра, удалив из него все детали, тщательно очищают и продувают сжатым воздухом внутренние полости и детали проточной части. Уложив в цилиндр турбины ОР-12П диафрагмы, коробки концевых уплотнений, нижние половины вкладышей и ротор, следует обратить внимание на то, чтобы уплотнительное кольцо масляного насоса вошло в предназначенный для него паз.

Собрав упорный подшипник, цилиндр закрывают окончательно, после чего закрывают заглушками все фланцевые соединения. Для обеспечения плотности горизонтального стыка цилиндра его крепеж должен быть равномерно и сильно затянут; сначала гайки затягивают до соприкосновения с телом фланца, затем усилием одного рабочего на плече 1 м и окончательно усилием двух рабочих на плече 1 м. Затяжку крепежа ведут начиная со стороны паровпуска к выхлопной части цилиндра, при этом противоположные шпильки затягивают одновременно.

При подсоединении трубопровода отработанного пара к выхлопному патрубку турбины затяжку болтов производят равномерно при помощи ключа длиной около 2 м, при этом следят по показаниям уровня, установленного на задней шейке ротора, за неизменностью положения ротора, одновременно проверяя пластиной щупа толщиной 0,05 мм, чтобы лапы цилиндра не отрывались от своих опор.

4-5. УСТАНОВКА НАСОСА НА ФУНДАМЕНТЕ И ЦЕНТРИРОВАНИЕ ЕГО К РОТОРУ ТУРБИНЫ

Питательные насосы СВПТ-340-1000 и ОСПТ-1150 обычно поставляются в собранном виде на фундаментных опорах, с заглушенными и опломбированными отверстиями, поэтому при монтаже следует только очистить и проверить опорные подшипники. При разборке, например, зубчатой муфты к турбоприводу ОР-12П (рис. 4-16) отболчи-

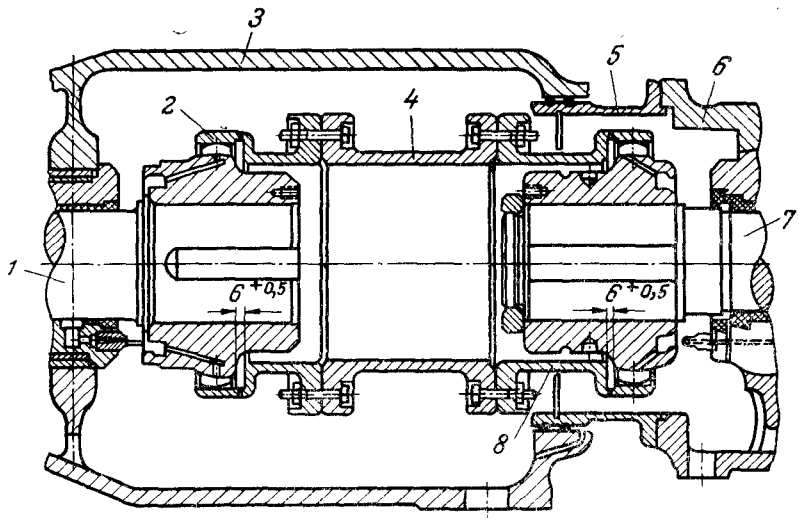


Рис. 4-16. Зубчатая муфта турбопитательного агрегата.

1 — вал ротора турбины; *2* и *8* — зубчатые обоймы; *3* — крышка заднего подшипника турбины; *4* — соединительная часть; *5* — предохранительный кожух; *6* — крышка подшипника насоса; *7* — вал ротора насоса.

вают ее соединительную часть *4* от зубчатых обойм *2* и *8*, предварительно проверив наличие маркировки на внешнем диаметре фланцевых соединений. С помощью специального приспособления проверяют пригонку зубьев обойм по зубьям полумуфт, насаженных на вал турбины и насоса.

Застропив насос ЛМЗ, протирают опорную поверхность фундаментных опор, подвешивают к ним фундаментные болты и устанавливают

насос на фундамент, на клиновые домкраты, при этом заводят фундаментные болты в соответствующие колодцы. Затем проверяют плотность прилегания всех лап насоса к фундаментным опорам, при этом пластина щупа толщиной 0,05 мм не должна проходить в стык сопрягаемых плоскостей. Зазоры в шпоночных соединениях корпуса насоса с фундаментными опорами и у дистанционных болтов должны соответствовать заводским данным: суммарный боковой зазор у поперечной шпонки 0,03—0,06 мм, у вертикальной шпонки 0,04—0,07 мм, между дистанционными болтами и шайбами 0,05—0,1 мм.

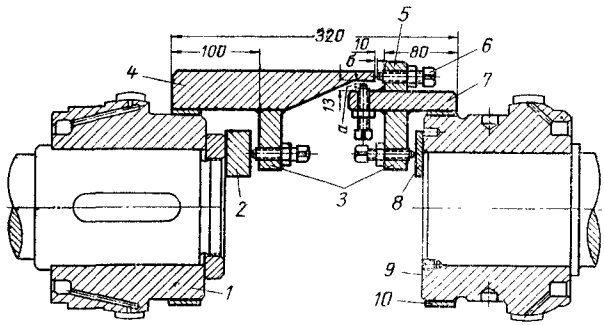


Рис. 4-17. Приспособление для центрирования насоса ЛМЗ и турбины ОР-12П.

1 — полумуфта насоса; *2* и *8* — подкладки; *3* — упорная планка; *4* и *7* — кронштейны; *5* — бобышка; *6* — винт; *9* — полумуфта турбины; *10* — хомут.

После этого вскрывают, очищают и проверяют опорные подшипники и шейки вала, проверяют осевой разбег ротора насоса, при этом зазоры между диском ротора и датчиком осевого сдвига должны соответствовать данным чертежа. Сдвинув ротор в сторону турбины до упора разгрузочного диска в шайбу, проверяют наличие необходимого зазора 0,8 мм между торцом вала и предохранительным шарикоподшипником в крышке корпуса заднего подшипника.

Проверку центрирования ротора насоса ЛМЗ к ротору турбины ОР-12П производят при помощи приспособления (рис. 4-17), укрепленного на полумуфтах турбины и насоса. Для исправления центрирования изменяют положение клиновых домкратов под фундаментными опорами насоса. Первоначальную величину зазоров *а* и *б* устанавливают в пределах 0,25—0,30 мм за счет перемещения винтов *6*. Для замеров радиальных (*а*) и осевых (*б*) зазоров приспособление имеет соответственно один и четыре винта, расположенные через каждые 90° (на рисунке условно показан один из них).

Во время проверки центрирования замеряют осевые и радиальные зазоры, совместно поворачивая оба ротора из первоначального положения, принятого за нуль, на 90, 180 и 270°. В каждом положении замеряют один зазор по окружности и четыре по торцам в диаметрально противоположных точках. Величину зазоров по торцу в каждой из четырех точек (верхней, правой, нижней и левой) определяют как среднее арифметическое из результатов четырех измерений в этих точках. Полученные замеры приводят к нулю, при этом за нуль условно принимают величину наименьшего зазора. Неравенство сумм противоположных замеров допускается не более 0,02 мм.

Центрирование роторов выполняют так, чтобы ось ротора насоса была выше оси ротора турбины на 0,03—0,05 мм, при этом приведенные величины торцовых зазоров не должны отличаться друг от друга больше чем на 0,02 мм; центрирование ведется при затянутых фундаментных болтах. После окончания центрирования его данные, а также показания уровня, устанавливаемого на шейке ротора, заносятся в формуляр.

Определив расстояния между опорными брусками закладных плит и фундаментной опорой, обрабатывают постоянные подкладки и поочередно устанавливают их под фундаментными опорами. Через отверстия в фундаментных опорах просверливают и райберуют отверстия в постоянных подкладках и в закладных плитах, после чего подгоняют по ним контрольные шпильки. Присоединение трубопроводов к патрубкам насоса производят после установки контрольных шпилек на его фундаментных опорах, не допуская при этом в соединениях натягов и перекосов.

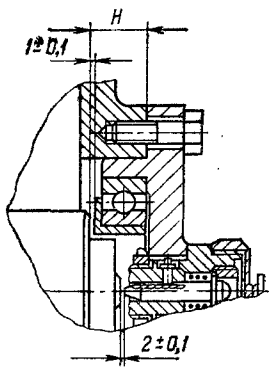


Рис. 4-18. Установка осевого разбега ротора насоса ОСПТ-1150.

Монтаж питательного насоса ОСПТ-1150 начинают с установки на опорную раму косынок с приваренными к ним бобышками для болтов, а на косынки — клиновых подкладок, поставляемых заводом. Затем на клиновые подкладки опирают насос с фундаментной плитой (см. рис. 4-3). Предварительно его прицентровывают к ротору турбины, после чего к опорным рамам приваривают косынки.

Далее снимают упоры передних лап и проверяют зазоры в фиксирующей шпонке (суммарный зазор должен быть 0,05—0,1 мм) и упорах опорных лап. Контролируют величины масляных зазоров в подшипниках, осевой разбег ротора, а также изменение размера *H* при снятой крышке упорного шарикоподшипника и упоре ротора в разгрузочную пяту (рис. 4-18), который должен составлять не менее 2 мм.

Ротор насоса окончательно прицентровывают к ротору турбины при помощи поставляемого заводом приспособления, закрепленного на полумуфтах роторов турбины и насоса, путем изменения положения клиновых подкладок под фундаментной плитой насоса. Учитывая тепловое расширение насоса, ось его ротора следует установить на 0,2 мм выше оси ротора турбины.

После окончания центрирования агрегата клиновые подкладки прихватывают электросваркой между собой и к косынкам, также косынки к опорным рамам и подливают фундаментные плиты турбины и насоса на 150 мм выше их нижней поверхности.

4-6. УСТАНОВКА ПОСТОЯННЫХ ПОДКЛАДОК. ПОДЛИВКА ФУНДАМЕНТНЫХ ПЛИТ И ОПОР ТУРБИНЫ И НАСОСА

Заготовку постоянных подкладок под питательный агрегат ЛМЗ производят до начала монтажа по размерам, указанным в табл. 4-3. Одна сторона заготовок обрабатывается на станке и пришабривается по контрольной плите.

Установку постоянных подкладок под фундаментные плиты турбины производят после ее окончательной выверки, а под фундаментные

опоры питательного насоса — после окончания центрирования его ротора к ротору турбины. Для этого пружинным нутромером определяют расстояния между фундаментной рамой и опорными брусками закладных плит в местах расположения постоянных подкладок; по этим размерам обрабатывают углы заготовок подкладок.

Таблица 4-3

Размеры заготовок для постоянных подкладок под питательный насос СВПТ-340-1000 и турбину ОР-12П

Место для установки подкладок	Высота, мм	Ширина, мм	Длина, мм	Количество, шт.
Передняя фундаментная опора турбины	40	120 50	200 170	2 8
Задняя фундаментная опора турбины	40	120 50	200 170	3 8
Опоры насоса	40	150	200	16

Подкладки обрабатывают на станке по зафиксированным размерам с допуском +0,02 мм, после чего подгоняют их по месту, при этом опорные поверхности подкладок пришабривают по поверхностям закладных и фундаментных плит так, чтобы площадь прилегания составила не менее 70% поверхности подкладки. Подкладки устанавливают на место легким ударом молотка, при этом контролируют неизменность положений уровня, установленного на задней шейке ротора турбины и на шейке ротора насоса, зафиксированных перед установкой подкладок.

После установки постоянных подкладок удаляют клиновые домкраты, проверяют плотность прилегания опор турбины к фундаментным рамам и поперечным шпонкам и опорных лап насоса к фундаментным опорам, а также центрирование роторов турбины и насоса по полумуфтам, после чего прихватывают электросваркой постоянные подкладки к закладным плитам. .

Подливку фундаментных плит и опор питательного агрегата производит строительная организация под наблюдением монтажного персонала с участием представителей заводов-изготовителей. До подливки тщательно очищают поверхность бетона под фундаментными плитами и опорами от грязи и масла, продувают ее сжатым воздухом и промывают водой.

Подливку производят без перерывов. В первую очередь подливают колодцы для фундаментных болтов, затем заполняют пространство между рамами и фундаментом. Рамы рекомендуется одновременно подливать с двух сторон, а по другим сторонам контролировать заполнение пространства под рамами. Уплотнение бетона при подливке производят электровибратором, а в местах, недоступных для его использования, штангами и крючьями.

После снятия опалубки наружным осмотром и пробными вырубками проверяют плотность примыкания подливки к фундаментным рамам. До схватывания бетона производство монтажных работ, связанных с изменением нагрузок на фундаментные рамы, а также подсоединение трубопроводов на питательном агрегате запрещается.

4-7. ЗАКРЫТИЕ ПОДШИПНИКОВ И СБОРКА ПОЛУМУФТ РОТОРОВ

Перед закрытием подшипников насоса СВПТ-340-1000 и турбины ОР-12П проверяют зазоры во вкладышах (см. рис. 1-22), при этом боковые зазоры замеряют пластинчатым щупом, а верхние зазоры определяют свинцовыми оттисками. Зазоры в подшипниках насоса СВПТ-340-1000 и турбины ОР-12П должны соответствовать данным табл. 4-4. Проверяют также зазоры по маслозащитным кольцам, установку индикатора осевого сдвига в заднем подшипнике насоса, после чего закрывают его крышку, окончательно проверяют центрирование роторов турбины и насоса по полумуфтам, а также заполняют соответствующие формуляры.

Таблица 4-4

Зазоры в опорных подшипниках насоса СВПТ-340-1000 и турбины ОР-12П, мм

Место замера	Насос		Турбина	
	Передний подшипник	Задний подшипник	Передний подшипник	Задний подшипник
А	0,12—0,16	0,12—0,16	0,12—0,16	0,12—0,16
Б	0,27—0,30	0,27—0,30	0,25—0,32	0,25—0,32
В	0,12—0,16	0,12—0,16	0,12—0,16	0,12—0,16
Диаметр шейки вала	120	115	100	120

Затем убеждаются в чистоте каналов в полумуфтах и отверстий в трубках для подачи смазки на зубчатое зацепление полумуфт, устанавливают в соответствии с маркировкой зубчатые обоймы на полумуфты роторов насоса и турбины, заводят между ними соединительную часть и соединяют ее с зубчатыми обоймами.

