Раздел 3
Шахтные водоотливные установки

Центробежные насосы

Винтовые насосы. Эрлифты и гидроэлеваторы

Совместная работа насосов. Насосные камеры и водосборники

Трубопровод водоотливных установок

Измерительные приборы для контроля работы насоса

Электрооборудование водоотливных установок

Ремонт и эксплуатация водоотливных установок

Проектирование водоотливных установок

Тема 3.1. Центробежные насосы

3.1.1. Общее устройство шахтных водоотливных установок

На (рис. 68) представлены общее устройство (а) главной водоотливной установки подземного типа и схема выработок (б) околоствольного двора шахты, служащих для размещения оборудования установки и обеспечения ее работы.

Основное оборудование водоотливной установки размещается в специальной насосной камере 3, соединенной с выработками околоствольного двора 2 шахты технологическими ходками 5, оборудованными герметичными дверями. Уровень пола насосной камеры располагается на 0,5-1 м выше уровня головок рельсов, проложенных в околоствольном дворе, что предотвращает затопление камеры при аварийном отключении энергоснабжения. С шахтным стволом 1 насосная камера соединена наклонным трубным ходком 4, выход которого в шахтном стволе располагается на высоте не менее 7 м от уровня пола камеры.

В насосной камере сооружен водозаборный колодец (зумпф) 6, который посредством специального перепускного колодца и коллектора 7 сообщен с водосборником 8. Водосборники шахтных водоотливных установок представляют собой систему подземных горных выработок, расположенных ниже уровня пола насосной камеры. Это может быть одна выработка, разделенная на две-три части (секции) с их раздельным подключением к коллектору 7, или две-три обособленные выработки. В работе обычно находится одна секция водосборника, остальные - в резерве или очистке от накопившегося в них породного осадка. Выполняя функции приемных резервуаров и отстойников для осветления воды, водосборники одновременно являются и регулирующими емкостями, компенсирующими разницу между изменяющимся во времени притоком воды из горного массива и расходом откачивающих ее насосов. Кроме того, водосборники выполняют роль аварийного накопителя при отказах оборудования водоотливных установок, в связи с чем их вместимость строго регламентируется Правилами безопасности.

Насосы 9 (рабочие и резервные), установленные в насосной камере 3, оборудуются обычно индивидуальными всасывающими трубопроводами 10, водозаборные наконечники которых погружены в приемный зумпф 6. Откачка воды на поверхность производится по общему для всех насосов нагнетательному трубопроводу 11, проложенному у потолка или боковой стенки насосной камеры, по трубному ходку 4 и в шахтном стволе 1. Нагнетательные трубопроводы соответствующим образом резервируются, поэтому их количество в соответствии с Правилами безопасности должно быть не менее двух.

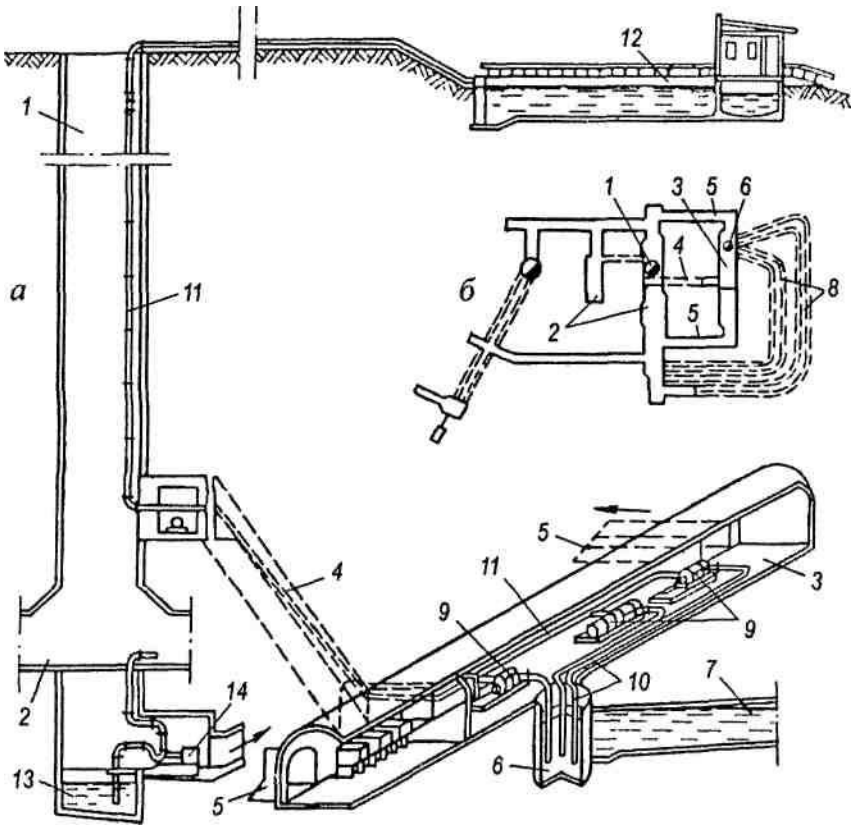


Рисунок. 68. Общее устройство шахтной водоотливной установки

Шахтная вода после выдачи ее на поверхность поступает на станцию очистки 12 и затем перекачивается в естественные водоемы или используется для технических нужд горного предприятия. Вспомогательная насосная станция 14 служит для откачки воды из зумпфа 13 шахтного ствола 1.

По характеру взаимодействия с откачиваемой жидкостью в составе любой водоотливной установки выделяют два главных элемента: насос - гидромашину, служащую для преобразования механической энергии в энергию движущейся жидкости, и его внешнюю сеть - систему каналов, по которым жидкость перемещается от водосборных сооружений к водоотводным. Поступая в насос, жидкость получает необходимый запас энергии, который расходуется при ее перемещении в каналах внешней сети.

Взаимодействие указанных двух элементов, баланс энергии, полученной жидкостью в насосе и расходуемой ею во внешней сети, определяют режим работы водоотливной установки, который характеризуется совокупностью численных величин таких параметров, как расход жидкости, ее удельное энергопотребление (напор и давление насоса) и коэффициент полезного действия насосного агрегата.

В состав водоотливной установки, обеспечивая необходимую надежность и эффективность работы основного оборудования, входят также следующие элементы (рис. 69): насоса 1, двигателя 2, пускателя 3, подводящего 4 и напорного 5 трубопроводов.

а

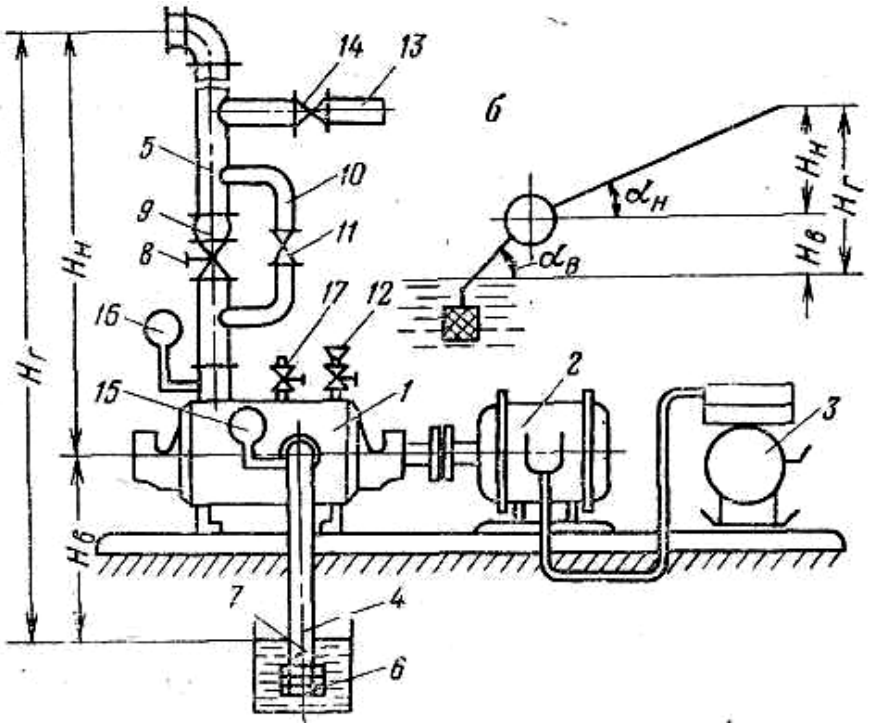


Рис. 69. Схема насосной установки

На подводящем трубопроводе имеется приемная сетка 6 и клапан 7, на напорном - задвижка 8 и обратный клапан 9. Трубка 10 с вентилем 11 необходима для заливки водой из напорного трубопровода насоса и подводящего трубопровода. Заливку производят перед пуском насоса. Она может быть осуществлена также через воронку 12 или подачей воды в подводящий трубопровод специальным заливочным насосом.

