

Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«КУЗБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Кафедра стационарных и транспортных машин

СТАЦИОНАРНЫЕ МАШИНЫ

Шахтные водоотливные установки

Конструкции центробежных насосов

Методические указания по изучению конструкций центробежных насосов горных предприятий для студентов специальности 150402 «Горные машины и оборудование» и других горных специальностей очной и заочной форм обучения

Составитель В. Н. Бизенков
А. П. Абрамов
Ю. С. Щербаков

Утверждены на заседании кафедры
Протокол № 263 от 14.10.2008

Рекомендованы к печати
учебно-методической комиссией
по специальности 150402
Протокол № 3 от 22.10.2008

Электронная копия находится
в библиотеке главного корпуса
ГУ КузГТУ

Кемерово 2008

ВВЕДЕНИЕ

При изучении дисциплины «Стационарные машины» в разделе «Шахтные водоотливные установки» студенты узнают принципы действия и конструкции различных типов насосов, приобретают навыки по их эксплуатации и проектированию водоотливных установок горных предприятий, а также получают знания по теории их работы, усваивают требования правил безопасности [1], правил технической эксплуатации [2] и охраны труда. Изучение конструкций насосов производится на практических и лабораторных занятиях одновременно с теоретическим лекционным курсом.

Для изучения конструкций насосов рабочей программой отводится четыре часа, т.е. два занятия. На первом занятии студенты знакомятся с общими характеристиками, классификацией центробежных насосов по конструктивным отличиям и назначению, а также изучают конструкции элементов и узлов центробежных насосов, которые являются идентичными для различных типов насосов и имеют одно и то же назначение.

На втором занятии изучаются конструкции различных типов насосов с учетом их конструктивных отличий, областей применения и назначения.

Данные методические указания предназначены для изучения раздела «Шахтные водоотливные установки» и используются при выполнении лабораторных работ, курсового и дипломного проектирования студентами специальности 150402 «Горные машины и оборудование» различных форм обучения.

Методические указания полностью соответствуют рабочей программе и образовательному стандарту.

В методических указаниях в сжатой форме даны описания различных конструкций и типов насосов, имеющих наибольшее распространение на горных предприятиях с подземной и открытой технологией добычи. Приведены также конструкции насосов, применяемых для водоотливных установок, в технологических схемах гидромеханизации горных работ и гидротранспортных установках.

В конце каждого раздела методических указаний приведены контрольные вопросы, по которым производится защита этой те-

мы студентами и оценка знаний. Предусматривается также тестовый контроль для оценки знаний студентов.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ПО КОНСТРУКЦИЯМ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ.

Насосные установки широко применяются во многих отраслях промышленности. Они повсеместно используются в системах водоснабжения, теплоснабжения, канализации, в технологических гидротранспортных установках. Основное назначение насосов – это перекачивание воды и других жидкостей и смесей по напорным трубопроводам. Насосный агрегат и трубопровод, к которому он подключен, называются насосной установкой [1;2].

1.1. Классификация центробежных насосов

В производственных условиях преимущественное распространение получили лопастные центробежные насосы. В промышленности изготавливается большое число типов насосов. Поэтому с целью удобства изучения конструкций, обозначений типов насосов, их конструктивных особенностей и областей применения, предложена классификация центробежных насосов. Схема классификации центробежных насосов приведена на странице 5. Классификация центробежных насосов проведена по характерным признакам.

Признаки 1, 2, 3 объединяют насосы с горизонтальным расположением вала и отражают следующие конструктивные отличия:

1 – многоступенчатые (многоколесные, секционные) – тип насосов ЦНС;

2 – одноколесные с консольным расположением рабочего колеса на валу – тип насосов К;

3 – одноступенчатые и многоступенчатые с рабочими колесами с двухсторонним подводом, а также со спиральным подводом и горизонтальным разъемом корпуса, – насосы типа Д, М, МД, ЦН.

Классификационный **признак 4** объединяет секционные насосы с вертикальным расположением вала в пространстве, что

определяет их назначение как скважинных или подвесных насосов, – насосы типов ЭЦВ, ЦТВ, ВП-340, ППН-50 и др.

Признаки 1.1; 2.1; 3.1 конкретизируют области применения и конструктивные особенности отдельных типов насосов.

Так, насосы типа ЦНС имеют секционную конструкцию корпуса с разъемами секций перпендикулярно оси вращения вала.

Насосы типа К характерны тем, что они одноколесные, т.е. низконапорные и предназначены для работы на чистой воде, что и определяет их область применения.

Насосы типа Д также одноколесные с двухсторонним подводом жидкости в рабочее колесо с горизонтальным разъемом корпуса вдоль оси вала.

Признаки 4.1; 4.2; 4.3; 4.4 объединяют скважинные и подвесные проходческие насосы с вертикальными валами с погружными и непогружными электродвигателями, что также определяет их назначение.

Признак 2.2 характеризует насосы консольного типа, предназначенные для перекачивания гидросмесей в технологических схемах и схемах гидротранспорта, это насосы типа ШН, одноколесные углесосы типа У, грунтовые насосы ГР, ЗГМ-2М и др.

Признак 3.2 определяет конструктивные отличия спиральных многоступенчатых насосов с горизонтальным разъемом корпуса с комбинированным расположением колес с односторонним и двухсторонним подводом жидкости.

Остальные признаки уточняют назначение насосов и указывают на другие конструктивные особенности.

Насос ЦНС имеет следующую маркировку: Ц – центробежный, Н – насос, С – секционный.

Цифры после букв обозначают номинальную подачу насоса, м³/ч; цифры после дефиса обозначают номинальный напор в метрах водяного столба. Например, ЦНС180-680 обозначает центробежный насос секционный с подачей 180 м³/ч и напором 680 м.

Насос типа К – консольный, насос типа Д – с двухсторонним подводом. Они обозначаются следующим образом. Например, тип насоса ЗК-9: К – консольный насос, а цифра, стоящая перед буквой, определяет диаметр всасывающего патрубка (мм),

уменьшенный в 25 раз; цифра после дефиса равна коэффициенту быстроходности, уменьшенному в 10 раз.

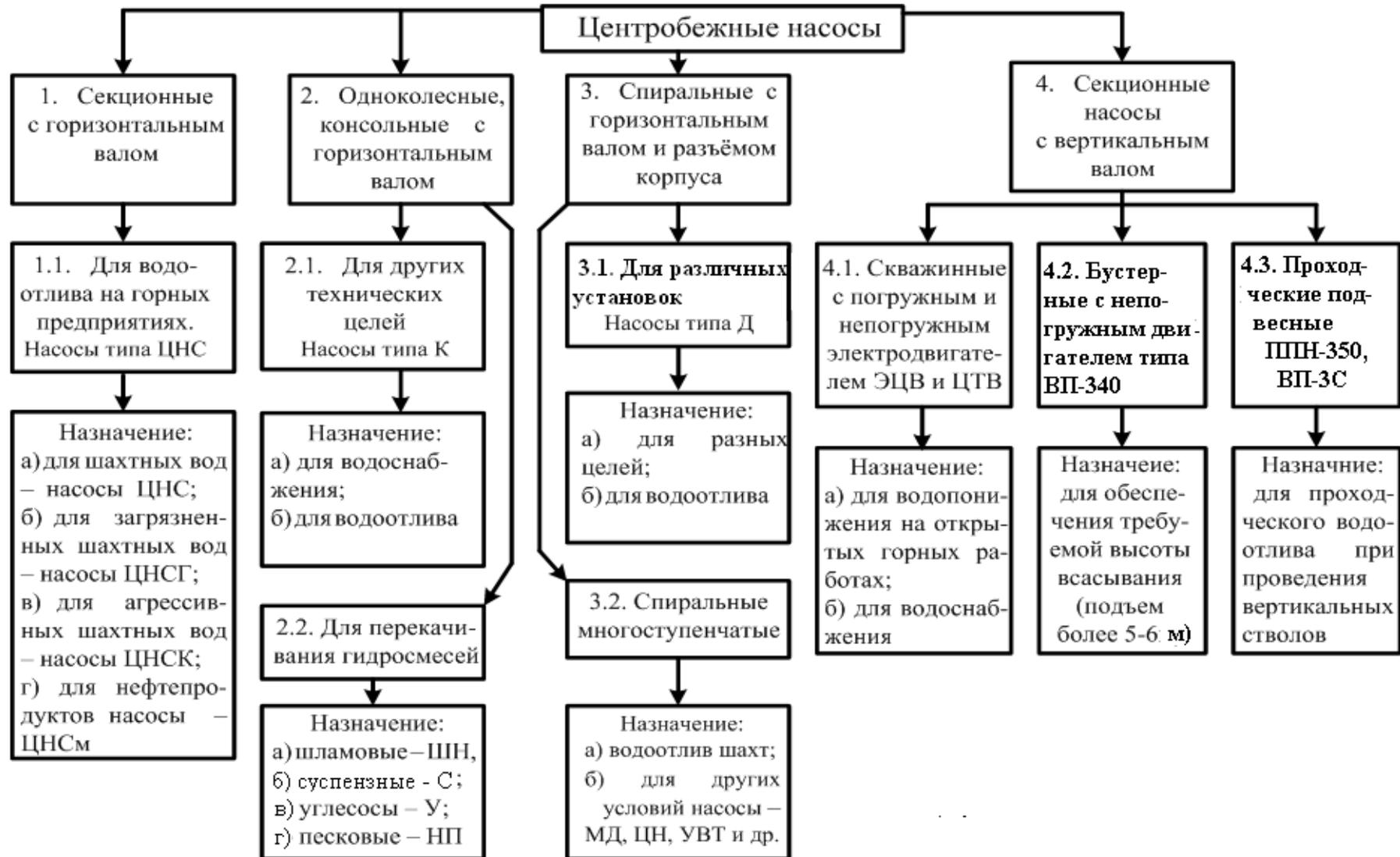
Насос с обозначением 6НДс или 6НДв расшифровывается как насос одноступенчатый с двухсторонним подводом жидкости в колесо со средним (с) или высоким (в) давлением, а цифра 6 определяет диаметр всасывающего патрубка в дюймах.

В настоящее время для консольных насосов типа К в соответствии с ГОСТ 22247-76Е и для насосов типа Д по ГОСТ 10272-77 приняты обозначения аналогичные насосам ЦНС.

Например, К90-55 – консольный насос с производительностью 90 м³/ч и с номинальным напором 55 м.

Насос Д200-95 – насос с двухсторонним подводом в рабочее колесо с подачей 200 м³/ч и напором 95 м [3; 4; 5].

Классификация центробежных насосов



1.2. Конструктивные элементы и узлы центробежных насосов

В конструкциях центробежных насосов следует выделять отдельные элементы и узлы, имеющие одинаковое назначение, которые конструктивно незначительно отличаются в других типах насосов.

Основные элементы и узлы центробежных насосов: рабочие колеса, подводы и отводы, направляющие аппараты, разгрузочные устройства, валы, роторы, подшипники и корпуса.

Основные элементы и узлы трехколесного центробежного насоса показаны на рис. 1.1.

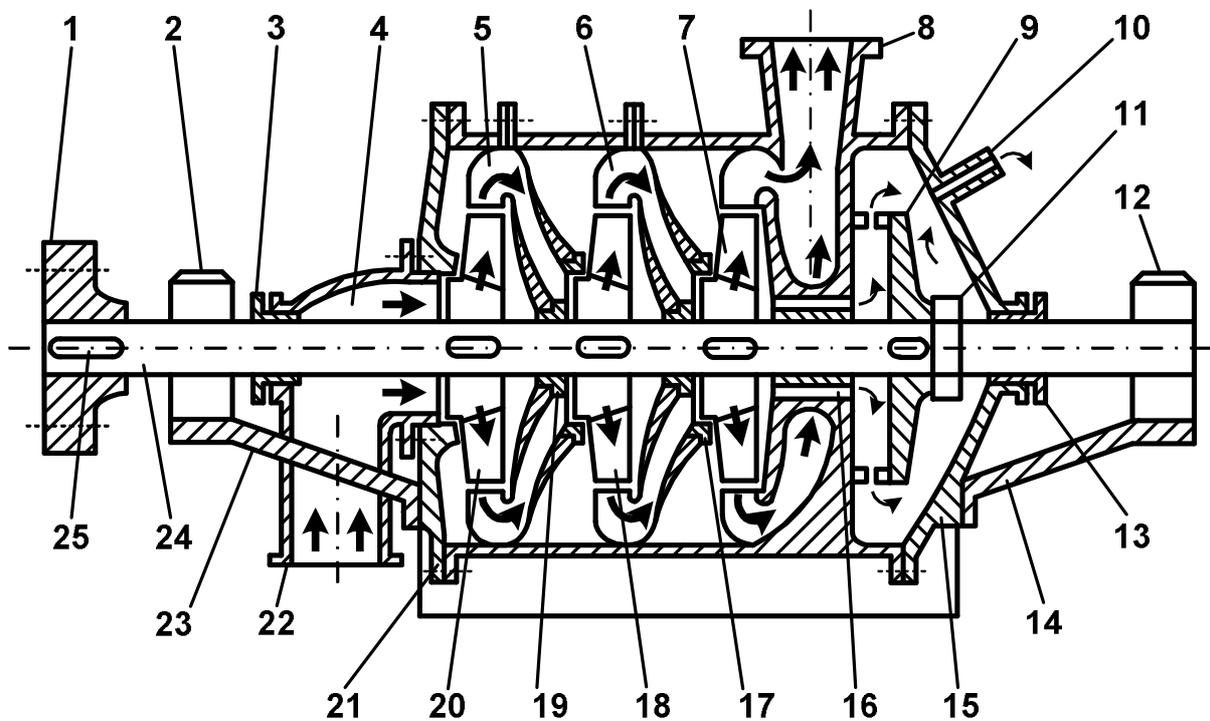


Рис. 1.1. Схема трехколесного центробежного насоса:

1 – соединительная муфта; 2 и 12 – передняя и задняя подшипниковые опоры; 3 и 13 – переднее и заднее сальниковые уплотнения; 4 – подводящая камера; 5, 6 – направляющие аппараты; 7, 18, 20 – рабочие колеса; 8 и 22 – нагнетательный и всасывающий патрубки; 9 – разгрузочный диск; 10 – отвод воды из разгрузочной камеры; 11 – стопорная гайка; 14 и 23 – задний и передний фонарь; 15 и 21 – передний и задний щиты; 16 – соединительный канал; 17 и 19 – уплотнения; 24 – вал; 25 – шпонка

Рабочие колеса для увеличения напора соединены гидравлически последовательно и установлены на валу неподвижно за счет дистанционных втулок, шпонок и стопорной гайки.

1.2.1. Рабочие колеса центробежных насосов

В современных центробежных насосах устанавливаются рабочие колеса трех типов: 1 – закрытой конструкции, 2 – полуоткрытой конструкции, 3 – открытой конструкции (рис. 1.2). Большинство насосов имеют рабочие колеса закрытой конструкции, которые сложнее в изготовлении, но имеют высокую надежность и КПД. Рабочие колеса полуоткрытой и открытой конструкции применяются в технологических насосах специального назначения для перекачивания жидких гидросмесей (шламовые, фекальные, углесосы и т.д.).

