МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

«КУЗБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра стационарных и транспортных машин

А. П. Абрамов

ТЕПЛОВЫЕ ДВИГАТЕЛИ И НАГНЕТАТЕЛИ

КОНДЕНСАТНЫЕ НАСОСЫ ТЭС и АЭС

Инструкция по изучению конструкций узлов и элементов конденсатных насосов для студентов специальности 140104 «Промышленная теплоэнергетика» всех форм обучения

Рекомендована в качестве методических указаний
учебно-методической комиссией специальности
140104 «Промышленная теплоэнергетика»

Кемерово 2011

Рецензенты:

В. Н. Сливной, доцент кафедры стационарных и транспортных машин.

И. В. Бреусова, секретарь УМК специальности 140104 «Промышленная теплоэнергетика»

Абрамов Александр Прохорович. КОНДЕНСАТНЫЕ НАСОСЫ ТЭС и АЭС: инструкция по изучению конструкций узлов и элементов конденсатных насосов по дисциплине «Тепловые двигатели и нагнетатели» для студентов специальности 140104 «Промышленная теплоэнергетика» всех форм обучения / А. П. Абрамов. – Электрон. дан. – Кемерово: ГУ КузГТУ, 2011. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM); зв. ; цв. ; 12 см. – Систем. требования : Pentium IV; ОЗУ 512 Мб ; Windows 2003 ; (CD-ROM-дисковод) ; мышь. – Загл. с экрана.

Приведены: таблицы с характеристиками горизонтальных и вертикальных конденсатных насосов, конструкции и описание устройства шести насосов – Кс-20-110, Кс-80-155, Кс-125-140, Кс-1600-220, КсВ-200-220, КсВ-1000-95, которые предназначены для подачи конденсата отработанного пара, конденсата греющего пара из теплообменных аппаратов ТЭС и АЭС, а также жидкостей сходных с конденсатом по вязкости и химической активности с температурой от 60 до 160 ºС и давлением от 0,5 до 2,2МПа.

© ГУ КузГТУ
© Абрамов А. П.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О КОНДЕНСАТНЫХ НАСОСАХ

Конденсатные насосы представляют особую группу энергетических насосов, которые работают в условиях с минимальным располагаемым кавитационным запасом. Этот запас обусловлен следующими факторами:

– низким давлением пара в конденсаторе,
– разностью вертикальных отметок уровня свободной поверхности жидкости в конденсаторе и центром всасывающего отверстия рабочего колеса первой ступени насоса (подпор),
– гидравлическими потерями в подводящем тракте насоса,
– скоростным напором на входных кромках лопаток рабочего колеса 1-й ступени.

Конденсатные насосы предназначены для подачи конденсата отработанного пара, конденсата греющего пара из теплообменных аппаратов ТЭС и АЭС, а также жидкостей сходных с конденсатом по вязкости и химической активности. Эти насосы должны надежно работать при наличии начальной или развитой кавитации в зоне рабочего колеса, а в некоторых случаях – и при наличии суперкавитационного обтекания элементов рабочего колеса (лопаток, спирали шнека). Такие условия работы диктуют применения для конденсатных насосов относительно низкой частоты вращения ротора, использования материалов, стойких к кавитационным разрушениям, установки для первой ступени насоса рабочих колес специальной конструкции с высокой всасывающей способностью.

Для обеспечения устойчивой работы при параллельном включении нескольких агрегатов насосы должны иметь жесткую напорную характеристику.

По этим причинам конденсатные насосы обладают более низкой экономичностью и более высокой массой и стоимостью по сравнению с обычными насосами для транспортирования воды с той же производительностью и напором.

Конденсатные насосы по расположению вала делятся на две группы: горизонтальные и вертикальные. Их характеристики приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

Характеристики горизонтальных конденсатных насосов

Модель насоса	Q, $м^3/ч$	H, м	$T_К$, К (ºС)	$P_{ВХ}$, МПа	$H_{ВС}$, м	η, %	$N_{ДВ}$, кВт	n_S, об/мин
Кс - 12 - 50	12	50	398 (125)	0,392	1,6	45	5,5	3000
Кс - 12 - 110	12	110		0,392	1,6	43	11	3000
Кс - 20 - 50	20	50		0,392	1,8	53	7,5	3000
Кс - 20 - 110	20	110		0,392	1,8	48	18,5	3000
Кс - 32 - 150	32	150	433 (160)	0,392	1,8	60	22	3000
Кс - 50 - 55	50	55	398 (125)	0,980	1,8	63	18,5	1500
Кс - 50 - 110	50	110		0,980	1,8	63	30	1500
Кс - 80 - 155	80	155	433 (160)	0,980	1,6	65	75	3000
Кс - 125 - 55	125	55	398 (125)	0,392	1,6	66	45	1500
Кс - 125 - 140	125	140		0,392	1,6	62	110	1500
Кс - 230 - 115/3	230	115		0,392	2,0	71	200	1000
Кс - 1600 - 220	1600	220	333 (60)	1,274	17,5	82	1600	1000

$H_{ВС}$ – допустимый кавитационный запас. $T_К$ – температура конденсата.

Таблица 2

Характеристики вертикальных конденсатных насосов

Модель насоса	Q, $м^3/ч$	H, м	$T_К$, К (ºС)	$P_{ВХ}$, МПа	$H_{ВС}$, м	η, %	$N_{ДВ}$, кВт	n_S, об/мин
КсВ - 200 - 130	200	130	398	0,392	2,0	71	100	1500
КсВ - 200 - 220	200	220	(125)	0,392	2,0	71	250	1500
КсВ - 320 - 160	320	160	407	0,980	1,6	76	250	1500
КсВ - 360 - 160	360	160	(134)	0,980	1,6	76	315	1500
КсВ - 500 - 85	500	85		0,980	1,6	75	200	1000
КсВ - 500 - 150	500	150	398	0,980	1,6	75	315	1500
КсВ - 500 - 220	500	220	(125)	0,980	2,5	75	500	1500
КсВ - 630 - 125	630	125		0,980	3,0	76	500	1500
КсВ - 1000 - 95	1000	95	333	0,589	3,5	76	400	1000
КсВ - 1000 - 180	1000	180	(60)	0,294	3,5	80	630	1500
КсВ - 1250 - 40	1250	40	343	0,245	3,5	78	200	1500
КсВ - 1250 - 90	1250	90	(70)	0,245	3,5	80	400	1500
КсВ - 1500 - 120	1500	120	333	0,589	3,0	78	1000	1000
КсВ - 1600 - 90	1600	90	(60)	0,589	2,8	76	630	1000
КсВ - 1600 - 140	1600	140	398 (125)	0,254	3,5	80	800	1000
КсВ – 2000 - 40	2000	40	342	0,294	4,5	80	315	1500
КсВ – 2000 - 140	2000	140	(70)	0,294	4,5	80	1000	1500
КсВ – 2000 - 180	2000	180		0,294	4,5	80	1250	1500

$N_{ДВ}$ и n_S – мощность и синхронная частота вращения ротора двигателя.

Для уменьшения вредного влияния кавитации, повышения надежности эксплуатации и рационального использования технического ресурса насосов и их отдельных элементов рекомендуется следующая продолжительность работы:

$(0 - 0,20)Q_{НОМ}$ – не более 3 минут;
$(0,20 - 0,50)Q_{НОМ}$ – не более 5% общего времени наработки насоса;
$(0,50 - 0,85)Q_{НОМ}$ – не более 15% общего времени наработки насоса;
$(0,85 - 1,05)Q_{НОМ}$ – без ограничения;
более $1,05Q_{НОМ}$ – по условиям нагрузки электродвигателя и кавитационного запаса на входе.

К конденсатным насосам при работе на ТЭС и АЭС предъявляются следующие основные требования:

– температура конденсата в пределах 60-160 ºС;
– обеспечение надежной и длительной работы (не менее 10 000 часов) при частичной кавитации в насосе;
– высокая ремонтопригодность;
– отсутствие подсоса воздуха через работающий и неработающий насос;
– стабильная (жесткая) форма напорной характеристики для обеспечения надежной работы при параллельном включении нескольких агрегатов и регулировании производительности насоса.

2. Кс-20-110

Конденсатный насос Кс-20-110 – горизонтальный, четырехступенчатый, спирального типа с симметрично расположенными рабочими колесами одностороннего входа рис. 1.

Литой чугунный корпус имеет горизонтальную плоскость разъема на уровне оси ротора. Корпус в нижней части имеет: четыре лапы, которыми он опирается на фундаментную плиту; подводящий патрубок, направленный вертикально вниз, и напорный патрубок, направленный горизонтально вправо (смотреть со стороны двигателя). В крышке корпуса отлиты два патрубка, направленные вертикально вверх, для установки переводной трубы, которая имеет фланцы по концам. Вода по переводной трубе подается от рабочего колеса 2-й ступени из передней части насоса к рабочему колесу 3-й ступени – в заднюю часть. Смежные ступени (1-я и 2-я; 3-я и 4-я) соединяются между собой переводными каналами, которые отлиты в нижней части корпуса насоса.