Труба 13 с задвижкой 14 необходима для выпуска воды при ремонте трубопровода 5. С помощью вакуумметра 15 измеряется разрежение на входе в насос, а с помощью манометра 16 - давление на выходе из насоса. Сетка 6 служит для предохранения от попадания в насос с водой посторонних предметов, клапан 7 - для удержания воды при заливке подводящего трубопровода и насоса, а клапан 9 - для того, чтобы при внезапной остановке насоса не произошло гидравлического удара на насос. Через кран 17 выпускают воздух из насоса при заливке.

При работе насоса в подводящем трубопроводе создается разрежение, и жидкость под давлением атмосферного воздуха поступает из резервуара в корпус насоса, происходит процесс всасывания.

На выходе из насоса создается напор, под действием которого вода движется по напорному трубопроводу.

Геометрическая высота всасывания $H_в$ - расстояние по вертикали от нижнего уровня жидкости в резервуаре до оси насоса.

Геометрическая высота нагнетания $H_н$ - расстояние по вертикали от оси насоса до сливного отверстия напорного трубопровода.

Геометрический напор насосной установки $H_г$ является полной геометрической высотой подъема жидкости.

При вертикально расположенном трубопроводе (рис. 69, а)

$$H_Г = H_В + H_Н, \text{ м} \quad (89)$$

при наклонно расположенном трубопроводе (рис. 69, б)

$$H_Г = l_П + \sin\alpha_В + l\sin\alpha_Н, \text{ м} \quad (90)$$

где $l_п$ и $l_Н$, - длина соответственно подводящего (от поверхности жидкости в колодце до насоса) и напорного трубопроводов; $\alpha_В$ и $\alpha_Н$ - углы наклона к горизонту соответственно подводящего и напорного трубопроводов.

Напор *H,* создаваемый насосом, складывается из геометрического напора, гидравлических потерь в трубопроводе и скоростного напора, затрачиваемого на сообщение жидкости скорости. Величина скоростного напора ($v^2/2g$) невелика, и потому в расчетах ею можно пренебречь. Напор насосов обычно выражают в метрах столба откачиваемой жидкости.

Для транспортирования воды из шахты необходимо создавать большой напор, поэтому применяют многоступенчатые насосы с последовательным соединением на одном валу до 10 односторонних рабочих колес.

3.1.2. Устройство и принцип работы секционного центробежного насоса

На рис. 70 показана схема трехступенчатого центробежного насоса. На валу 1, опирающемся на подшипники 2, с помощью шпонок 3 закреплены рабочие колеса 4, 5, 6, которые вместе с валом образуют ротор насоса. Из подводящего патрубка 7 (условно повернутого вниз) через подвод 8 жидкость поступает в колесо 4, где приобретает определенный запас потенциальной и скоростной энергии (статический и динамический напор).

Из колеса 4, жидкость поступает в направляющий аппарат 9, где динамический напор частично преобразуется в статический напор. Далее жидкость подается в колесо 5 и снова получает приращение статического и динамического напора, который частично преобразуется в статический напор в следующем направляющем аппарате 10. Из последнего колеса 6 жидкость поступает в спиральный отвод 11 и через патрубок 12 - в напорный трубопровод насоса.

В местах выхода из корпуса насоса вал уплотняется сальниковой пеньковой набивкой с прижимными втулками 13. Вал насоса соединяется с валом двигателя муфтой 14.

Наибольшее применение в практике шахтного водоотлива имеют секционные насосы, в которых каждая секция состоит из колеса и направляющего аппарата. Секционный корпус насоса соединен в общую конструкцию стяжны-

ми шпильками (болтами). Положительным качеством секционных насосов является возможность соединять одинаковые секции в необходимом количестве для получения насосов различных давлений.

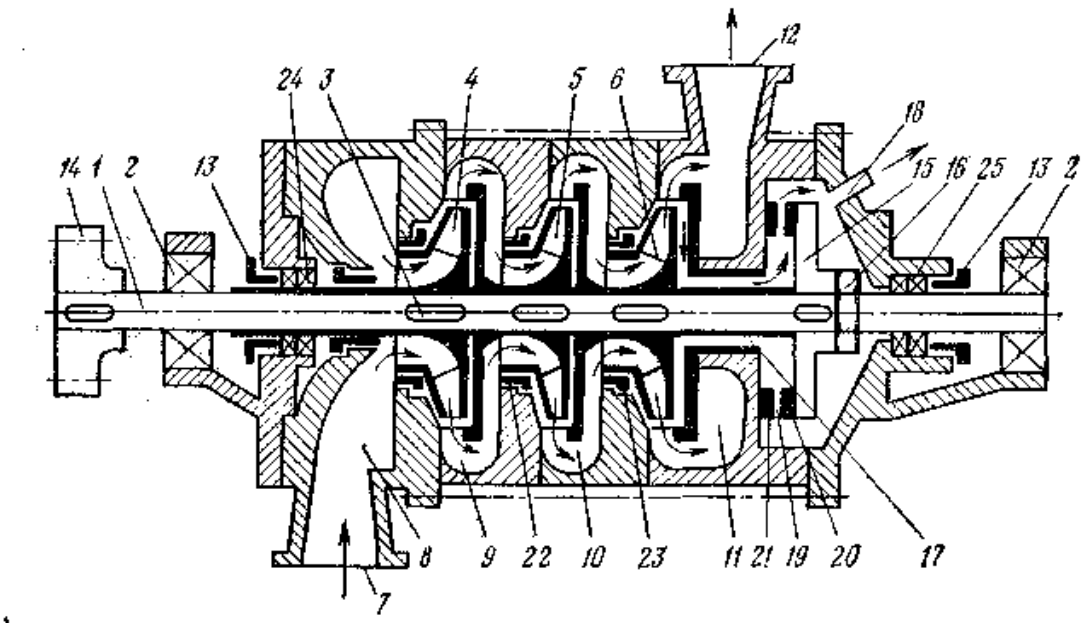


Рис. 70. Схема центробежного насоса

К недостаткам насосов следует отнести малую доступность рабочих колес. Для замены колеса необходимо удалить стяжные болты и последовательно снять все секции при одновременной разборке ротора.

Существуют также насосы, имеющие корпус с осевым разъемом. В таких насосах облегчены осмотр внутренних деталей, уход и контроль за насосом, хотя конструкция корпуса увеличивает размеры и массу насоса.

Различают рабочие колеса насосов закрытые и открытые. В закрытых односторонних колесах (рис. 71, а) имеются ведущий 1 ведомый 2 диски, между которыми расположены лопасти 3. В закрытых двусторонних колесах (рис. 71, б) ведомые диски 1 и 2 лопастями 3 связаны с втулкой 4. Диски, лопасти и втулка, с помощью которой колесо насаживается на вал, отливаются заодно. В открытых колесах (рис. 71 в) имеется только ведущий диск 1 с втулкой 2 и лопастями 3.

Из условия прочности диски колеса утолщаются по направлению к втулке. Диаметр рабочего колеса обычно не превышает 800 мм. Окружная скорость на выходном диаметре литых чугунных колес 35 ... 40 м/с.

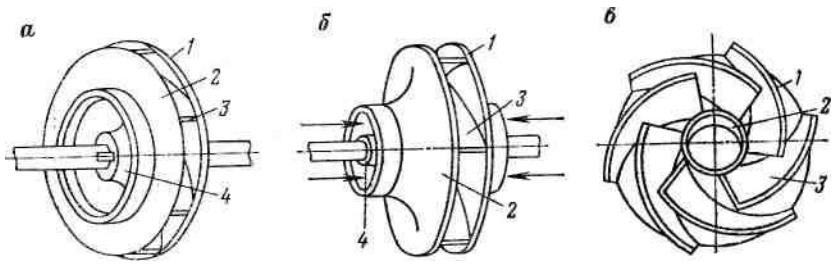


Рис. 71. Рабочие колеса центробежных насосов:
а - закрытое одностороннее; 6 - закрытое двустороннее; в - открытое

Лопасти колес загнуты вперед с углом выхода 145 ... 160°. Они профилируются по дуге окружности или по логарифмической спирали и имеют толщину 3 ... 8 мм.

К.п.д. насоса зависит от чистоты обработки поверхностей каналов колеса, числа и длины лопастей, закономерности изменения площади поперечного сечения межлопастного канала. Движение воды в колесе тем правильнее, чем больше лопастей, но при значительном их числе увеличиваются гидравлические потери. Обычно в одном колесе 6 ... 9 лопастей.

В шахтных насосах чаще применяются закрытые колеса, так как допускают разбег вала, необходимый при наиболее распространенном способе уравновешивания осевой силы, и при них меньше утечки жидкости через зазоры. Открытые колеса целесообразно применять для транспортирования загрязненных жидкостей.

По коэффициенту быстроходности рабочие колеса центробежных насосов делятся на тихоходные (n_s = 40 ... 80), нормальные (n_s = 80 ... 150) и быстроходные (n_s = 150 ...300). При увеличении быстроходности колес, как правило, возрастает и к. п. д. Тихоходные колеса обеспечивают высокие напоры и сравнительно небольшие подачи, быстроходные - наоборот. Шахтные насосы имеют в основном тихоходные и нормальные колеса, удовлетворяющие требованиям по напору, подаче и экономичности.