Основные элементы рабочего колеса (рис. 1.2): передний диск с подводящим отверстием, задний (коренной) диск; ступица; лопатки рабочего колеса.

Рабочие колеса насосов производятся: закрытой конструкции, имеющие все перечисленные элементы; полуоткрытой; т. е. без переднего диска; открытой конструкции – без переднего и заднего дисков.

Рабочие колеса изготавливают с односторонним и двухсторонним всасыванием. Рабочие колеса двухстороннего всасывания (рис. 1.2, д) представляют собой соединенные в одном изделии два обычных колеса. Из условия прочности диски колес утолщаются по направлению к втулке. Скорость по внешней окружности для литых чугунных колес не более 35 м/с. Профиль лопаток должен быть такой, чтобы по всей ее длине приращение абсолютной скорости было равномерным.

Лопатки профилируются по дуге окружности или по логарифмической спирали и имеют толщину: 4–8 мм чугунные, 3–8 мм стальные и более 3–6 мм бронзовые.

КПД насоса зависит от числа и длины лопаток, от плавности изменения сечения каналов проточной части, от чистоты обработки поверхностей межлопаточных каналов колеса.

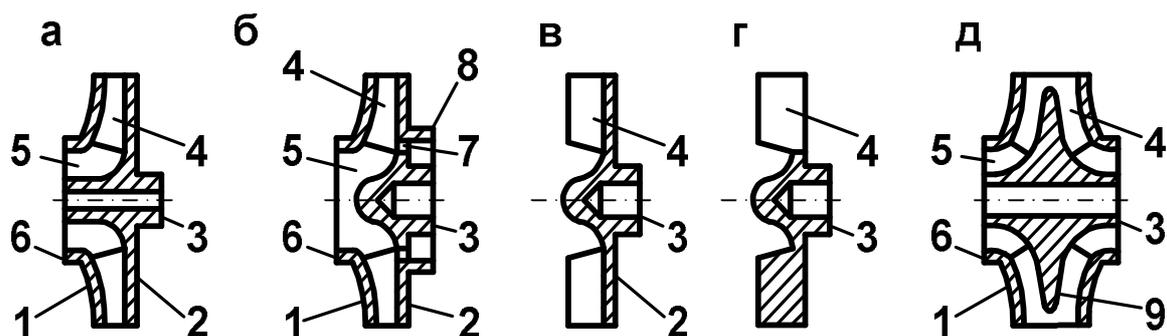


Рис. 1.2. Рабочие колеса центробежных насосов: а, б – закрытой конструкции с односторонним подводом воды; в – полуоткрытой конструкции; г – открытой конструкции; д – закрытой конструкции с двухсторонним подводом воды

Элементы рабочих колес: 1 – передний диск; 2 – задний диск; 3 – ступица; 4 – лопатки; 5 – всасывающее отверстие; 6 и 8 – уплотнительные втулки; 7 – разгрузочные отверстия; 9 – коренной диск

При числе лопаток более 4–5 движение воды в колесе становится более плавным. При значительном увеличении их числа (более 10–12) возрастает сопротивление движению потока жидкости. Обычно в одном колесе 6–9 лопаток.

В шахтных насосах чаще применяются колеса закрытой конструкции, так как они допускают осевой разбег вала, необходимый при наиболее распространенном способе уравнивания осевого усилия с применением разгрузочного диска; при этих колесах меньше утечек жидкости через зазоры между колесом и корпусом.

По удельному числу оборотов рабочие колеса центробежных насосов делятся на три типа: тихоходные ($n_y = 40\text{--}80$ об/мин), нормальные ($n_y = 80\text{--}150$), быстроходные ($n_y = 150\text{--}300$). Диаметр рабочего колеса может достигать 800 мм и более.

Для неагрессивной воды рабочие колеса изготавливаются литыми из чугуна или стали, для агрессивной воды – из легированных хромом или никелем сталей, хромистого или кремнистого чугуна, кислотоупорных бронз или пластмасс [6; 8; 9].

1.2.2. Подводящие и отводящие элементы

Подвод предназначен для обеспечения равномерного входа жидкости во всасывающее отверстие колеса с минимальными потерями давления. В современных насосах подводы выполняются в виде: конических патрубков (конфузоров) с прямой и искривленной осями, кольцевой камеры и спиральной камеры (рис. 1.3).

Прямолинейный конфузор представляет собой конический патрубок с прямолинейной осью (рис. 1.3, а), в котором иногда устраивается решетка в виде пластин, расположенных в меридиональных плоскостях. Решетка обеспечивает поступление потока в рабочее колесо без вращения. Поток в конфузоре движется ускоренно с увеличением скорости на 15–20 %. Это обеспечивает протекание жидкости в канале с минимальными гидравлическими потерями и выравнивание поля скоростей перед входом в рабочее колесо.

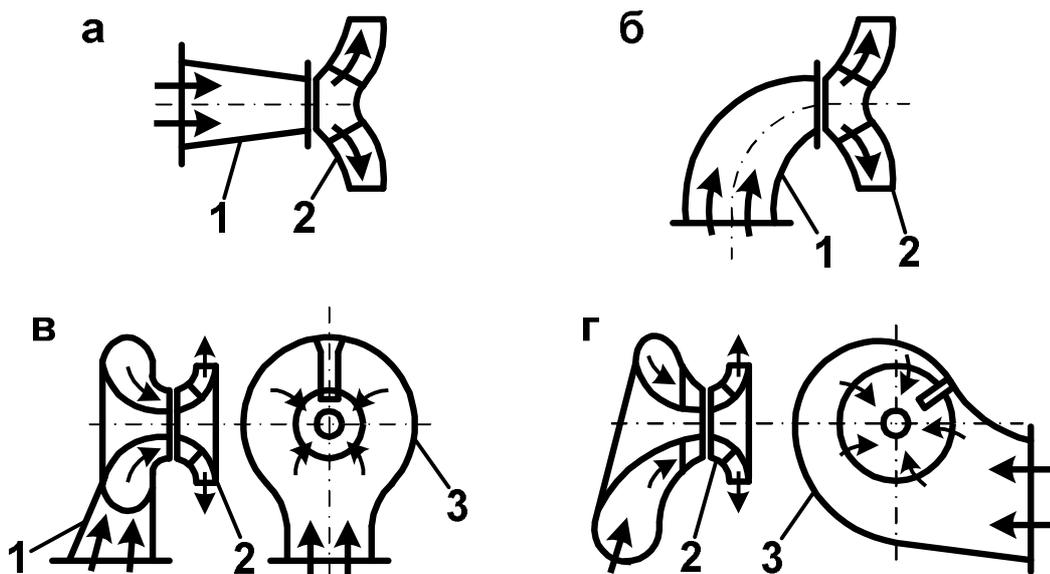


Рис. 1.3. Типы подводов: а – конфузор с прямой осью; б – конфузор с радиусной осью; в – кольцевой подвод; г – спиральный подвод.

Элементы подводов: 1 – всасывающий патрубок; 2 – рабочее колесо; 3 – камера

Конфузор с прямой осью является лучшим типом подводящего канала, но применяется только в одноступенчатых насосах.

Конфузор с радиусной криволинейной осью выполняется в виде конического колена с большим радиусом поворота (рис. 1.3, б). Такой подвод сложен в изготовлении и создает дополнительные потери давления.

Кольцевой подвод (рис. 1.3, в) представляет собой канал постоянного сечения, который расположен по окружности входа в рабочее колесо. При такой конструкции равномерность поля скоростей нарушается из-за образования вихревых потоков вокруг вала. Этот тип подвода устраивается лишь в некоторых конструкциях насосов, имеющих разъем, перпендикулярный к валу.

Для устранения вихревой зоны применяется спиральный подвод (рис. 1.3, г), представляющий собой канал переменного сечения по окружности входа в колесо. Благодаря этому одна часть потока попадает в колесо, не обтекая вала, а другая часть плавно обтекает вал, равномерно распределяясь по окружности. Этот тип подвода в настоящее время применяется в большинстве конструкций насосов типа Д.

Отвод должен обеспечивать движение жидкости от рабочего колеса во внешнюю сеть насоса с наименьшими потерями скорости. В современных насосах применяют кольцевой отвод, спиральный отвод и направляющий аппарат.

Кольцевой отвод представляет собой цилиндрическую кольцевую камеру постоянной ширины, охватывающую рабочее колесо насоса. Такие отводы используются в конструкциях насосов, предназначенных для перекачки загрязненных жидкостей и в углесосах.

Спиральный отвод состоит из спирального канала и диффузора. Обычно спиральный канал комбинируют с кольцевой камерой. Спиральный канал имеет цилиндрическое или грушевидное поперечное сечение.

В диффузорах происходит дальнейшее снижение скорости движения потока жидкости и преобразование его кинетической энергии в энергию статического давления. Скорость жидкости на выходе как правило ограничена 2–3 м/с.

Спиральные отводы применяются в одноступенчатых насосах, особенно при низких и умеренных напорах.

1.2.3. Направляющие аппараты

Направляющие аппараты предназначены для перевода потока жидкости из одного рабочего колеса в другое, поэтому они устанавливаются в многоступенчатых насосах. Каждое рабочее колесо в таких насосах располагается внутри направляющего аппарата.

Направляющие аппараты бывают двух типов лопаточные и каналные. Лопаточный направляющий аппарат показан на рис. 1.4.

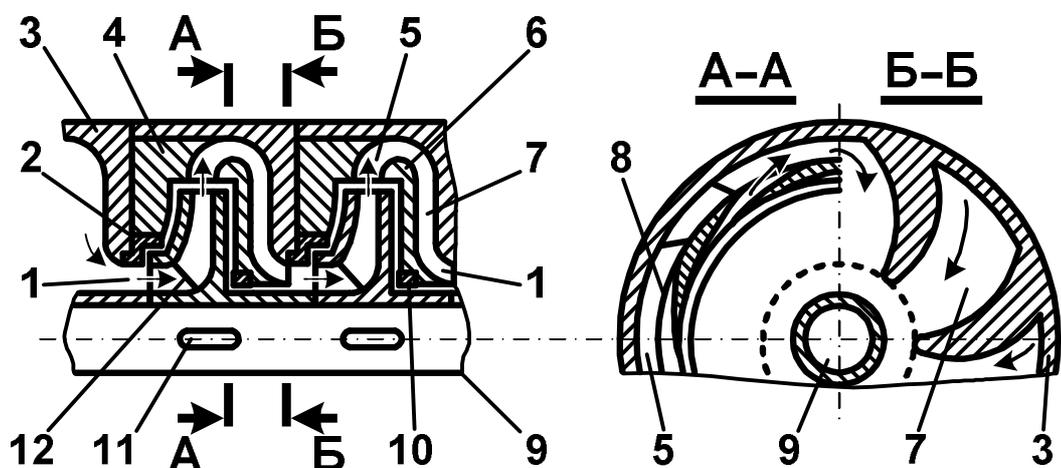


Рис. 1.4. Лопаточный направляющий аппарат: 1 и 7 – подводящие каналы; 2 и 10 – уплотнения; 3 – обойма; 4 и 6 – передняя и задняя перегородки; 5 и 8 – отводящие каналы; 7 – подводящий канал; 9 – вал; 11 – шпонка; 12 – рабочее колесо

У лопаточных аппаратов каналы расположены с обеих сторон перегородки и образуют отводящие и обратные (подводящие к следующему колесу) каналы. Жидкость, выходящая из рабочего колеса, попадает в расположенную за ним радиальную решетку лопастей направляющего аппарата. Далее поток жидкости, поворачиваясь в кольцевом канале на 180° , поступает в обратную радиальную решетку, где обычно происходит окончательное раскручивание потока и подвод его в следующее рабочее колесо.

Аппараты с каналными подводами и отводами более компактны, поэтому получили преимущественное применение в центробежных насосах. Канальный направляющий аппарат показан на рис. 1.5.

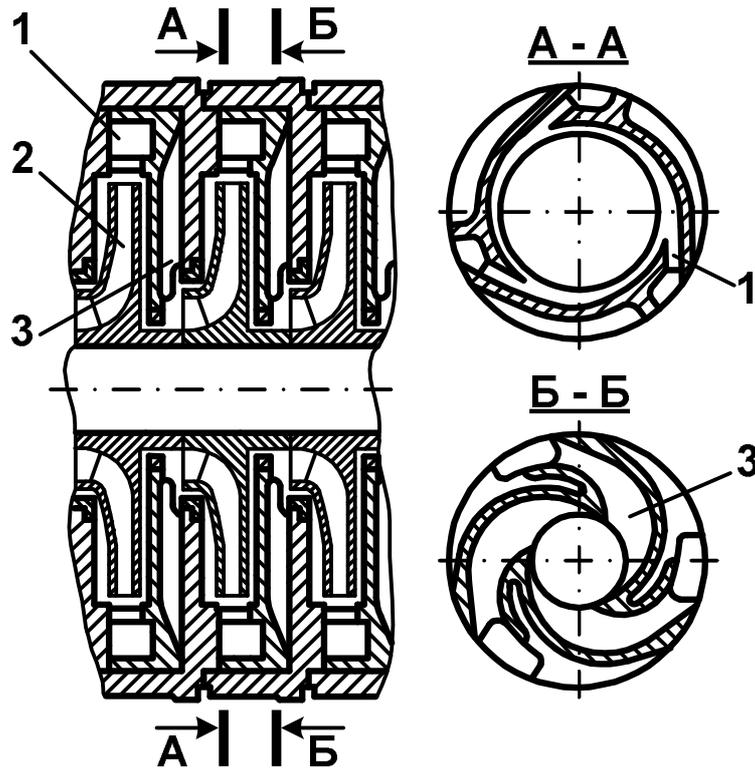


Рис. 1.5. Канальный направляющий аппарат секционных насосов:

1 – отводящий канал; 2 – рабочее колесо; 3 – подводящий канал

Каналы также оборудованы лопастями, но утолщенными к выходу, в результате чего отводящие каналы на выходе прямолинейны, что уменьшает концевые потери. Далее отводящие каналы переходят в обратные каналы, образуя с ними единые каналы сплошной формы.

Спиральная часть канала, в целях обеспечения возможности механической обработки, выполняется постоянной ширины. Лопаточные и канальные отводы применяются в многоступенчатых насосах и обеспечивают компактность конструкции насоса.

1.2.4. Уплотнения и гидравлические затворы

Уплотнения служат для уменьшения утечек в местах выхода вала из корпуса, уменьшения внутренних перетоков между всасывающей и нагнетательной сторонами рабочего колеса, а также для предотвращения утечек между секциями корпуса в многоступенчатых насосах.

Для уплотнения вала насоса в местах выхода его из корпуса предусматриваются концевые уплотнения, основное назначение которых состоит в предотвращении утечек перекачиваемой жидкости из насоса и в недопущении попадания воздуха в насос при работе последнего с разрежением на входе.