В корпусе насоса выполнен ряд отверстий, заглушенных пробками для выпуска воздуха и слива воды из насоса. Для удаления возможного скопления пара в кольцевой распределительной камере 1-й ступени в верхней части корпуса выполнено отверстие, которое при установке насоса следует соединить трубопроводом с сосудом, из которого откачивается конденсат (бак конденсата). Этим достигается полное заполнение насоса конденсатом и обеспечивается более устойчивая его работа, как во время запуска, так и при маневрировании и при номинальной производительности.

Ротор насоса является самостоятельным сборочным узлом. Рабочие колеса литые чугунные с лопатками загнутыми назад. Колеса фиксируются неподвижно на валу за счет шпонок, дистанционных втулок и стопорных гаек. Колеса 1-й и 2-й ступени устанавливаются на вал до упора в буртик со стороны свободного конца, а колеса 3-й и 4-й ступени устанавливаются до упора в буртик со стороны приводного конца вала.

Опорами ротора являются четыре шариковых подшипника качения, которые имеют кольцевую смазку и расположены попарно в передней и задней опорах. Со стороны привода предусмотрен двойной радиально-упорный подшипник для восприятия неуравновешенных осевых сил, действующих на ротор насоса в сторону свободного конца вала. Корпуса подшипников устанавливаются на корытообразные приливы, расположенные с двух сторон в нижней части корпуса насоса, крепятся к нему хомутами и фиксируются дополнительно штифтами от проворачивания. В нижней части каждого корпуса подшипниковой опоры выполнена камера для водяного охлаждения.

Концевые уплотнения насоса – сальникового типа с мягкой набивкой. В конструкции сальника установлена втулка гидрозатвора, к которой подводится конденсат от напорной магистрали насосов для исключения подсасывания воздуха в насос. К корпусу сальника и нажимной буксе подводится охлаждающая вода.

Приводом для насоса является двухполюсный асинхронный электродвигатель мощностью 18,5 кВт. Направление вращения ротора насоса – против часовой стрелки, если смотреть со стороны двигателя.

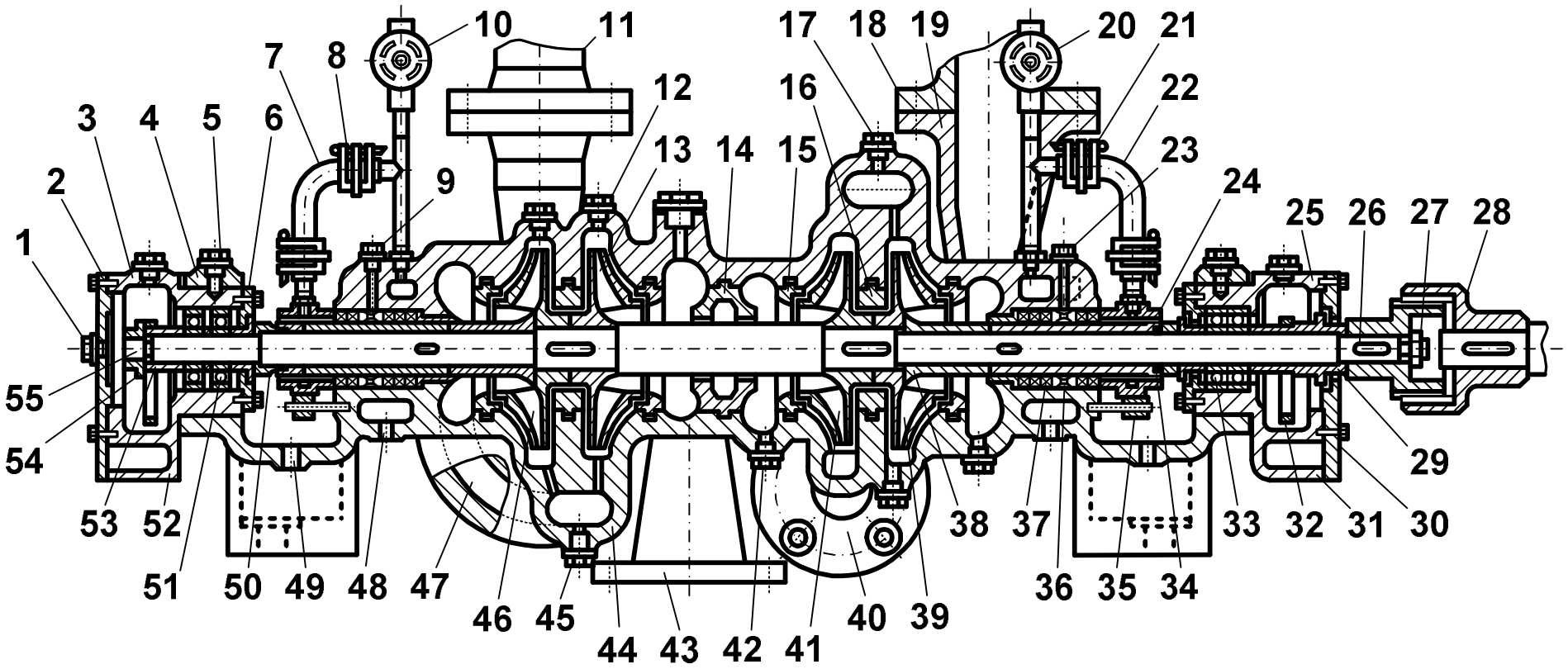


Рис. 1. Конденсатный насос Кс-20-110:

1, 12, 17, 42 и 45 – пробки; 2 и 6 – фланцы непроходной и проходной; 3 и 25 – крышки подшипниковых опор; 4 – прижимной хомут; 5 – штифт (сухарь); 7, 9, 22 и 23 – подвод охлаждающей обессоленной воды; 8 и 21 – браслетное соединение; 10 и 20 – колонки обессоленной воды; 11 и 18 – переводная труба и фланец; 13, 39, 41 и 46 – рабочие колеса 1-й, 3-й, 4-й и 2-й ступеней; 14 – междукамерное уплотнение; 15 и 16 – уплотнения рабочего колеса; 19 и 43 – подводящие патрубки; 24 – нажимная букса; 26 – шпонка; 27 и 54 – стопорные гайки; 28 – соединительная муфта; 29 – прижимная втулка; 30 – проходной фланец; 31 и 52 – корпуса подшипниковых опор; 32 – кольцо, разбрызгивающее масло; 33 – радиально-упорные шариковые подшипники; 34 – резиновое кольцо; 35 – фиксатор; 36 – втулка гидрозатвора; 37 – сальник; 38, 50 и 53 – упорные втулки; 40 – напорный патрубок; 44 – корпус; 47 – переводной канал; 48 и 49 – каналы для отвода дренажей; 51 – радиальные шариковые подшипники; 55 – вал

3. Кс-80-155

Конденсатный насос Кс-80-155 – горизонтальный, секционного типа с одним осевым колесом (шнекового типа) и шестью центробежными колесами одностороннего входа. Подвод воды на все колеса производится со стороны свободного конца вала рис. 2.

Корпус насоса состоит из боковых крышек подводящей и нагнетательной и шести корпусов секций. Между собой эти сборочные узлы, выполненные из чугуна, соединены стяжными шпильками, шайбами и гайками. Каждый корпус секции с обеих сторон имеет цилиндрические расточки для установки уплотнения из термически-стойкой резины. Внутри корпуса первой секции располагается предвключенное осевое рабочее колесо. Внутри остальных пяти корпусов секций установлены направляющие аппараты и чугунные уплотнительные кольца центробежных рабочих колес. Последнее центробежное рабочее колесо установлено в полости, которая образована расточками в последнем корпусе секции и в боковой нагнетательной крышке. Боковые крышки корпуса и корпуса секций центрируются между собой на кольцевых заточках.

Неотъемлемой частью боковой подводящей крышки является патрубок, который располагается горизонтально на уровне оси ротора справой стороны, если смотреть со стороны привода. Внутренняя кольцевая расточка в крышке со стороны первой ступени обеспечивает равномерный подвод конденсата к осевому рабочему колесу.

Неотъемлемой частью боковой напорной крышки является патрубок с фланцем, который направлен вертикально вверх и расположен симметрично относительно оси ротора.

В нижней части каждой боковой крышки выполнены по две опорные лапы, которыми насос устанавливается на единую литую чугунную раму. На эту же раму устанавливается и приводной двухполюсный асинхронный двигатель насоса мощностью 75кВт. Для удобства и облегчения сборки насоса корпуса секций имеют в нижней части монтажные лапы.