На корпусе переднего подшипника насоса СВПТ-340-1000 размещают нижнюю половину предохранительного кожуха, уплотняют соединение его с крышкой заднего подшипника турбины и проверяют зазор в маслозащитном уплотнении. Затем устанавливают крышку переднего подшипника насоса, верхнюю половину предохранительного кожуха и крышку заднего подшипника турбины. До установки последней производят ревизию валоповоротного устройства.

Крышку переднего подшипника турбины ОР-12П устанавливают вместе с блоком регулирования. При установке верхней соединительной детали, между крышкой переднего подшипника и цилиндром турбины, следует убедиться в строгом совпадении расположения соответствующих отверстий под контрольные штифты.

При проверке зазоров в подшипниках питательного агрегата ОСПТ-1150 (насоса и турбины) следует стремиться, чтобы величины зазоров находились в пределах заводского допуска:

Верхние зазоры переднего и заднего подшипников насоса . . . . . 0,095—0,175 мм
Боковые зазоры . . . . . 0,05—0,09 мм
Верхние зазоры переднего и заднего подшипников турбины . . . . . 0,12—0,21 мм
Боковые зазоры . . . . . 0,06—0,10 мм

После проверки зазоров монтируют верхние половины вкладышей и крышки подшипников.

Затем на корпусе переднего подшипника насоса устанавливают коробки приводов, проверяют прицентровку ведущего валика с шестерней к ротору турбины (допуск 0,03 мм, зазор между концами валов

должен быть 4,5±0,5 мм). Контролируют пригонку зубьев полумуфт к зубьям втулок, насаженных на вал турбины и насоса, зазоры в зацеплении, а также чистоту каналов в полумуфте и отверстий в трубках для подачи смазки на зубчатое зацепление полумуфты. Затем полумуфты собирают и сболчивают.

На корпусе заднего подшипника турбины устанавливают нижнюю половину кожуха муфты, которую уплотняют войлочными кольцами. После закрытия заднего подшипника турбины и переднего подшипника насоса монтируют крышку кожуха муфты. Собирают полумуфту между ведущим валом коробки приводов и ротором турбины, окончательно закрывают крышку переднего подшипника и на нее устанавливают реле осевого сдвига. Затем проверяют установку торцовой крышки и окончательно закрывают крышку заднего подшипника насоса.

4-8. МОНТАЖ СТОПОРНОГО КЛАПАНА И ПАРОПРОВОДА ОТ СТОПОРНОГО КЛАПАНА К ТУРБИНЕ

Стопорный клапан турбины КТЗ и стопорно-регулирующий клапан турбины завода «Экономайзер» служат для пуска и остановки питательного агрегата, а также для быстрой остановки его при срабатывании механизмов защиты путем прекращения доступа свежего пара в турбину.

Стопорный клапан турбины ОР-12П (рис. 4-19) состоит из двух основных частей: парового клапана и быстрозапорного устройства. Паровой клапан *4* подвешен на штоке *1*, который проходит через втулку *29*. В верхней части втулки имеется кольцевая выточка, сообщающаяся посредством сверлений с ниппельно-шаровым соединением *5* и через него с трубопроводом отсоса пара из уплотнений. Через это соединение производится отсос пара из уплотнений штока при пуске турбины.

На нижнем конце втулки *29* имеется уплотнительный поясок, притертый к соответствующему пояску штока *1*. При полностью открытом стопорном клапане шток упирается пояском в посадочное место втулки *29* и прекращает утечку пара через уплотнение штока. Верхний шток *8* при помощи муфты *28* соединен с нижним штоком. Для предотвращения попадания масла из быстрозапорного устройства в паровое уплотнение штока к корпусу муфты *28* приварена тарелка *7*, одновременно предназначенная для включения концевых выключателей *27*, установлениых в окне корпуса привода. Концевые выключатели осуществляют сигнализацию положений стопорного клапана и электрическую блокировку работы валоповоротного устройства, которое может быть включено только при закрытом стопорном клапане.

Масло из системы защиты поступает под поршень *9*. Отверстия *24* в поршне во время работы турбины закрыты клапаном *10*, сидящим на нижнем конце штока *15*. Благодаря давлению масла снизу на поршень клапан *4* при работе турбины находится в открытом состоянии; если же давление масла в системе значительно понизится, то клапан автоматически закроется усилием пружины *13*.

В верхней части стопорного клапана размещен привод, состоящий из электродвигателя *17*, гайки *16* и штока *15*. Шток привода со скользящей шпонкой *23* перемещается в крышке *12* корпуса привода при помощи гайки *16*, которая в свою очередь вращается от электродвигателя или вручную штурвалом *19*. На электроприводе установлен указатель *18*, показывающий положение парового клапана.

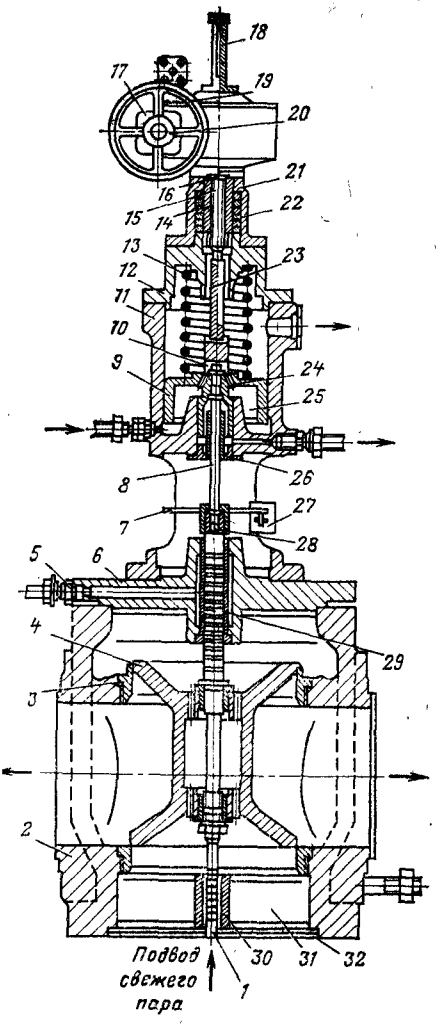


Рис. 4-19. Стопорный клапан турбины ОР-12П.

1, 8 и 15 — штоки; *2* — корпус стопорного клапана; *3* — седло клапана; *4 и 10* — клапаны; *5* — ниппельно-шаровое соединение; *6* — крышка стопорного клапана; *7* — тарелка; *9* — поршень; *11* — корпус привода стопорного клапана; *12* — крышка привода; *13* — пружина; *14* — упорный подшипник; *16* — гайка; *17* — электропривод; *18* — указатель; *19* — штурвал; *20* — маховичок; *21* — корпус; *22* — кольцо; *23* — скользящая шпонка; *24* — отверстия в поршне; *25 и 31* — камеры; *26, 29, 30* — втулки; *27* — концевой выключатель; *28* — муфта; *32* — крестовина.

Стопорный клапан устанавливают в начале монтажа с тем, чтобы иметь возможность монтировать паропровод свежего пара. Устанавливают клапан согласно чертежу и предварительно закрепляют его шестью фундаментными шпильками (рис. 4-20). После выверки стопорного клапана по осям и высотным отметкам фундаментные шпильки затягивают окончательно.

При ревизии стопорного клапана и быстрозапорного устройства убедиться в том, что клапан плотно посажен на седло, седла зачеканены с четырех сторон и клапан быстрозапорного устройства плотно притерт к поршню сервомотора. Перед сборкой проверяют плавность перемещения поршня быстрозапорного устройства, который при отсутствии пружины под действием собственной массы должен перемещаться плавно, без заеданий.

При сборке стопорного клапана следует убедиться, что зазор между штоком и втулкой клапана как вверху, так и внизу не превышает 0,27—0,35 мм (на диаметр), а ход стопорного клапана равен 94±2 мм. Суммарный осевой разбег гайки 16 (рис. 4-19) быстрозапорного устройства не должен превышать 0,05 мм; его обеспечивают за счет пригонки колец *22*.

Паропровод от стопорного клапана к цилиндру турбины ОР-12П необходимо монтировать только после установки постоянных подкладок под фундаментными плитами. Трубы от стопорного клапана к дроссельным клапанам поставляются в виде четырех деталей, без фланцев; перепускные трубы от байпасных клапанов к турбине поставляются в готовом виде. Монтаж паропровода к дроссельным клапанам производят подетально, пригонку стыков и прихватку фланцев выполняют по месту, после чего трубы снимают, заваривают стыки и приваривают фланцы.

После изготовления паропровода производят гидравлическое испытание готовых деталей (в сборе) на давленне 19,6 МПа (20 кгс/см^2),

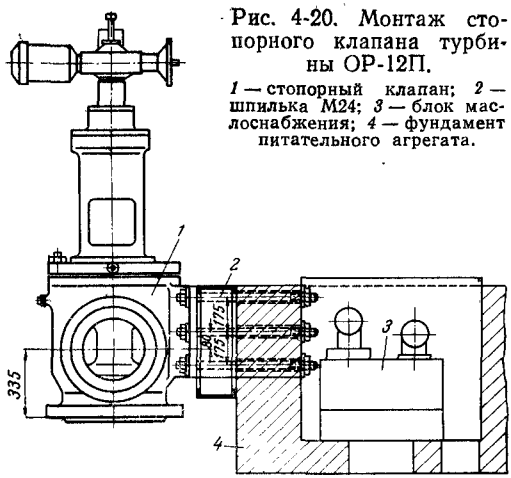


Рис. 4-20. Монтаж стопорного клапана турбины ОР-12П.

1 — стопорный клапан; *2* — шпилька М24; *3* — блок маслоснабжения; *4* — фундамент питательного агрегата.

тщательно очищают и от окалины и ржавчины, а перед окончательной установкой продувают паром или воздухом.

Стопорно - регулирующий клапан (парозапорный клапан) к турбоприводу питательного насоса ОСПТ-1150 представляет собой совмещенную конструкцию стопорного и регулирующего клапанов. С его конструктивными особенностями и принципом работы можно ознакомиться в § 2-4.

Для установки парозапорного клапана необходимо на нулевой отметке перед фундаментом питального агрегата изготовить и смонтировать специальную металлоконструкцию. На металлоконструкции подготавливают (защищают) соответствующие места, на которые устанавливают клапан, выверяют его по осям и высотным отметкам, после чего закрепляют болтами к металлоконструкции. В процессе монтажа клапана следует проверить зазоры в шпоночном соединении между корпусом и его рамой.

При ревизии парозапорного клапана необходимо убедиться, что клапан имеет плотную посадку на седло, приварка клапана к стакану выполнена надежно, а зазор между штоком клапана и буксой находится в пределах 0,12—0,18 мм; после ревизии стопорного клапана устанавливают его сервомотор. Монтаж паропроводов от стопорного клапана к турбине производят после его установки и закрытия цилиндра турбины.

4-9. МОНТАЖ КЛАПАНОВ ПАРОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ И ОРГАНОВ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ

Каждый клапан пароораспределения турбины ОР-12П состоит из дроссельного двухседельного клапана и байпасного клапана золотникового типа, расположенных на одном штоке (рис. 4-21). Дроссельный клапан состоит из двухседельного клапана *15*, корпуса *14*, в котором размещено седло *16* клапана и штока *12* привода, жестко соединяющего дроссельный клапан с байпасным.

Байпасный клапан состоит из золотника *18*, втулки *17* и корпуса клапана *19*. Шток привода клапанов уплотнен в крышке *13* лабиринтом, который образуется уплотнительными втулками и кольцевыми выточками штока. Пар, просочившийся через этот лабиринт, отводится через ниппельно-шаровое соединение *10* в систему отсоса пара из уплотнений.

Шток приводится в движение сервомотором *1* блока регулирования через серьгу *3*, рычаг *5*, установленный на кронштейне *4*, и тягу *7*, к которой присоединяются на обоих концах шаровые цапфы. В процессе монтажа следует произвести ревизию клапанов и убедиться, что клапан притерт к седлу по обоим пояскам, выполнена зачеканка седла клапана в паровой коробке и втулки в крышке, а также отсутствуют перекосы в подвижных деталях клапана.

После окончательной установки блока регулирования собирают рычаги парораспределения, при этом следят, чтобы ход клапана был равен 104 мм. При закрытом дроссельном клапане поршень сервомотора блока регулирования должен находиться на расстоянии 10 мм от верхнего упора, а величина зазора между гайкой *9* и втулкой *22* составлять 7—10 мм. Окончательное положение кронштейна *4* фиксируют после установки рычагов на турбине, при этом тяги *7* и их серьги должны располагаться вертикально.