Концевые уплотнения могут быть разделены на три вида: уплотнения с мягкой сальниковой набивкой, уплотнения щелевого типа и торцовые уплотнения. В шахтных центробежных насосах и насосах общего назначения сальниковая набивка является наиболее простой с точки зрения конструктивного исполнения и обслуживания, и поэтому является самым распространенным типом уплотнения. Набивку для сальников выполняют в виде шнуров, сплетенных из волокнистых материалов пеньки, льна, асбеста. Набивка пропитывается графитовой смазкой на основе технического жира или консистентной смазки.

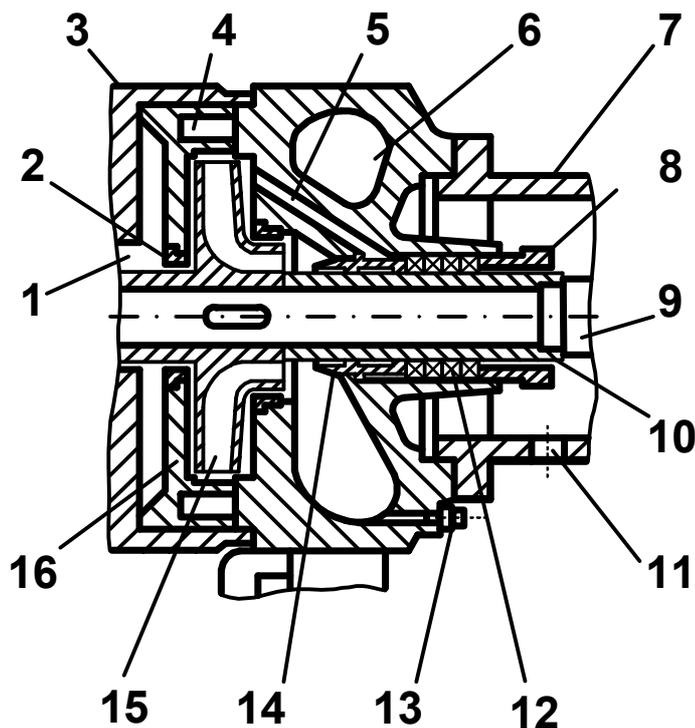


Рис. 1.6. Сальниковое и гидравлическое уплотнение вала:
 1 – подводящий канал; 2 – уплотнение; 3 – обойма; 4 – отводящий канал; 5 – канал гидрозатвора; 6 – подводящая камера; 7 и 11 – передний фонарь и дренажное отверстие в нем; 8 – нажимной фланец; 9 – вал; 10 – разрезная защитная втулка вала;

12 – сальник; 13 – пробка; 14 – втулка гидрозатвора; 15 – рабочее колесо; 16 – задняя перегородка

В корпусе такого уплотнения (рис. 1.6) устанавливаются кольца из мягкой сальниковой набивки. В осевом направлении кольца сальника поджимаются нажимным фланцем, при этом набивка прижимается к валу, уплотняя его.

Величина нажимного усилия на сальник должна быть минимальной, исходя из условий обеспечения требуемой герметичности. При правильной работе сальникового уплотнения через него должно протекать наружу некоторое количество жидкости, обеспечивая дополнительно гидравлическое уплотнение и охлаждение сальника. Допустимое количество утечек жидкости через уплотнение всегда указывается в техническом паспорте насоса.

Перед установкой набивки необходимо проверить состояние вала и корпуса сальника, свести к минимуму задиры на поверхности вала и по возможности его биение.

Биение и особенно вибрация вала часто является основной причиной выхода из строя сальниковых уплотнений. Главным недостатком сальниковых уплотнений является малый срок службы, необходимость постоянного ухода – подтяжка и перенабивка.

В гидрозатворе образуется жидкостное кольцо, создающее герметизацию и охлаждение сальника

1.2.5. Разгрузочные устройства и способы уравнивания осевого усилия в различных конструкциях насосов

В многоступенчатых секционных насосах с рабочими колесами с односторонним подводом возникает осевое усилие, направленное в сторону всасывающего патрубка. Величина осевого усилия зависит от давления жидкости, диаметра рабочего колеса и числа колес и может достигать нескольких тонн, поэтому его уравнивание требует применения в конструкциях насосов специальных устройств.

Для компенсации осевых усилий в центробежных насосах применяются следующие типы устройств: гидравлическая пята (разгрузочный диск); применение рабочих колес с двухсторон-

ним подводом жидкости; встречное расположение рабочих колес; применение отверстий в заднем диске в насосах консольного типа; восприятие осевого усилия подшипниковыми опорами.

Формирование осевого усилия поясняется на рис. 1.7.

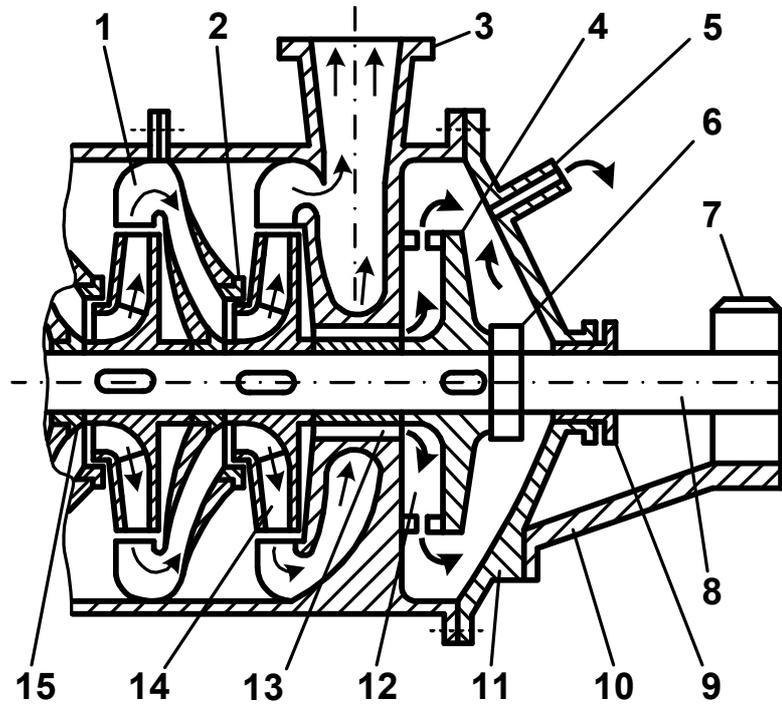


Рис. 1.7. Установка разгрузочного диска в насосе ЦНС:

1 – отводящий канал; 2 и 15 – уплотнения; 3 – напорный патрубок; 4 – разгрузочный диск; 5 – отвод воды из гидропята; 6 – стопорная гайка; 7 – задняя подшипниковая опора; 8 – вал; 9 – нажимной фланец; 10 и 11 – задний фонарь и щит; 12 – камера гидропята; 13 – соединительный канал; 14 – рабочее колесо последней ступени

Из последней секции насоса часть воды с максимальным давлением поступает через технологический зазор между корпусом и задним диском колеса и создает осевое усилие, направленное в сторону всасывания. Суммарное осевое усилие от всех рабочих колес насоса передается на вал и смещает ротор в направлении всасывающего патрубка, при этом зазор между разгрузочным диском и кольцом разгрузки на корпусе закрывается. Вода с высоким давлением по соединительному каналу поступает в камеру гидропята, давит на рабочую поверхность разгрузочного диска и создает осевое усилие, направленное в противоположную

сторону. При этом также будет смещаться ротор насоса с одновременным увеличением зазора в камере разгрузочного диска. При определенной величине зазора в камере разгрузочного диска наступит взаимное уравнивание осевых усилий и самоустановка ротора насоса. Таким образом, компенсация осевого усилия происходит автоматически, а ротор насоса должен иметь осевой разбег.

Гидравлическое разгрузочное устройство при работе насоса обуславливает объемные потери, которые составляют 2–5 % от номинальной производительности и могут увеличиваться при износе рабочих поверхностей колец разгрузочного диска. Узел разгрузочного устройства показан на рис. 1.8.

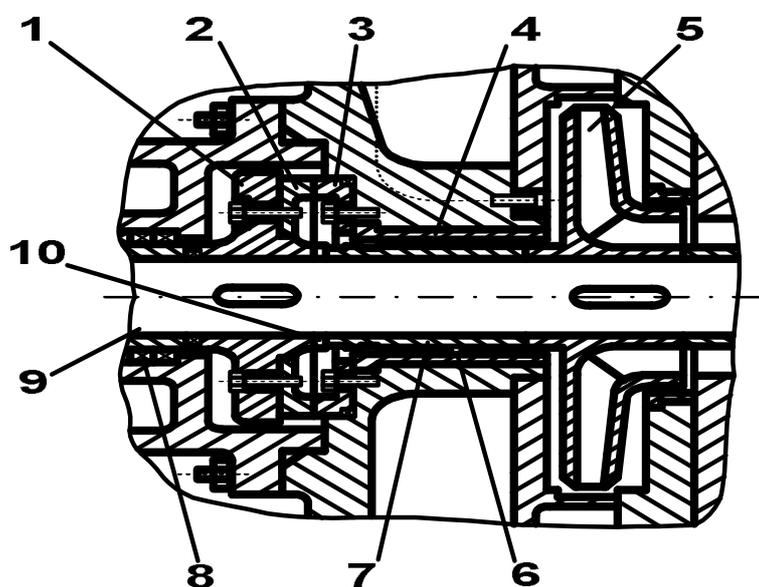


Рис. 1.8. Разгрузочное устройство насоса: 1 – разгрузочный диск (гидропята); 2 – кольцо гидропята; 3 – кольцо разгрузки; 4 – втулка разгрузки; 5 – рабочее колесо последней ступени; 6 – соединительный канал; 7 – дистанционная втулка; 8 – заднее сальниковое уплотнение; 9 – вал; 10 – регулировочные кольца

Минимальная величина торцового зазора между кольцами 2 и 3 должна быть не менее 0,001 от величины радиуса диска 1. Нормальный торцовый зазор должен выдерживаться в пределах от 0,1 до 0,2 диаметра разгрузочного диска. Однако этот размер необходимо контролировать при эксплуатации насоса в строгом соответствии с рекомендациями технической документации. За-

зор между кольцами разгрузочного диска 2 и 3 регулируется прокладками 10. Изменяя толщину прокладок 10, производят регулирование необходимой величины зазора между кольцами разгрузочного диска 2 и 3.

Применение рабочих колес с двухсторонним подводом жидкости также обеспечивает компенсацию осевого усилия, так как площади дисков рабочего колеса со стороны всасывающих отверстий равны, поэтому осевое усилие не создается. Такой принцип уравнивания осевых сил применяется в насосах типа Д (рис. 1.9, а).

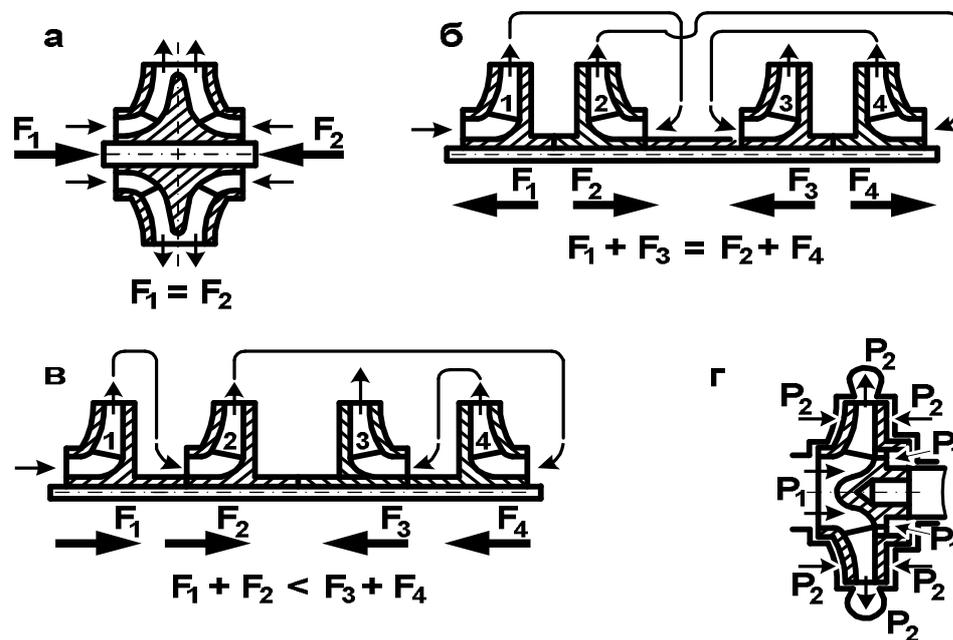


Рис. 1.9. Способы уравнивания осевых усилий: а – применение рабочих колес с двухсторонним подводом жидкости; б – встречное парное расположение рабочих колес; в – встречное групповое расположение рабочих колес; г – применение разгрузочного отверстия в заднем диске рабочего колеса; F_1 , F_2 , F_3 и F_4 – осевое усилие на 1-е, 2-е, 3-е и 4-е колесо

Встречное расположение рабочих колес применяется в спиральных многоступенчатых насосах типа МД и ЦН, имеющих разъем корпуса вдоль оси вала. Рабочие колеса располагаются на валу симметрично попарно или симметрично группами (рис. 1.9, б и рис. 1.9, в).

Применение разгрузочных отверстий в заднем диске рабочего колеса консольных насосов типа К (рис. 1.9, г), совместно с уплотнительной втулкой позволяет минимизировать величину осевого усилия на ротор и облегчить работу подшипников.

Этот способ устранения осевой нагрузки на ротор довольно простой, но увеличиваются объемные потери и уменьшается КПД насоса. Количество отверстий принимается от 4 до 8. Наличие отверстий выравнивает давление по разные стороны диска рабочего колеса и происходит частичное уравнивание осевой силы.

В секционных насосах с вертикальным валом осевые усилия воспринимаются подшипниковыми опорами.

1.2.6. Корпусы насосов

Корпус объединяет все неподвижные детали насоса в один общий узел. Корпусы центробежных насосов изготавливаются двух типов: секционные для насосов ЦНС, имеющие разъемы перпендикулярные оси вращения; корпуса для насосов типа Д, ЦН, МД с горизонтальной плоскостью разъема на уровне оси вала.

Секционный корпус состоит из нескольких одинаковых промежуточных и двух замыкающих секций, объединенных с всасывающим или напорным патрубками (рис. 1.10).

Последняя ступень давления обычно размещается в замыкающей секции с напорным патрубком насоса. Каждая секция представляет цилиндрическую, литую из чугуна или стали, толстостенную оболочку, в которой расположен направляющий аппарат и рабочее колесо. Достоинством секционной конструкции корпуса является возможность изменять величину напора, создавая из одинаковых секций насосы с различным числом ступеней (от 2 до 10 и более). При этом изменяются только размеры вала и стяжных болтов.