В центральной цилиндрической расточке боковой подводящей крышки устанавливается переднее концевое уплотнение сальникового типа. С торца к подводящей крышке прифланцован кронштейн корпуса передней подшипниковой опоры. Для отвода паров и выпуска воздуха в верхней части подводящей крышки выполнен радиальный канал, оборудованный снаружи клапаном.

К боковой напорной крышке прифланцованы корпус заднего концевого уплотнения (сальникового типа) и кронштейн корпуса задней подшипниковой опоры. Эти корпуса имеют фланцы одного диаметра и посажены последовательно на одни шпильки, вкрученные в напорную крышку.

Ротор насоса представляет собой отдельный сборочный узел, состоящий из вала, на который неподвижно установлены одно осевое рабочее колесо, шесть центробежных колес, разгрузочный диск гидропяты, защитные втулки, дистанционные втулки, стопорные гайки, полумуфта упруго-пальцевой муфты.

Предвключенное осевое рабочее колесо сварной конструкции, выполнено из хромистой стали, имеет 1,5 витка спирали с наружным диаметром 0,55 диаметра центробежного рабочего колеса второй и последующих ступеней (D).

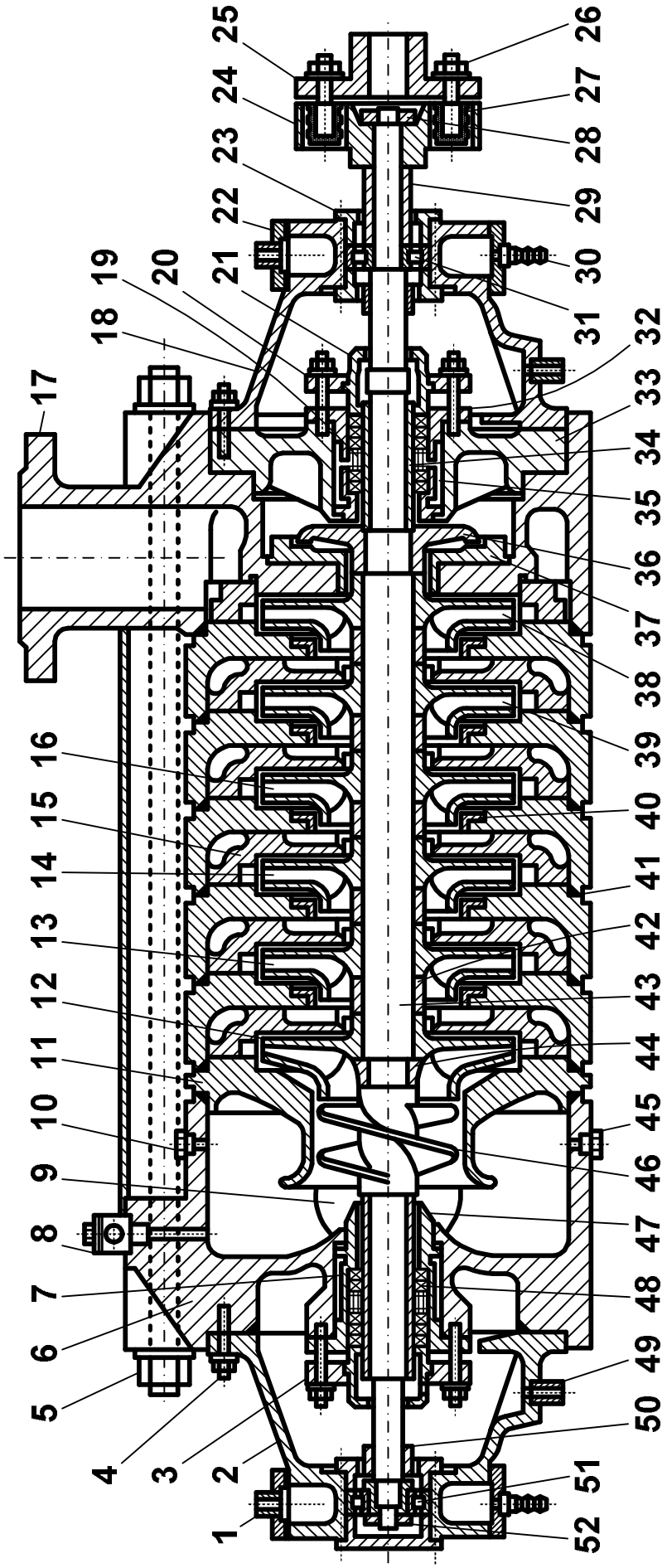


Рис. 2. Конденсатный насос Кс-80-155

1 и 30 – подвод и отвод охлаждающей воды; 2 и 18 – кронштейн (фонарь) передний и задний; 3 и 20 – нажимной фланец передний и задний; 4 – шпилька, шайба, гайка; 5 – стяжные шпилька, шайбы и гайки; 6 и 17 – боковые крышки подводящая и напорная; 7 и 32 – корпус сальникового уплотнения; 8 – клапан; 9 – канал подводящего патрубка; 10 и 45 – заглушка; 11 – корпус предвключенной ступени; 12, 13, 14, 16, 38 и 39 – центробежные рабочие колеса 2-й, 3-й, 4-й, 5-й, 6-й и 7-й ступени; 15 – направляющий аппарат; 19 – втулка гидрозатвора; 21 – разъемная прижимная втулка (грундбукса); 22 – крышка фонаря; 23 – торцевые крышки кронштейна; 24-27 – упругая муфта; 28 и 52 – стопорная гайка; 29, 42 и 44 – дистанционные втулки; 31 и 51 – радиальный роликовый подшипник; 32 и 47 – корпуса сальниковых уплотнений; 33 – задний щит; 34 и 50 – защитная втулка; 35 – камера подвода холодного конденсата; 36 – разгрузочный диск; 37 – подушка; 40 – уплотнение рабочего колеса; 41 – секционное уплотнение; 43 – вал; 46 – осевое рабочее колесо; 48 – сальниковая набивка; 49 – отвод дренажа.

Сечение всасывающего отверстия первого центробежного колеса больше, чем у последующих – в 1,23 раза, что обеспечивает сокращение гидравлических потерь на входе в колесо в 1,5 раза. Кроме того, передний диск этого центробежного колеса имеет форму усеченного конуса, что снижает гидравлические потери в проточной части и увеличивает напор воды на выходных кромках его лопаток. Отсутствие переднего уплотнения обеспечивает подвод части воды с напором около 25 м к всасывающему отверстию и поддерживать в нем более высокое статическое давление. Эти конструктивные отличия обеспечивают значительное увеличение его кавитационного запаса. Остальные рабочие колеса имеют переднее однощелевое уплотнение, одинаковую форму проточной части, а передний диск имеет плоскую конструкцию. Все центробежные рабочие колеса имеют лопатки загнутые назад.

Между торцами ступицы рабочего колеса последней ступни и ступицы разгрузочного диска предусмотрен зазор 0,5-1,0 мм для компенсации температурных расширений деталей ротора. Для установки центробежных рабочих колес на валу выполнено шесть шеек одинакового диаметра, а для установки предвключенного осевого колеса диаметр шейки меньше примерно на 30%. Все рабочие колеса (осевое и центробежные) посажены на вал по скользящей посадке, а крутящий момент передается им с вала через призматические шпонки. Перед сборкой насоса на заводе ротор в сборе подвергается динамической балансировке на специальном станке. В условиях станции балансировку ротора производят в призмах с помощью динамической приставки.

Для восприятия осевого усилия, действующего на ротор в направлении напорного патрубка, предусмотрена гидропята, которая расположена за последним рабочим колесом. Часть воды (не более $0,05Q_H$) с напором ~ 155 м от водится от последней ступени через калиброванный зазор в камеру между подушкой и разгрузочным диском, откуда с понижением давления отводится по обводной трубе в камеру перед первой ступенью насоса. Разгрузочный диск и подушка выполнены из хромистой стали.

Концевые уплотнения насоса – сальникового типа с мягкой набивкой и кольцами гидрозатвора. Для охлаждения между корпусом уплотнения и крышкой выполнена камера для холодного конденсата. Подтяжка набивки осуществляется нажимным фланцем через разъемную втулку.

Опорами ротора служат роликовые подшипники качения, которые допускают незначительное осевое перемещение ротора, связанное с работой гидропяты. Внутреннее кольцо переднего подшипника фиксируются на валу стопорной гайкой, заднего подшипника – дистанционной втулкой, полумуфтой и стопорной гайкой. Наружные кольца подшипников фиксируются торцевыми крышками кронштейна, которые крепятся сквозными болтами. Смазка подшипников – консистентная, охлаждение – водяное.