Для неагрессивной воды рабочие колеса изготавливаются литыми из чугуна или стали. Для кислотной воды - из легированных хромом и никелем сталей, цементированного хромом чугуна, хромистого или кремнистого чугуна, кислотоупорных бронз и пластмасс.

Так как из рабочего колеса насоса жидкость выходит с большой скоростью, достигающей 50 м/с, а для уменьшения потерь напора скорость в каналах насоса должна быть не более 5 м/с, применяются спиральный отвод и лопаточные направляющие аппараты.

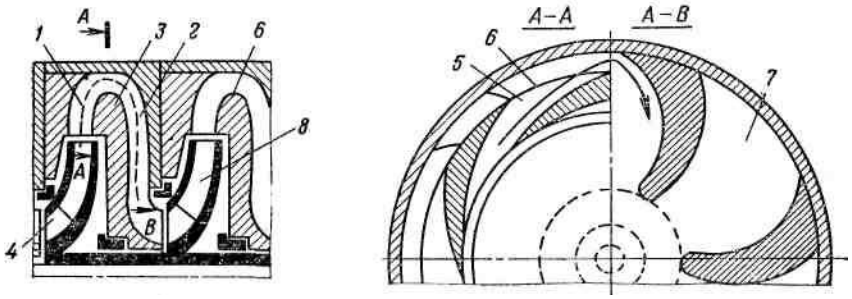


Рис. 72. Направляющий аппарат

В многоступенчатых насосах рабочие колеса находятся внутри направляющего аппарата, изготавливаемого обычно из материала колеса.

Направляющий аппарат (рис. 72) обеспечивает перевод потока из одного рабочего колеса в другое, частичное преобразование скоростного напора в статический, безударный вход потока в рабочее колесо. Он состоит из лопаточных отвода 1 и подвода 2 (прямого и обратного направляющих аппаратов), разделительной диафрагмы 3. Вышедшая из рабочего колеса 4 жидкость проходит диффузорную часть 5 межлопаточных каналов отвода, огибает кромку 6 диафрагмы и поступает в каналы 7 подвода, которые вводят ее в рабочее колесо 8 следующей ступени. Ширина межлопаточных каналов направляющего аппарата все время возрастает по направлению движения жидкости, благодаря чему скорость потока снижается, а статический напор увеличивается.

Ширина входа лопаточного отвода для обеспечения нормального поступления струи воды из колеса в аппарат выполнена на 1 ... 2 мм больше ширины колеса на выходе. Радиальный зазор между внешней окружностью колеса и внутренней окружностью отвода составляет 3 ... 4 мм. Для исключения вибрации насоса число лопаток направляющего аппарата обычно принимают на единицу меньше числа лопастей в рабочем колесе.

Для обеспечения безударного ввода жидкости в межлопаточные каналы угол входа потока в отвод должен быть равен углу выхода жидкости из рабочего колеса. Обычно лопатки направляющего аппарата профилируются по эвольвенте и по закону постоянства относительной скорости жидкости в межлопаточных каналах.

В связи с возникновением при работе насоса осевой силы, действующей на ротор и направленной вдоль оси насоса в сторону всасывания, необходимо устройство для ее уравновешивания.

Возникновение осевой силы объясняется тем, что при одинаковом давлении на ведомый диск рабочего колеса действует меньшая сила, чем на ведущий диск вследствие неравенства их площадей. Особенно большая осевая сила (до $2 \cdot 10^5$ Н) возникает в многоступенчатых насосах с большой подачей.

Под действием осевой силы ротор насоса стремится сдвинуться вдоль своей оси в сторону всасывания. Осевая сила может привести к большому трению между вращающимися колесами и не подвижными направляющими аппаратами или корпусом. Что повлечет за собой быстрый износ деталей насоса и снижение его к.п.д. Для устранения осевой силы применяют: в одноступенча-

тых насосах - двустороннее колесо, при котором благодаря его симметрии не возникает осевая сила. При односторонних колесах - упорный подшипник и отверстия в ведущем диске рабочего колеса. В многоступенчатых горизонтальных насосах - гидравлическое разгрузочное устройство или симметричное расположение рабочих колес. В вертикальных насосах - упорные шарикоподшипники, шариковые или обыкновенные пяты, симметричное расположение рабочих колес.

Наибольшее применение в шахтных насосах имеет гидравлическое разгрузочное устройство (см. рис. 70). Гидропята 15 закреплена на валу 1 гайкой 16. Часть воды выходит из последней ступени насоса по радиальному зазору 17 в камеру разгрузки, действует на гидропяту и затем выходит через трубку 18. Так как противоположная сторона гидропяты находится почти под атмосферным давлением, то осевая сила уравновешивается усилием от давления жидкости на гидропяту 15. Если осевая сила уменьшается, то гидропята вместе с ротором насоса автоматически передвигается в сторону, обратную направлению осевой силы, благодаря чему поток жидкости через увеличивающуюся щель 19 между кольцом гидропяты 20 и кольцом разгрузки 21 усиливается, давление жидкости на гидропяту уменьшается, уравновешиваясь с осевой силой. Таким образом, имеют место смещения вала в осевом направлении. Расход воды через разгрузочное устройство составляет 1,5 ... 3 % подачи насоса. С помощью гидравлического разгрузочного устройства достигается полное уравновешивание осевой силы, причем соответствие осевой и уравновешивающей сил устанавливается автоматически.

Недостатками этого способа уравновешивания являются: расход воды через разгрузочное устройство; трение гидропяты о воду; быстрый износ колец гидропяты и разгрузки при перекачке загрязненной воды; насосы не могут работать при напорах, значительно меньше нормальных, так как при этом заметно уменьшается зазор между кольцами гидропяты и разгрузки и кольца могут соприкоснуться; необходимость установки насоса строго горизонтально.

Имеются насосы, в которых уравновешивание осевой силы достигается с помощью симметричного расположения рабочих колес, благодаря чему создаются равные, но противоположно направленные силы, действующие на колеса

В двухпоточном насосе (рис. 73, а) колеса 1, 2 и 3, 4 образуют соответственно две группы 5 и 6, причем колеса между собой соединены последовательно

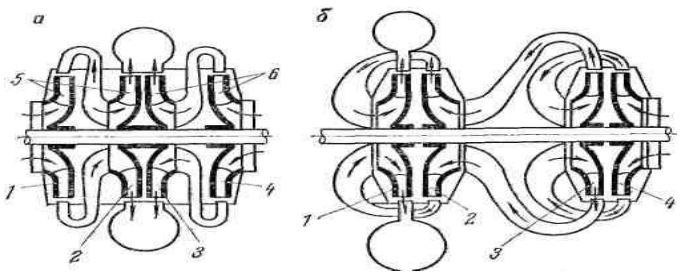


Рис. 73. Симметричное расположение рабочих колес в насосе:
а - двухпоточном; б - однопоточном

каналами, а группы колес - параллельно. Равные, но противоположно направленные осевые силы в каждой группе колес уравновешиваются. В однопоточном насосе (рис. 73, б) все колеса (1 - 4) соединены последовательно, но так, что осевые силы, действующие на них, уравновешиваются. Однако уравновешивание осевой силы при этом будет неполным и поэтому необходимо применять упорный подшипник. Кроме того, должно быть хорошее уплотнение между средними и последними колесами, так как иначе может возникнуть значительная осевая сила, направленная в сторону всасывания или нагнетания. Такое уплотнение надежно обеспечивается в насосах с осевым разъемом корпуса в горизонтальной плоскости.

Описанный способ уравновешивания осевой силы применяется в насосах со спиральным отводом. В цельнолитых половинах корпуса с осевым разъемом имеются спиральные безлопаточные направляющие каналы. Иногда переход потока из ступени или группы ступеней в другую ступень осуществляется не по каналам в корпусе насоса, а по перекидным трубам. Насосы со спиральным отводом, широко применяемые в промышленности, в горной практике из-за значительных габаритов и большой массы распространения не нашли, кроме описанного ниже подвесного насоса.

Уплотнения в насосе необходимы для устранения утечек жидкости, снижающих подачу насоса, и для предупреждения попадания атмосферного воздуха в месте прохода вала через крышку насоса со стороны всасывания.

Утечки воды происходят через зазоры между рабочим колесом и лопаточным отводом или корпусом, а также в месте прохода вала через крышку насоса со стороны нагнетания. Для уменьшения утечек необходимо увеличивать сопротивления в зазорах за счет удлинения щелей и уменьшения их в радиальном направлении. Внутренние уплотнения в насосах образованы уплотнительными кольцами 22 и 23 (см. рис. 70), изготовленными из бронзы, стали, чугуна или пластмасс.

Места выхода вала насоса через крышки всасывания и нагнетания имеют уплотнительные устройства - механические уплотнения контактного трения (сальники). Уплотнение 24 на стороне всасывания препятствует подсасыванию воздуха в насос, а уплотнение 25 в крышке нагнетания предотвращает выброс жидкости из насоса. Механические уплотнения выполняются кольцами шнура из мягкого, пропитанного антифрикционным составом материала (хлопчатника, пеньки, асбеста). При вращении вала вследствие трения его о набивку уплотнения выделяется тепло, для отвода которого необходимо, чтобы сальник пропускал некоторое количество жидкости. Кроме механического уплотнения на стороне всасывания имеется гидравлическое уплотнение - гидрозатвор.