Недостатками секционной конструкции корпуса являются сложность сборки и недоступность к рабочим колесам при остановке насоса для производства технических осмотров и ремонтов. Для осмотра и ремонта колес секционного насоса необходи-

мо снять стяжные шпильки и последовательно разбирать секции насоса (рис. 1.10).

Корпус с горизонтальным разъемом состоит из двух цельнолитых частей (крышка и постель) (рис. 1.11) получил широкое применение в насосах с одним рабочим колесом.

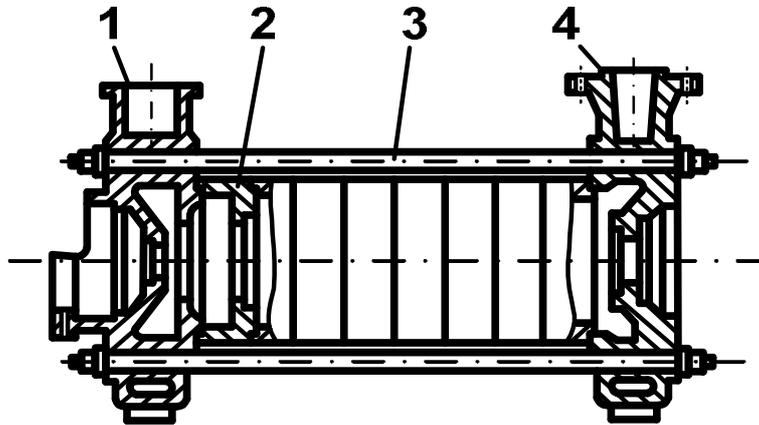


Рис. 1.10. Секционный корпус насоса ЦНС: 1 – всасывающая секция с патрубком; 2 – промежуточная секция; 3 – стяжная шпилька; 4 – секция нагнетания с напорным патрубком

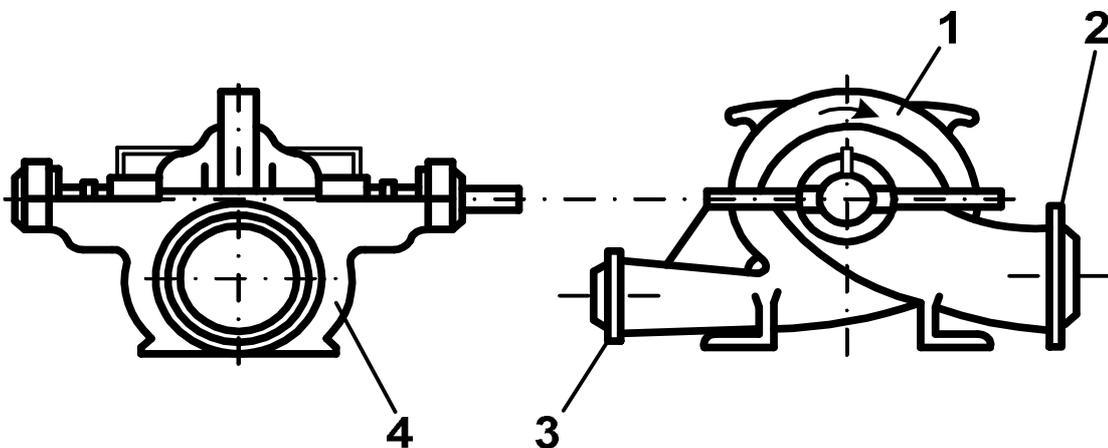


Рис. 1.11. Корпус насоса типа Д: 1 – крышка; 2 и 3 – всасывающий и нагнетательный патрубки; 4 – корпус (постель)

Размещение патрубков в нижней части корпуса создает значительные удобства при разборке и ремонте насоса, так как в этом случае нет необходимости отсоединять трубопроводы. У насосов такого типа каналы проточной части (подвод и отвод) выполняются непосредственно в отливке корпуса.

Материал для корпусов насосов выбирается из соображений прочности и коррозионной стойкости. Наиболее распространенным материалом является чугун или углеродистая сталь, в которую могут добавляться антикоррозионные присадки.

1.2.7. Вал и ротор насоса

Вал насоса является ответственной деталью и при работе находится в сложном напряженном состоянии. Вал изготавливается из углеродистых конструкционных или специальных легированных сталей. Вал с установленными на нем деталями называется ротором (рис. 1.12). Роторы центробежных насосов в заводских условиях подвергают статической балансировке. У небольших насосов производится статическая, а у крупных статическая и динамическая балансировки.

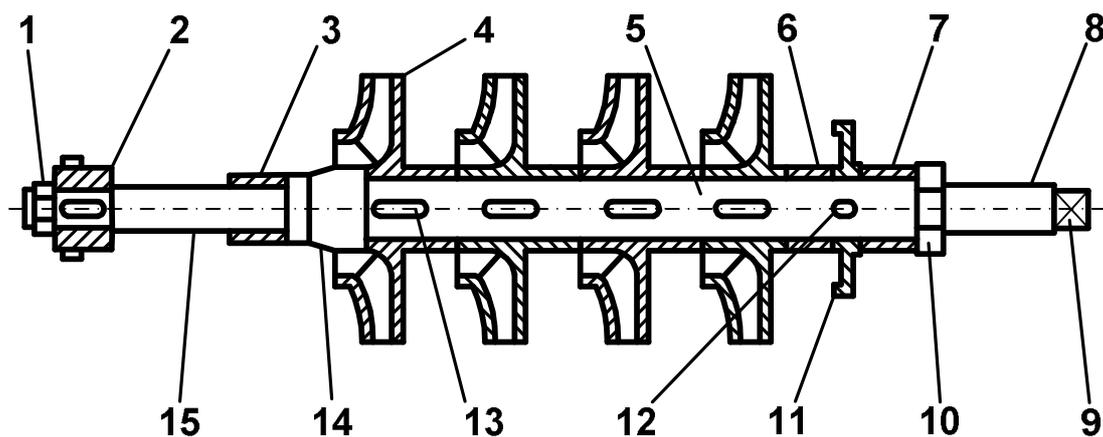


Рис. 1.12. Ротор секционного насоса: 1 – гайка муфты; 2 – зубчатая муфта; 3 и 7 – защитные втулки переднего и заднего сальниковых уплотнения; 4 – рабочее колесо; 5 – вал; 6 – дистанционная втулка; 8 и 15 – шейки для заднего и переднего подшипника; 9 – квадрат под головку динамометрического ключа; 10 – гайка; 11 – разгрузочный диск; 12 и 13 – шпонка разгрузочного диска и рабочего колеса; 14 – уступ вала

Основное назначение защитных втулок – предохранение вала от коррозии и износа. Наиболее ответственными являются втулки вала в зоне концевых уплотнений насоса. В зависимости от типа уплотнения меняется и назначение втулок. Втулки на ва-

лу фиксируются шпонками. В осевом направлении они зажимаются гайками вала. Для предотвращения протечек жидкости под втулкой предусматриваются специальные уплотнения.

Рабочие колеса на валу закрепляются шпонками.

1.2.8. Подшипники

В корытообразных кронштейнах корпуса насоса устанавливаются подшипники. В настоящее время наибольшее распространение в шахтных насосах получили подшипники качения. Основные преимущества подшипников качения – минимальные потери мощности на трение, небольшие размеры, простота замены, способность воспринимать радиальные и осевые нагрузки.

При сборке насоса подшипники регулировочными винтами могут перемещаться в плоскости, перпендикулярной оси насоса. После того как ротор займет нужное положение, подшипники фиксируют.

Подшипники ротора насоса смазываются консистентными смазками.

При высоких окружных скоростях их работоспособность уменьшается, что приводит к увеличению эксплуатационных расходов.

1.2.9. Вопросы для контроля и усвоения материала

1. Какое назначение имеют подводы и отводы в насосе?
2. Какое назначение выполняют уплотнения со стороны переднего и заднего дисков рабочего колеса?
3. Что произойдет, если не будет отвода воды из камеры гидрозазора?
4. Почему происходит повышенный износ съемных колец на разгрузочном диске?
5. Как осуществляется компенсация осевого усилия в насосах типа К, Д и ЦНС? Покажите эти устройства на рисунках.
6. Какое назначение выполняет сальниковое уплотнение?
7. Как обозначаются типы центробежные насосы?
8. Назвать и показать на макете насоса все виды уплотнений.

9. Из какого материала изготавливается и чем пропитывается сальниковая набивка?
10. Почему необходим дренаж воды через сальниковую набивку?
11. Какое назначение имеют отверстия в заднем диске рабочего колеса насоса типа К?
12. Почему возникает осевое усилие при работе центробежного колеса?
13. Назвать назначение направляющих аппаратов в насосе типа ЦНС.
14. Перечислить основные элементы рабочего колеса.
15. Показать движение жидкости в проточной части насоса.
16. Указать особенности конструкции рабочего колеса насоса типа К.
17. Назвать типы направляющих аппаратов в насосах типа ЦНС.
18. Перечислить детали, установленные на вал насоса.
19. Назвать разновидности корпусов насосов.
20. Какое назначение имеет гидрозатвор в сальниковых уплотнениях?
21. Как проверяется правильность установки ротора насоса ЦНС?
22. Как закрепляются рабочие колеса на валу насоса?
23. Назвать и показать составные элементы отвода на насосе.
24. Назвать назначение верхнего и нижнего отверстий на корпусе насоса типа К и показать их на рисунке.
25. Как осуществляется смазка подшипников насоса типа К?
26. Назвать способы смазки подшипников у насосов разных типов.

2. КОНСТРУКЦИИ НАСОСОВ

Ниже рассматриваются конструкции основных типов лопатных центробежных насосов: секционных, консольных и спиральных с горизонтальным разъемом корпуса.

2.1. Конструкции насосов ЦНС

Конструкции насосов ЦНС рассматриваются на примере насоса главного водоотлива ЦНС300-300 (рис. 2.1). Это горизонтальные, многоступенчатые агрегаты с вертикальными разъемами секций корпуса. Насосы этих типов устанавливаются в шахтах глубиной до 600 м для откачки нейтральных вод. В секционном насосе жидкость движется последовательно из одного колеса в другое через направляющие аппараты, установленные в каждой секции. Осевое усилие от рабочих колес воспринимается гидравлической пятой.

Основные элементы конструкции статора насоса (поз. 10, 12, 14, 16, 27, 39) изготавливаются из чугуна. Секции стянуты стальными шпильками. Стыки между секциями уплотнены резиновыми шнурами диаметром 10 и 6 мм.

Ротор насоса представляет собой вал, на котором неподвижно установлены 5 рабочих колес, дистанционные и упорные втулки, разгрузочный диск, роликовые подшипники качения, стопорные гайки, водоотбойное кольцо, защитные втулки и полумуфта для соединения с двигателем. Правильное положение ротора относительно корпуса насоса проверяется по контрольной риске, которая выполняется резцом на валу у передней крышки подшипника со стороны муфты. Опорами вала служат два радиальных сферических подшипника качения. Внутренние уплотне-

ния насосов щелевые, образованные поясками рабочих колес и уплотняющими чугунными кольцами (поз. 18).

Насос соединяется с электродвигателем через упругую втулочно-пальцевую муфту. Направление вращения насоса правое по часовой стрелке со стороны электродвигателя. Габаритные и присоединительные размеры секционных насосов участкового и главного водоотлива различных типоразмеров приводятся в справочной литературе [5; 6; 7].

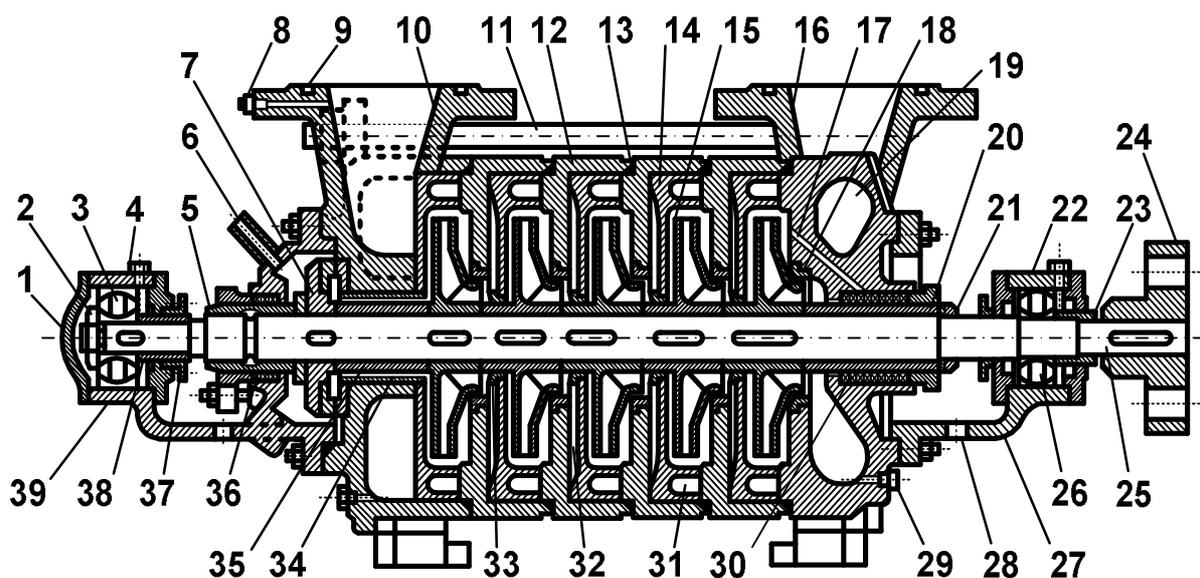


Рис. 2.1. Конструкция насоса ЦНС300-300: 1 – глухая крышка; 2 и 21 – стопорная гайка; 3 и 26 – роликовые подшипники; 4 и 22 – задняя и передняя подшипниковая опоры; 5 и 20 – защитные втулки сальника; 6 – патрубок для дренажа воды из гидропята; 7 – разгрузочный диск; 8 – гнездо для установки манометра; 9 – расточка под прокладку; 10 и 16 – напорный и всасывающий патрубки; 11 – стяжная шпилька; 12 – корпус промежуточной секции; 13 – резиновое кольцевое уплотнение; 14 – спиральный направляющий аппарат; 15 – рабочее колесо 2-й ступени; 17 – канал подвода воды на гидрозатвор сальника; 18 – уплотняющее кольцо рабочего колеса; 19 – кольцевой водораспределительный канал; 23, 35 и 38 – дистанционные втулки; 24 – полумуфта; 25 – вал; 27 и 39 – передний и задний фонари; 28 – дренажное отверстие; 29 – заглушка; 30 и 36 – передний и задний сальники; 31 и 32 – спиральные каналы направляющего

аппарата; 33 – уплотняющее кольцо направляющего аппарата; 34 – калибрующая втулка; 37 – водоотбойное кольцо

2.2. Консольные одноколесные насосы типа К

Консольные одноколесные насосы типа К предназначены для подачи чистой неагрессивной воды с температурой не более 85 °С и применяются в участковом и вспомогательном водоотливе шахт. Они также находят широкое применение для других вспомогательных целей.