Насос закрывается кожухом из листового металла, который крепится к крышкам всасывания и нагнетания, что позволяет снизить уровень шума при работе насоса и потери теплоты.

4. Кс-125-140

Конденсатный насос Кс-125-140 – центробежный, горизонтальный, спирального типа, трехступенчатый, с двухсторонним подводом конденсата в первую ступень, с подводом воды во 2-ю и 3-ю ступени с противоположных сторон. Устройство насоса приведено на рис. 3.

Литой чугунный корпус состоит из двух частей: нижней – основания и верхней – крышки. Между собой крышка и основание корпуса соединяются по горизонтальному разъему на уровне оси ротора насоса через паронитовую прокладку.

Подводящий и напорный патрубок отлиты заодно с основанием корпуса, что упрощает ремонт ротора насоса, так как не требуется отсоединять трубопроводы. Подводящий патрубок расположен симметрично относительно рабочего колеса первой ступени и направлен вниз с правой стороны, если смотреть со стороны двигателя. Напорный патрубок расположен горизонтально с правой стороны и со стороны двигателя.

В верхней части крышки вдоль оси насоса выполнен переводной канал для подвода воды к 3-й ступени и имеется два прилива в форме крюка для выполнения подъемно-транспортных работ с насосом в сборе. В крышке и основании корпуса выполнен спиральный диагональный переводной канал для отвода воды от рабочего колеса 1-й ступени и подвода ее к 2-й ступени и предусмотрены отверстия для технологических продувок (спуск воздуха и слив воды) насоса, которые при нормальной работе закрыты пробками.

В корпусе для сокращения перетечек воды между ступенями установлены две диафрагмы, а для уменьшения перетечек в пределах ступени на входе каждого рабочего колеса установлено двухщелевое уплотнение. В нижней части основания корпуса выполнены четыре лапы, которыми он опирается на выступы чугунной литой фундаментной плиты и крепится к ней болтами. Для прокладки подводящего трубопровода в фундаментной плите выполнено окно круглого сечения, которое располагается между опорными выступами. Такое компоновочное решение затрудняет выполнение работ по присоединению подводящего трубопровода к патрубку насоса и усложняет конструкцию и производство самой фундаментальной плиты.

Ротор является самостоятельным сборочным узлом, который проходит динамическую балансировку перед сборкой насоса. Ротор состоит из стального вала, трех чугунных рабочих колес, дистанционных и защитных втулок, четырех шариковых подшипников, трех стопорных гаек, полумуфты и шести призматических шпонок. Для уменьшения осевого усилия от рабочих колес на вал ротора центральное колесо 1-й ступени выполнено с двусторонним подводом, а колеса 2-й и 3-й ступеней с односторонним подводом установлены, так, что всасывающие отверстия направлены в противоположные стороны – наружу. Использование для рабочего колеса 1-й ступени симметричного нижнего подвода конденсата позволило повысить всасывающую способность насоса (кавитационный запас). Защитные втулки концевых уплотнений и рабочие колеса 2-й и 3-й ступеней на валу посажены на общих шпонках.

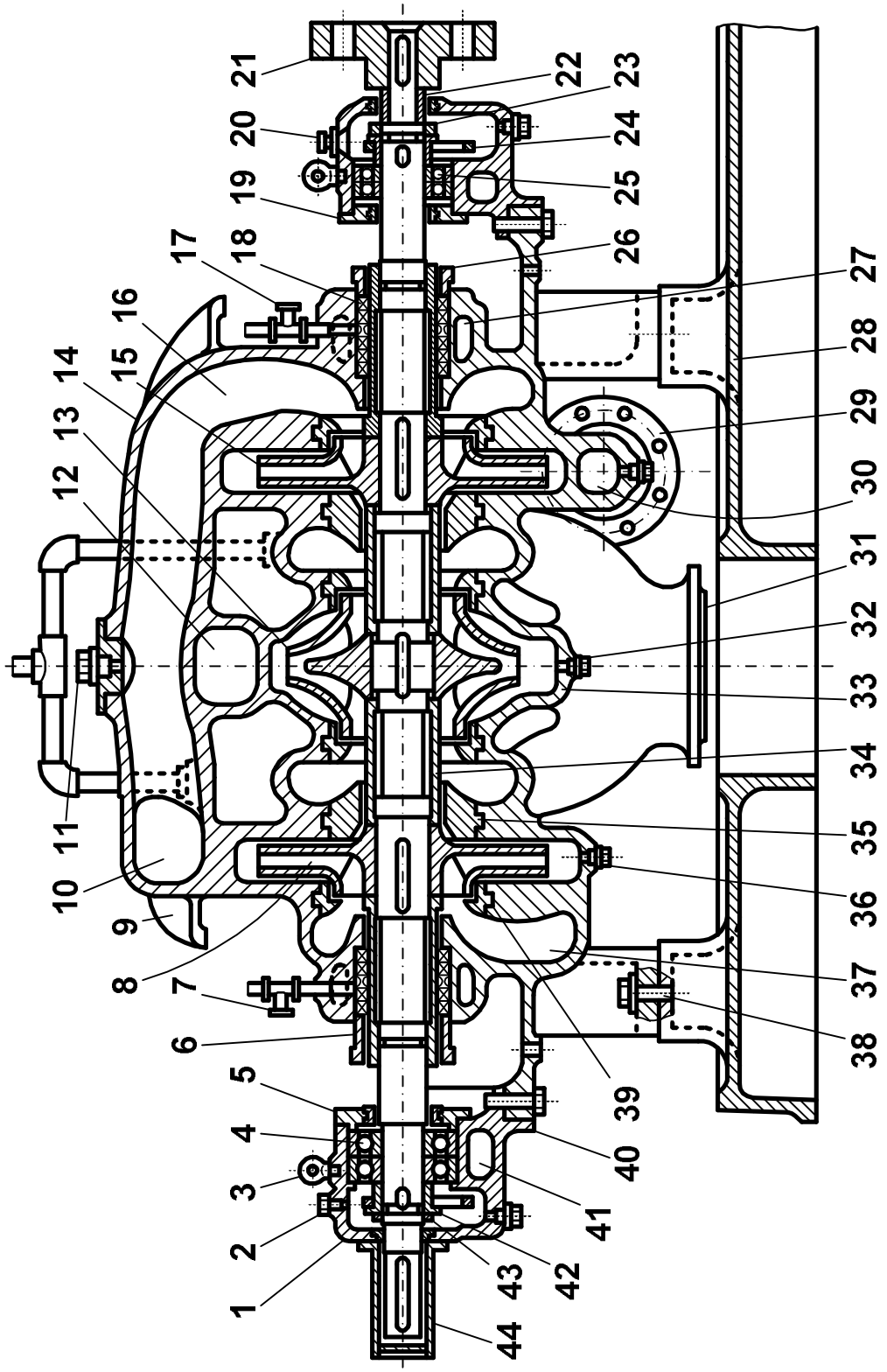


Рис. 3. Конденсатный насос Кс-125-140

1 – корпус передней подшипниковой опоры; 2, 11, 20, 32 и 36 – пробки; 3 – рым-болт; 4 – радиально-упорные подшипники; 5 и 19 – торцевые крышки подшипниковых опор; 6 и 26 – нажимная и защитная втулка сальникового уплотнения; 7 и 17 – подвод холодного конденсата на гидрозатвор; 13, 8 и 15 – рабочие колеса 1-й, 2-й и 3-й ступени; 9 – строповочный крюк; 10 и 12 – напорные каналы 2-й и 1-й ступени; 14 – крышка корпуса; 16 – подводящий канал к 3-й ступени; 18 – сальниковая набивка; 21 – полумуфта; 22 – защитная втулка концевого уплотнения задней подшипниковой опоры; 23 и 43 – стопорные гайки; 24 – маслоразбрызгиватель; 25 – радиальные подшипники; 27 – камера охлаждения сальникового уплотнения; 28 – фундаментная плита; 29 и 31 – патрубок, напорный и подводящий; 30 – напорный канал 3-й ступени; 33 – основание корпуса; 34 – дистанционная втулка; 35 – диафрагма; 37 – подводящая полукольцевая камера 2-й ступени; 38 – болт; 39 – уплотнение рабочего колеса; 40 – опорная лапа подшипниковой опоры; 41 – камера охлаждения подшипниковой опоры; 42 – упорная втулка; 44 – колпак.

Вал ротора изготавливается с двумя рабочими концами, что обеспечивает возможность применять насос при различных направлениях вращения привода и размещать двигатель с нужной стороны для удобства компоновки и монтажа агрегата. Четырехполюсный асинхронный электродвигатель мощностью 110кВт соединен с валом насоса упругой пальчиковой муфтой. Свободный конец вала закрывается стальным колпаком.