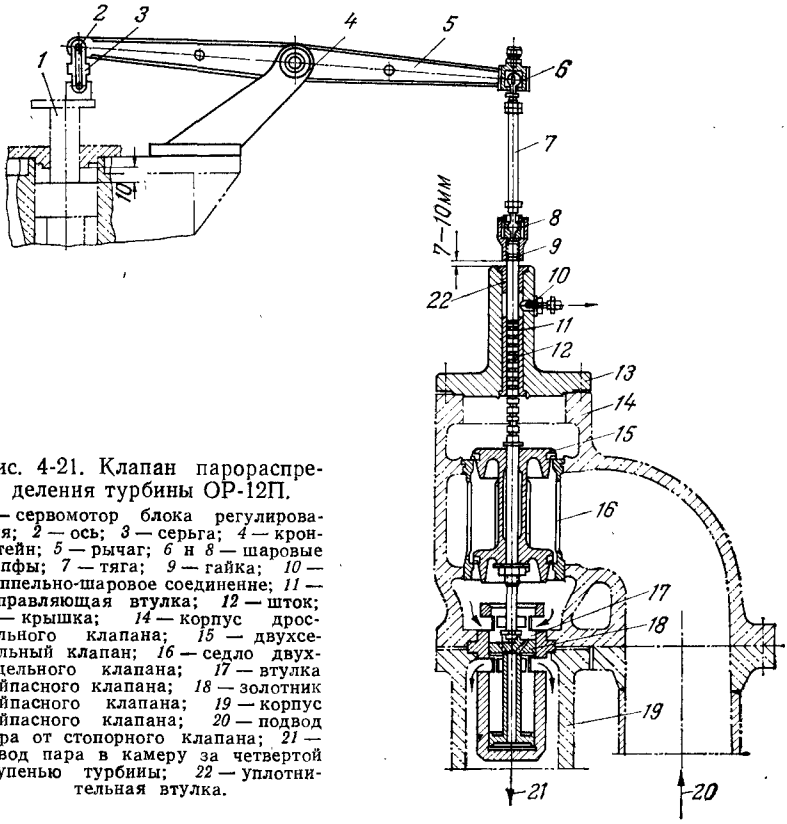


Рис. 4-21. Клапан парораспределения турбины ОР-12П.

1 — сервомотор блока регулирования; *2* — ось; *3* — серьга; *4* — кронштейн; *5* — рычаг; *6* и *8* — шаровые цапфы; *7* — тяга; *9* — гайка; *10* — ниппельно-шаровое соединение; *11* — направляющая втулка; *12* — шток; *13* — крышка; *14* — корпус дроссельного клапана; *15* — двухседельный клапан; *16* — седло двухседельного клапана; *17* — втулка байпасного клапана; *18* — золотник байпасного клапана; *19* — корпус байпасного клапана; *20* — подвод пара от стопорного клапана; *21* — отвод пара в камеру за четвертой ступенью турбины; *22* — уплотнительная втулка.

Узлы системы регулирования поступают смонтированными в корпусе блока регулирования, установленном на крышке переднего подшипника. Для удобства сборки и разборки блок регулирования следует снять с крышки подшипника и установить на слесарном верстаке.

Перед разборкой трансформатора давления (рис. 4-22) снимают электродвигатель синхронизатора, разъединяют штепсельный разъем и снимают сельсин. Вращением маховичка синхронизатора против часовой стрелки до упора ослабляют натяжение пружины *8* трансформатора, равномерно отвертывают гайки на шпильках, крепящие корпус синхронизатора к корпусу блока регулирования, освобождают пружину трансформатора и снимают синхронизатор. Для разборки транс-

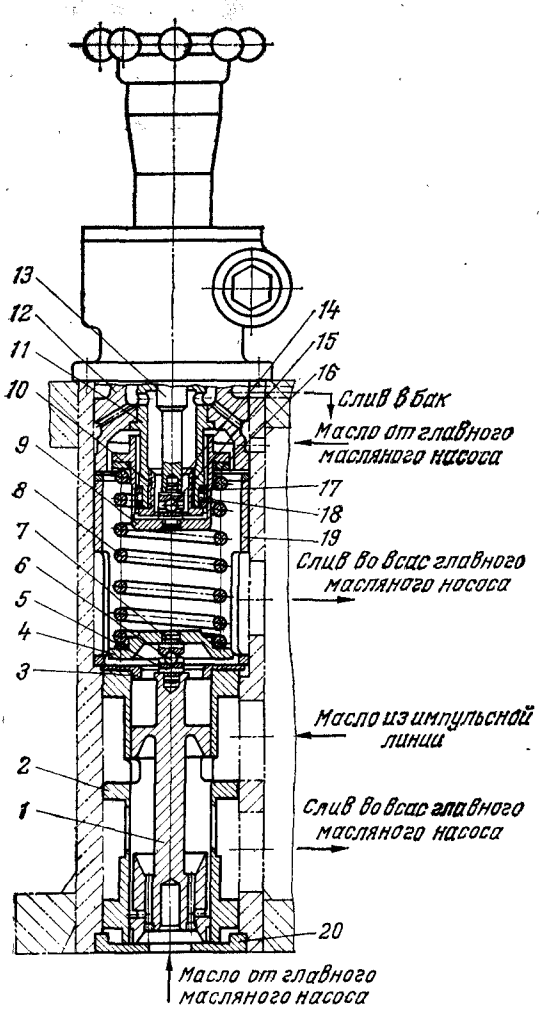


Рис. 4-22. Трансформатор давления системы регулирования турбины ОР-12П.

1 — золотник трансформатора; *2* — втулка трансформатора; *3* — упорное кольцо; *4* — тарелка; *5* — кожух шарнка; *6* и *15* — шарики; *7* и *14* — упоры; *8* — пружина; *9* — стакан; *10* — гайка; *11* и *19* — втулки; *12* — корпус синхронизатора; *13* — шпиндель синхронизатора; *16* — дистанционное кольцо; *17* и *18* — уплотнительные кольца; *20* — крышка трансформатора.

форматора давления вынимают стакан *9*, пружину *8*, тарелку *4*, втулку *19*, упорное кольцо *3*, золотник *1* и втулку трансформатора *2*. Втулку вынимают проволочным крючком за нерабочие окна. Сборку трансформатора производят в обратной последовательности.

Для разборки синхронизатора вывинчивают винты, крепящие маховичок к нажимной втулке, снимают его с втулки и удаляют пружину. Затем вывинчивают винт, крепящий ступицу к шпинделю, снимают ее со шпинделя вместе с защелкой и втулкой. Для дальнейшей разборки синхронизатора отвертывают винты, крепящие крышку к корпусу, и снимают ее. Вынимают из корпуса шпиндель с червячным колесом и обоими упорными шариковыми подшипниками. Червяк вынимают из корпуса через отверстие, закрытое пробкой, при этом вместе с червяком вынимают его шарикоподшипники и фрикционный привод. Для разборки фрикционного привода выбивают штифт, стопорящий кожух и втулку на валу червяка. Сборку синхронизатора производят в обратной последовательности, при этом проверяют свободу вращения червяка до и после установки червячного колеса.

При разборке отсечного золотника (рис. 4-23) снимают крышку *2*, для чего постепенно отвертывают гайки шпилек, крепящих ее к корпусу блока, освобождают пружину *5*, при этом не следует вращать регулировочный винт *3*, положение которого установлено на заводе. Затем вынимают тарелку *4*, пружину, золотник *6* и втулку *7*. Сборку производят в обратной последовательности, при этом следят, чтобы риска на торце втулки совпала с риской на корпусе блока регулирования.

Для осмотра поршня сервомотора снимают крышку, вынимают поршень вместе с уплотнительными кольцами, плавающим кольцом и нажимной гайкой. Последующая разборка, т. е. извлечение трубки обратной связи, втулки и стакана, возможна, если блок регулирования снят с крышки подшипника. Сборку сервомотора производят в обратной последовательности, при этом проверяют, чтобы плавающее кольцо не было зажато.

Разборку опережающего импульсного устройства начинают с демонтажа узла, к которому подводится негорючее масло «иввиоль», и приспособления для ослабления или усиления опережающего импульса. Затем удаляют крышку устройства, для чего отпускают гайки шпилек, крепящие ее к корпусу блока, при этом одновременно снимают регулировочный болт. Дальнейший порядок действий аналогичен методу разборки отсечного золотника. В таком же порядке осуществляют разборку реле закрытия клапанов.

При сборке всех узлов блока регулирования особое внимание обращают на состояние трущихся поверхностей, отсутствие заеданий деталей, на чистоту букс, втулок и других узлов регулирования. В процессе сборки все детали предохраняют от попадания грязи и смазывают трущиеся поверхности чистым турбинным маслом.

В процессе монтажа турбопривода питательного насоса ОСПТ-1150 производят ревизию клапанов парораспределения, при этом проверяют, чтобы клапаны были притерты к седлам по обоим пояскам; зазоры в штоках должны быть в пределах 0,06—0,18 мм, а в направляющих поршнях 0,25—0,40 мм. Следует иметь в виду, что ревизию клапанов необходимо производить до того как верхние половины диафрагм будут окончательно установлены в крышке турбины, а сборку их выполнить после того, как крышка будет подготовлена к закрытию цилиндра турбины.

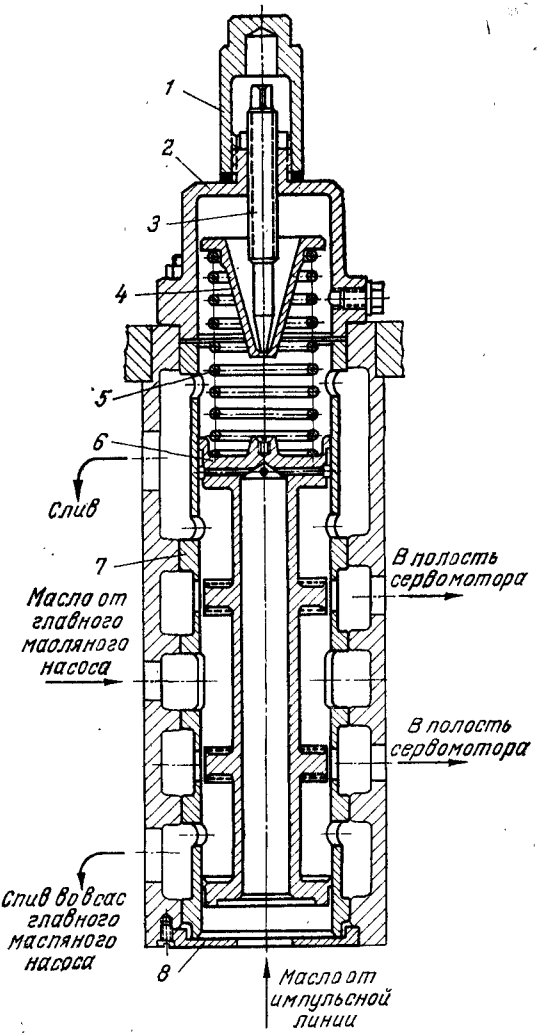


Рис. 4-23. Отсечной золотник системы регулирования турбины ОР-12П.

1 — колпачковая гайка; *2* — верхняя крышка; *3* — регулировочный винт; *4* — тарелка пружины; *5* — пружина; *6* — золотник; *7* — втулка золотника; *8* — нижняя крышка.

После закрытия цилиндра турбины устанавливают сервомоторы клапанов, а затем стойки и рычаги системы регулирования. Стойку следует установить так, чтобы рычаг имел равномерные зазоры с двух сторон по опорам и при полностью выбранном ходе вверх размер между крышкой сервомотора байпасного клапана и нижней поверхностью опоры составлял 185 мм.

Ревизию узлов системы регулирования производят при отсутствии специальных указаний завода о гарантийной блочной поставке. С кон-

структивными особенностями узлов регулирования и принципом их работы можно ознакомиться в § 2-4.

Узлы регулирования (блок защиты, сервомотор реле осевого сдвига, усилитель и золотниковое устройство КДУ) скомпонованы в блоке управления и защиты. Конкретные технологические указания и технические требования, обязательные при разборке и сборке узлов регулирования, указаны в соответствующих заводских чертежах. При ревизии узлов регулирования следует обратить внимание на состояние трущихся поверхностей золотников, букс, штоков и сервомоторов, на чистоту узких щелей в окнах букс, золотников и втулок. В процессе сборки необходимо тщательно следить за маркировкой деталей.

На металлоконструкции, смонтированной перед фундаментом питательного агрегата, устанавливают щит управления и регулирования. В щите управления монтируют блок регулирования, блок защиты и электромагнитный клапан проверки ограничителя частоты вращения. На фундаменте рядом со стопорным клапаном устанавливают ручной клапан аварийной остановки.

При установке на фланец переднего подшипника коробки рычагов регулятора безопасности следует проверить, что зазор между площадкой рычага и грузом регулятора составляет 6+0,5 мм; при установке золотникового устройства регулятора безопасности необходимо убедиться, что расстояние от нижнего фланца корпуса до дна золотника составляет 31+0,5 мм.

4-10. МОНТАЖ СИСТЕМЫ МАСЛОСНАБЖЕНИЯ, ТРУБОПРОВОДОВ УПЛОТНЕНИЙ И ДРЕНАЖЕЙ

Блок маслоснабжения турбины ОР-12П поставляется в собранном виде и включает масляный бак, пусковой масляный электронасос, реле давления и смазки, электронасос валоповоротного устройства, электромагнитный дистанционный выключатель и перепускной клапан. Блок маслоснабжения *1* устанавливают на металлоконструкции перед турбиной (рис. 4-24), его выверяют по уровню и по осям турбины согласно данным установочного чертежа.

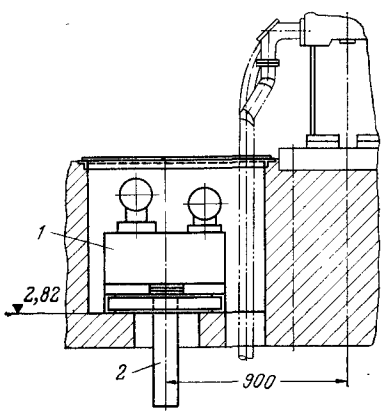


Рис. 4-24. Установка блока маслоснабжения.
1 — блок маслоснабжения; *2* — сливной трубопровод.

Масляный бак сварен из стальных листов; для его подъема на стенках приварены четыре рамы. Во время монтажа (при отсутствии специальных указаний завода о гарантийной блочной поставке) производят ревизию узлов блока маслоснабжения, очищают внутреннюю поверхность масляного бака и проверяют плотность его сварных швов наливом воды до крышки.

У турбопривода питательного насоса ОСПТ-1150 отсутствует самостоятельная система маслоснабжения. В качестве рабочей жидкости в системе регулирования и защиты используется вода (конденсат) давлением 1,17 МПа (12 кгс/см^2), поступающая через фильтр из системы регулирования главной тур-

бины (ХТГЗ) энергоблока. Масло в систему смазки, а также к реле осевого сдвига и его сервомотору поступает из системы смазки главной турбины давлением 0,19 МПа (2 кгс/см²).