Изготавливается около двадцати типоразмеров насосов типа К с производительностью от 6 до 250 м³/ч и напором до 90 м. Конструкция консольного насоса показана на рис. 2.2.

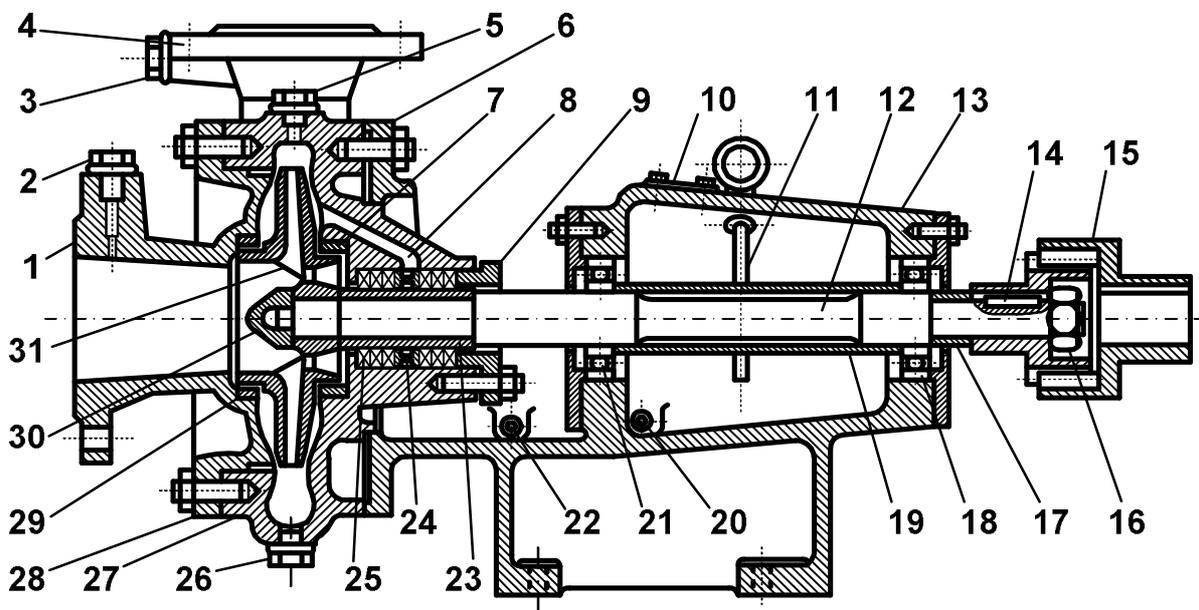


Рис. 2.2. Консольный насос типа К: 1 и 4 – всасывающий и нагнетательный патрубки; 2 и 3 – гнезда для установки вакуумметра и манометра; 5 и 26 – верхняя и нижняя пробки корпуса; 6 – опорный фланец для корпуса насоса; 7 и 29 – кольцевые уплотняющие втулки; 8 – канал гидрозатвора сальника; 9 – фланец сальника; 10 – крышка камеры подшипников; 11 – щуп; 12 – вал; 13 – камера подшипников; 14 – шпонка; 15 – соединительная муфта; 16 – стопорная гайка полумуфты; 17 и 19 – дистанционные втулки; 18 – задний радиально-упорный подшипник; 20 – сливное отверстие для масла; 21 – передний радиальный подшипник; 22 – дренажное отверстие; 23 – защитная втулка;

24 – водораспределительная втулка; 25 – сальниковая набивка; 27 – корпус насоса; 28 – передний щит; 30 – стопорная гайка рабочего колеса; 31 – рабочее колесо

Основные элементы консольного насоса типа К: спиральный корпус, подводный (всасывающий) патрубок, напорный патрубок, рабочее колесо, вал, опорный кронштейн, сальниковое уплотнение, подшипниковая опора и упругая муфта.

Внутренняя полость чугунного корпуса, отлитого заодно с напорным патрубком, выполнена в виде спирали, переходящей в диффузор отвода. В верхней и нижней частях корпуса имеются отверстия, закрытые пробками. Пробки служат для выпуска воздуха при заливке насоса перед пуском и слива воды перед ремонтом. Подводящий патрубок отлит заодно с крышкой корпуса, что обеспечивает осевой подвод жидкости в рабочее колесо.

Опорный кронштейн представляет собой чугунную отливку сложной конфигурации, образующую элементы опоры и камеру подшипников с масляной ванной. Технические характеристики, габаритные и присоединительные размеры консольных насосов также приводятся в справочной литературе [4; 5; 6; 7].

2.3. Консольные насосы для перекачивания гидросмесей

В угольной промышленности при откачивании неосветленных шахтных вод, очистке водосборников от заиливания, в зумпфовом и участковом водоотливе широко применяются шламовые насосы.

По конструкции, назначению и характеристике перекачиваемой среды шламовые насосы делятся на собственно шламовые и магнетитошламовые, или суспензионные. К группе суспензионных относятся насосы 5МШ-1, 8МШ-8, 8С-8 и 10С-8. Эти насосы предназначены для перекачивания воды с большим содержанием взвешенных частиц, обладающих существенными абразивными свойствами. Насосы могут перекачивать суспензии с плотностью до 2200 кг/м^3 , с температурой до $60 \text{ }^\circ\text{C}$, с максимальным размером твердых частиц до 20 мм.

Шламовые насосы ШН2-200, ШН-150-1, ВШН-150 имеют открытое, а насосы 6Ш-8 и 8Ш-8 – закрытое рабочее колесо, по-

вышенную до 1450 об/мин частоту вращения и предназначены для перекачивания менее тяжелых и абразивосодержащих шламовых вод.

В соответствии с техническими условиями насосы ШН2-200-1 и ШН-150-1 предназначены для перекачивания шламовых вод с температурой не более 40 °С и содержанием твердых частиц в шламе до 50 % при максимальном диаметре этих частиц 20 мм.

Характерным признаком этих насосов является то, что они относятся к типу консольных, имеют защитные оболочки из материалов, стойких к абразивному воздействию.

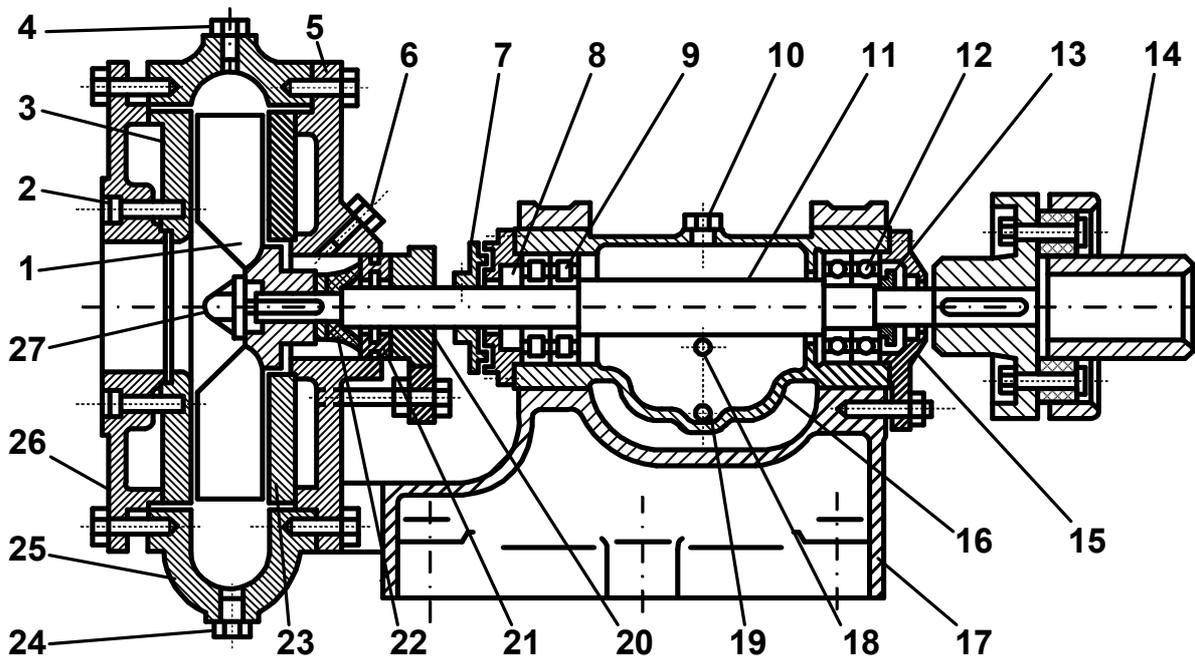


Рис. 2.3. Консольный шламовый насос ШН2-200: 1 – 2-лопаточное открытое рабочее колесо; 2 – крепеж переднего бронедиска; 3 и 23 – передний и задний бронедиски; 4 и 24 – верхняя и нижняя пробки корпуса; 5 и 26 – задняя и передняя крышки корпуса; 6 – подвод для воды; 7 – передний фланец подшипниковой опоры; 8 – манжетное уплотнение подшипников; 9 – передние радиальные подшипники; 10 и 19 – верхняя и нижняя пробки подшипниковой опоры; 11 – вал; 12 – задние радиально-упорные подшипники; 13 – стопорная гайка подшипника; 14 – упругая соединительная муфта; 15 – задний фланец подшипниковой опоры; 16 – корпус подшипниковой опоры; 17 – рама; 18 – отверстие контроля уровня масла; 20 – крышка

поджимная; 21 – уплотнительные кольца; 22 – манжетное уплотнение рабочего колеса; 25 – спиральный корпус насоса; 27 – стопорная гайка рабочего колеса

Насосы для перекачивания шламовых вод и гидросмесей изготавливаются с производительностью от 200 до 600 м³/ч и с напором от 30 до 70 м.

К этому классу относятся также и другие технологические насосы типа ГР, ГрТ, ГрУ, ЗГМ-2М и др. Грунтовые насосы типа ГР применяются в земснарядах при гидромеханизации и гидротранспорте больших объемов по перемещению грунта, а насосы ЗГМ-2М находят широкое применение на участках гидромеханизации при ведении вскрышных работ на угольных разрезах. Более подробные технические характеристики этих насосов можно получить в книгах [4; 5], а также в учебном пособии [7], где кроме типажа этих насосов имеются габаритные и присоединительные размеры.

Конструкция насоса ШН2-200 приведена на рис. 2.3.

К этому классу насосов относятся углесосы типа У, предназначенные для перекачивания угольной пульпы (гидросмеси) при отношении твердых материалов крупностью до 100 мм к жидкости по массе не более 1:5. Углесосы типа У имеют большую производительность в пределах 350–1400 м³/ч и напор 80–180 м. Это одноколесные насосы, имеющие средний по величине напор, что определяет их область применения (рис. 2.4). Этот тип насосов широко применяется на горных предприятиях в технологических схемах, таких как гидротранспорт и водоотливные установки шахт и угольных разрезов.

Углесос 14У7 представляет собой центробежный одноступенчатый насос консольного типа с горизонтальным разъемом корпуса и станины. Технические характеристики углесосов типа У, их габаритные и присоединительные размеры также приводятся в учебном пособии [6].

Вместо обычных сальниковых уплотнений в углесосе применено эластичное торцевое уплотнение. Смазка подшипников насоса осуществляется маслом индустриальным И-45А или И-30А.

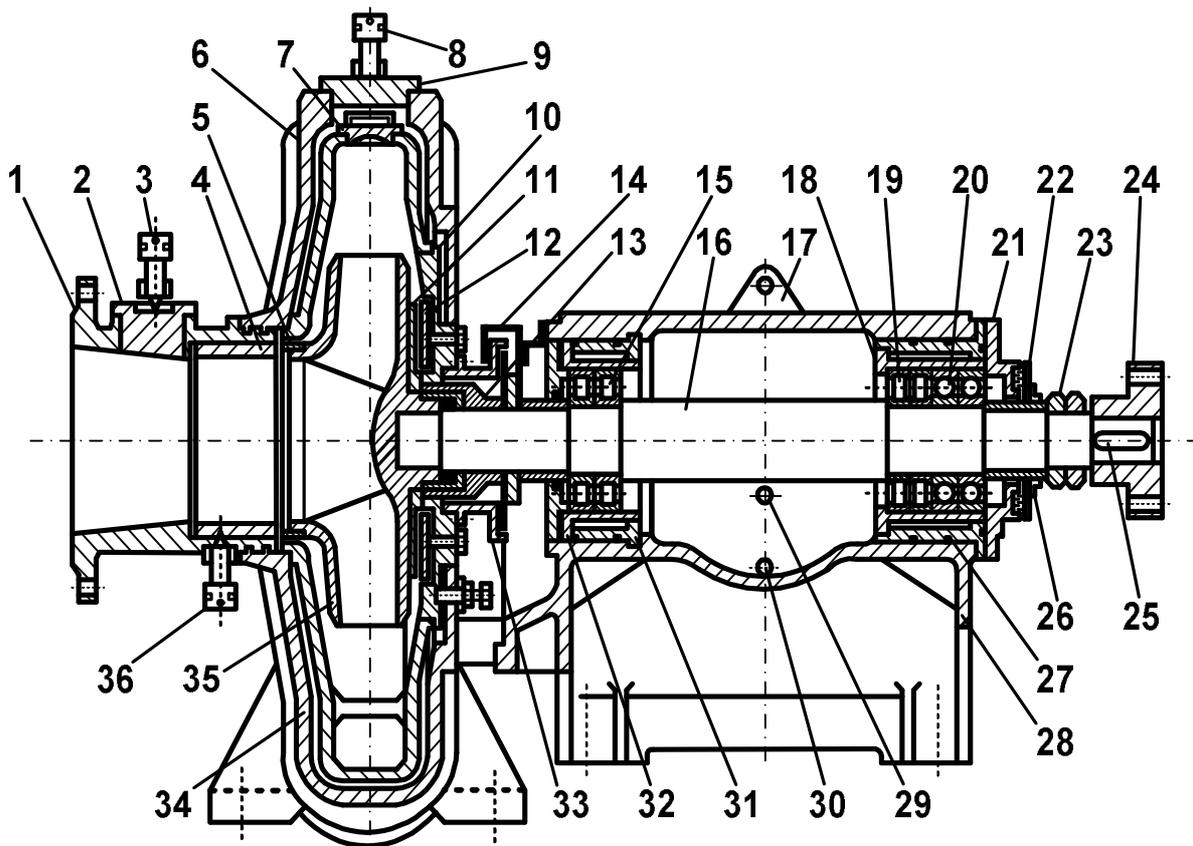


Рис. 2.4. Конструкция углесоса 14У-7: 1 – всасывающий патрубок; 2, 7 и 9 – заглушки патрубка, протектора и корпуса; 3, 8 и 36 – клапаны продувки; 4 – защитная втулка; 5 – уплотнительная втулка; 6 – корпус; 10 – фланец внутренний; 11 и 12 – бронедиски; 13 – дистанционная втулка; 14 – торцевое уплотнение; 15 и 19 – радиальные подшипники; 16 – вал; 17 – рымбол; 18 и 31 – стакан; 20 – радиально-упорные подшипники; 21 – фланец подшипниковой опоры; 22 – лабиринтное уплотнение; 23 – стопорная гайка; 24 – полумуфта; 25 – шпонка; 26 – упорная втулка; 27 – кольцевое уплотнение; 28 – станина; 29 – смотровое стекло; 30 – сливная пробка; 32 – гильза; 33 – фланец ограждения; 34 – протектор; 35 – колесо

2.4. Спиральные одноступенчатые насосы

Насосы типа Д с горизонтальным расположением вала, с горизонтальным разъемом корпуса, одноступенчатые, с двусторонним подводом жидкости к рабочему колесу (рис. 2.5) применяют-

ся в горной промышленности на вспомогательных перекачных насосных установках, а также для других технических целей.