В насосах применяются подшипники скольжения с кольцевой смазкой и с бронзовыми или баббитовыми вкладышами, шариковые или роликовые, резиновые или пластмассовые, в которых смазкой служит вода.

Поля рабочих режимов насосов марки ЦНС (центробежные насосы секционные) показаны на (рис. 74). Поля рабочих режимов насосов нормальной группы ограничены сплошными линиями, а высокооборотной - пунктирными. Широкий диапазон напоров на каждом типоразмере обеспечивается изменени-

ем количества ступеней, которое у насосов нормальной группы колеблется от 2 до 8-12. У насосов быстроходной группы оно достигает 16. В наименовании насосов цифры после буквенного индекса означают расход ($м^3/ч$) и пределы изменения напора (м) при изменении количества ступеней.

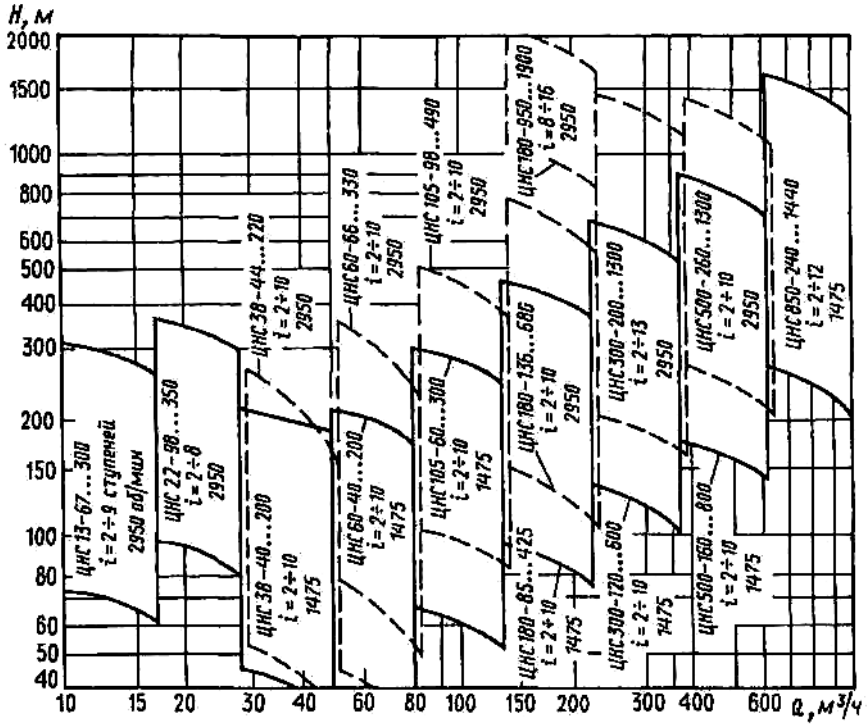


Рис. 74. Поля рабочих режимов секционных насосов

3.1.3. Кавитация

Если абсолютное давление жидкости при выходе ее в рабочее колесо окажется меньше давления парообразования, начинается явление *кавитации*, которое объясняется тем, что в местах наименьшего давления в колесе образуются пространства, заполненные паром и содержащимися в воде газами.

Пузырьки пара и газа перемещаются с водой в область более высоких давлений, где пары конденсируются. В образовавшиеся пустоты с очень большими скоростями устремляются частицы воды, вызывая удар о поверхности деталей насоса. В результате кавитации разрушаются стенки деталей. Причем кроме механического разрушения усиливается корродирующее действие на металл воздуха, выделяющегося из воды и содержащего кислород, что особенно усиливается при перекачке кислотных вод.

Вода, ударяясь о стенки, образует микроскопические углубления в местах наименьшей прочности материала, вызванной либо обработкой, либо вкраплениями (например, графита). Углубления усиливают процесс и в дальнейшем являются очагами разрушения. Это подтверждается тем, что структура металла после разрушения имеет пористый характер.

Кавитация наступает при большой высоте всасывания и работе насоса на пониженном напоре, когда его подача значительно больше расчетной.

При возникновении Кавитации разрушение лопастей колеса в особенно неблагоприятных условиях наступает через несколько часов после начала работы, изменяется характеристика насоса - наблюдается крутой поворот кривой Q - H почти вертикально вниз и резко снижается к. п. д. Внешние проявления кавитации - прерывистые сильные шумы и повышенная вибрация насоса. Первой мерой по устранению возникающей кавитации является уменьшение высоты всасывания за счет повышения уровня воды в приемном колодце.

Средствами борьбы с кавитацией являются также применение стойких к кавитации материалов (легированные стали с относительно большим содержанием хрома и никеля) и работа насоса с подпором, т. е. он должен быть расположен ниже резервуара, когда вода в насос поступает под действием собственного веса.

Высота всасывания должна быть определена из условия отсутствия кавитации. Работа насоса при $H_B^{кр}$ недопустима, так как даже небольшое понижение давления обусловливает развитие кавитации.

Допустимая вакуумметрическая высота всасывания

$$H_B^{кр} \le (0{,}8...0{,}75)H_B^{кр} \qquad (91)$$

Для большинства насосов $H_B^{доп}$ не превышает 5 м, а некоторые насосы имеют отрицательную высоту всасывания и поэтому должны работать с подпором. 4.Одноколесные центробежные насосы.

3.1.4. Одноколесные центробежные насосы

Консольные насосы. На (рис. 75) представлен вертикальный осевой разрез консольного насоса марки *К.* Серийное производство насосов освоено отечественной промышленностью. Насосы этого типа имеют наиболее простую конструкцию и широко применяются для перекачки относительно чистой холодной воды и других малоагрессивных жидкостей.

Консольный насос имеет односторонний подвод жидкости в рабочее колесо 4, закрепленное на консольном конце вала 9. Колесо закреплено на шпонке. Гайка 5 предотвращает осевой сдвиг колеса в сторону всасывания. Подвод насоса выполняется в виде конического конфузорного или цилиндрического всасывающего патрубка *ВП,* отлитого заодно с передней крышкой 1 корпуса. Отвод 2 спирального типа отлит заодно с диффузорным нагнетательным патрубком *НП*. В некоторых насосах этого типа отвод снабжен продольной перегородкой, разделяющей его на два полуотвода, с целью уравновешивания радиальной силы. Отвод и задняя крышка корпуса насоса выполнены в виде одного цельнолитого узла, который болтами крепится к станине 10. Радиальные под-

шипники 11 и 12 установлены в расточках опорного узла с масляной ванной. Полумуфты 13 и 14 соединяют коренной вал насоса с валом электродвигателя. Всасывающая и нагнетательная проточные части корпуса разделены кольцевым уплотнением 18. Для разгрузки агрегата от действия осевых сил предусмотрены кольцевое уплотнение 16 и перепускные отверстия 17. Зазор между валом и корпусом уплотнен сальниками 7 и гидроуплотнительным кольцом, к которому по каналу в корпусе 6 сальника подается вода со стороны нагнетания насоса. Сальник по мере износа периодически поджимается прижимным устройством 8. Шейка вала под сальником предохранена защитной втулкой 15. Пробка 3 закрывает отверстие для заливки корпуса насоса перед пуском.

Малые и низконапорные модели консольных насосов могут иметь рабочие колеса неразгруженного типа. В таких насосах осевая сила воспринимается шарикоподшипниками и не требуется установки гидроуплотнительного кольца. Промышленность выпускает ряд насосов консольного типа, имеющих моноблочное насосы марки КМ не имеют отдельного коренного вала с подшипнико-

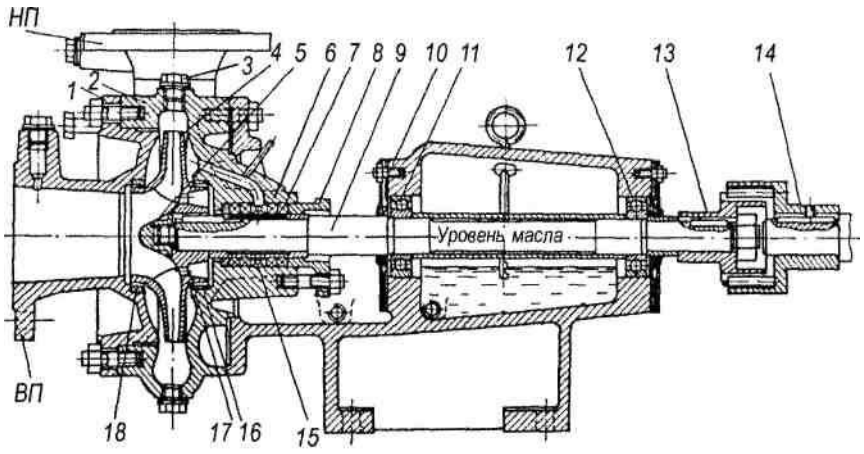


Рис. 75. Центробежный насос консольного типа

выми опорами. Рабочее колесо такого насоса насаживается на удлиненную консоль вала электродвигателя, к торцевому фланцу которого крепится корпусная часть насоса.