Маслопровод в пределах турбины поставляется совместно с турбиной, а маслопровод в пределах насоса — комплектно с насосом. Все трубы прибывают на монтажный объект в прямом виде, и детали из них изготовляют по шаблонам и замерам, снятым по месту. Перед контрольной сборкой проверяют качество шабровки фланцев, приваренных к трубам на заводе, а также на оборудовании и арматуре; проверяют очистку сварных швов от шлака и приварку всех бобышек для контрольно-измерительных приборов.

Контрольную сборку всех маслопроводов производят с подгонкой по месту изготовленных деталей, с прихваткой фланцев и стыков. При сборке маслопроводов не следует допускать перекосов и натягов фланцевых соединений; все сливные трубопроводы необходимо монтировать с уклоном 1 : 100 в направлении слива.

При изготовлении маслопроводов не следует допускать резких изгибов труб, способствующих образованию в них воздушных пробок. Корневые проходы сварных швов трубопроводов регулирования выполняют аргонодуговой сваркой, а качество сварных швов на трубах диаметром до 15 мм проверяют ультразвуком или гамма-просвечиванием.

В процессе контрольной сборки у всех подшипников следует развернуть по фланцам напорные и сливные участки маслопроводов и по шаблонам изготовить перемычки для промывки и прокачки масла, минуя подшипники. По окончании контрольной сборки маслопроводы разбирают, сваривают все стыки и фланцы, прихватка которых производилась по месту, удаляют наплывы и сварочный грат со сварных стыков, производят очистку всех труб и арматуры, после чего производят гидравлическое испытание изготовленных трубопроводов по узлам на давление, указанное в чертежах.

Маслопроводы системы смазки окончательно собирают на прессшпановых прокладках или электрокартоне толщиной 1 мм; прокладочным материалом для маслопроводов повышенного давления служит прессшпан или электрокартон толщиной 0,15—0,25 мм. Диаметры отверстий в прокладках должны быть на 3—4 мм больше внутреннего диаметра фланцев. Все прокладки при сборке смазывают тонким слоем шеллака, растворенного в спирте, при этом необходимо следить за чистотой устанавливаемых труб, деталей и арматуры, а также за тем, чтобы лак не затекал внутрь труб. Крепление маслопроводов производят по месту, при этом особое внимание следует обратить на расстановку мертвых опор.

Трубопроводы уплотнений и дренажей поставляются совместно с турбиной, а в пределах насоса комплектно с насосом. Калужский турбинный завод и завод «Экономайзер» поставляют трубы в прямом виде, и детали из них изготовляют на монтаже по шаблонам, снятым по месту; ЛМЗ изготовляет трубы в гнутом виде с монтажными припусками за исключением труб диаметром 20 мм и менее, которые также поставляются прямыми.

До начала монтажа узел трубопроводов уплотнений и дренажей укомплектовывают готовыми деталями, трубами, фланцами, крепежом и прокладочным материалом. К монтажу трубопроводов приступают после центрирования питательного агрегата и затяжки фундаментных болтов.

Контрольную сборку трубопроводов уплотнений и дренажей производят, монтируя готовые и подгоняя по месту изготовленные по шаблонам детали. При сборке не допускаются перекосы и натяги во фланцевых соединениях, при этом все дренажные трубопроводы монтируют с уклоном в сторону слива.

После разборки трубопроводов уплотнений и дренажей, приварки фланцев и заварки всех стыков производят гидравлическое испытание изготовленных трубопроводов по узлам на указанное в чертежах давление. Трубы продувают сжатым воздухом или паром, после чего трубопроводы собирают на прокладках; крепление их выполняют по месту.

ГЛАВА ПЯТАЯ

МОНТАЖ ЭЛЕКТРОПИТАТЕЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ

5-1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Электропитательные насосы ПЭ-380-185/200-2, ПЭ-580-185/200-2 и ПЭ-720-185-2 широко используют в различных сочетаниях в компоновках энергоблоков от 160 до 200 МВт; насосы ПЭ-580-200-2 применяют в схемах неблочных установок мощностью 100 МВт. Устанавливают их на разных отметках в зависимости от разработанной компоновки проектной организации.

Так, в компоновке машинного зала с подвальным помещением насосы устанавливают на нулевой отметке, а вспомогательное оборудование (маслонасосы и маслоохладители) на отметке —4,0 м, т. е. в подвальном помещении. Разработаны компоновки, где насосы устанавливают на фундаменте с отметкой +3,2 м, а вспомогательное оборудование размещают на нулевой отметке. В компоновке серийной ТЭЦ-ЗИГМ (ТЭЦ заводского изготовления), разработанной Промэнергопроектом, предусмотрена установка электропитательного насоса ПЭ-500-200-2 на отдельном фундаменте с отметкой +4,0 м.

Если электропитательный агрегат включает в себя редуктор, то монтаж агрегата начинают с его установки; при отсутствии в конструкции агрегата редуктора монтаж начинают с установки гидромуфты.

Для энергоблоков мощностью 300 МВт широко применяют электропитательные агрегаты ПЭ-600-300 или ПЭ-600-300-2 Сумского насосного завода и СВПЭ-320-550 ЛМЗ. Каждый насос устанавливают на отдельном фундаменте, который соединяется с фундаментом турбопитательного агрегата переходной площадкой. Указанные электропитательные агрегаты по сравнению с питательными насосами серии ПЭ значительно мощнее, они сложнее конструктивно и при выполнении монтажных работ. Поэтому подробнее рассмотрим технологию выполнения монтажа электропитательных агрегатов, работающих в схеме энергоблоков мощностью 300 МВт.

Монтажные работы по электропитательному агрегату обычно выполняют одновременно с работами по турбопитательному агрегату с использованием мостового крана машинного зала и вспомогательного козлового крана, устанавливаемого непосредственно на фундаменте питательных насосов.

Проверку и приемку фундамента под электропитательный агрегат выполняют так же, как аналогичные работы при монтаже турбопитательного агрегата. Электропитательный агрегат СВПЭ-320-550 устанавливают на закладные опорные плиты (рис. 5-1), метод установки

которых и способ их бетонирования аналогичны выполнению этих работ по турбопитательному агрегату СВПТ-340-1000 ЛМЗ. Заготовку постоянных подкладок производят до начала монтажа по размерам, указанным в табл. 5-1.

Таблица 5-1

Размеры заготовок для постоянных подкладок под насос СВПЭ-320-550, редуктор, гидромуфту и электродвигатель

Место установки подкладки	Высота, мм	Ширина, мм	Длина, мм	Количество, шт.
Фундаментная рама электродвигателя	40	150 100 150	200 200 280	4 8 2
Статор гидромуфты	40	50	175	8
Фундаментная рама редуктора	40	100	200	16
Фундаментные опоры насоса	40	150	200	16

Плотность прилегания корпуса редуктора к фундаментной раме и лап насоса к фундаментным опорам проверяют при незатянутых фундаментных болтах, при этом пластина щупа толщиной 0,05 мм не должна проходить между сопрягаемыми плоскостями. Установку постоянных подкладок под фундаментные рамы редуктора производят

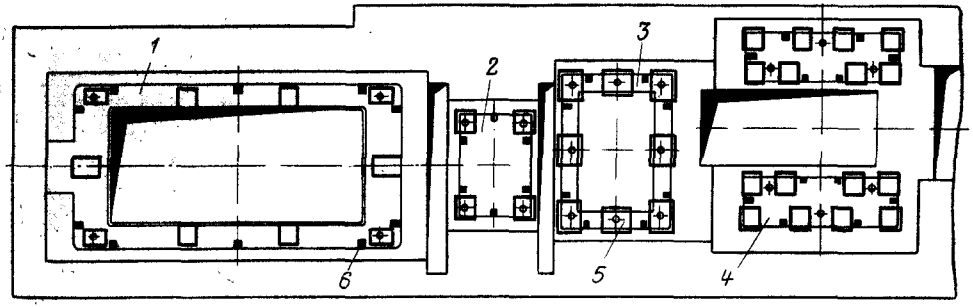


Рис. 5-1. Установка опорных плит на фундаменте питательного агрегата СВПЭ-320-550.
1 — фундаментная рама электродвигателя; *2* — основание статора гидромуфты; *3* — фундаментная рама редуктора; *4* — фундаментные опоры насоса; *5* — опорная плита; *6* — место для установки клинового домкрата.

после окончания его выверки, под фундаментные опоры насоса после окончания центрирования его ротора к валу редуктора, а под корпус гидромуфты и фундаментную плиту электродвигателя — после окончания центрирования их роторов между собой и ротора гидромуфты с валом редуктора.

Электропитательный агрегат ПЭ-600-300 (или ПЭ-600-300-2) устанавливают на парные клиновые подкладки, которые опираются на закладные опорные рамы, устанавливаемые монтажным персоналом на фундамент до приемки его под монтаж. После установки и выверки закладных частей по осям и высотным отметкам их приваривают к выпускам арматуры и бетонируют так, чтобы плоскость верхних полок швеллеров рам оставалась на 30 мм выше уровня бетона.

Редуктор, гидромуфта и питательный насос должны поступать на монтажный объект в блочном исполнении и поэтому ревизии на мон-

таже не подлежат; вскрывать необходимо только опорные подшипники. В случае отсутствия пломб и плотных заглушек или длительного хранения на складе монтажного объекта ревизию агрегата производят с одновременным производством монтажных работ.

5-2. УСТАНОВКА УЗЛОВ АГРЕГАТА НА ФУНДАМЕНТЕ

Монтаж электропитательного агрегата начинается с редуктора, который обычно поставляется в собранном виде на фундаментной раме. Разобрав упаковку и застропив, например, редуктор ЛМЗ (рис. 5-2), тщательно протирают опорную поверхность его фундаментной рамы, к которой подвешивают фундаментные болты. Редуктор устанавливают на фундаменте на клиновые домкраты, после чего проверяют щупом плотность прилегания корпуса редуктора к фундаментной раме. При необходимости ревизии снимают крышку редуктора, производят удаление консервации деталей и их осмотр. При разборке вкладышей редуктора следует обратить особое внимание на сохранность проводов электротермометров.

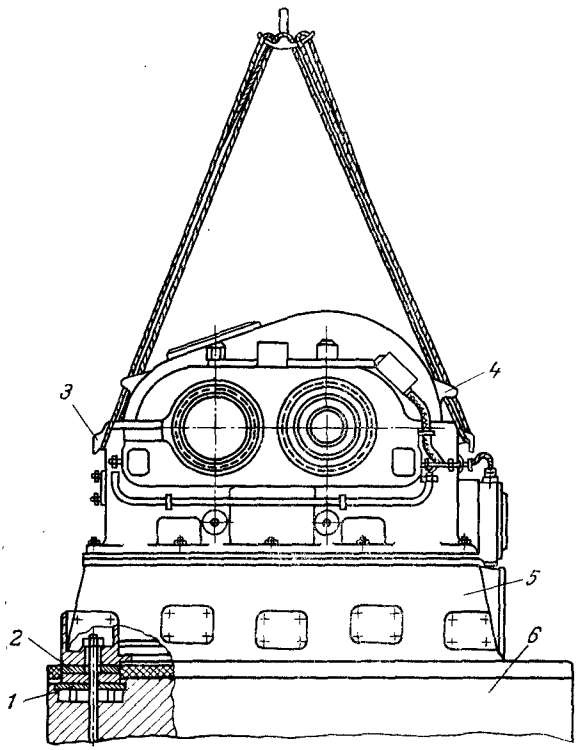


Рис. 5-2. Установка редуктора ЛМЗ.

1 — закладная опорная плита; *2* — постоянная подкладка; *3* — прилив для подъема редуктора; *4* — прилив для подъема крышки; *5* — рама; *6* — фундамент.

Пользуясь проверочными валами, необходимо проверить параллельность осей шестерен (рис. 5-3), при этом разность размеров A_1—A_2 допускается не более 0,03 мм на длине 1000 мм, разность показаний уровней, установленных на осях *xx* и *yy* (скрещивание осей), не должна быть более 0,3 деления уровня «Геологоразведка». Поверхность соприкосновения зубцов шестерен (по краске) по высоте должна быть не меньше 60%, а по длине зубца 95%. Радиальный зазор между зубьями должен быть 1,25 мм, а боковой зазор 0,3—0,4 мм. Размер *Б* следует определять при плотном прилегании рабочих поверхностей зубцов шестерен.

С помощью фиксирующих болтов, расположенных на конце малой шестерни, необходимо центрировать ее внутренний вал по внешнему. Эти болты, фиксирующие положение внутреннего вала, должны оставаться, пока не будут закончены все операции по центрированию питательного агрегата. В процессе монтажа выверяют положение продольной оси редуктора в отношении осей колодцев под фундаментные

болты и при помощи клиновых домкратов устанавливают редуктор по высотным отметкам так, чтобы уровень «Геологоразведка», установленный на фланце разъема его корпуса, показывал уклон не более одного деления.

После обтяжки фундаментных болтов редуктора и проверки горизонтальности его установки закрывают крышку редуктора; после этого под фундаментную раму редуктора подгоняют и устанавливают постоянные подкладки, после чего вскрывают крышку редуктора и снова проверяют его положение. Через отверстия в раме *3* сверлят отверстия в постоянных подкладках *2* и в закладных опорных плитах *1* (рис. 5-4) развертывают эти отверстия и подгоняют по ним контрольные шпильки *4*. Подгонку контрольных шпилек выполняют после окончания монтажа всего агрегата.