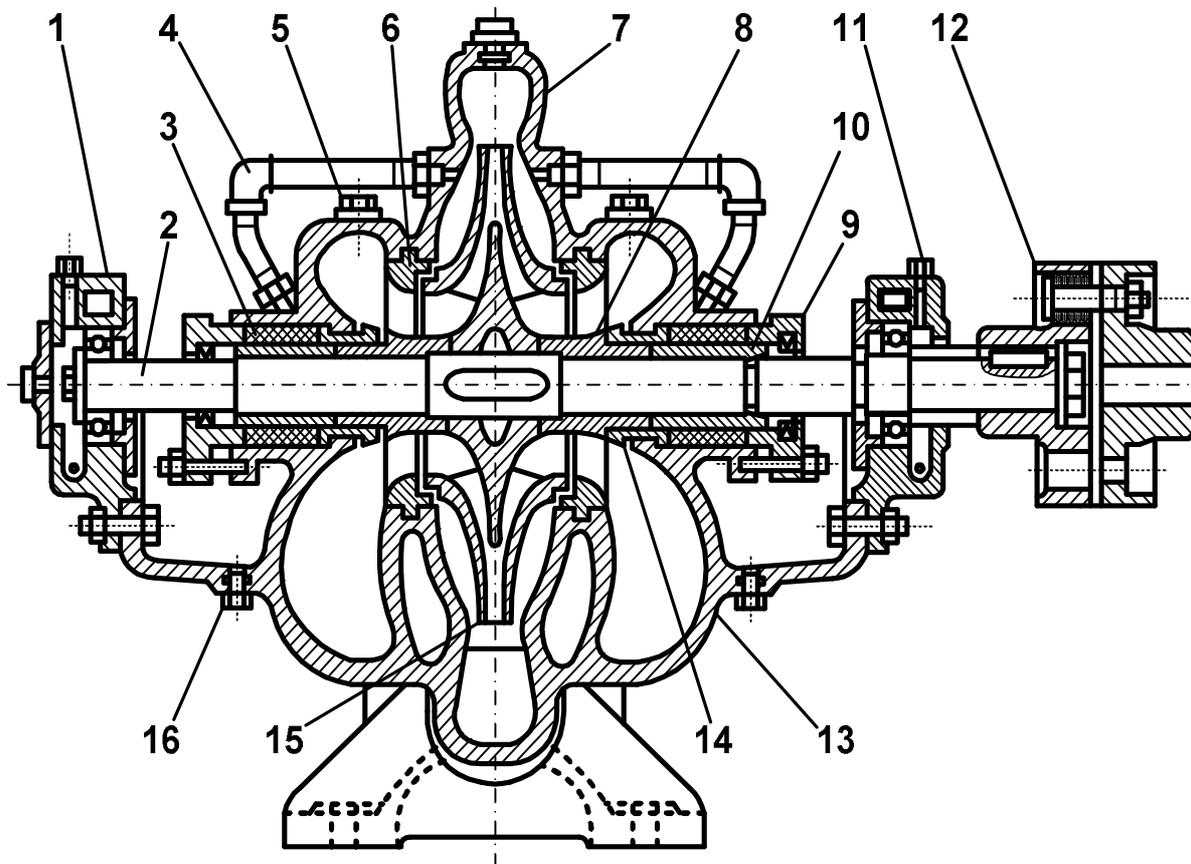


Рис. 2.5. Насос Д200-95: 1 и 11 – радиальные подшипники; 2 – вал; 3 – сальниковое уплотнение; 4 – переводная трубка; 5 – пробка; 6 – уплотняющие кольца; 8 и 14 – направляющие и защитные втулки; 7 – крышка корпуса; 9 – фланец сальника; 10 – защитная втулка; 12 – упругая муфта; 13 – корпус; 15 – рабочее колесо двустороннего входа; 16 – отвод дренажа

Горизонтальный разъем между нижней частью корпуса и крышкой уплотняется мягкой прокладкой. Ротор насоса гидравлически уравновешен.

Концевые сальниковые уплотнения вала выполнены с гидрозатвором с подводом воды из напорной полости насоса. Подводящий и напорный патрубки расположены ниже плоскости разъема перпендикулярно оси вала под углом 180° друг к другу, что позволяет производить осмотр и ревизию ротора насоса без демонтажа трубопроводов.

Промышленность России производит серийно около 40 типоразмеров насосов типа Д с производительностью от 200 до 12500 м³/ч и с напором от 15 до 125 м.

Большой диапазон производительности определяет широкую область их применения во всех отраслях народного хозяйства. Подробные технические характеристики этих насосов приводятся в справочной литературе [4; 5; 6; 7].

Вращение насоса правое (по часовой стрелке со стороны электродвигателя). Соединение электродвигателя с насосом осуществляется через втулочно-пальцевую муфту. Конструкции щелевых уплотнений внутри корпуса усовершенствованы.

2.5. Спиральные многоступенчатые насосы

Спиральные насосы отличаются от секционных центробежных насосов отсутствием направляющих аппаратов, замененных спиральными камерами в корпусе насоса, и симметричным расположением входных отверстий рабочих колес, позволяющим отказаться от гидравлических разгрузочных устройств.

Технические характеристики насосов типа МД приведены в литературе [5; 6; 7], конструкция насоса показана на рис. 2.6.

Число рабочих колес нечетное, из которых первое рабочее колесо имеет двустороннее всасывание.

Спиральные насосы 5МД и 8МД горизонтальные, многоступенчатые (трех- и пятиколесные) изготавливаются Сумским насосным заводом, получили большое распространение в водоотливных установках рудных шахт с отрицательной высотой всасывания.

Другой разновидностью спиральных многоступенчатых насосов являются насосы типа ЦН.

Насос ЦН400-210 (ЗВ-200×4) представляет собой спиральный насос с симметричным расположением четного числа рабочих колес, показанный на рис. 2.7.

Чугунный корпус насоса имеет разъем в горизонтальной плоскости. В нижней части корпуса предусмотрены входной и напорный патрубки, направленные горизонтально в противоположные стороны. Крепление крышки к нижней части осуществ-

ляется шпильками и по разьему укладывается паронитовая прокладка толщиной 1 мм.

Технические характеристики насосов типа ЦН приводятся в литературе [3; 4; 5].

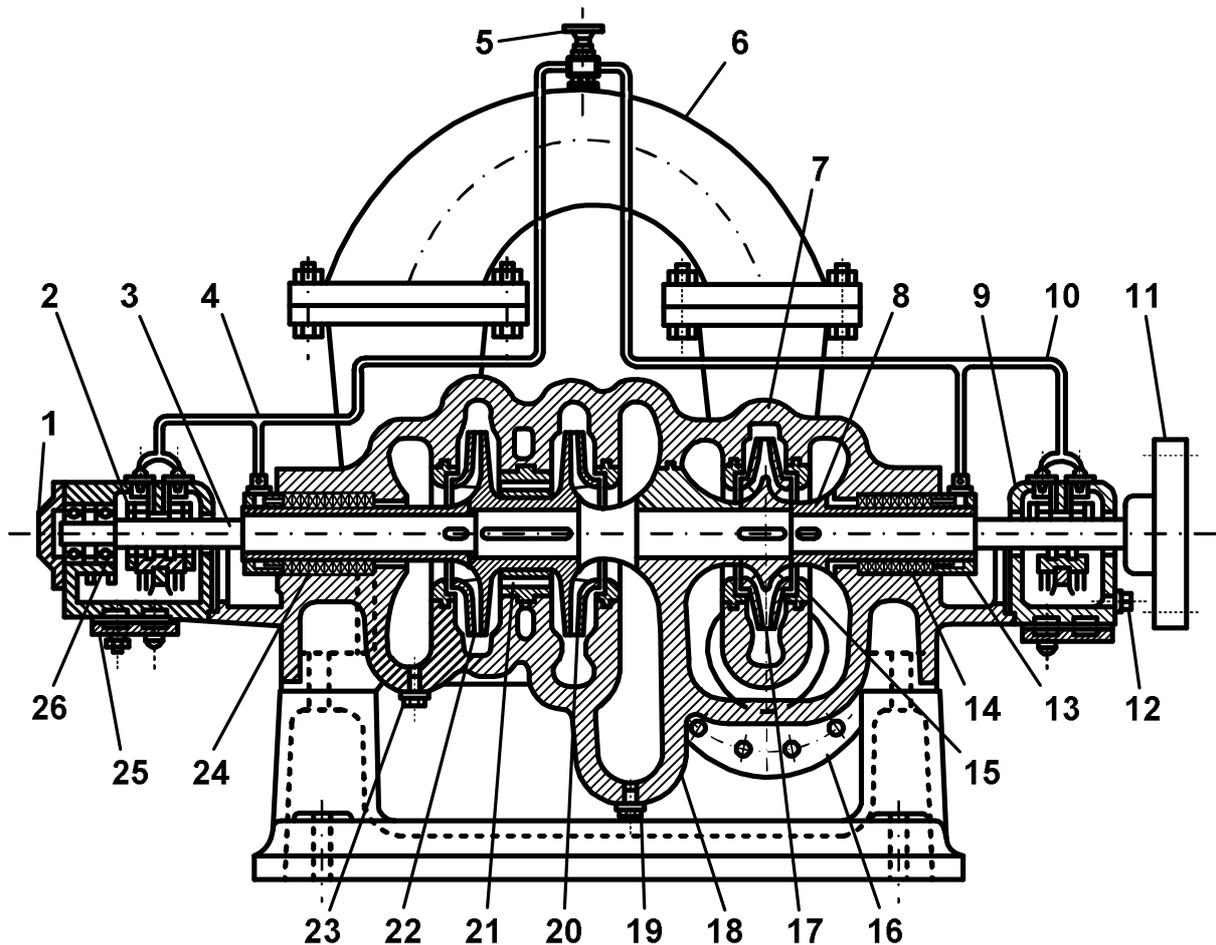


Рис. 2.6. Спиральный насос типа МД:1 – глухая крышка; 2 – подшипник скольжения; 3 – вал; 4 и 10 – подвод воды на гидрозатвор сальника и подшипники; 5 – распределительный кран; 6 – обводная труба; 7 и 18 – верхняя и нижняя части корпуса насоса; 8 – защитная втулка сальника; 9 и 25 – корпус передней и задней подшипниковой опоры; 11 – полумуфта; 12 – пробка для слива масла; 13 – фланец сальника; 14 и 24 – сальники передний и задний; 15 – уплотняющие кольца; 16 – всасывающий патрубок; 17 – рабочее колесо 1-й ступени; 19 и 23 – нижняя и верхняя пробки корпуса; 20 и 22 – рабочие колеса 3-й и 2-й ступени; 21 – разгрузочная втулка; 26 – радиально-упорный подшипник

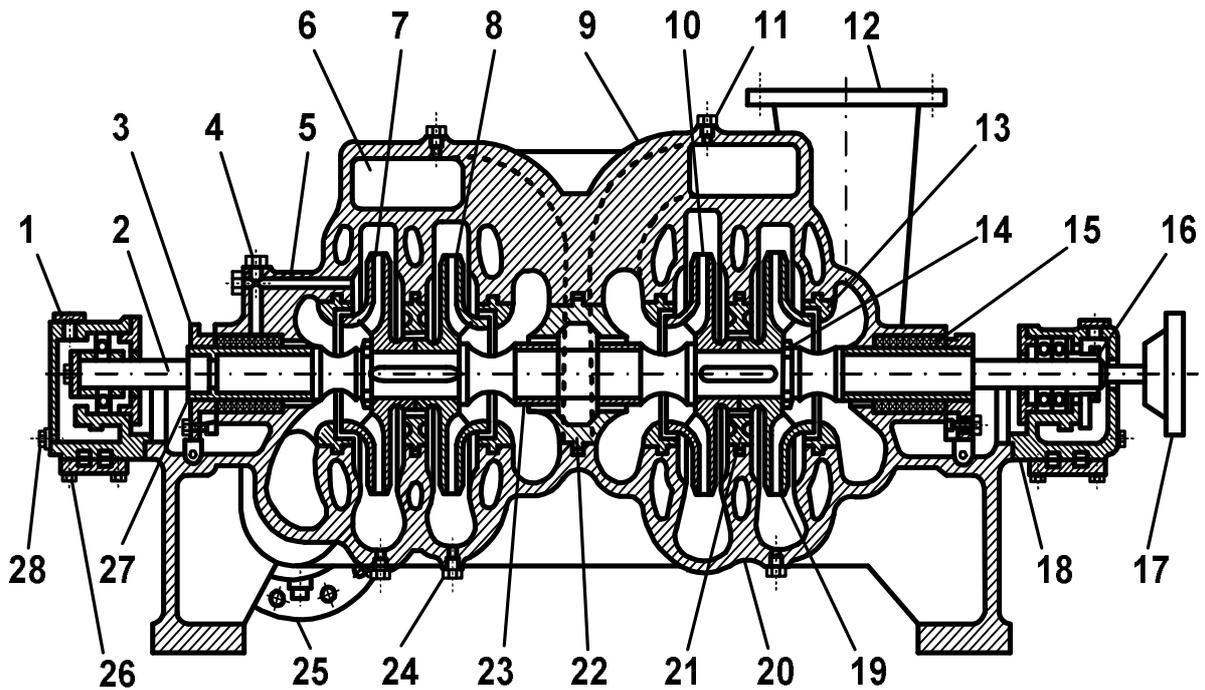


Рис. 2.7. Насос ЦН400-210 (ЗВ-200×4): 1 и 18 – передняя и задняя подшипниковая опора; 2 – вал; 3 – фланец сальника; 4 и 5 – заглушка и канал подвода воды на гидрозатвор сальника; 6 – перепускной канал; 7 и 8 – рабочее колесо 1-й и 2-й ступени; 9 и 20 – верхняя и нижняя часть корпуса насоса; 10 и 19 – рабочее колесо 3-й и 4-й ступени; 11 и 24 – верхняя и нижняя пробки корпуса; 12 и 25 – напорный и всасывающий патрубки; 13 – кольцевые уплотняющие втулки; 17 – полумуфта; 21 и 22 – уплотняющие вкладыши; 23 – уплотняющие кольца; 26 – заглушка опоры; 27 – защитная втулка сальника; 28 – пробка для слива масла

Корпус насоса имеет разъем в горизонтальной плоскости. На вал ротора попарно посажены рабочие колеса с входными отверстиями, расположенными в разные стороны, что уравнивает осевые усилия. В местах сальниковых уплотнений для повышения их герметичности предусмотрены защитные резьбовые втулки. Насосы имеют четное число рабочих колес с односторонним подводом.