Концевые уплотнения вала – сальникового типа с гидрозатвором. К кольцу гидрозатвора через вентиль сверху подводится холодный конденсат с избыточным давлением не более 0,5 МПа. Во время работы насоса недопустимо даже кратковременное прекращение дренажа конденсата через уплотнения. Дренаж из уплотнения попадает в полость корытообразного кронштейна и через сливное отверстие отводится самотеком от насоса.

Для охлаждения сальников в корпусе насоса выполнены кольцевые камеры, по которым проходит холодная вода от технического водопровода, которая циркулирует под давлением 0,1-0,2 МПа и с конденсатом не смешивается, так как прямого выхода в атмосферу через неплотности не имеет.

Опорами ротора служат подшипники качения с жидкой кольцевой смазкой. Индустриальное или турбинное масло разбрызгивается из картера специальным кольцом, которое вращается вместе с ротором. Это кольцо устанавливается на упорную втулку в корпусе каждой опоры, которая фиксирует подшипник в осевом направлении. Для исключения выброса масла из корпуса подшипника в сторону приводного двигателя, за стопорной гайкой на защитной втулке устанавливается маслоотбойный диск. Дополнительно в корпусе подшипников с обеих сторон установлены однощелевые чугунные уплотнения. В днище корпуса подшипниковой опоры предусмотрено отверстие для слива смазки, которое при работе закрыто пробкой. Заливка свежего масла и контроль его уровня производится через отверстие в крышке корпуса. Уровень масла контролируется маслоуказателем (щупом) перед каждым запуском насоса.

Корпуса подшипников имеют горизонтальный разъем на уровне оси вала насоса. В нижней части корпуса имеются полости для циркуляции охлаждающей воды из технического водопровода. В верхней части крышки подшипниковой опоры установлен рым-болт для выполнения подъемных и транспортных операций во время технического обслуживания и ремонта подшипников насоса.

При центрировании ротора корпуса подшипников перемещаются регулировочными винтами, которые вкручиваются снизу в кронштейны основания корпуса насоса.

На вал насоса со стороны напорного патрубка устанавливают два радиальных шариковых подшипника. Со стороны подводящего патрубка на вал устанавливают двойной радиально-упорный шарикоподшипник, который воспринимает неуравновешенную осевую силу, направленную в сторону напорного патрубка насоса. Такая компоновка подшипниковых опор позволяет несколько «растягивать» вал, что снижает его амплитуду колебаний, уровень шума, потри энергии и расход масла в подшипниках при работе насоса.

5. Кс-1600-220

Конденсатный насос второго подъема Кс-1600-220 – центробежный, горизонтальный, одноступенчатый, с рабочим колесом двустороннего подвода. Устройство насоса приведено на рис. 4. Конденсатные насосы второго подъема устанавливают перед подогревателями низкого давления и работают со значительным подпором, так как питаются от конденсатных насосов первого подъема, которые устанавливаются сразу под конденсатором турбины. Работа насоса с подпором снимет полностью проблему кавитации на рабочем колесе первой ступени, но требует использования более надежных внешних уплотнений, например, сальниковых вместе с торцевыми уплотнениями.

Литой чугунный корпус имеет горизонтальную плоскость разъема на уровне оси ротора. Обе части корпуса, основание и крышка, соединяются с помощью шпилек с установкой между ними паронитовой прокладки толщиной 0,5 мм.

В корпусе отлиты каналы полуспирального подвода и двухзавиткового спирального отвода. Входной и напорный патрубок расположены горизонтально в нижней части корпуса и направлены в противоположные стороны.

Для выпуска воздуха из насоса в крышке корпуса имеется отверстие, в которое установлен вентиль. В нижней части корпуса выполнены отверстия для слива воды из насоса, которые при нормальной работе закрыты пробками.

Для выполнения подъемно-транспортных операций с насосом в ребрах жесткости нижней части корпуса, расположенных вдоль оси насоса, предусмотрены круглые отверстия для строповки. Для подъема крышки корпуса следует использовать специальные проушины.

Вдоль оси в нижней части корпуса с двух сторон отлиты корытообразные кронштейны для установки и надежной фиксации корпусов подшипниковых опор. В нижней части каждого кронштейна имеется два сквозных отверстия, между которыми выполнена поперечная перегородка. Отверстия используются для раздельного отвода утечек воды через сальник и масла из подшипника через уплотнение.

Ротор насоса состоит из вала, рабочего колеса, втулок, полумуфты и крепежа. Сварно-литое рабочее колесо из хромистой стали двустороннего подвода. Оно собирается из двух колес с односторонним подводом, которые сопрягаются между собой задними дисками по Z-образной цилиндрической расточке через уплотнительную резиновую прокладку. Собранное колесо на валу посажено на шпонке и в осевом направлении фиксируется с двух сторон резьбовыми втулками. Направление резьбы втулок встречное направлению вращения рабочего колеса, что исключает возможность их самопроизвольного откручивания. Под резьбовыми втулками установлены резиновые уплотнения для предотвращения протечек воды по валу. Внешние концы резьбовых втулок заходят в цилиндрические расточки корпусов сальниковых уплотнений, создавая дополнительное гидравлическое сопротивление, они увеличивают уплотнительный эффект.

Под сальниковые уплотнения на вал установлены по скользящей посадке две защитные втулки, которые фиксируются на валу радиальными штифтами с внешней стороны.

Корпуса внешних уплотнений имеют снаружи гребень, которым они устанавливаются неподвижно в цилиндрические расточки основания и крышки корпуса насоса. Для охлаждения внешних уплотнений в корпусе дополнительно выполнены две широкие расточки над местами установки сальников, в которые подается охлаждающая вода.

Для исключения протечек конденсата корпуса внешних уплотнений на наружной поверхности имеют две канавки, которые выполнены с двух сторон гребня и куда устанавливаются резиновые уплотнительные кольца прямоугольного сечения. Установка этих уплотнений позволяет значительно сократить или устранить полностью утечки технической охлаждающей воды.