Консольные насосы одного и того же типоразмера поставляются с рабочими колесами разного диаметра. Это позволяет расширить область рабочих режимов одной унифицированной модели насоса. Области (поля) рабочих режимов консольных насосов, выпускаемых отечественными заводами, показаны на рис. 87. В каждом поле указана марка соответствующего насоса. Цифры после буквенного индекса отображают расход и напор насоса в режиме максимального КПД. Ниже приведена частота вращения рабочего колеса ($мин^{-1}$).

Как видно из (рис. 76), номенклатура выпускаемых промышленностью консольных насосов включает около 13 типоразмеров, обеспечивающих поле рабочих режимов с расходом от 4 до 350 $м^3$/ч и напором от 6 до 50 м. Один из насосов обеспечивает напор 90 м при подаче более 80 $м^3$ /ч.

На главных водоотливных установках горных предприятии консольные насосы используются редко, но они находят применение на установках местного и участкового водоотлива, а также при горно-проходческих работах, когда обводненность горного массива невелика при относительно небольшой геодезической высоте подъема воды на поверхность.

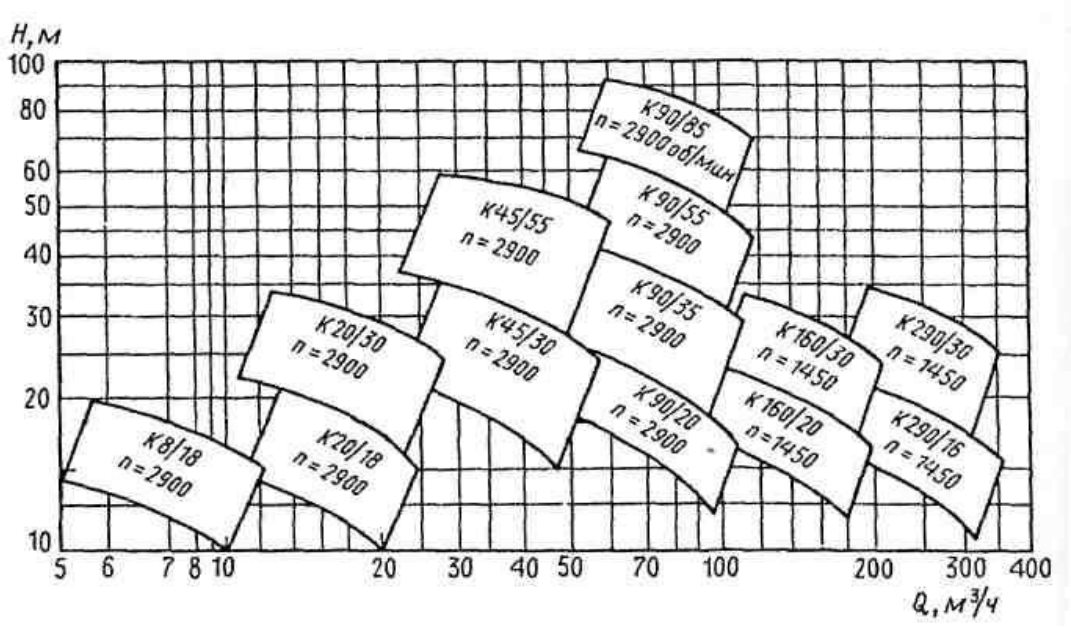


Рис. 76. Поля рабочих режимов консольных насосов

Переносные насосы используют для откачки воды в аварийных ситуациях и на труднодоступных участках горных работ с подачей воды во временные водохранилища, водосборники главных и участковых водоотливных установок и передвижные емкости. В горно-проходческой практике используется несколько моделей электроприводных переносных насосов серии *НАП*, обеспечивающих подачу от 6 до 40 м^3 /ч при напоре от 7 до 17 м, а также пневмоприводной насос марки Н-1М.

Пневматический центробежный насос Н-1М (рис. 77) оснащен турбинным приводом - пневматической активной турбиной, встроенной в общий алюминиевый корпус 7 с крышкой. Крышка отлита заодно с ручкой, в которой имеется выхлопной канал 12 для удаления отработанного воздуха. К плоскости специального прилива в верхней части корпуса прикреплен корпусной блок 22 предохранительного клапана. При нажатии на рукоятку 13 клапан 25, сжимая пружину 26, поднимается над седлом 23. При этом сжатый воздух, подведенный к штуцеру 24, начинает поступать через клапан и сопла 20 турбины на торцевые лопатки венца ротора, вращая ротор с закрепленным на его хвостовике рабочим колесом 18 насоса.

Нижняя часть корпуса насоса выполнена в виде спирального отвода, переходящего в нагнетательный патрубок 3, к которому прикреплен шланг 14, подводящий воду к резиновой диафрагме 21 предохранительного клапана. Давление воды на диафрагму удерживает клапан в открытом состоянии при пре-

кращении нажатия на рукоятку. Клапан автоматически отключает подачу воздуха в турбину при напоре воды в нагнетательном патрубке ниже 8 м. Чтобы обеспечить работу насоса с напором менее 8 м, например при откачке воды в проходческую бадью, в нагнетательном патрубке устанавливают специальную дроссельную шайбу с отверстием диаметром 25 мм. Отключение насоса вручную производится нажатием на рукоятку в обратную сторону.

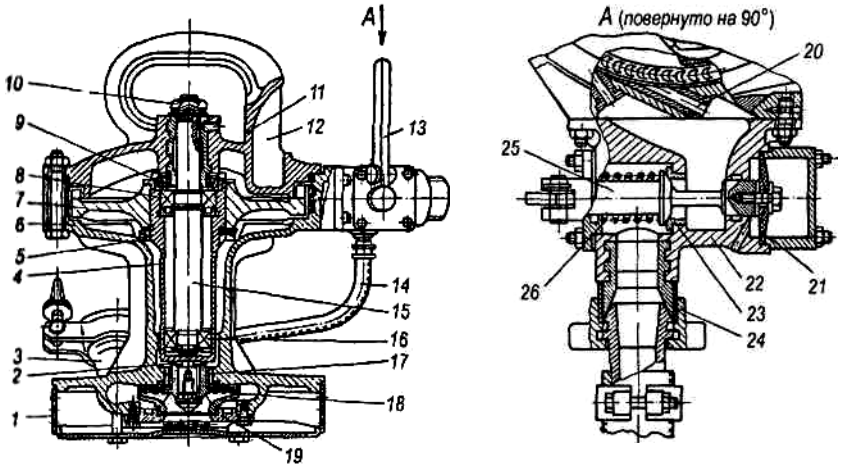


Рис.77. Переносной пневматический насос Н-1М

При геодезической высоте подъема воды более 8 м в нагнетательном трубопроводе устанавливают обратный клапан, который закрывается после останова насоса и изолирует полость диафрагмы от давления столба жидкости в нагнетательном трубопроводе, обеспечивая автоматическое отключение турбины предохранительным клапаном.

Венец 6 ротора посажен на стальной стакан 4 и закреплен на нем гайкой 5 со стопорной шайбой. Нижняя 16 и верхняя 5 подшипниковые опоры ротора посажены на оси 15. Верхний подшипник зажат в стакане при помощи гайки 9, в расточке которой помещена армированная манжета, герметизирующая полость подшипниковой опоры. Ось закреплена в крышке гайкой 10 со стопорной шайбой и удерживается от проворачивания стопорным винтом.

Рабочее колесо насоса установлено в спиральном отводе с зазором в задней пазухе до 0,5 мм. Величина зазора регулируется кольцами 2, устанавливаемыми между ступицей рабочего колеса и стаканом ротора. Уплотнения всасывающей и нагнетательной сторон рабочего колеса насоса - щелевые, образованные раструбом 19, втулкой 17 и поясками ступицы колеса. Всасывающий тракт насоса прикрыт предохранительной сеткой 1.

В зависимости от давления сжатого воздуха частота вращения насоса изменяется от 4000 до 7500 мин$^{-1}$, обеспечивая расход от 10 до 40 м^3/ч при напоре от 10 до 50 м. Номинальному рабочему режиму соответствует n = 6300 мин$^{-1}$, Q = 25 м^3 /ч и H= 25 м при давлении сжатого воздуха 4,5-5 бар. Масса насоса 30 кг.

Отечественными заводами в настоящее время освоен выпуск переносных погружных насосов широкого промышленного назначения серии ГНОМ, которые постепенно получают применение и в практике горно-проходческих работ.

Насосы ГНОМ представляют собой вертикальные моноблочные центробежные насосы консольного типа с двигателями погружного исполнения. Заводы предлагают насосы ГНОМ следующего типоразмерного ряда: 10-10, 16-16, 25-20, 40-25, 53-10 и 100-25. Первые цифры отображают расход насосов ($м^3$ /ч), а вторые через дефис - напор (м).