Конструктивные особенности двухступенчатых насосов, предназначенных для перекачивания гидросмесей в технологических схемах, а также в водоотливных установках шахт и разрезов, рассматриваются на примере углесоса 12УВ-6, показанного на рис. 2.8.

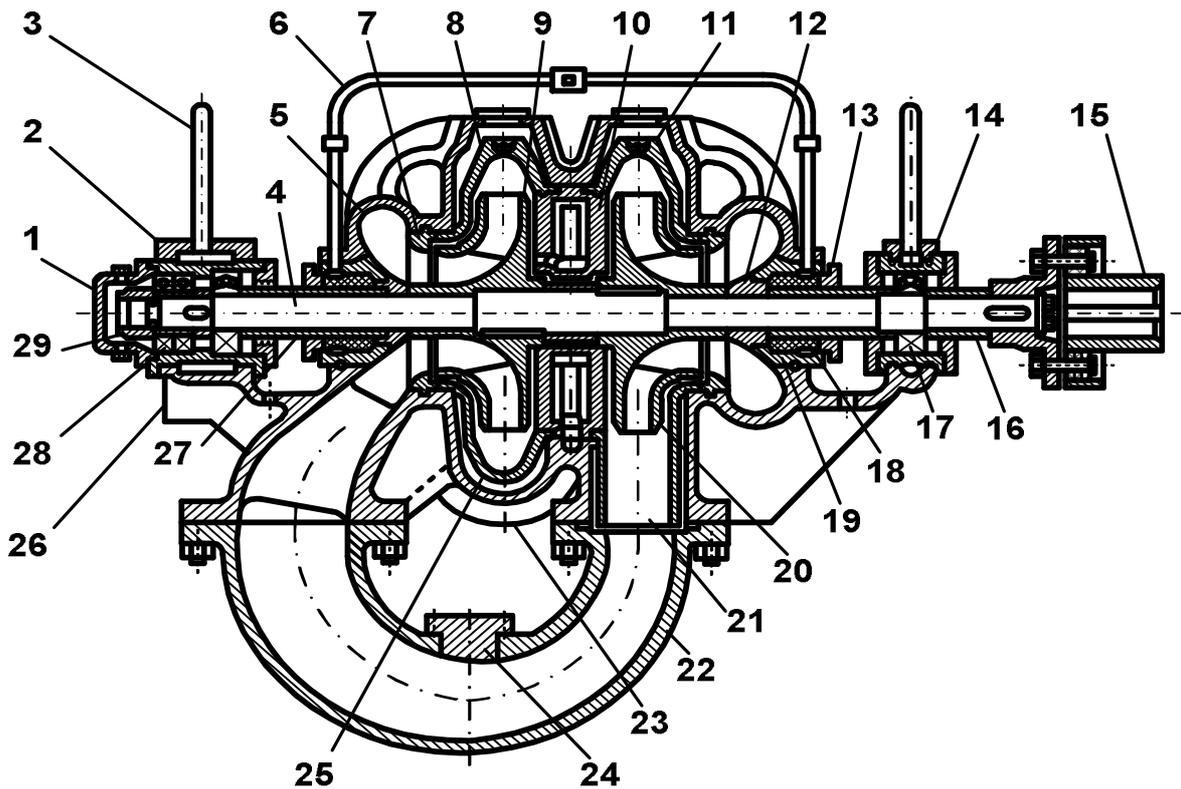


Рис. 2.8. Общий вид углесоса 12УВ-6: 1 – глухой фланец; 2 и 14 – задняя и передняя подшипниковые опоры; 3 – термомпара; 4 – вал; 5 и 26 – крышка и основание корпуса; 6 – подвод воды на сальниковые уплотнения; 7 – кольцевое уплотнение; 8, 11 и 25 – протекторы; 9 и 20 – рабочие колеса 2-й и 1-й ступени; 12 – втулка обтекатель; 13 – нажимной фланец; 15 – муфта; 16 – дистанционная втулка; 17 – радиальный подшипник; 18 – водораспределительная камера; 19 – корпус сальника; 21 – отвод 1-й ступени; 22 – перепускная труба; 23 – напорный патрубок; 24 – заглушка; 27 – защитная втулка; 28 – упорный подшипник; 29 – стопорная гайка

В нижней части корпуса предусмотрены входной и напорный патрубки, направленные горизонтально в противоположные стороны. Крепление крышки корпуса к его основанию осуществляется шпильками и по разьему укладывается паронитовая прокладка толщиной 1 мм. Ступени насоса соединены переводными каналами и перепускной трубой.

Всасывающий и напорный патрубки расположены в нижней части корпуса и направлены в противоположные стороны горизонтально под углом 90° к продольной оси углесоса.

Углесос состоит из корпуса с верхней крышкой с двумя сменными неразъемными протекторами для защиты корпуса от износа; переводного канала, соединяющего 1 и 2 ступени углесоса; диафрагмы с втулкой ротора, включающего два рабочих колеса с противоположно направленными для уравнивания осевого сдвига входными отверстиями, и вала, установленного на переднем радиально-сферическом подшипнике и на двух задних подшипниках.

Ротор в сборе вместе с подшипниковыми узлами может быть вынут из корпуса углесоса после снятия крышки углесоса и крышек стаканов подшипников.

Уплотнение вала ротора углесоса выполнено комбинированным – состоящим из щелевого и сальниковых уплотнений.

Сальник нагнетательной стороны разгружается от давления посредством вывода части жидкости по трубке к сальнику 1-й ступени.

Стыковые поверхности корпуса и крышки выполнены гладкими и уплотняются с помощью резинового шнура укладываемого в паз нижней части корпуса.

Углесос с электродвигателем соединяется с помощью втулочнопальцевой муфты.

Смазка подшипников консистентная в количестве 300 г в каждый стакан подшипника.

Другие типы углесосов и их характеристики приводятся в справочной литературе [4; 5; 6; 7].

В настоящее время Ясногорский машиностроительный завод выпускает углесосы типа 14УВ6 с более высокими техническими характеристиками с производительностью 900 м³/ч и напором 320 м.

Углесосы типа 14УВ6 – высоконапорные, предназначены для перекачивания гидросмесей в технологических схемах гидроподъема и гидротранспорта. Они также находят применение в водоотливных установках шахт и угольных карьеров [10; 11; 12; 16].

2.6. Секционные насосы с вертикальным валом

Секционные насосы с вертикальными валами также находят широкое применение в горной промышленности. Этот тип насосов подразделяется на скважинные, бустерные, проходческие подвесные.

Скважинные центробежные насосы в горной промышленности применяются для осушения шахтных полей и карьеров, для водоснабжения предприятий, для добычи рассолов.

Скважинные насосы устанавливаются в специально пробуренных вертикальных скважинах, которые полностью или частично обсажены стальными трубами. В нижней части скважина оборудуется перфорированными трубами для поступления воды из окружающих пород в полость скважины. Скважина выполняется с перебором на 20–30 м для накопления в нижней части механических примесей, которые поступают в нее с водой.

В зависимости от расположения электродвигателя их подразделяют на два типа:

- с погружным электродвигателем, насосы типа ЭЦВ;
- с двигателем расположенным над устьем скважины (с непогружным электродвигателем) с трансмиссионным валом, насосы типа ЦТВ.

Насосы с погружными электродвигателями осуществляют подачу воды из скважины с температурой не выше 25 °С, минерализация допускается до 1500 мг/л (сухой осадок), с твердыми примесями не более 0,01 %, при рН = 6,5–9,7, содержании хлоридов не более 350 мг/л и сульфидов не более 500 мг/л.

Производительность насосов ЭЦВ находится в пределах от 10 до 500 м³/ч и напор от 25 до 650 м.

Обозначение скважного насоса типа ЭЦВ6-7,2-75 расшифровывается: Э – электрический; Ц – центробежный; В – водоподъемный; 6 – диаметр скважины (мм), уменьшенный в 25 раз; 7,2 – подача, м³/ч; 75 – напор, м.

Обозначение скважинного насоса типа ЦТВ8-63/80А расшифровывается: Ц – центробежный; Т – с трансмиссионным валом; В – водоподъемный; 8 – диаметр обсадной трубы уменьшенный в 25 раз; 63 – подача, м³/ч; 80 – напор, м; А – для агрессивной воды.

Производительность насосов ЦТВ находится в пределах от 25 до 1000 м³/ч и напор от 25 до 160 м.

Технические характеристики насосов типа ЭЦВ и ЦТВ приведены в справочной литературе [5; 6; 7].

Расположение насоса типа ЭЦВ в скважине показано на рис. 2.9.

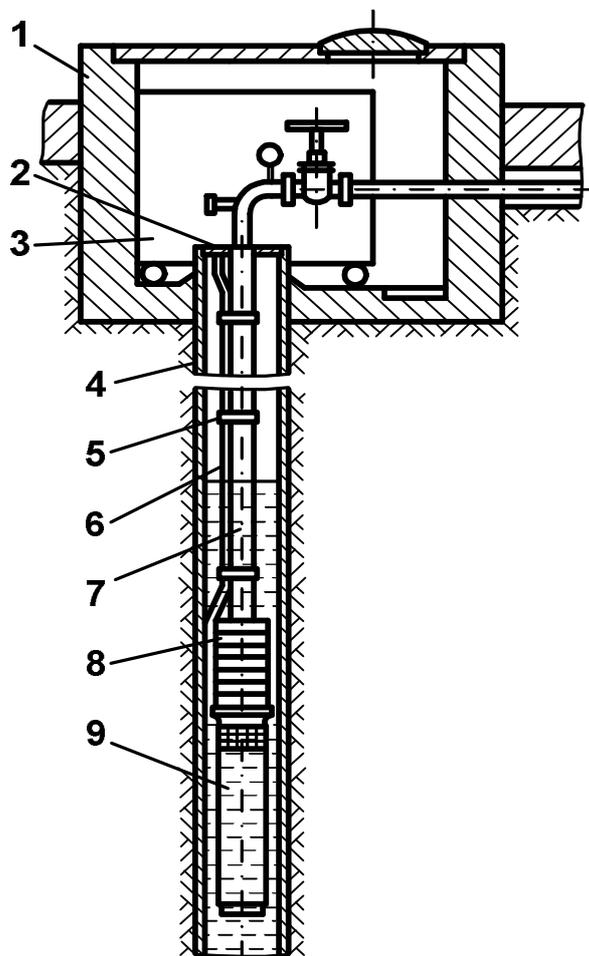


Рис. 2.9. Расположение оборудования установки с насосом типа ЭЦВ: 1 – насосная камера; 2 – опорная плита; 3 – щит управления агрегатом; 4 – обсадная труба; 5 – хомут; 6 – высоковольтный кабель; 7 – напорный трубопровод; 8 – насосный узел; 9 – электродвигатель

В нижней части скважина оборудуется фильтром. В верхней части устье скважины оборудуется бетонным колодцем, в котором размещается пусковая аппаратура, контрольно-измерительные приборы и запорная арматура. Верхний конец напорного трубопровода жестко крепится к опорной плите, которая устанавливается на устье скважины [13; 14].

Насосный узел с погружным электрическим двигателем показан на рис. 2.10.

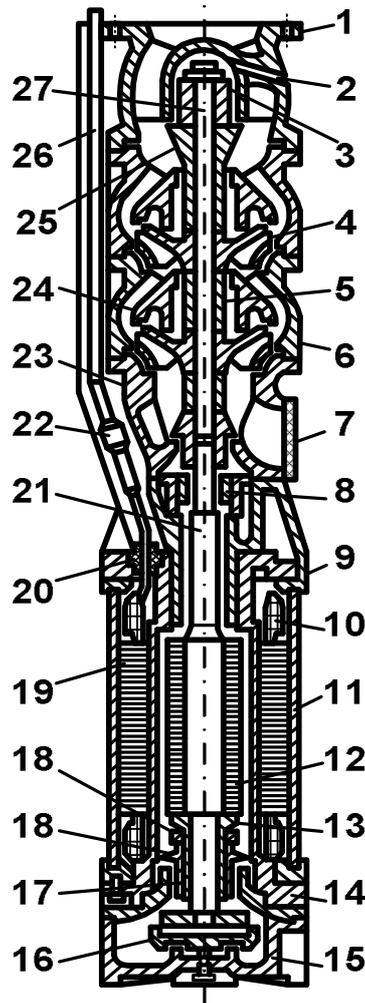


Рис. 2.10. Насос типа ЭЦВ: 1 – напорный фланец; 2 – дренажный канал; 3 и 8 – верхний и нижний радиальные подшипники насоса; 4 – рабочее колесо; 5 – дистанционная втулка; 6 – секция корпуса с направляющим аппаратом; 7 – фильтрующая решетка; 8 и 17 – верхний и нижний радиальные подшипники двигателя; 9 – проставка; 10 – обмотки возбуждения; 11 и 14 – наружная и внутренняя оболочки статора; 12 – ротор; 13 – упорная втулка; 15 – нижний фланец; 16 – упорный подшипник; 18 – уплотнение; 19 – статорное железо; 20 – изолятор; 21 и 27 – валы двигателя и насоса; 22 – электрический разъем; 23 – всасывающая секция; 24 – обтекатель; 25 – втулка-обтекатель; 26 – высоковольтный кабель.

Насосы типа ЦТВ (с трансмиссионным валом) получили значительное распространение при оборудовании артезианских скважин глубиной 75–100 м. Расположение насоса ЦТВ в скважине показано на рис. 2.11.