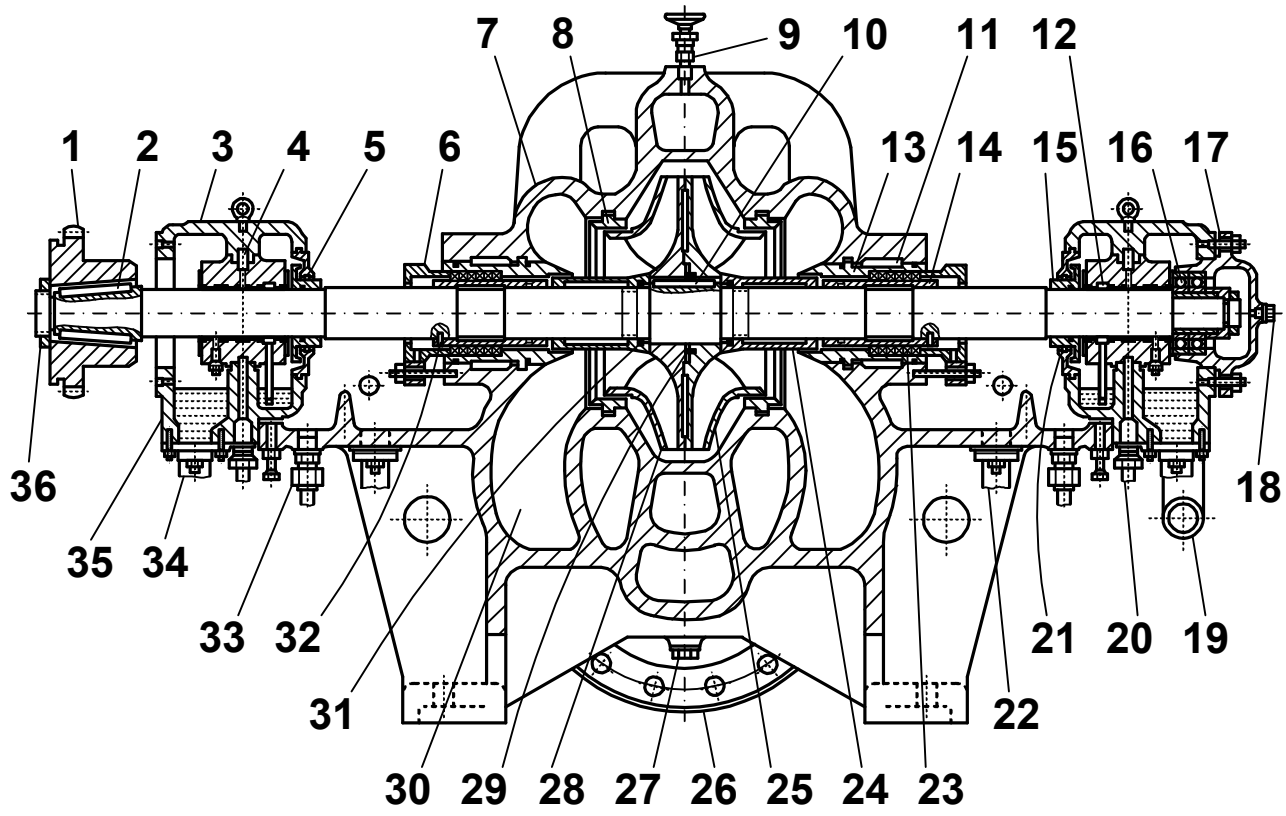


Рис. 4. Конденсатный насос второго подъема Кс-1600-220

1 – зубчатая полумуфта; 2 и 10 – шпонки; 3 – крышка корпуса подшипниковой опоры; 4 и 20 – подвод смазки; 5 и 21 – уплотнение подшипника; 6 – нажимная втулка; 7 – крышка корпуса; 8, 29 и 31 – уплотнения рабочего колеса и вала; 9 – вентиль; 11 – камера охлаждения сальника; 12 – канал кольцевой смазки; 13 – корпус внешнего уплотнения; 14 и 15 – защитные втулки; 16 – радиально-упорные подшипники; 17 – корпус радиально-упорного подшипника; 18 и 27 – пробки; 19 и 34 – отвод масла; 22 и 33 – отвод дренажной воды и утечек масла из подшипниковой опоры; 23 – сальниковое уплотнение; 24 – резьбовая втулка; 25 и 28 – рабочее колесо; 26 – напорный патрубок; 30 – кольцевые камеры подвода воды; 32 – штифт; 35 – корпус подшипниковой опоры; 36 – стопорная гайка.

Так как насос предназначен для работы с подпором, поэтому подсос воздуха исключен, и втулка гидрозатвора в сальник не устанавливается. При подпоре на входе 1 МПа и более насос комплектуется дополнительно торцевыми уплотнениями.

На выходном коническом конце вала на две призматические шпонки установлена зубчатая полумуфта, которая зафиксирована стопорной гайкой. Смазка муфты принудительная от маслостанции насоса или централизованной системы смазки группы насосов.

Перед сборкой насоса на заводе ротор в собранном виде подвергается динамической балансировке. Перед установкой ротора в корпус насоса после проведения его ремонта на станции (ТЭЦ, КЭС, АЭС) обязательно следует произвести проверку балансировки. Эта работа производится в призмах с использованием динамической приставки, а при выявлении недопустимого дисбаланса устранить его за счет замены заводских балансиров или установки дополнительных, в предусмотренных для них в конструкции ротора местах.

Опорами ротора служат два подшипника скольжения с цилиндрической расточкой рабочей поверхности по баббитовой заливке. Подшипники имеют принудительную и кольцевую смазку. Для этого картер подшипниковой опоры разделен поперечной перегородкой на две части: проточную и глухую.

В нормальном режиме работы подшипник смазывается принудительно от циркуляционной системы. Часть масла из рабочего зазора подшипника со стороны привода стекает в проточную часть картера, откуда отводится самотеком в маслобак. В циркуляционной системе оно подвергается двухступенчатой очистке на механических фильтрах и охлаждению технической водой. Кратность циркуляции смазки в принудительном контуре не превышает 10, что обеспечивается емкостью маслобака.

Другая часть масла из рабочего зазора стекает с противоположной стороны подшипника и попадает в глухую часть картера, где постоянно находится его необходимое количество (излишки перетекают в проточную часть картера). В канал кольцевой смазки подшипника снизу подведена медная трубка, по которой масло из глухой части картера поднимается в рабочий зазор за счет разности давлений. При отказе циркуляционной системы смазки, автоматически блокируется ее отвод из проточной части картера (закрывается клапан на сливном трубопроводе), что позволяет продолжать работу насосу в течение длительного времени. В этом (аварийном) режиме температура смазки в корпусе подшипника постепенно увеличивается, поэтому требуется оперативный запуск резервной системы принудительной смазки.

Корпуса подшипников жестко закреплены болтами на корытообразных кронштейнах основания корпуса, а при помощи регулировочных винтов корпуса подшипников можно перемещать в вертикальной плоскости для центрирования ротора в корпусе насоса.

На свободном конце вала установлен двойной радиально-упорный подшипник, корпус которого прифланцован к корпусу радиального подшипника качения. Его смазка производится автономно.

На торце корпуса радиально-упорного подшипника на уровне оси вала имеется отверстие, закрытое пробкой. Отверстие используется для оперативного измерения частоты вращения ротора насоса с помощью переносного тахометра.

6. КсВ-200-220

Конденсатный насос КсВ-200-220 – центробежный, вертикальный, двухкорпусной, секционный, шестиступенчатый, с предвключенным осевым колесом, с пятью центробежными рабочими колесами одностороннего подвода. Устройство насоса приведено на рис. 5.

Сварной наружный корпус состоит из двух частей: приемной и напорной. В низу приемной части корпуса горизонтально приварен входной патрубок с фланцем (для АЭС без фланца – трубопровод приваривается к патрубку). В напорной части корпуса приварен напорный патрубок, который направлен в противоположную сторону входному патрубку. В наружном корпусе имеются отверстия для отвода паров и слива воды, которые при работе насоса закрыты клапанами и заглушкой. Между собой приемная и напорная части наружного корпуса соединяются сваркой по фланцу, который служит одновременно опорной плитой для установки насоса на фундамент.

В состав внутреннего корпуса входят: напорная крышка, корпуса секций с направляющими аппаратами, подвод первой ступени. Между собой эти элементы внутреннего корпуса соединены стяжными шпильками (на рис. 5 они показаны условно) и центрируются друг с другом на цилиндрических заточках. К напорной крышке сверху крепится опорный фонарь электродвигателя вертикального исполнения, унифицированные для всех моделей насосов КсВ сальниковое уплотнение и опорно-упорный подшипник. Все детали внутреннего корпуса изготовлены из серого чугуна, а уплотнительные кольца и втулки из хромистой стали. Внутренний корпус в сборе с ротором демонтируется вверх без отсоединения подводящего и напорного трубопроводов насоса, для этого на напорной крышке установлены рым-болты. Такое конструктивное решение позволило значительно сократить трудоемкость обслуживания и ремонта насоса, повысило его ремонтопригодность и надежность.

В комплект ротора входят: вал, полумуфта, втулки верхней подшипниковой опоры, разгрузочный барабан и стопорная гайка гидропяты, пять рабочих колес центробежного типа с односторонним подводом, одно осевое рабочее колесо (шнек), девять призматических шпонок, стопорные болты и шайбы. На заводе ротор в сборе отдельно подвергается динамической балансировке. Все центробежные рабочие колеса отлиты из чугуна. Для повышения кавитационного запаса в насосе первым установлено (предустановленно) осевое рабочее колесо в форме шнека сварной конструкции и изготовленное из хромистой стали. Оно обеспечивает работу первого центробежного колеса с небольшим, но гарантированным избыточным давлением. Первое центробежное колесо для повышения кавитационного запаса имеет расширенный вход (большее сечение всасывающего отверстия), а у остальных четырех колес вход меньшего сечения в 1,67 раза. Этот прием позволил сократить гидравлические потери на первом центробежном колесе с входной скоростью в 2,8 раза.

При работе насоса на всех рабочих колесах возникают осевые усилия, направленные вниз при любом режиме. Суммарное осевое усилие от взаимодействия колес с конденсатом и от веса ротора уравновешивается разгрузочным барабаном полностью только при работе насоса в номинальном режиме ($Q_Н$ = 200 т/ч;