При горно-проходческих работах, помимо описанных выше, применяются также диафрагменные насосы «Байкал», предназначенные для откачки загрязненной воды с абразивными частицами. Две эластичные диафрагмы насоса, соединенные общим штоком, приводятся в действие сжатым воздухом, распределение которого в процессе рабочего цикла осуществляется золотниковым устройством. В комплект насоса входит эрлифт для увеличения высоты нагнетания, а также поплавковое устройство для автоматического управления насосом в зависимости от уровня воды в приемном зумпфе.

Диафрагменный насос «Байкал» при 18 $м^3$/ч реализует напор около 40 м. Высота подъема воды эрлифтом достигает 100 м. Расход сжатого воздуха насосом около 3 $м^3$/мин, а эрлифтом - 5,2 $м^3$ /мин.

Подпиточные насосы необходимы при большой производительности водоотливных установок, оборудованных секционными насосами. Выше отмечалось, что увеличение номинальных расхода и напора ступени центробежных насосов этого типа приводит к увеличению их коэффициента быстроходности и ухудшению кавитационных характеристик.

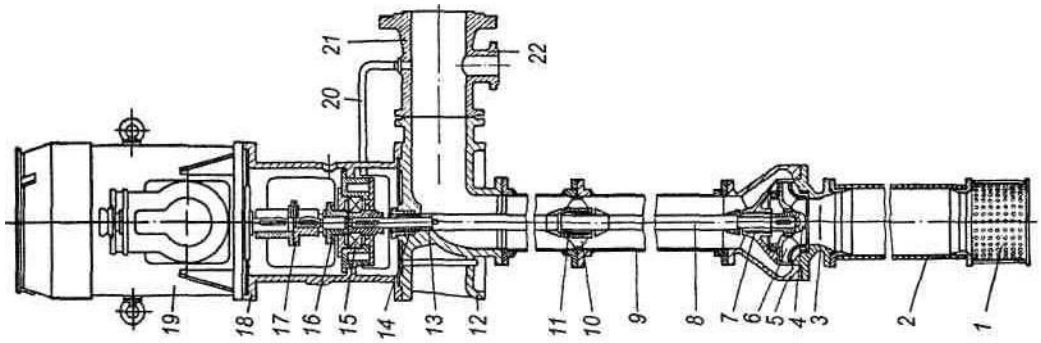


Рис.78. Подпиточный насос ВП-340

В качестве подпиточных могут использоваться низконапорные малооборотные горизонтальные лопастные насосы общего назначения, обладающие высокой всасывающей способностью (например, насосы двустороннего входа марки Д). В этом случае подпиточные насосы устанавливают непосредственно у водосборника и соединяют по последовательной схеме с главными - высоконапорными насосами. Возможно применение и специальных вертикальных подпиточных насосов, смонтированных во всасывающих трубопроводах главных насосов водоотливной установки.

Вертикальный подпиточный насос ВП-340 (рис. 78) изготовляется Ясногорским заводом и поставляется в комплекте с насосами ЦНС 300-700... 1000 и ЦНС 300-780... 1300. Центробежное рабочее колесо 6 насоса консольно закреплено на вертикальном валу 8 с помощью шпонки и зафиксировано от осевого смещения гайкой 4. На крышке 3 всасывающей стороны насоса закреплен гибкий рукав 2 с водозаборным устройством, снабженным предохранительной приемной сеткой 1. Вал опирается на радиальный подшипник качения 15 через гайку 16. Дополнительные резиновые подшипники 7 и 11 расположены в корпусе 5 насоса и в кронштейне 10, заключенном между секциями нагнетательного трубопровода 9. Место выхода приводного вала из колена 12 уплотняется сальником 14. Поверхность вала под сальником защищена втулкой 13, предохраняющей вал от износа. Вал насоса соединяется с валом электродвигателя при помощи зубчатой цепной муфты 17.

Электродвигатель 19 установлен на приставке 18. Со всасывающим патрубком главного насоса водоотливной установки подпиточный насос ВП-340 соединяется посредством переходного патрубка 21, от которого выполнен отбор воды по трубке 20 для охлаждения опорного подшипника. Через фланец 22 вода подается на охлаждение двигателя главного насоса.

В пределах рабочей зоны насос ВП-340 обеспечивает подачу от 200 до 400 $м^3$/ч и напор от 23 до 17 м при допустимой вакуумметрической высоте всасывания от 5,7 до 3,2 м. Частота вращения вала - 1485 $мин^{-1}$. Приводная мощность насоса - 31 кВт. Максимальный к. п. д. насоса составляет 57 %.

Заливочные насосы необходимы для заполнения водой проточной части и всасывающего тракта главных насосов перед их пуском. Для этой цели используют специальные погружные центробежные насосы, водокольцевые вакуум-насосы и эжекторы.

Насосы типа *ЗПН* (заливочный погружной насос) поставляются с комплектом аппаратуры автоматизации водоотливных установок. Насосная часть агрегата *ЗПН* выполнена по аналогии с переносными насосами. Спиральный отвод снабжен тремя нагнетательными патрубками для одновременного присоединения трех заливочных трубопроводов соответственно к трем главным насосам водоотливной установки. Электродвигатель вертикального исполнения вместе с насосом погружается в водосборник.

Тема урока 3.2 .Винтовые насосы. Эрлифты и гидроэлеваторы

3.2.1. Назначение и устройство винтовых насосов

Винтовые насосы относятся к ротационному классу гидромашин с объемным принципом преобразований энергий. Винтовые насосы находят применение на участковом водоотливе и при горно-проходческих работах.

Рабочий орган одновинтового насоса (рис. 79) состоит из неподвижной винтовой резиновой обоймы *РО*, размещенной в цилиндрическом стальном корпусе *К*, и винтового ротора *ВР*, вращающегося с эксцентриситетом е относительно оси обоймы. Внешняя поверхность ротора образована перемещением круга диаметром и по винтовой однозаходной спирали. Причем плоскость круга всегда перпендикулярна оси ротора и обоймы. Внутренняя полость обоймы представляет собой двухзаходную винтовую поверхность, поперечное сечение которой ограничено двумя полуокружностями диаметром *Д* соединенными прямыми линиями длиной 4е (е - величина эксцентриситета между осью вращения ротора и осью обоймы). Шаг винтового профиля ротора в 2 раза меньше шага винтовой поверхности резиновой обоймы.

На (рис. 79) показан ряд сечений (I, II, . .., IX) рабочего органа одновинтового насоса, выполненных через четверть шага *s* винтового ротора в пределах одного шага $S = 2s$ винтовой поверхности резиновой обоймы. Как видно из (рис. 79), по мере перехода от начального сечения к конечному ротор изменяет свое положение относительно обоймы так, что пространство со стороны одной полуокружности на половине шага ротора увеличивается, а со стороны другой полуокружности - уменьшается. В процессе вращения ротора аналогично изменяется его положение в любом из рассмотренных сечений рабочего органа насоса. Таким образом, винтовой ротор выполняет роль вытеснителя (поршня) в резиновой обойме.

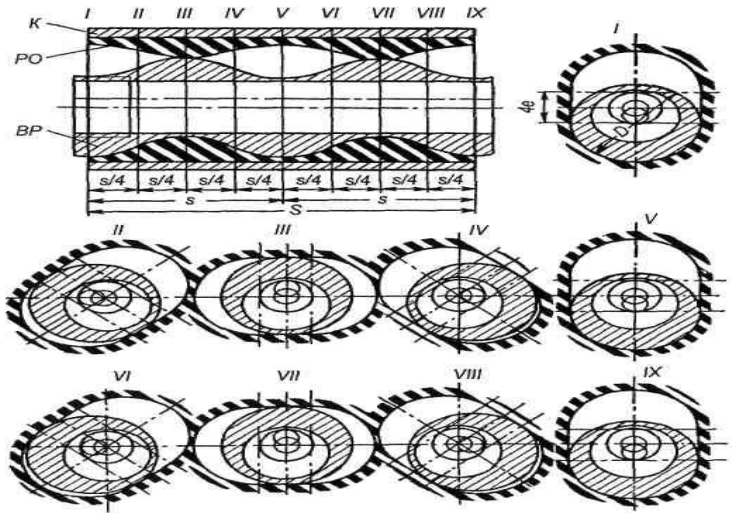


Рис. 79. Осевое и поперечные сечения рабочего органа одновинтового насоса

Винтовой ротор обычно приводится во вращение от карданного вала и совершает сложное движение, поворачиваясь вокруг своей оси в одном направлении, в то время как его ось одновременно описывает малую окружность в противоположном направлении. Благодаря изложенному выше подбору профиля и шага винтовых поверхностей резиновой обоймы и ротора линии их соприкосновения разделяют пространство между ротором и обоймой на ряд изолированных камер. При вращении ротора эти камеры перемещаются вдоль его оси, обеспечивая всасывание жидкости со стороны одного торца ротора и нагнетание - со стороны другого торца.