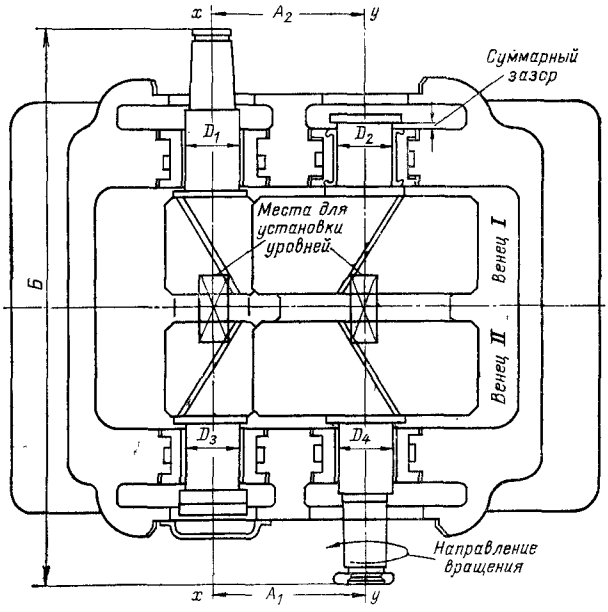


Рис. 5-3. Места проверки при сборке редуктора.

Затем при помощи индикатора проверяют суммарный осевой разбег в опорно-упорном подшипнике, который должен быть в пределах 5+ +0,5 мм. Проверяют осевое и радиальное биения полумуфт, которые со стороны насоса при зажатых фиксирующих болтах (рис. 5-5) не должны быть более 0,02 мм. При отвернутых фиксирующих болтах радиальное биение допускается не более 0,25 мм, со стороны гидромуфты биения допускаются не более 0,03 мм.

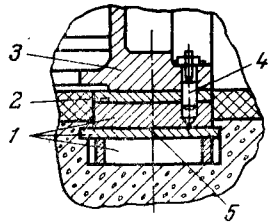


Рис. 5-4. Установка контрольной шпильки.
1 — плита; *2* — постоянная подкладка; *3* — рама; *4* — контрольная шпилька; *5* — ось фундаментного болта.

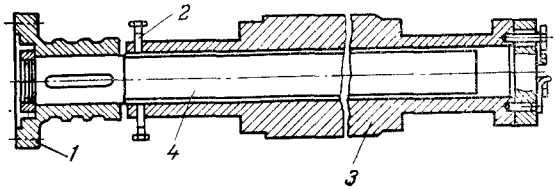


Рис. 5-5. Установка внутреннего вала.
1 — полумуфта со стороны насоса; *2* — фиксирующие болты для центрирования внутреннего вала; *3* — малая шестерня; *4* — внутренний вал.

Методика монтажа и технические требования при установке редуктора Б-10Н Казанского компрессорного завода несколько отличаются. Смещение взаимно перпендикулярных осей редуктора относительно фундамента допускается только параллельно и не должно превышать 10 мм. Отклонение положения плоскости разъема редуктора от проект-

ной высотной отметки не должно превышать ±5 мм; отклонение от горизонтальности плоскости разъема редуктора не должно быть более 0,5 мм на 1000 мм.

Ось вала-шестерни редуктора Б-10Н должна быть выставлена по уровню с точностью 0,03—0,04 мм на 1000 мм, при этом за базу принимают ложный вал, уложенный на подшипники вала-шестерни. После обтяжки фундаментных болтов следует проверить с помощью ложных валов перекос и непараллельность шестерен, величина которых не должна превышать 0,06 мм на 1000 мм. Данные замеров заносят в соответствующий формуляр.

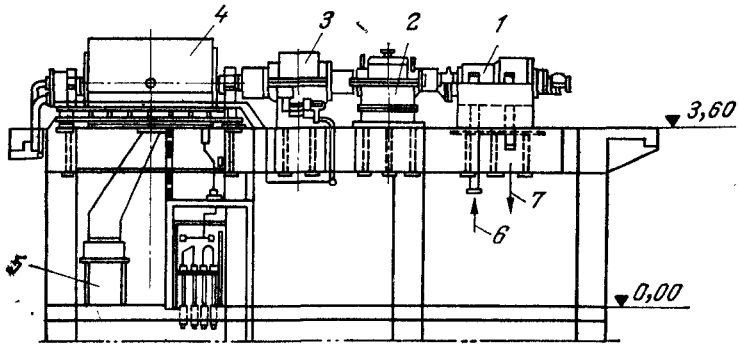


Рис. 5-6. Установка насосного агрегата энергоблока 300 МВт.
1 — насос: *2* — редуктор; *3* — гидромуфта; *4* — электродвигатель; *5* — воздухоохладитель; *6* — питательная вода от бустерных насосов; *7* — питательная вода к подогревателю высокого давления.

В процессе монтажа электропитательного агрегата энергоблока 300 МВт (рис. 5-6) к редуктору *2* с одной стороны центрируется питательный насос *1*, с другой — гидромуфта *3*. При наличии запломбированных заглушек насос не вскрывают, а только проверяют опорные подшипники. Застропив насос и подняв его мостовым краном, тщательно протирают опорную поверхность фундаментных опор и устанавливают насос на фундамент (насос ЛМЗ — на клиновые домкраты; насос Сумского насосного завода — на парные клиновые подкладки).

Далее проверяют плотность прилегания лап насоса к фундаментным опорам, величины зазоров в шпоночных соединениях корпуса насоса, осевой разбег ротора насоса, при этом зазоры должны находиться в пределах, указанных на чертежах. Необходимо убедиться, например, что осевой разбег ротора насоса СВПЭ-320-550 с разгрузочным диском и установленным корпусом заднего уплотнения находится в пределах 5±1 мм, а осевое и радиальное биения его полумуфты не более 0,02 мм.

Центрирование насоса ЛМЗ к валу редуктора выполняют с помощью приспособления (рис. 5-7), закрепленного на полумуфте вала редуктора, изменяя положение клиновых домкратов под фундаментными опорами насоса; при этом внутренний вал редуктора должен быть зажат фиксирующими болтами. Центрирование выполняют так, чтобы ось насоса находилась выше оси редуктора на 0,1 мм и была смещена вправо на 0,1 мм (если смотреть со стороны насоса на редуктор). Точность центрирования как по радиусу, так и по торцу полумуфт должна составлять 0,02—0,03 мм. После окончания центрирова-

ния фиксируют положение насоса при помощи уровня, подгоняют и устанавливают постоянные подкладки под его опорами.

Насос Сумского насосного завода (ПЭ-600-300) прицентровывают к редуктору Б-10 так, чтобы его ось лежала выше оси редуктора на 0,2 мм. При центрировании насоса с редуктором снимают защитный кожух, закрывающий неприводной конец шестерни редуктора, отсоединяют щиток зубчатой муфты, а торсионный вал редуктора подают в сторону от насоса на 180—200 мм, пока центрирующие пояски торсионного вала не войдут в заточки шестерни редуктора. Центрирование насоса с редуктором выполняют при затянутых фундаментных болтах, с помощью специального заводского приспособления; центровка считается законченной, когда радиальное биение не превышает 0,05 мм, а осевое 0,03 мм.

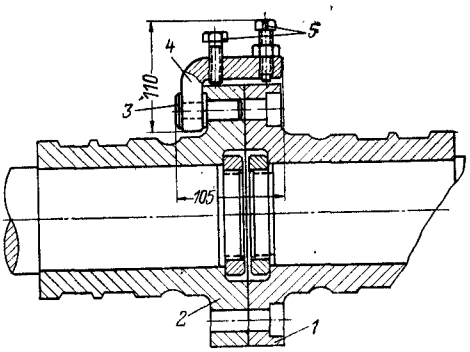


Рис. 5-7. Приспособление для центрирования роторов редуктора и насоса СВПЭ-320-550.

1 — полумуфта насоса; *2* — полумуфта редуктора; *3* — специальный палец; *4* — скоба; *5* — болты.

Гидромуфта поставляется в собранном виде и в процессе монтажа подвергается ревизии. При этом проверяют качество пригонки зубьев обойм к зубьям полумуфт гидромуфты и редуктора, разбег роторов гидромуфты, радиальное и торцовое биения полумуфт (разбег роторов гидромуфты ЛМЗ должен составлять для каждого ротора 0,35—0,50 мм).

Центрируют ротор гидромуфты к валу редуктора при помощи приспособления, закрепленного на полумуфте вала редуктора. Центрирование выполняют так, чтобы ось ведомого ротора гидромуфты ЛМЗ была сдвинута влево относительно оси вала редуктора на 0,1 мм (если смотреть со стороны редуктора на гидромуфту). Точность центрирования как по радиусу, так и по торцу полумуфт должна составлять 0,02—0,03 мм. После установки постоянных подкладок на специальном кронштейне, крепящемся к корпусу гидромуфты, устанавливают регулирующий клапан.

При установке редуктора Б-10Н и центрирования к нему гидромуфты МГ-7000 несоосность вала зубчатого колеса и ротора гидромуфты не должна превышать 0,04 мм, перекос их между собой не должен быть более 0,15 мм на 1000 мм; при этом несоосность вала-шестерни и ротора насоса не должна превышать 0,02 мм. При центрировании гидромуфты на клиновых подкладках контролируют их прилегание к закладной раме, картеру гидромуфты и одной к другой. После окончания центрирования (при затянутых фундаментных болтах) нижнюю клиновую подкладку приваривают к раме, а верхнюю — к нижней.

Электродвигатель поставляется в собранном виде на фундаментной плите. В процессе монтажа производят его ревизию. До установки электродвигателя на фундамент производят гидравлическое испытание воздухоохладителя давлением 0,39 МПа (4 кгс/см^2), после чего устанавливают воздухоохладитель на предназначенную для него конструкцию и вместе с ней опускают в проем фундамента на место его установки *5* (рис. 5-6). Кроме того, проверяют совпадение отверстий на фланцах воздушного короба воздухоохладителя, электродвигателя и

воздухоохладителя, после чего опускают короб в проем и временно закрепляют его на воздухоохладителе. Проверяют опорные подшипники электродвигателя, радиальное и торцовое биения его полумуфты, которые не должны превосходить 0,03 мм, а также осевые зазоры между торцами вкладыша и галтелями шейки вала ротора.

Фундаментная плита двигателя устанавливается на фундаменте с использованием плоских или клиновых опорных подкладок длиной 200 и шириной 100 мм, размещаемых между плитой и закладными элементами фундамента; при этом опорные подкладки размещают с обеих сторон фундаментных шпилек.

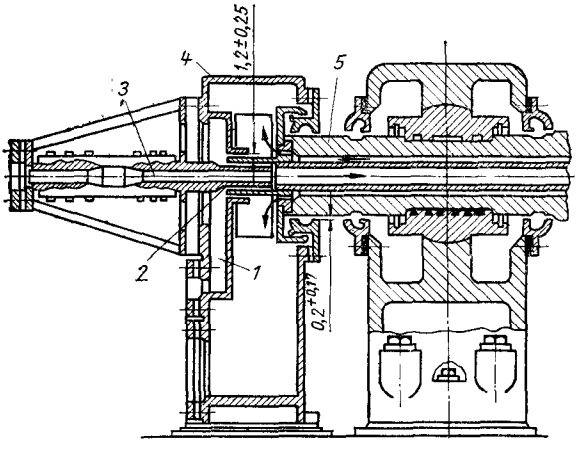


Рис. 5-8. Установка водоподвода к электродвигателю.

1 — камера замера протечки; *2* — фторопластовое уплотнение; *3* — неподвижная трубка; *4* — корпус водоподвода; *5* — концевая часть ротора.

Для вывода ротора электродвигателя из статора изготовляют из толстостенной трубы диаметром 200—250 мм удлинитель длиной 2,5 м с фланцем по размеру полумуфты; ротор выводят в сторону водоподвода ротора. При выполнении этой работы стропы и ротор не должны касаться лобовых частей обмотки статора. Выведенный из статора ротор укладывают бочкой на подкладки так, чтобы их не касались роторные бандажи и вентиляторы.

Гидравлическое испытание охлаждающей системы статора выполняют на давление 0,98 МПа (10 кгс/см^2), а ротора — на давление 6,86 МПа (70 кгс/см^2) (в течение 30 мин), при этом на трубопроводе от гидропресса до статора и ротора устанавливают предохранительные клапаны, соответственно отрегулированные на 1,17 и 7,84 МПа (12 и 80 кгс/см^2). После испытания ротор устанавливают в статор и проводят дальнейшую сборку двигателя, соблюдая указанные в формуляре зазоры.

Воздушный зазор между активной сталью статора и ротором, замеряемый специальным щупом, вверху, внизу, справа и слева с каждого конца ротора должен быть равен 7 мм. Щуп нужно вводить в зазор с небольшим усилием во избежание получения неверных данных о зазорах. Допустимое отклонение величины воздушных зазоров от среднего значения равно ±5%.

Концевые уплотнения ротора следует устанавливать так, чтобы зазор между валом и уплотнением был равен 0,15±0,05 мм. Зазор между щитом вентилятора и вентилятором должен быть в пределах от 2,0 до 2,5 мм.

Центрирование ротора электродвигателя к ротору гидромуфты выполняют без смещения оси ротора электродвигателя относительно оси ведущего ротора гидромуфты, при этом точность центрирования как по торцу, так и по радиусу полумуфт должна составлять 0,03 мм. Центрирование производят при помощи приспособления, закрепленного на полумуфте ротора гидромуфты. После установки постоянных под-

кладок под рамами двигателя (или приварки клиновых подкладок) и затяжки фундаментных болтов к фланцу электродвигателя подсоединяют на резиновых прокладках верхний фланец его воздушного короба, а нижний фланец короба — к воздухоохладителю. Затем подливают фундаментные болты под рамой воздухоохладителя.

Устанавливая водоподвод (рис. 5-8), проверяют его центрирование относительно ротора *5* электродвигателя и при необходимости уточняют центрирование изменением толщины подкладки под корпусом *4* водоподвода. Зазор между фторопластовым уплотнением *2* и концевой втулкой должен находиться в пределах 0,02—0,05 мм на диаметр.

После окончания проверки центрирования всего питательного агрегата сверлят и райберуют отверстия для контрольных шпилек в опорах агрегата, подгоняют шпильки, производят подливку его фундаментных плит и опор. До закрытия крышек подшипников проверяют зазоры у маслозащитных колец опорных подшипников, электрические соединения электротермометров в подшипниках редуктора и гидромуфты, установку индикатора осевого сдвига в заднем подшипнике насоса (ЛМЗ), после чего закрывают крышки, смазав фланцы горизонтального разъема разведенным в спирте шеллаком.