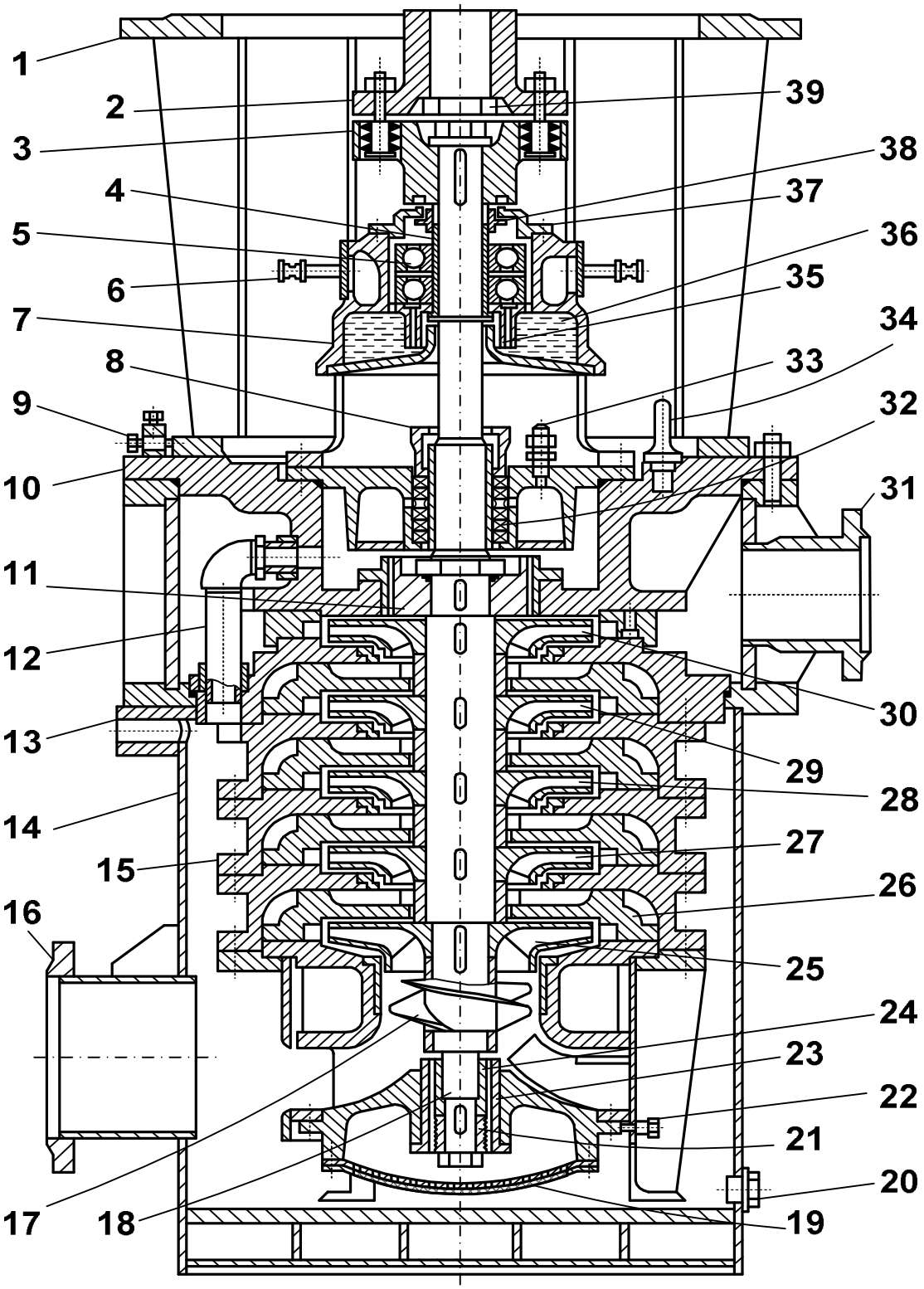


Рис. 5. Вертикальный конденсатный насос КсВ-200-220

1 – фонарь; 2, 3 и 39 – упругая соединительная муфта; 4 и 24 – защитные втулки; 5 – радиально-упорные подшипники; 6 и 33 – подвод охлаждающей воды и холодного конденсата; 7 – корпус верхней подшипниковой опоры; 8 – нажимная втулка; 9 и 22 – юстировочные болты; 10 – напорная крышка; 11 – разгрузочный барабан; 12 – отвод воды из гидропяты; 13 – продувочное отверстие; 14 – приемный корпус; 15 – секция внутреннего корпуса; 16 и 31 – патрубки, подводящий и напорный; 17 – осевое рабочее колесо; 18 – вал; 19 – фильтрующая сетка; 20 – пробка; 21 и 35 – винтовая втулка; 23 – подшипник скольжения; 25, 27-30 – центробежные рабочие колеса 2-6 ступеней; 26 – направляющий аппарат; 32 – сальниковое уплотнение; 34 – рым-болт; 36 – масляная ванна; 37 и 38 – крышка и уплотнение подшипниковой опоры.

$H_Н$ = 220 м). При отклонении режима работы от номинального на ротор действует неуравновешенная сила, которая может быть направлена вниз (при $Q < Q_Н$) и вверх (при $Q > Q_Н$).

Разгрузочный барабан гидропяты посажен на общей шпонке с рабочим колесом последней ступени и в осевом направлении фиксируется стопорной гайкой. Для предотвращения протечек воды под барабаном по валу предусмотрено резиновое уплотнение, которое устанавливается в расточку на верхнем торце и прижимается стопорной гайкой. Подушка гидропяты крепится по фланцу к напорной крышке и образует с боковой поверхностью разгрузочного барабана калиброванный зазор, через который вода попадает в камеру отвода. Её давление здесь равно давлению подпора. Вода из гидропяты по трубе отводится в приемную полость наружного корпуса.

Ротор насоса имеет две подшипниковые опоры. В верхней опоре установлены два радиально-упорных подшипника с жидкой смазкой. Эта опора воспринимает вес ротора и неуравновешенное осевое усилие от рабочих колес и фиксирует положение ротора в насосе. В корпусе подшипника выполнена масляная ванна, из которой винтовой втулкой масло подается к подшипнику. Отработанное масло по вертикальным каналам со стороны наружных колец подшипников самотеком возвращается в ванну. Подшипники охлаждаются водой из технического водопровода. Уровень масла в ванне контролируется по маслоуказателю. Для слива отработанного масла в нижней части ванны имеется отверстие, закрытое пробкой. В средней части корпуса подшипника предусмотрено отверстие, которое соединяется с одним из вертикальных каналов и используется для заливки масла и выхода паров масла из ванны в атмосферу. Для оперативного контроля температуры подшипников в корпус опоры встроена термопара.

Нижний радиальный металлофторопластовый подшипник скольжения смазывается перекачиваемым конденсатом, который из специально предусмотренной камеры подается к подшипнику втулкой с многозаходной резьбой и, пройдя через зазор, отводится в полость всасывания осевого рабочего колеса. Винтовая и защитная втулки подшипника посажены на одну шпонку. Равномерный зазор в подшипнике выставляется с помощью юстировочных болтов, после чего втулка подшипника штифтуется. Для предохранения от попадания твердых частиц подшипник закрыт снизу сеткой.

Концевое уплотнение насоса – сальникового типа с кольцом гидрозатвора. Уплотнения охлаждаются холодным конденсатом, который по каналам из охлаждающей полости подводится к кольцу гидрозатвора. Доступ к уплотнению осуществляется через окна в стенке фонаря. Рекомендуемая набивка сальника – АГ-1. По заказу потребителя насос может дополнительно комплектоваться торцевым уплотнением.

Электродвигатель вертикального исполнения устанавливается на фонарь насоса и соединяется с ним упругой муфтой. Направление вращения ротора насоса – против часовой стрелки, если смотреть со стороны привода.

7. КсВ-1000-95

Конденсатный насос первого подъема КсВ-1000-95 – центробежный, вертикальный, двухкорпусной, трехступенчатый, с двумя предвключенными осевыми колесами, одним центробежным рабочим колесом двухстороннего подвода и одним центробежным колесом одностороннего подвода. Конденсатные насосы первого подъема устанавливаются под конденсатором турбины ниже на 6-10м для обеспечения некоторого статического давления. Они работают, как правило, с напором не более 140-150 м, что недостаточно, чтоб продавить конденсат через подогреватели низкого давления в системе регенерации питательной воды. Устройство насоса КсВ-1000-95 приведено на рис. 6.

Литой чугунный внутренний корпус в нижней части имеет разъем в вертикальной плоскости. Во внутреннем корпусе выполнены два канала полуспирального подвода к осевым колесам первой ступени, спиральный канал отвода от рабочего колеса второй ступени, переводной канал для подвода воды к рабочему колесу третей ступени и спиральный канал для отвода воды в напорный патрубок. Сверху корпус закрыт крышкой, которая имеет верхний и нижний фланец. Нижним фланцем крышка крепится к направляющему аппарату последней ступени насоса, а верхним фланцем чрез прокладку крепится к верхнему фланцу наружного корпуса.

Наружный корпус сварной конструкции цилиндрической формы. Патрубки входной и напорный расположены горизонтально и направлены в противоположные стороны. Для ТЭС патрубки исполняются с фланцами, а для АЭС без фланцев – под сварку.

Вверху и под напорным патрубком наружный корпус имеет два фланца. На верхний фланец опирается внутренний корпус, а нижний фланец – опорный для крепления к фундаментальной раме. В нижней части корпус дополнительно имеет четыре фиксатора, которые ограничивают его перемещения при переводе насоса из холодного состояния в горячее и обратно. Днище наружного корпуса усилено двумя швеллерами, которые приварены снаружи.