За один оборот ротора жидкость, находящаяся внутри обоймы, перемещается в осевом направлении на величину, равную двум шагам винтовой поверхности ротора *2s* или одному шагу обоймы 5. При работе насоса жидкость заполняет все свободное поперечное сечение обоймы, которое равно полному сечению обоймы за вычетом сечения, занятого ротором. Свободное сечение обоймы при любом положении ротора, как это видно из (рис. 79), имеет серповидную форму и равновелико площади прямоугольника со сторонами *4e* и *D*:

$$F = 4eD \tag{92}$$

где *e* - эксцентриситет оси вращения винтового ротора относительно оси резиновой обоймы, а *D* - диаметр сечения винтового ротора.

Теоретическая подача насоса за один оборот винтового ротора, по-видимому, будет определяться следующим образом:

$$Q_T = FS = 4eDS \tag{93}$$

Действительная часовая производительность винтового насоса определяется с учетом внутренних перетоков жидкости из полости нагнетания в полость всасывания:

$$Q = 4eDS \cdot 60n\lambda_o = 240\lambda_o eDSn \tag{94}$$

где *n* - частота вращения винтового ротора, мин$^{-1}$;

λ_o = 0,7-0,8 - объемный коэффициент полезного действия насоса, или коэффициент подачи.

Величина напора, реализуемого винтовыми насосами, ограничивается главным образом его объемным к.п.д, который существенно снижается с ростом давления в нагнетательном патрубке. Уменьшению объемных утечек, по-видимому, способствуют увеличение частоты вращения ротора и увеличение его длины. Однако следует иметь в виду, что при этом возрастают механические потери энергии на трение между ротором и резиновой обоймой.

Насосные агрегаты на базе одновинтовых насосов типа *1В*, изготовляемые в соответствии с государственным стандартом, наиболее предпочтительны для использования в качестве передвижных при горно-проходческих работах,

если требуемый объем откачек составляет от 5 до 18 $м^3$ /ч. Насосные агрегаты относятся к самовсасывающим и допускают работу на воде с содержанием породного шлама до 5 % по массе при крупности твердых частиц до 5 мм.

Заводы выпускают три типоразмера насосов *1В* (одновинтовые): 1В 20/10, 1В 20/5 и 1В 6/5. Цифры после буквенного индекса означают подачу (л/мин) на 100 оборотов ротора и давление (бар) насоса. Частота вращения ротора насосов 1420-1470 $мин^{-1}$, приводная мощность 1,8-7,2 кВт, полный коэффициент полезного действия 0,48-0,6 при массе агрегатов 130-240 кг.

Насосный агрегат 1В 20/10 (рис. 80) смонтирован на раме-салазках 1. Ротор 2 насоса размещен в корпусе с резиновой обоймой 3 и приводится во вращение карданным валом 4. Совершая сложное движение, винтовой ротор обеспечивает перемещение жидкости из всасывающей камеры 5 в нагнетательную камеру 6. Эластичная муфта 7 соединяет вал ротора насоса с валом электродвигателя 8. Перемещение жидкости происходит плавно, без пульсаций, что является достоинством этого типа объемных насосов.

Винтовые насосы могут надежно работать с подсосом атмосферного воздуха, что является важным при осушении призабойного пространства, когда нет возможности обеспечить насос приемным зумпфом достаточной вместимости. Однако насос, являясь самовсасывающим, вместе с тем требует заполнения его корпуса водой перед пуском, так как вода - необходимый смазочный материал для рабочей винтовой пары ротор - обойма. Даже кратковременная работа без воды приводит к выходу насоса из строя, поэтому в его корпусе предусмотрены полости, в которых вода остается после выключения насоса.

На базе одновинтовых насосов изготовляются также подвесные насосные агрегаты для водоотлива при проходке шахтных стволов. Винтовые насосы относятся к объемному типу и имеют жесткую по расходу напорную характеристику. Регулирование подачи насосов производится обычно перепуском части расхода жидкости по байпасу с нагнетательной стороны на всасывающую.

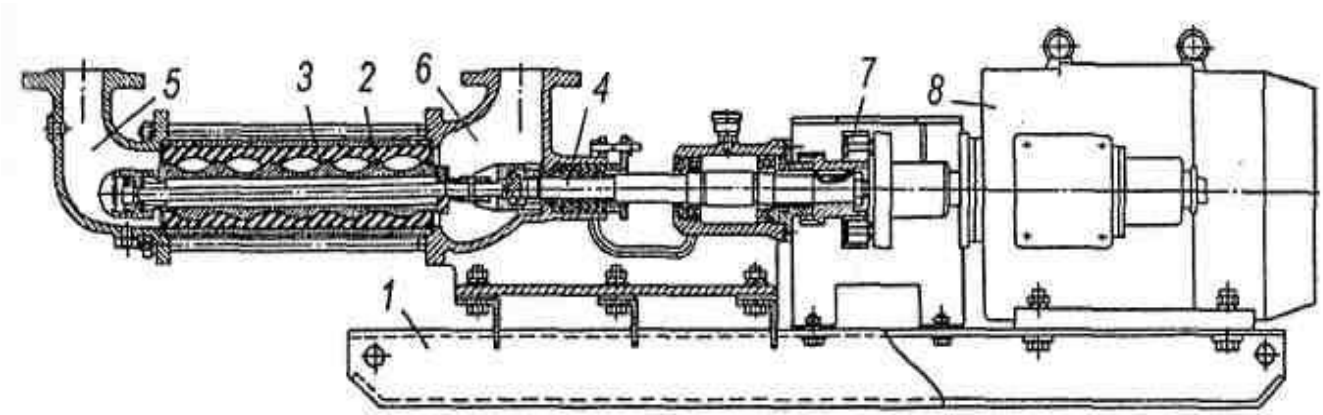


Рис.80 Винтовой насос 1В 20/10

3.2.2. Эрлифты и гидроэлеваторы

Эрлифты получают все большее распространение в горной промышленности в качестве водоотливных установок при проходке вертикальных стволов, на зумпфовом и участковом водоотливе, а также гидроподъемных установок на гидрошахтах. В перспективе намечается использование эрлифтов на главном водоотливе шахт большой глубины.

Одноступенчатый эрлифт (рис. 81, а), состоящий из подъемной трубы 5, воздухопровода 2, смесителя 3, воздухоотделителя 6 и всасывающего трубопровода 4, может работать только в том случае, если смеситель расположен ниже уровня воды. Сжатый воздух от компрессора 1 по воздухопроводу поступает вверх и входя в силовое взаимодействие с находящейся в ней жидкостью,

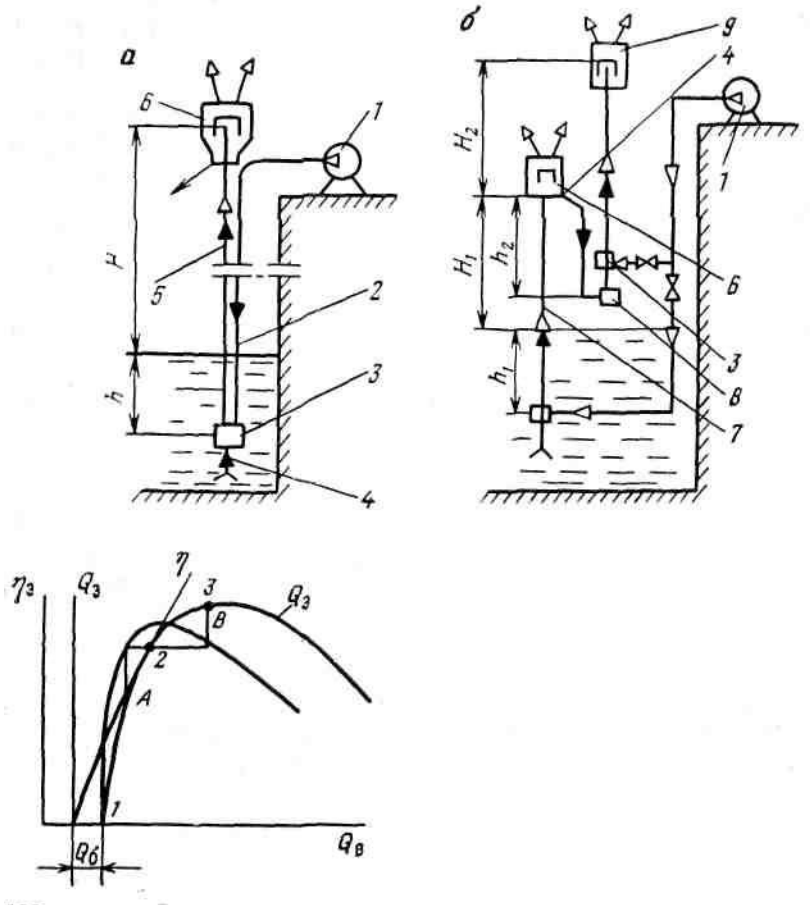


Рис.81. Гидравлические схемы одноступенчатого (а) и многосекционного (б) эрлифтов

Рис. 82. Расходная характеристика эрлифта

увлекает ее с собой. Подъем газожидкостной смеси осуществляется за счет энергии расширения сжатого воздуха. Процесс расширения сжатого воздуха, происходящий при интенсивном перемешивании с движущейся водой, можно считать изотермическим. При выходе из верхнего конца подъемной трубы в воздухоотделителе происходит разделение жидкой и газообразной фаз. Вода

или пульпа, отражаясь от отражателя, направляется в нижнюю часть воздухоотделителя и отводится по трубе на слив, а воздух по зазору между корпусом воздухоотделителя и отражателем выходит в атмосферу. Для предотвращения обратных выбросов сжатого воздуха ниже смесителя устанавливают всасывающий трубопровод, а в эрлифтах, предназначенных для откачки пульпы, на конце всасывающего трубопровода - специальное всасывающее устройство.