Ротор электродвигателя и ведущий ротор гидромуфты соединяют в соответствии с заводской маркировкой полумуфт и скрепляют их четырьмя временными диаметрально расположенными болтами. Затем развертывают отверстия под соединительные болты одновременно в обеих полумуфтах. Отверстия доводят до размеров, обеспечивающих соосность парных отверстий, причем их поверхность должна быть обработана чисто и не должна иметь рисок и задиров. Окончательный диаметр отверстий должен быть одинаков. Соединительные болты обрабатывают по диаметру, получившемуся после развертки отверстий, и пригоняют по отверстиям «на блеск» так, чтобы они входили в отверстия от ударов ручника, наносимых через алюминиевую подкладку.

Каждый болт с гайкой и шплинтом маркируют по отверстию и взвешивают; при этом разность в массе комплектов допускается не более 10 г. Уравновешивание комплекта осуществляют за счет проточки гайки или головки болта. После этого в соответствии с маркировкой полумуфт собирают муфту между ротором насоса и валом редуктора, а также муфту между валами редуктора и ведомым ротором гидромуфты. При этом проверяют чистоту каналов в полумуфтах и отверстий в трубках для подачи масла на их зубчатое зацепление.

Следует проверить легкость вращения соединенных роторов насоса, редуктора и ведомого вала гидромуфты. После этого окончательно собирают полужесткую муфту между ведущим ротором гидромуфты и ротором электродвигателя и проверяют легкость их вращения. Монтируют нижние половины ограждений муфт, проверяют зазоры в масляных уплотнениях и уплотнениях ограждений, после чего устанавливают их верхние половины.

Изготовление и монтаж маслопроводов и других трубопроводов для электропитательного насоса аналогичны выполнению этих работ при монтаже турбопитательного агрегата. При монтаже электропитательного агрегата необходимо дополнительно смонтировать трубопровод охлаждающей воды к воздухоохладителю, а также подсоединить к электродвигателю трубопровод подвода и слива воды для охлаждения ротора и статора.

На напорный патрубок питательного насоса устанавливают обратный клапан вертикального типа, а перед приемным патрубком

фильтрующую сетку, после чего присоединяют трубопроводы питательного тракта. При установке обратного клапана уточняют натяг зубчатой прокладки по толщине, который должен составлять 0,3—0,5 мм. Всасывающий и напорный трубопроводы монтируют с учетом того, чтобы усилия от трубопроводов на патрубках насоса не превышали проектных значений; например, для насоса ПЭ-600-300 эти усилия не должны превышать 6 тс.

Для контроля правильности присоединения трубопроводов следует проверить центрирование насоса с редуктором.

После окончательной установки электродвигатель заземляют посредством приварки к фундаментной плите шин, соединенных с заземляющим контуром.

ГЛАВА ШЕСТАЯ

ПУСКОНАЛАДОЧНЫЕ РАБОТЫ ПО ПИТАТЕЛЬНЫМ АГРЕГАТАМ

6-1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

В подготовительный период пусконаладочная бригада разрабатывает схемы промывок и продувок трубопроводов, составляет рабочие программы опробования, испытания и наладки оборудования, которые согласовывает с заинтересованными организациями, при этом программы и соответствующие схемы выполнения отдельных этапов пусконаладочных работ утверждаются главным инженером электростанции.

При подготовке к выполнению пусконаладочных работ составляется перечень поузловой приемки оборудования из монтажа, осуществляются контроль за выполнением монтажных работ на их завершающей стадии и поузловая приемка оборудования и трубопроводов после монтажа; составляются ведомости дефектов и недоделок и осуществляется контроль за их устранением.

Очистка маслопроводов питательных агрегатов может выполняться механическим или химическим способом (ортофосфорной кислотой). Очистка и промывка маслопроводов питательных агрегатов энергоблоков мощностью от 300 до 1200 МВт выполняется одновременно с аналогичными операциями по главной турбине энергоблока, если применен метод химической промывки маслопроводов после их окончательной сборки.

При организации и выполнении химической очистки маслопроводов важным является организация сброса отработанных растворов, которая не входит в компетенцию наладочной бригады; по этому вопросу решения принимает дирекция электростанции. При этом необходимо учитывать требования органов рыбоохраны Министерства рыбного хозяйства СССР к качеству воды в водоемах, согласно которым запрещается спуск сточных вод без их предварительной очистки.

Оперативное руководство выполнением отдельных этапов пусконаладочных работ осуществляется наладчиками через дежурный и вахтенный эксплуатационный персонал в соответствии с рабочими программами. Перед этим наладочный персонал должен подготовить вахтенные журналы, в которых необходимо фиксировать время и даты выполнения работ, дефекты, обнаруженные при работе оборудования, и методы их устранения; данные химических анализов и другие по-

казатели (например, величины вибраций узлов агрегатов), характеризующие нормальную работу оборудования.

Продувка паропровода к приводной турбине и промывка трубопроводов питательной воды (рис. 6-1) производятся согласно схеме продувок и промывок трубопроводов энергоблока. До пуска турбопитательного агрегата производят наладку его регулирования, проверяют исправность действия стопориого клапана и промывают трубопровод, связанный с уплотнениями насоса. До пуска электропитательного агрегата промывают систему трубопроводов охлаждения и уплотнений насоса; проверяют поступление конденсата на уплотнение вала насоса.

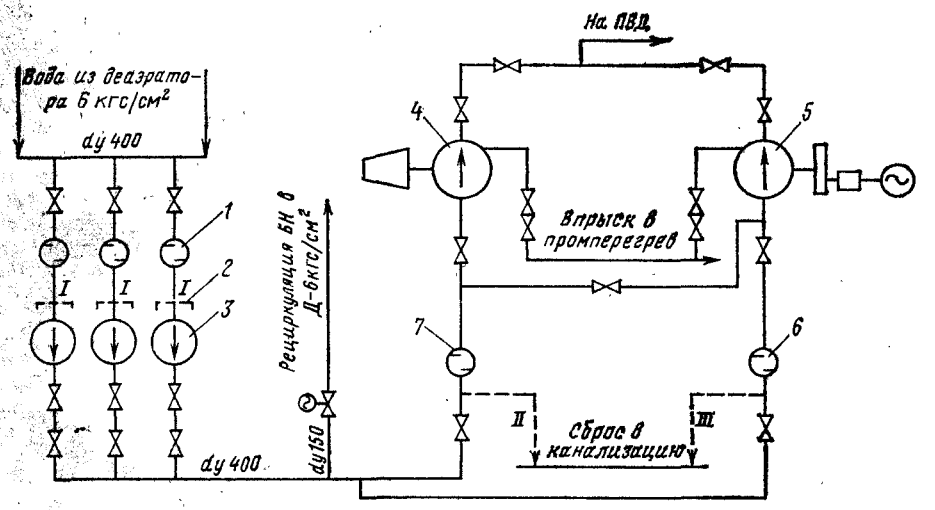


Рис. 6-1. Схема промывки питательиых трубопроводов энергоблока 300 МВт.
1, 6 и 7 — сетки (во время промывки удалить); *2* — временная заглушка; *3* — бустерный насос; *4* — турбопитательиый насос; *5* — электропнтательный насос.

До начала опробования питательных насосов перед их приемными патрубками устаиавливают конические фильтрующие сетки, поверх которых на период пусковых работ устанавливается более мелкая сетка. Опробование агрегатов после монтажа производят под руководством шеф-инженеров заводов в соответствии с инструкциями заводов-изготовителей и действующими на электростанции инструкциями по эксплуатации питательных агрегатов.

Пуск питательных насосов осуществляют при работе бустерных насосов, которые к этому времени должны быть опробованы. Пуск турбопитательных агрегатов, применяемых в схемах энергоблоков 300—1200 МВт, может быть осуществлен по нормальной схеме только при работе главной турбины энергоблока.

Следует иметь в виду, что для электродвигателя существует максимально допустимое время пуска, которое зависит от напряжения на выводах обмотки статора двигателя в процессе пуска, средней величины и вида кривой момента сопротивления при пуске, от махового момента приводимого механизма и определяется нагревом обмоток ротора и статора в конце пуска. Увеличение времени пуска может привести к чрезмерному нагреву обмотки статора и ротора.

Для выявления причин увеличения времени пуска следует проверить прежде всего пусковую характеристику приводимого механизма —

зависимость его момента сопротивления от частоты вращения и суммарный маховой момент арегагата.

Необходимо помнить, что частые пробные пуски могут привести к недопустимым перегревам обмоток двигателя. В результате может деформироваться короткозамкнутая клетка ротора, а из-за быстрого теплового расширения меди разрушиться изоляция обмотки статора.

Допустимые пусковые режимы электродвигателей (число пусков подряд и наименьшее значение напряжения на зажимах двигателя в процессе пуска) для каждого конкретного приводимого механизма указываются в инструкции по эксплуатации агрегата. Последующие пуски возможны после 2—3-часового перерыва, т. е. после полного охлаждения двигателя.

Электродвигатель может нормально работать при отклонении частоты питающей сети от номинальной на ±5%; работа двигателя при частоте питающей сети вне указанных пределов недопустима.

6-2. ПОДГОТОВКА К ОПРОБОВАНИЮ ПИТАТЕЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ

Все операции по подготовке к пуску питательных агрегатов производятся машинистом этих агрегатов под руководством старшего машиниста энергоблока, при этом необходимо проверить окончание всех монтажных и строительных работ, отсутствие посторонних предметов и чистоту оборудования, наличие и исправность контрольно-измерительных приборов с вызовом дежурного по КИПиА для их подключения и подачи напряжения на местные щиты питательных агрегатов; проверить готовность всего оборудования, включая арматуру и ее приводы (закрытие задвижек на напорных и всасывающих питательных трубопроводах, подачи конденсата к уплотнениям, отборе питательной воды после первых ступеней насоса и на других участках трубопроводов); проверить закрытие обратных клапанов и сбросных устройств питательных насосов.

До опробования электропитательных насосов (СВПЭ-320-550 или ПЭ-600-300) следует открыть задвижки подачи масла от общей системы главной турбины энергоблока на подшипники электропитательного агрегата, при этом давление масла должно быть в пределах 0,14—0,16 МПа (1,5—1,7 кгс/см^2) к питательному агрегату ЛМЗ и 0,06—0,11 МПа (0,7—1,2 кгс/см^2) к агрегату Сумского насосного завода. Температура масла, поступающего к подшипникам, и рабочего масла к гидромуфте должна быть 42—45°С (но не ниже 30°С), а к редуктору 30—35°С. Следует проверить наличие слива из подшипников агрегата.

До пуска электропитательного агрегата после промывки системы трубопроводов охлаждения (кроме электродвигателя), прокачивают воду через двигатель и воздухоохладитель так, чтобы ее давление на входе в статор было не выше 0,49 МПа (5 кгс/см^2), а расход не менее 5 м^3/ч; на входе в неподвижный ротор соответственно 0,19 МПа (2 кгс/см^2) и 35 м^3/ч.

Медленно открывая задвижку на всасывающей стороне пускорезервного насоса, производят заполнение его от бустерных насосов, обеспечив выпуск воздуха из корпуса насоса и трубопроводов. При появлении протечек воды из уплотнений насоса следует полностью открыть вентили на сливе из уплотнений и подать конденсат на уплотнение, при этом отрегулировать давление в камере подвода на 0,19 МПа (2 кгс/см^2) выше, чем в сливных камерах, а давление в сливном трубопроводе поддерживать в пределах 0,019—0,049 МПа (0,2—

0,5 кгс/см²); при этом следует открыть вентили слива из уплотнений насоса в деаэратор.

Отключив подачу масла на смазку и опорожнив гидромуфту, производят проверку блокировки включения электродвигателя при отсутствии давления масла в системе смазки (при этом двигатель не должен включаться). Далее проверяют возможность управления регулирующим клапаном гидромуфты с блочного щита управления при выведенном ручном регулировании, а также вручную. Открыв задвижку на всасывающем трубопроводе насоса, проверяют давление во всасывающей камере насоса и открывают задвижку на трубопроводе отвода воды от сбросного устройства в деаэратор. Опорожнив гидромуфту, закрывают ее регулирующий клапан; открывают задвижку на напорной стороне насоса и проверяют закрытие регулирующего питательного клапана (РПК) котлоагрегата и его байпаса.

Следует убедиться, что давление воды на охлаждение фундаментной плиты насоса ПЭ-600-300 и воздухоохладитель электродвигателя составляет 0,19 МПа (2 кгс/см²); проверить закрытие вентилей на трубопроводах опорожнения питательной воды в дренажный бак и наличие достаточного количества воды в дренажных баках.

Перед пуском турбопитательного агрегата необходимо убедиться в окончании всех работ по турбине и насосу, проверить поступление масла на смазку подшипников агрегата от масляной системы главной турбины энергоблока, опробовать работу пускового масляного электронасоса турбины ОР-12П и проверить взаимодействие обратного и сбросного клапанов насоса путем ручного воздействия на грузовой рычаг обратного клапана.

До пуска турбопитательного агрегата производят наладку его регулирования и проверяют исправность действия стопорного клапана. При опробовании работы стопорного клапана и автоматического затвора приводной турбины ОР-12П штурвал стопорного клапана следует вращать на закрытие до упора, взвести его быстрозапорное устройство, автоматический затвор и дистанционный выключатель, после чего открыть стопорный клапан. Если при вращении штурвала стопорный клапан не откроется, то штурвал следует вращать в обратную сторону на закрытие до упора, а затем значительно медленнее, чем вначале, вращать на открытие.

Если стопорный клапан открыть слишком быстро, то поршень *9* (см. рис. 4-19) при своем движении вверх отстанет от штока *15* с клапаном *10*, масло проникнет через отверстие *24* в пространство над поршнем *9* и пружина *13* захлопнет паровой клапан *4*. Чтобы открыть его снова, необходимо вращением гайки *16* возвратить шток *15* в крайнее нижнее положение. Это устройство имеет своей целью обезопасить турбину от вредных последствий быстрого пуска. Работу быстрозапорного устройства стопорного клапана испытывают при помощи ручного и дистанционного выключателей.