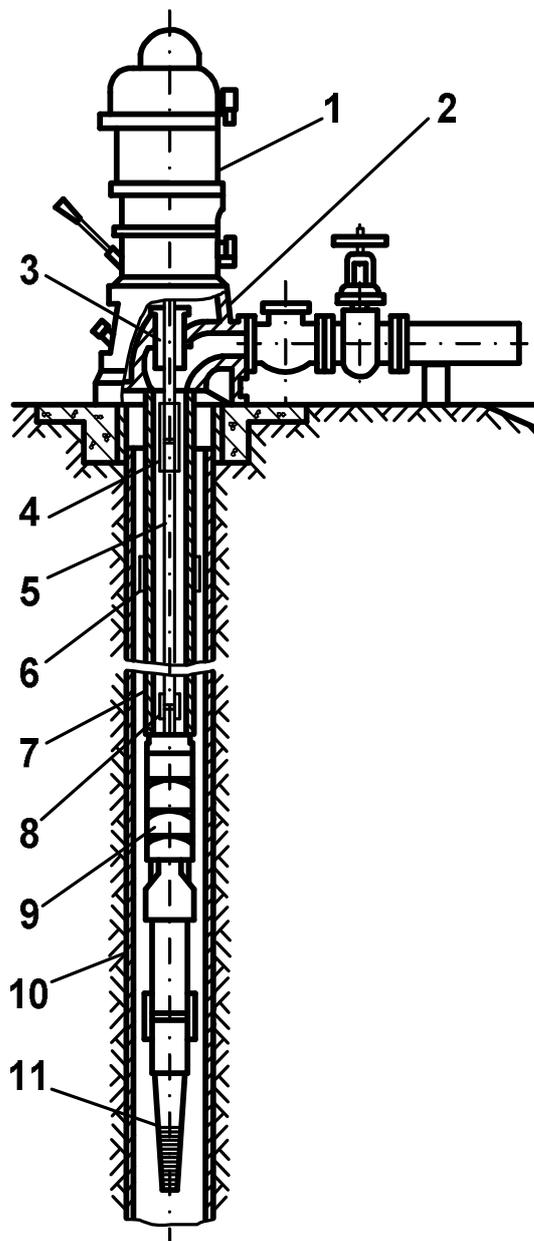


Рис. 2.11. Скважинный насосный агрегат типа ЦТВ:
 1 – электродвигатель; 2 – опорная плита; 3 – уплотнение;
 4 и 8 – жесткая соединительная муфта; 5 – трансмиссионный вал;
 6 – муфта трубопровода; 7 – напорный трубопровод; 9 – секции насоса; 10 – обсадная перфорированная труба; 11 – водозаборное устройство насоса

Скважинные центробежные насосы ЦТВ с трансмиссионным валом и электродвигателем над скважиной предназначены для откачки шахтной воды с температурой до 20 °С. Насосный узел агрегата с трансмиссионным валом, показан на рис. 2.12, состоит из секций, соединенных шпильками. Внутри каждой секции находится вал с насаженными на нем рабочими колесами. Вода поступает в нижний направляющий корпус через защитную сетку и всасывающий трубопровод. Секционная конструкция позволяет изменять число ступеней, что обеспечивает возможность поднимать воду на разную высоту.

Насосы ЦТВ предназначены для подъема нейтральной воды с температурой не более +20 °С и содержанием механических примесей не более 0,5 % по массе.

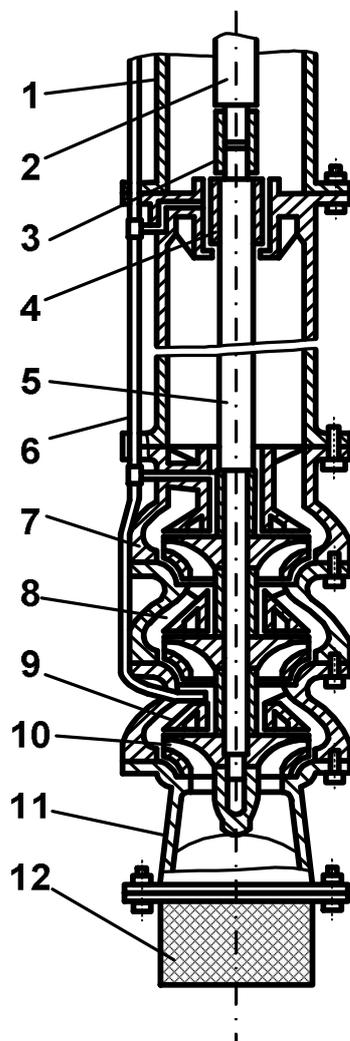


Рис. 2.12. Насосный узел агрегата типа ЦТВ: 1 – напорный трубопровод; 2 – трансмиссионный вал; 3 – жесткая соединительная муфта; 4 – направляющий подшипник; 5 – вал насоса;

6 – трубопровод чистой воды; 7 – секция корпуса; 8 – направляющий аппарат; 9 – разделяющий обтекатель; 10 – рабочее колесо; 11 – подвод; 12 – сетка с обратным клапаном

В насосах ЭЦВ и ЦТВ устанавливаются закрытые рабочие колеса диагонального типа (с полуосевыми лопаточными отводами).

Напорный трубопровод и трансмиссионный вал состоит из отдельных секций. Опорами внутри труб для трансмиссионного вала служат подшипники с резиновыми втулками, смачиваемые водой.

2.7. Бустерные насосы

Бустерные или подпорные насосы, предназначены для подачи воды с избыточным давлением (подпором) во всасывающий патрубок быстроходного насоса, например, ЦНС300-1000, имеющего небольшую высоту всасывания и большое значение допустимого кавитационного запаса. Бустерный насос типа ВП-340 выполнен по конструктивной схеме насосного агрегата ЦТВ, но имеет ограниченную длину трансмиссионного вала (рис. 2.13).

Насос ВП-340 устанавливается вертикально в колодец или водозаборную траншею насосной станции, так что двигатель располагается выше уровня воды.

Вал опирается на радиальный подшипник (№ 46318) через гайку. Для охлаждения подшипника по трубке подается вода из напорного патрубка насоса.

Дополнительные резинометаллические подшипники скольжения (поз. 12 и 14) удерживают вал в вертикальном положении. Смазкой и охлаждающей средой в них является вода.

Вал двигателя соединяется с валом насоса цепной муфтой.

Патрубок меньшего сечения, чем напорный (направлен вниз) используется при необходимости для подачи воды на охлаждение двигателя насоса.

Насосный агрегат устанавливается на раму нижней частью колена, которое имеет опорную поверхность – плиту в форме

круга и закрепляется на ней неподвижно шпильками, гайками, шайбами.

Техническая характеристика насоса ВП-340:

подача	340 м ³ /ч,
напор	19 м,
КПД	0,57,
частота вращения	1485 об/мин,
мощность двигателя	31 кВт.

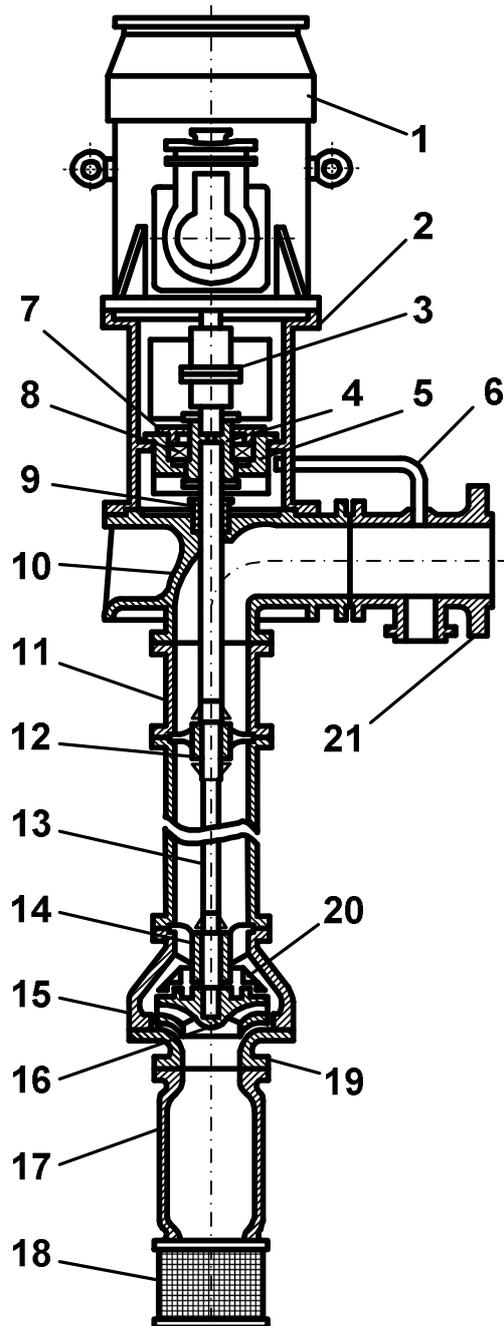


Рис. 2.13. Конструкция насоса ВП-340: 1 – электродвигатель; 2 – проставка; 3 и 4 – цепная и жесткая муфта; 5 – опорный стакан; 6 – трубка; 7 – фланец; 8 – подшипник; 9 – сальник; 10 – колено; 11 – напорный трубопровод; 12 и 14 – верхний и нижний подшипник скольжения; 13 – вал; 15 – корпус; 16 – рабочее колесо; 17 – гибкий всасывающий трубопровод; 18 – приемная сетка; 19 и 21 – всасывающий и напорный патрубки; 20 – обтекатель колеса

2.8. Проходческие подвесные насосы

Проходческий водоотлив имеет свои специфические особенности, которые рассматриваются в специальной литературе [14]. Проходческие подвесные насосы предназначены для откачивания воды из стволов при их проведении. В настоящее время для этих целей применяется насос ППН-50-12, который имеет в номинальном режиме производительность $50 \text{ м}^3/\text{ч}$ и напор 250 м, мощность двигателя 75 кВт. Насос вместе с напорным трубопроводом подвешивается на лебедке на канатах через подвесной блок.

Обычно в стволе подвешивается один рабочий насос, а другой резервный находится на поверхности [13;14;15].

2.9. Вопросы для самоконтроля знаний

1. Указать особенности конструкции насоса типа ЦНС.
2. Какое устройство для компенсации осевого усилия применяется в насосах типа ЦНС?
3. Как устанавливается осевое смещение ротора насоса типа ЦНС?
4. Как и для чего производится заливка насоса ЦНС?
5. Назовите область применения насосов типа К и Д.
6. Назовите особенности конструкции насоса типа К.
7. Какое устройство для компенсации осевого усилия применяется в насосах типа К?
8. Какие отличительные особенности имеют шламовые и суспензионные насосы?

9. Указать особенности конструкции насоса типа Д (см. рис. 2.5).
10. Как охлаждаются сальниковые уплотнения в насосах типа Д?
11. Объяснить расположение рабочих колес в насосе МД (см. рис. 2.6).
12. Перечислить основные отличия в конструкциях насосов МД и ЦН (см. рис. 2.6 и 2.7).
13. Указать особенности конструкции углесоса типа 14У7.
14. Указать особенности конструкции углесоса типа 12УВ-6.
15. Указать назначение и области применения углесосов?
16. Указать назначение и особенности конструкции насоса типа ВП-340.
17. Указать назначение и область применения насосов типа ЭЦВ.
18. Указать назначение и особенности конструкции насоса типа ЭЦВ.
19. Указать назначение и особенности конструкции насоса типа ЦТВ.
20. Описать устройство скважинной установки с насосами ЭЦВ и ЦТВ.
21. Как производится смазка подшипников трансмиссионного вала в насосах типа ЦТВ?
22. Указать назначение и особенности конструкции насоса ППН-250.
23. Перечислить основные неисправности центробежных насосов.

1. Правила безопасности в угольных шахтах. ПБ 05-618-03. Сер. 05. Вып. 11 / Гос. унитар. предприятие «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России». – М., 2003. – 293 с.
2. Правила технической эксплуатации угольных и сланцевых шахт. – М.: Недра, 1976. – 303 с.
3. Хаджиков Р. Н. Горная механика. – М.: Недра, 1982. – 407 с.
4. Стационарные установки шахт / под общ. ред. Б. Ф. Братченко. – М.: Недра, 1977. – 433 с.
5. Картавый Н. Г. Шахтные стационарные установки: справочное пособие / Н. Г. Картавый, А. А. Топорков. – М.: Недра, 1978. – 262 с.
6. Попов В. М. Шахтные насосы (теория, расчет, эксплуатация): справ. пособие. – М.: Недра, 1993. – 224 с.
7. Расчет водоотливных установок горнодобывающих предприятий: учеб. пособие / А. П. Абрамов, В. Н. Бизенков; ГУ КузГТУ. – Кемерово, 2003. – 142 с.
8. Шахтные вентиляторные и водоотливные установки / В. Г. Гейер, Г. М. Тимошенко. – М.: Недра, 1987. – 266 с.
9. А. П. Гришко Стационарные машины и установки : учеб. пособие для вузов / А. П. Гришко, В. И. Шелоганов. – М.: Изд-во МГТУ, 2004. – 328 с.
10. Нормы технологического проектирования угольных и сланцевых шахт. ВНТП 1-92 / Минтопэнерго РФ. – М., 1993. – 111 с.
11. Справочник энергетика угольной шахты / В. С. Дзюбан [и др.]. – М.: Недра, 1983. – 540 с.
12. Руководство по техническому обслуживанию и ремонту шахтных водоотливных установок. – М.: Недра, 1983. – 335 с.
13. Баранников Н. М. Стационарные установки рудников и шахт. – Красноярск: Изд-во Красноярского ун-та, 1985. – 194 с.
14. Алексеев В. В. Стационарные машины: учеб. для вузов. – М.: Недра, 1989. – 416 с.
15. Номенклатурный справочник насосов на 2000–2003 гг. – Ясногорск, 1991. – 86 с.

Содержание

Введение	1
1. Общие сведения по конструкциям центробежных насосов.	2
1.1. Классификация центробежных насосов	2
1.2. Конструктивные элементы и узлы центробежных насосов	6
1.2.1. Рабочие колеса центробежных насосов	7
1.2.2. Подводящие и отводящие элементы	9
1.2.3. Направляющие аппараты.	11
1.2.4. Уплотнения и гидравлические затворы	12
1.2.5. Разгрузочные устройства и способы уравнивания осевого усилия в различных конструкциях насосов	14
1.2.6. Корпусы насосов	18
1.2.7. Вал и ротор насоса	20
1.2.8. Подшипники	21
1.2.9. Вопросы для контроля усвоения материала	21
2. Конструкции насосов	23
2.1. Конструкции насосов ЦНС.	23
2.2. Консольные одноколесные насосы типа К	24
2.3. Консольные насосы для перекачивания гидросмесей	26
2.4. Спиральные одноступенчатые насосы	29
2.5. Спиральные многоступенчатые насосы	31
2.6. Секционные насосы с вертикальным валом	35
2.7. Бустерные насосы	41
2.8. Проходческие подвесные насосы	43
2.9. Вопросы для самоконтроля знаний	43
Список рекомендуемой литературы	45

Составители
Владимир Николаевич Бизенков
Александр Прохорович Абрамов
Юрий Спиридонович Щербаков

СТАЦИОНАРНЫЕ МАШИНЫ

Шахтные водоотливные установки

Конструкции центробежных насосов

Методические указания по изучению конструкций центробежных насосов
горных предприятий для студентов специальности
150402 «Горные машины и оборудование»
и других горных специальностей очной и заочной форм обучения

Печатается в авторской редакции

Рецензент Владимир Владимирович Назаревич

Подписано в печать 24.11.2008. Формат 60×84/16.
Бумага офсетная. Отпечатано на ризографе.
Уч.-изд. л. 2,6. Тираж 290 экз. Заказ
ГУ КузГТУ. 650026, Кемерово, ул. Весенняя, 28.
Типография ГУ КузГТУ. 650099, Кемерово, ул. Д. Бедного, 4а.