Для выпуска воздуха и паров конденсата из насоса в верхней части корпуса имеется отверстие с вентилем. В нижней части наружного корпуса имеются отверстия для слива воды и технологических продувок, которые при работе насоса заглушены пробками.

Ротор насоса включает следующие элементы: вал, два осевых предвключенных колеса первой ступени, одно рабочее колесо с двусторонним подводом второй ступени, одно рабочее колесо с односторонним подводом третей ступени, соединительная зубчатая муфта, втулки верхней подшипниковой опоры, защитные втулки уплотнений, втулка нижней подшипниковой опоры, три стопорных гайки и пять шпонок и штифтов.

Для установки осевых колес на валу выполнены две резьбовые шейки одного диаметра. При сборке ротора сначала на вал накручивается верхнее осевое колесо до упора в буртик и фиксируется штифтом, потом устанавливается на шпонку рабочее колесо второй ступени до упора в ступицу верхнего осевого колеса, далее накручивается нижнее осевое колесо до упора в ступицу колеса второй ступени и фиксируется штифтом.

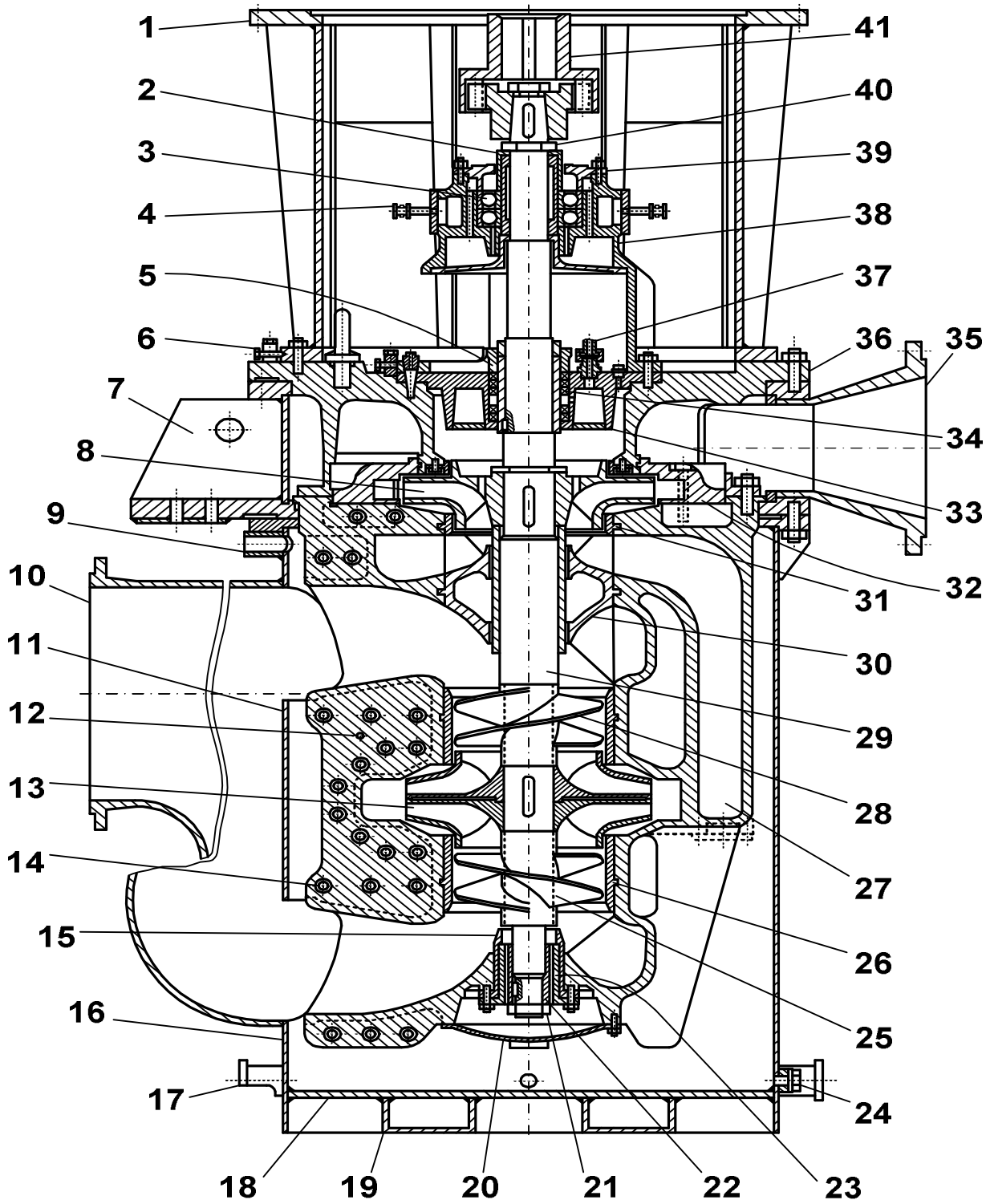


Рис. 6. Вертикальный конденсатный насос КсВ-1000-95:
1 – фонарь; 2 и 3 – упорные втулка и подшипники; 4 и 37 – подвод охлаждающей воды и холодного конденсата; 5 – нажимная втулка; 6 – юстировочные болты; 7 – верхняя опорная лапа; 8 – рабочее колесо 3-й ступени; 9 – продувочное отверстие; 10 и 35 – патрубки, подводящий и напорный; 11 – входной обтекатель; 12 – направляющий штифт; 13 – рабочее колесо 2-й ступени; 14 – фиксирующие шпильки; 15 и 38 – корпуса подшипниковых опор, нижней и верхней; 16, 17, 18 и 19 – приемный корпус, его нижние фиксаторы, днище и поперечные балки; 20 – фильтрующая сетка; 21 и 40 – стопорные гайки; 22 – винтовая втулка; 23 – подшипник скольжения; 24 – пробка; 25 и 28 – осевые рабочие колеса 1-й ступени; 26, 30 и 31 – уплотнения; 27 – обводной канал; 29 – вал; 32 – направляющий аппарат; 33 – корпус сальникового уплотнения; 34 – сальниковое уплотнение; 36 – крышка внутреннего корпуса; 39 – крышка и уплотнение подшипниковой опоры; 41 – зубчатая соединительная муфта

Оба осевых колеса сварной конструкции. Они выполнены из хромистой стали в виде шнека с числом витков 1,5. Направление навивки спирали у одного шнека левое, а у другого – правое. На внутренней поверхности ступиц осевых колес выполнена резьба, поэтому они выполняют одновременно функцию стопорных гаек и фиксируют рабочее колесо второй ступени на валу в осевом направлении в заданном месте между шейками с резьбой.

Центробежное колесо второй ступени с двусторонним подводом сварнолитой конструкции из хромистой стали собирается из двух частей отлитых отдельно. Между собой при сборке обе части колеса контактируют по ступенчатой цилиндрической расточке, которая выполнена на тыльной стороне заднего диска. Для выполнения сварного шва на задних дисках по наружному диаметру выполняется фаска. Электродуговая варка может выполняться плавящимся электродом в атмосферных условиях. После сварки в ступице выполняется шпоночный паз, и колесо подвергается балансировке. Крутящий момент от вала насоса на колесо передается призматической шпонкой.

Центробежное колесо третей ступени с односторонним подводом отливается из чугуна. На его заднем диске имеется уплотнительная втулка, диаметр которой равен диаметру уплотнительной втулки на переднем диске, что исключает возникновение осевого усилия на вал.

На заднем диске между ступицей и уплотнительной втулкой выполнены четыре аксиальных отверстия, через которые часть воды, затекающая за тыльную сторону диска, возвращается в проточную часть колеса, так как давление воды на входе в колесо меньше, чем на выходе из него. Такой подбор рабочих колес и их взаимное расположение позволили исключить из конструкции насоса гидравлическую пяту и незначительно увеличить его КПД.

На нижнем конце вала установлен подшипник скольжения. Смазывающей средой является конденсат, который подается в рабочий зазор подшипника за счет вращения винтовой втулки, установленной неподвижно на валу (шпонка и стопорная гайка). Для подвода в подшипник конденсата без механических примесей под валом установлена фильтрующая сетка.

Аналогично винтовой втулкой производится подача смазки на верхний упорный подшипник из масляной ванны. Назад масло возвращается самотеком по специальным дренажным каналам в корпусе верхней подшипниковой опоры. Для охлаждения масла в корпусе опоры выполнена кольцевая камера, куда подается постоянно вода из технического трубопровода.

На конический выходной конец вала ротора устанавливается на шпонку зубчатая полумуфта, которая фиксируется стопорной гайкой. Смазка муфты производится принудительно.

Концевое уплотнение сальникового типа без кольца гидрозатвора, так как конденсат в насос поступает с избыточным давлением до 1 МПа (10 ат). При необходимости завод дополнительно может установить торцевое уплотнение.