До пуска турбопитательного агрегата следует проверить защиту турбины и блокировку, не позволяющие открытия стопорного клапана при падении давления в маслопроводе системы смазки, при закрытой задвижке на всасывающем трубопроводе насоса, а также при закрытом сбросном устройстве.

Открыв задвижку на всасывающей стороне насоса, заполняют его водой, выпуская через воздушные вентили воздух из насоса и напорного трубопровода. Проверяют подачу холодного конденсата на концевые уплотнения, устанавливая регулирующими вентилями давление

в камерах подвода конденсата на 0,19 МПа (2 кгс/см²) выше давления в камерах слива воды из уплотнений в деаэратор. Включив систему сигнализации, проверяют подачу звукового и светового сигналов, предупреждающих о снижении давления масла в системе смазки.

6-3. ПУСК ЭЛЕКТРОПИТАТЕЛЬНОГО АГРЕГАТА

При пуске электропитательного агрегата следует поворотом ключа на блочном щите управления (БЩУ) включить электродвигатель пускорезервного насоса, при этом время его разворота должно составлять 15 с. При запуске электродвигателя следует зафиксировать пусковой ток и убедиться в направлении вращения (против часовой стрелки, если смотреть со стороны электродвигателя на редуктор).

При работе агрегата с опорожненной гидромуфтой частота вращения насоса устанавливается около 2000 об/мин. Однако длительная работа агрегата с опорожненной гидромуфтой недопустима из-за сильного нагрева ее роторов, поэтому при закрытом клапане гидромуфты разрешается работа агрегата в течение 2 мин.

Необходимо замерить время выбега ротора электродвигателя с ведущим ротором гидромуфты, т. е. время от момента выключения двигателя до полной остановки роторов, затем вновь пустить электродвигатель, медленно открывая вручную регулирующий клапан гидромуфты, с поднятием полной частоты вращения насоса в течение 15—20 мин. При пробном пуске разница между температурой воды за бустерными насосами и воды в напорном патрубке насоса не должна превышать 50°С.

Во время работы насоса на холостом ходу (через сбросной клапан) частоту вращения агрегата устанавливают такой, чтобы давление в напорном патрубке не превосходило 37,26 МПа (380 кгс/см²). Частоту вращения агрегата замеряют тахогенератором, установленным на свободном конце ведущей шестерни редуктора, или ручным тахометром со стороны напорного патрубка насоса. При значительных скольжениях в гидромуфте нельзя допускать повышения температуры слива масла из гидромуфты выше 75°С. Продолжительность работы насоса через сбросное устройство должна быть достаточной для внимательного осмотра всех узлов агрегата и наблюдения за показаниями всех измерительных приборов.

Отключив электродвигатель, следует замерить продолжительность выбега агрегата с заполненной гидромуфтой. Необходимо замерить продолжительность достижения насосом полной частоты вращения при закрытом регулирующем клапане гидромуфты, но с быстрым его открытием. Далее, произведя запуск двигателя при полностью заполненной гидромуфте, определяют пусковой ток электродвигателя. Следует иметь в виду, что количество пусков двигателя и интервалы между ними определяются инструкцией по его пуску и обслуживанию.

При работе электропитательного агрегата на холостом ходу следует убедиться, что вибрация подшипников соответствует нормам, отсутствуют зазоры между опорами агрегата и фундаментными рамами, давление масла на смазку и значения температуры подшипников соответствуют проектным, а расход воды через статор и ротор электродвигателя составляет соответственно 5 и 40 м³/ч (при этом перепад давления воды в статоре равен 0,49, а в роторе 0,39 МПа). При работе насоса через сбросное устройство нагрев воды в насосе не должен быть выше 20°С.

В случае удовлетворительной и устойчивой работы агрегата через сбросной клапан переходят к опробованию насосного агрегата для работы на котлоагрегат. При этом, учитывая отсутствие противодавления в трубопроводе за напорной задвижкой, открывать ее следует медленно.

Перед открытием напорной задвижки необходимо воздействием на колонку дистанционного управления регулирующего клапана гидромуфты снизить частоту вращения насоса до 6000 об/мин; при открытии обратного клапана проверить закрытие сбросного устройства (которое должно автоматически закрыться), после чего постепенно увеличить частоту вращения насоса для получения необходимого давления в напорном патрубке.

Во время работы агрегата нельзя допускать увеличения температуры обмотки статора электродвигателя более 120°С. Во избежание срыва насоса его производительность не должна превышать 700 м³/ч. Регулировать подачу конденсата и слива его с уплотнений необходимо так, чтобы температура воды, отводимой в конденсатор через сифон, не превышала 45—50°С и в картер насоса протекала тонкая струйка воды.

После опробования агрегата под нагрузкой следует, остановив двигатель, замерить время выбега роторов агрегата, закрыть задвижки на нагнетательном и всасывающем трубопроводах, опорожнить насос, а через 3—4 ч после остановки прекратить подачу масла на подшипники агрегата. После останова агрегата необходимо вскрыть и осмотреть подшипники и редуктор, устранить замеченные ненормальности в работе его узлов, очистить фильтр на всасывающем трубопроводе, установить обшивку и подготовить агрегат к пуску в соответствии с режимом работы энергоблока.

Пуск главной турбины энергоблока осуществляют при работе электропитательного агрегата; по достижении турбиной мощности около 100 МВт производят запуск в работу турбопитательного агрегата. Убедившись в нормальной работе всех его узлов, закрывают задвижку на напорной магистрали питательного электронасоса, отключают двигатель электронасоса и переводят его в положение горячего резерва, из которого ПЭН может быть запущен в работу в течение 25—30 с. Импульс на включение двигателя подается при падении давления в напорном трубопроводе питания котлоагрегата. Пуск двигателя может происходить автоматически или вручную с блочного щита управления. При включении в работу турбопитательного агрегата электропитательный агрегат должен отключаться автоматически.

После останова пускорезервного агрегата необходимо открыть напорную задвижку, следя за тем, чтобы насос не начал вращаться; при вращении насоса немедленно ее закрыть. После открытия задвижки на напоре питательный электронасос вводится в горячий резерв и ставится на АВР.

6-4. ПУСК ТУРБОПИТАТЕЛЬНОГО АГРЕГАТА

Перед пуском турбопитательного агрегата необходимо убедиться в том, что все монтажные и строительные работы по турбине и питательному насосу закончены; проверить поступление масла на смазку и слив подшипников приводной турбины и насоса (от масляной системы главной турбины энергоблока); проверить давление масла в системе регулирования турбины ОР-12П, которое должно составлять 0,58 МПа

(6 кгс/см²). Необходимо подвести конденсат из системы регулирования турбины К-300-240 ХТГЗ в систему регулирования и защиты приводной турбины агрегата ОСПТ-1150 с давлением 1,17 МПа (12 кгс/см²), а также подвести техническую воду на охлаждение корпуса заднего стула, при этом давление охлаждающей воды должно находиться в пределах 0,09—0,29 (1—3 кгс/см²), температура не более 33°С, расход около 5 м³/ч. Перед пуском турбопитательного агрегата производят наладку регулирования (на стоящей турбине), проверяют защиты, блокировки и сигнализации агрегата.

Синхронизатор ставят в положение, соответствующее минимальной частоте вращения ротора турбины, для чего вращают маховичок синхронизатора против часовой стрелки до упора. Вращая штурвал стопорного клапана на закрытие до упора, взводят его быстрозапорное устройство и дистанционный выключатель, при этом проверяют открытие регулирующих клапанов. Убедившись в закрытии стопорного клапана, прогревают паропровод до него от главной паровой задвижки в течение 10 мин, открывают дренажи регулирующей ступени и цилиндра турбины, а также примыкающих к ней участков выхлопного трубопровода, после чего включают в работу валоповоротное устройство.

Медленно открывая стопорный клапан, наблюдают за повышением противодавления турбины и выходом пара в атмосферу через предохранительный клапан. После начала вращения ротора турбины и отключения валоповоротного устройства быстро закрывают стопорный клапан и снова приоткрывают на величину, достаточную для поддержания вращения ротора с частотой 300—400 об/мин.

После начала вращения ротора необходимо тщательно прослушать турбину и убедиться в отсутствии задеваний. Прогрев турбины (во время первого пуска после монтажа) ведут при 600—800 об/мин в течение 40—50 мин, при этом ее периодически прослушивают и следят за температурой вкладышей подшипников и масла в системе смазки, которая должна быть 40—45°С.

Во время пуска турбины следует испытать ручной выключатель. После окончания прогрева закрывают дренаж из камеры регулирующей ступени и цилиндра турбины, а также дренажи выхлопного трубопровода и в течение 20—30 мин повышают частоту вращения ротора турбопривода к насосу ОСПТ-1150 до 4100 об/мин, а ротора турбины ОР-12П до 4700 об/мин, при которых вступает в работу автоматическое регулирование указанных турбин. При 4250 об/мин давление масла, создаваемое главным масляным насосом турбины ОР-12П, должно подняться до 0,58 МПа (6 кгс/см²) и пусковой масляный насос должен автоматически отключиться; если насос автоматически не отключился, его следует отключить вручную и выяснить причину отказа в работе автомата.

Продолжая открывать стопорный клапан, следует убедиться, что автоматическое регулирование вступило в работу и регулирующие клапаны прикрылись, после чего стопорный клапан открывают полностью. Вращая маховичок синхронизатора (турбины ОР-12П) по часовой стрелке, доводят частоту вращения ротора турбины до номинальной, при этом проверяют, чтобы давление масла в нагнетательном трубопроводе насоса-регулятора составляло 1,02 МПа (10,5 кгс/см²).

Далее следует прогреть выхлопной паропровод турбины, после чего медленно открыть на нем задвижку перед главной турбиной. При работе насоса через сбросное устройство нельзя допускать нагрева

питательной воды в насосе больше чем на 20°С и увеличения давления в напорном трубопроводе выше 45,11 МПа (460 кгс/см²).

При первом пуске турбины необходимо проверить работу центробежного регулятора безопасности. На рис. 6-2 показан регулятор безопасности бойкового типа турбины ОР-12П. На турбоприводе к насосу ОСПТ-1150 применены регуляторы безопасности кольцевого типа, где ось эксцентричного кольцевого груза при срабатывании регулятора перемещается вместе с грузом относительно втулки и гайки (ход груза равен 5 мм).

При номинальной частоте вращения ротора центробежная сила бойка *1* уравновешивается жесткостью пружины *3*. При достижении ротором предельной частоты вращения центробежная сила бойка преодолевает жесткость пружины и боек, выдвигаясь из корпуса на 5 мм, ударяет по рычагу *4* автоматического затвора, вследствие чего последний срабатывает. При снижении частоты вращения до 6050—6070 об/мин пружина возвращает боек регулятора в прежнее положение.

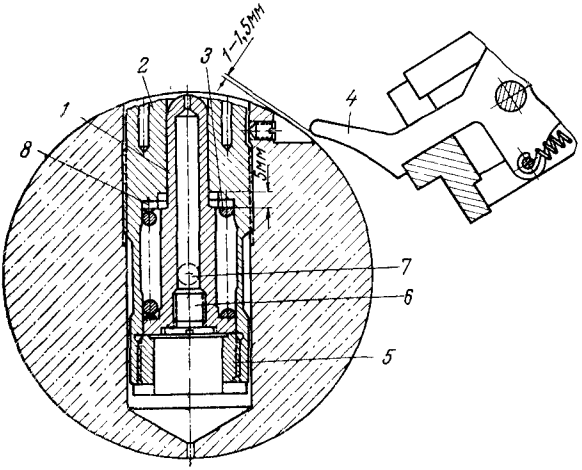


Рис. 6-2. Регулятор безопасности турбины ОР-12П.
1 — боек; *2* — втулка; *3* — пружина; *4* — рычаг автоматического затвора; *5* — гайка; *6* — пробка; *7* — подвод масла из всаса насоса регулятора; *8* — кольцо.

В случае необходимости настройка регулятора безопасности производится изменением положения втулки *2* в радиальном сверлении вала, причем один поворот втулки изменяет частоту вращения срабатывания регулятора на 80 об/мин. Следует иметь в виду, что перед разборкой регулятора необходимо глубиномером и меткой зафиксировать положение втулки *2* в сверлении вала.

Вследствие того что давление нагнетания насоса при частоте вращения срабатывания регулятора безопасности турбины ОР-12П превосходит 45,08 МПа (460 кгс/см²), испытание этого регулятора на срабатывание при повышении частоты вращения ротора турбины производится при отсоединенном от турбины питательном насосе. Для испытания регулятора безопасности синхронизатором устанавливают положение минимальной частоты вращения ротора турбины, затем, вращая регулировочный винт, увеличивают натяжение пружины отсечного золотника так, чтобы частота вращения повысилась до 6160—6200 об/мин, после чего синхронизатором увеличивают частоту вращения ротора до срабатывания регулятора безопасности, которое должно произойти при 6700—6800 об/мин.

Проверку работы регулятора безопасности увеличением частоты вращения ротора турбины и при помощи нажатия кнопки гидравлического устройства производят последовательно 3 раза. Если регулятор не срабатывает при частоте вращения ротора 6700—6800 об/мин, турбину следует остановить при помощи ручного выключателя автомати-

ческого затвора и, проверив отсутствие заедания бойка, изменить положение втулки в сверлении вала.

Регулятор безопасности турбины к насосу ОСПТ-1150 настраивают на частоту вращения 5700+50 об/мин, при этом будет обеспечено также срабатывание регулятора на рабочей частоте вращения турбонасоса в диапазоне около 4700—4900 об/мин с подводом масла в полости кольцевого груза регулятора. При достижении предельной частоты вращения груз регулятора за счет увеличения центробежных сил переместится радиально и выступающая при этом часть груза, вращаясь, ударит по площадке рычага. Рычаг освобождает поворотный стакан системы рычагов, при этом золотниковое устройство откроет слив воды из-под поршня сервомотора стопорно-регулирующего клапана, что вызовет прекращение подачи пара в турбину и быстрый останов турбонасосного агрегата.

Регулятор безопасности, установленный на приводном роторе коробки приводов, настраивают на срабатывание при частоте вращения 5900+50 об/мин, при этом также будет обеспечено срабатывание регулятора с подводом масла в полости кольцевого груза на рабочей частоте вращения турбонасоса в диапазоне 4700—4900 об/мин. При срабатывании регулятора его груз ударяет по фиксатору системы отключения, которая установлена на крышке коробки приводов. При подъеме фиксатора упор системы отключения смещается в сторону фиксатора под действием пружины, и посредством рукоятки и штока дает импульс на замыкание конечного выключателя.

Электрический импульс от конечного выключателя воздействует на электромагнитные клапаны, которые обеспечивают слив воды из-под поршней сервомоторов регулирующего и парозапорного клапанов для прекращения подачи пара в турбину и быстрого останова турбонасосного агрегата. Рукоятка системы отключения находится в рабочем положении посредством фиксатора, который, воздействуя на упор, отводит рукоятку и шток от кнопки конечного выключателя.

При работе турбопитательного агрегата на холостом ходу проверяют вибрацию подшипников, тепловые расширения цилиндра турбины и корпуса насоса, плотность прилегания опор агрегата к фундаментным рамам (плитам), давление масла в системе смазки и регулирования, температуру масла в подшипниках (не должна быть более 65°С) и работу системы регулирования. Необходимо следить за частотой вращения турбины и периодически ее прослушивать; следить за параметрами пара перед турбиной, за давлением в камере регулирующей ступени и за противодавлением, за показаниями и исправностью контрольно-измерительных приборов. При останове агрегата необходимо замерить время выбега ротора агрегата от момента закрытия стопорного и регулирующих клапанов приводной турбины до полной остановки.

После останова агрегата следует осмотреть упорный подшипник турбины, а также все узлы агрегата, в работе которых были обнаружены ненормальности. После очистки фильтра на всасывающем трубопроводе насоса и установки обшивки агрегат можно пустить в работу под нагрузкой в соответствии с режимом работы энергоблока.

При работе под нагрузкой необходимо регулярно (через 1 ч) производить запись показаний контрольно-измерительных приборов в суточную ведомость; следить за расходом питательной воды по дифманометру, не допуская перегрузки насоса сверх спецификационного расхода. Причинами повышенной производительности насоса

МАССОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ УЗЛОВ ТУРБОПИТАТЕЛЬНОГО АГРЕГАТА С НАСОСОМ СВПТ-340-1000 И ТУРБОПИТАТЕЛЬНОГО АГРЕГАТА ОСПТ-1150, т

Питательный насос СВПТ-340-1000

Насос, рама, муфта, водяное сито	22,0
в том числе:	
внешний корпус	9,56
внутренний корпус	3,18
уплотнение вала переднее	0,59
уплотнение вала заднее	0,48
опоры фундаментные (левая и правая) и крепеж	6,34
ротор насоса	0,55
подшипник опорный (передний)	0,13
подшипник опорный (задний)	0,12
Трубопроводы уплотнений, дренажей и смазки	0,9
Обратный клапан	3,1
Дроссель к питательному насосу	0,2
Сбросной клапан	0,4
Паровая турбина	12,5
в том числе:	
верхняя половина цилиндра с диафрагмами	2,5
нижняя половина цилиндра с диафрагмами	4,0
ротор турбины	1,5
подшипник передний с вкладышем	0,65
стопорный клапан	1,4
блок регулирования	0,33
блок маслоснабжения	0,38
Трубопровод свежего пара от стопорного клапаиа к турбине	1,92
Маслопроводы	0,15

1 Питательный насос ОСПТ-1150

Насос	10,26
в том числе:	
рама	1,73
корпус насоса	4,65
проточная часть, включая ротор	2,65
концевое уплотнение со стороны всасывания	0,42
концевое уплотнение со стороны нагнетания	0,40
подшипник со стороны всасывания	0,20
подшипник со стороны нагнетания	0,15
крышка насоса	0,14
Турбина	14,75
в том числе:	
цилиндр турбины	8,72
ротор турбины	1,51
передний стул	1,94
задний стул	1,83
коробка приводов	0,26
сервомотор регулирующего клапана	0,21
сервомотор байпасного клапаиа	0,11
валоповоротное устройство	0,15
Парозапорный клапан	2,43
Блок регулирования	0,08
Трубопроводы (свежего пара, смазки и др.)	4,42

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Абалаков Б. В., Банник В. П., Резников Б. И.** Монтаж паровых турбин и вспомогательного оборудования. М., «Энергия», 1966.

2. **Аверкин В. Г.** Новые конструкции питательных турбонасосов. — В кн. Состояние и перспективы развития насосного оборудования в СССР, ЦИНТИАМ, 1963.

3. **Горбенко С. С.** Способ набивки сальников питательных насосов, увеличивающий срок их работы. — «Энергетик», 1966, № 5.

4. **Заняткин Г. С., Кирш А. К.** Промышленные испытания питательного насоса ПЭ-580-200 с гидромуфтой. — «Электрические станции», 1971, № 9.

5. **Инструкция** по монтажу питательных насосов ЛМЗ блоков 300 МВт. М., Информэнерго, 1970.

6. **Инструкция** по монтажу питательных электронасосных агрегатов для котлов с давлением пара 140 кгс/см². М., Информэнерго, 1970.

7. **Инструкция** по сборке и разборке питательных насосов ПТН-1150-340 и ПЭН-600-320. ЛМЗ, 1971.

8. **Калиниченко А. П.** Указатель осевого сдвига ротора питательных насосов. — «Энергетик», 1963, № 3.

9. **Каплун А. В.** Питательный турбонасос типа ОСПТ-1150 для блока 3000 кВт. — «Электромашиностроение», 1961, № 10.

10. **Каталог.** Энергетические насосы. ЦИНТИхимнефтемаш, 1974.

11. **Каталог-справочник.** Приводные турбины. НИИинформтяжмаш, 1974.

12. **Кирш А. К., Шишкин А. Г.** Результаты экспериментально-наладочных работ по питательной насосной группе ЛМЗ блока 300 МВт. — «Теплоэнергетика», 1970, № 8.

13. **Куриц С. Я.** Повышение эффективности монтажа паровых и газовых турбин. М., «Энергия», 1967.

14. **Ломакин А. А.** Центробежные и осевые насосы. М., «Машиностроение», 1966.

15. **Лукашевич В. Э., Дикарев В. И., Кромов Б. А.** Новый унифицированный конденсационный турбопривод питательных насосов блоков 500 и 800 МВт. — «Теплоэнергетика», 1973, № 11.

16. **Малюшенко В. В., Михайлов А. К.** Основное насосное оборудование тепловых электростанций. М., «Энергия», 1969.

17. **Михайлов А. К.** Питательные насосы для тепловых электростанций большой мощности, ЦИНТИАМ, 1963.

18. **Печеник Б. Я.** Методика монтажа питательных насосов ЛМЗ к блоку 300 МВт. — «Энергетическое строительство», 1966, № 2.

19. **Печеник Б. Я.** Методнка монтажа питательных насосов к блоку 300 МВт, выпускаемых заводами «Экономайзер» и Сумским насосным. — «Энергетическое строительство», 1966, № 11.

20. **Печеник Б. Я.** Монтаж питательных насосов ЛМЗ энергоблока 300 МВт. М., «Энергия», 1969.

21. **Печеник Б. Я., Хатетовский Г. И.** Пусконаладочные работы на энергоблоке 300 МВт. М., «Энергия», 1976.

22. **Поспелов Д. Н., Никулин В. Д.** Эксплуатация питательных насосов высокого давления. — «Энергетик», 1965, № 5.

23. **Романенко М. В.** Повышение экономичности питательных насосов высокого давления. — «Энергетик», 1963, № 6.

24. **Справочник** монтажника тепловых электростанций. Том II, М., «Энергия», 1972.

25. **Туркин А. Н.** К вопросу об оценке эффективиости применения гидромуфт для привода питательных насосов. — «Теплоэнергетика», 1963, № 11.

26. **Туркии А. Н.** Об экономической целесообразности применения гидромуфт для привода питательных насосов. — «Теплоэнергетика», 1967, № 2.

27. **Туркин А. Н.** Гидромуфты питательных насосов тепловых электростанций. М., «Эиергия», 1974.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 3

Глава первая. **Конструкции питательных насосов к мощным энергоблокам** . . . 5

1-1. Общие положения 5
1-2. Конструкции питательных насосов Сумского насосного завода к энергоблокам 100—200 МВт 6
1-3. Конструкция питательного насоса ПЭ-500-180-2 бердянского завода **«Южгидромаш»** 12
1-4. Конструкции бустерного и питательного насосов агрегата ОВПТ-500А завода «Экономайзер» 18
1-5. Конструкция бустерного насоса 12ПД-8 Сумского насосного завода 25
1-6. Конструкция питательного насоса СВПТ-340-1000 ЛМЗ 28
1-7. **Конструкция электропитательного агрегата** СВПЭ-320-550 ЛМЗ . . 33
1-8. Конструкция питательного агрегата ОСПТ-1150 завода «Экономайзер» 38
1-9. Конструкция электропитательного агрегата ПЭ-600-300 Сумского насосного завода 42
1-10. Конструкция питательного насоса ПТН-1100-350-24 завода «Экономайзер» 50
1-11. Конструкция питательного насоса ПН-1135-340 завода «Экономайзер» 55
1-12. Конструкции предвключенных насосов ПД-1600-180 и ПД-1600-180-1 Сумского иасосного завода 60
1-13. Конструкции питательных насосов СВПТ-350-850 и СВПТ-350-1350 ЛМЗ 62
1-14. Коиструкция питательного иасоса ПН-1500-350 завода «Экономайзер» 67
1-15. Конструкция питательного насоса ПТН-2200-350 ЛМЗ 69

Глава вторая. **Конструкции трубопроводов питательных иасосов мощных энергоблоков** 71

2-1. Коиструкция паровой турбины завода «Экономайзер» к питательному агрегату ОВПТ-500А 71
2-2. Конструкцня паровой турбнны ОР-12П КТЗ к питательным агрегатам СВПТ-340-1000 и ПН-1135-340 81
2-3. Конструкция паровой турбины завода «Экономайзер» к пнтательному агрегату ОСПТ-1150 89
2-4. Конструкция паровой турбины завода «Экономайзер» к питательному агрегату ПТН-1100-350-24 98
2-5. Конструкция паровой турбиим ОК-18ПУ КТЗ к пнтательным агрегатам СВПТ-350-850, СВПТ-350-1350 и ПН-1500-350 103

Глава третья. **Конструкции электродвигателей к питательным насосам** . . 116

3-1. Общие положения 116
3-2. Конструкция электродвнгателя 2АЗМ-500/6000 новосибирского завода «Снбэлектротяжмаш» 116
3-3. Конструкция электродвигателей 2АЗМ-4000/6000 и 2АЗМ-5000/6000 иовосибирского завода «Сибэлектротяжмаш» 119
3-4. Конструкцня электродвнгателя АВ-8000/6000 новосибирского завода «Сибэлектротяжмаш» 122

Глава четвертая. **Монтаж турбопитательиых агрегатов** 125

4-1. Общне положения 125
4-2. Проверка н приемка фундамента 126

4-3. Ревизия узлов турбопитательного агрегата 128
4-4. Установка турбины на фундаменте 138
4-5. Установка насоса на фундаменте и центрирование его к ротору турбины 141
4-6. Установка постоянных подкладок. Подливка фундаментных плит и опор турбины и насоса 143
4-7. Закрытие подшипников и сборка полумуфт роторов 145
4-8. Монтаж стопорного клапана и паропровода от стопорного клапана к турбине 146
4-9. Монтаж клапанов парораспределения и органов системы регулирования 148
4-10. Монтаж системы маслоснабжения, трубопроводов уплотнений и дренажей 152

Глава пятая. **Монтаж электропитательных агрегатов** 154

5-1. Общие положения 154
5-2. Установка узлов агрегата на фундаменте 156

Глава шестая. **Пусконаладочные работы по питательным агрегатам** . . 162

6-1. Общие положения 162
6-2. Подготовка к опробованию питательных агрегатов 164
6-3. Пуск электропитательного агрегата 166
6-4. Пуск турбопитательного агрегата 168

Приложение. Массовые характеристики узлов турбопитательного агрегата с насосом СВПТ-340-1000 и турбопитательного агрегата ОСПТ-1150 172

Список литературы 173

ООО "БУКИНИСТ-1"
катеринбург, ул. Вайнера, 14
енование:
ательные агрегаты мощных
энергоблоков
45.00 руб.
Авт.:
ступления: 13.08.08
Код: 137797

БОРИС ЯКОВЛЕВИЧ ПЕЧЕНИК
ГЕНРИХ ИВАНОВИЧ ХАТЕТОВСКИЙ

ПИТАТЕЛЬНЫЕ АГРЕГАТЫ МОЩНЫХ ЭНЕРГОБЛОКОВ

Редактор издательства *А. А. Кузнецов*
Обложка художника *Б. Г. Дударева*
Художественный редактор *В. Ф. Горелов*
Технический редактор *Л. В. Иванова*
Корректор *Э. А. Филановская*
ИБ № 172

Сдано в набор 16.12.77 Подписано к печати 22.02.78
Т-05151 Формат 70×100¹/₁₆ Бумага типографская № 2
Гарн. шрифта литературная. Печать высокая
Усл. печ. л. 14,3 Уч.-изд. л. 14,95 Тираж 6000 экз.
Зак. 422 Цена 75 к.

Издательство «Энергия», 113114, Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10.

Московская типография № 10 Союзполиграфпрома при Государственном комитете Совета Министров СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 113114, Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10.