В зависимости от расположения подъемной трубы относительно воздухопровода различают эрлифты с внешним (боковым) и внутренним (центральным) воздухопроводом. Последние более металлоемкие, так как в них часть сечения подъемной трубы занята воздухопроводом. Такие эрлифты рациональнее использовать при условии расположения их в скважинах. При откачке воды с водоулавливающих колец вертикальных стволов и последовательной работе на многосекционных установках применяются эрлифты с U-образным всасывающим трубопроводом (рис. 81, б).

Глубина погружения эрлифта h определяется давлением сжатого воздуха у смесителя или глубиной емкости, в которой расположен эрлифт. Отношение $h/(H+h)=\alpha$ называется относительным погружением эрлифта и является одним из основных расчетных параметров, который рекомендуется принимать в пределах от 0,2 до 0,5.

Характеристику эрлифта (рис. 82) строят в координатах расход сжатого воздуха Q_B - подача эрлифта Q_B при $\alpha = const$. Точка 1 соответствует заполнению всей подъемной трубы эрлифта водовоздушной смесью при нулевой подаче (барботаж), точка 2 - оптимальному режиму работы эрлифта при максимальном к.п.д, точка 3 - режиму его максимальной подачи. Рабочим считается участок характеристики между точками *A* и *B*, на котором η не менее 0,85 максимального значения. Подача эрлифта по воде (гидросмеси) при неизменных глубине погружения *h* и высоте подъема *H* зависит от расхода сжатого воздуха, минимальное значение которого $Q_б$.

Удельный расход q воздуха зависит, в основном, от относительной глубины погружения и определяется экспериментально для длинных (рис. 83, а) и коротких (рис. 83, б) эрлифтов.

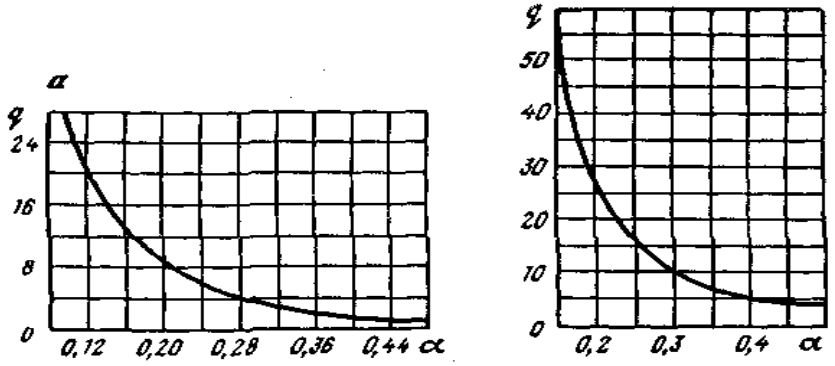


Рис.83. Зависимости удельного расхода воздуха от относительного погружения для длинных (а) и коротких (б) эрлифтов

Эрлифт обладает важным свойством самовыравнивания - приспособления подачи при постоянном расходе воздуха к изменяющемуся притоку воды. Рост притока по сравнению с нормальным приводит к повышению уровня воды и росту относительного погружения, что снижает удельный расход воздуха (рис. 84) и при его постоянном расходе увеличивает подачу. При снижении притока соответственно уменьшается относительное погружение, увеличивается удельный расход и снижается подача.

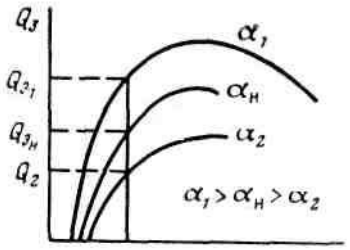
При значительной высоте подъема и относительном погружении менее 0,15 применяют многосекционные эрлифты (см. рис. 81,б). Секции проектируют таким образом, чтобы относительное погружение каждой было не менее 0,3-0,4. Первая секция 7 погружена на глубину h_1 и поднимает гидросмесь на высоту H_1. Из воздухоотделителя 6 гидросмесь по трубопроводу 4 поступает в промежуточное приемное устройство второй секции 8 и через смеситель 3 по подъемной трубе направляется в другой воздухоотделитель 9. Снабжение эрлифта воздухом осуществляется одним компрессором 1.

В случаях, когда невозможно обеспечить требуемую глубину погружения, используют схему совместной работы центробежного насоса и эрлифта (рис. 85). Вместо первой ступени эрлифта применяют насос 3, подача которого равна подаче эрлифта. Насос подает воду (гидросмесь) по нагнетательному трубопроводу 2. Ниже уровня, в котором напор насоса имеет наиболее высокое значение, расположен смеситель 1 эрлифта. При этом обеспечивается требуемое погружение.

Основной недостаток эрлифта - сравнительно низкий к. п. д. установки (примерно в 1,3-1,5 раза ниже, чем насосной). Но в определенных условиях, эрлифтный и насосный водоотливы по приведенным затратам могут быть одинаковыми, а по техническим данным эрлифтный водоотлив предпочтительнее.

Эрлифтный водоотлив по сравнению с насосным имеет следующие преимущества: выдача на поверхность загрязненной воды без осветления (ликвидируется трудномеханизируемый процесс очистки емкостей); возможность транспортирования гидросмеси с высокой концентрацией твердого крупностью, равной 0,3 диаметра подводящего трубопровода; минимальные размеры специальных подъемных выработок для водоотлива; расположение электромеханического оборудования (компрессорные установки) на поверхности; способность самовыравнивания, что обеспечивает автоматическое согласование колебания притоков с подачей эрлифта; снижение трудоемкости по техническому обслуживанию водоотливных установок и доли в ней ручного неквалифицированного труда.

Трубы эрлифта в зависимости от условий эксплуатации могут располагаться в скважинах или стволах. Необходимое погружение обеспечивается углубкой скважин или ствола на требуемую глубину или применением короткой первой секции эрлифта и использованием совместной работы грунтового насоса



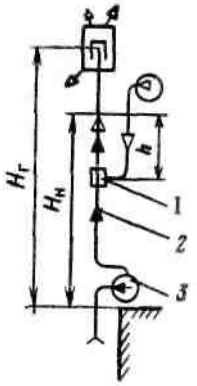


Рис.84 Расходные характеристики эрлифтов при различных относительных погружениях

Рис.85. Схема совместной работы эрлифта и насоса

Гидроэлеваторы используют в качестве средств забойного водоотлива при проходке наклонных выработок, а также на водоотливе и при механизации чистки зумпфов скиповых стволов. Условия применения гидроэлеваторов разнообразны, поэтому почти для каждой шахты необходимы индивидуальные конструкции.

Гидроэлеваторы (рис. 86) относятся к струйным нагнетателям. Рабочая вода поступает в гидроэлеватор по трубе 1 напорного трубопровода и далее в камеру смешения 3 через насадку 2. Из насадки вода выходит с большой скоростью, давление снижается. Вследствие этого жидкость увлекается струей из приемной камеры 5, и в ней создается пониженное давление. Разность между наружным давлением и давлением в подводе обеспечивает засасывание снаружи жидкости или воздуха, которые поступают по подводящей (всасывающей) трубе 6. Два потока рабочей и транспортируемой жидкости поступают в камеру смешения 3, где происходит передача части энергии рабочего потока транспортируемой. Пройдя через камеру смешения, суммарный поток через диффузор 4 поступает в нагнетательный трубопровод.

Полезный напор, сообщаемый транспортируемой жидкости в гидроэлеваторе, определяется разностью полных напоров на выходе из диффузора и в подводе при постоянных значениях давления рабочей жидкости перед насадкой. Ее расход при этом условии практически не изменяется.

Напорные характеристики гидроэлеватора до момента наступления кавитации представляют собой прямые линии. Напорные характеристики в абсолютных значениях присущи определенному типоразмеру. Если параметры гидроэлеваторов представить в безразмерном виде, то они будут одинаковыми для подобных конструкций гидроэлеваторов.

Вид безразмерной характеристики гидроэлеватора в координатах $\hbar = f(\beta), \eta = f(\beta)$ зависит от модуля m и совершенства геометрии проточной части β (рис. 87, а). Вертикальные участки характеристики получены при работе гидроэлеватора в кавитационном режиме. Экспериментально установлена зави-

симость между модулем т и коэффициентом напора шахтных гидроэлеваторов (рис. 87, б) в режимах с максимальным значением к.п.д.

Площади сечений патрубка для подвода рабочей воды к насадке приемной камеры, подводящего патрубка и диффузора на выходе должны быть таки-

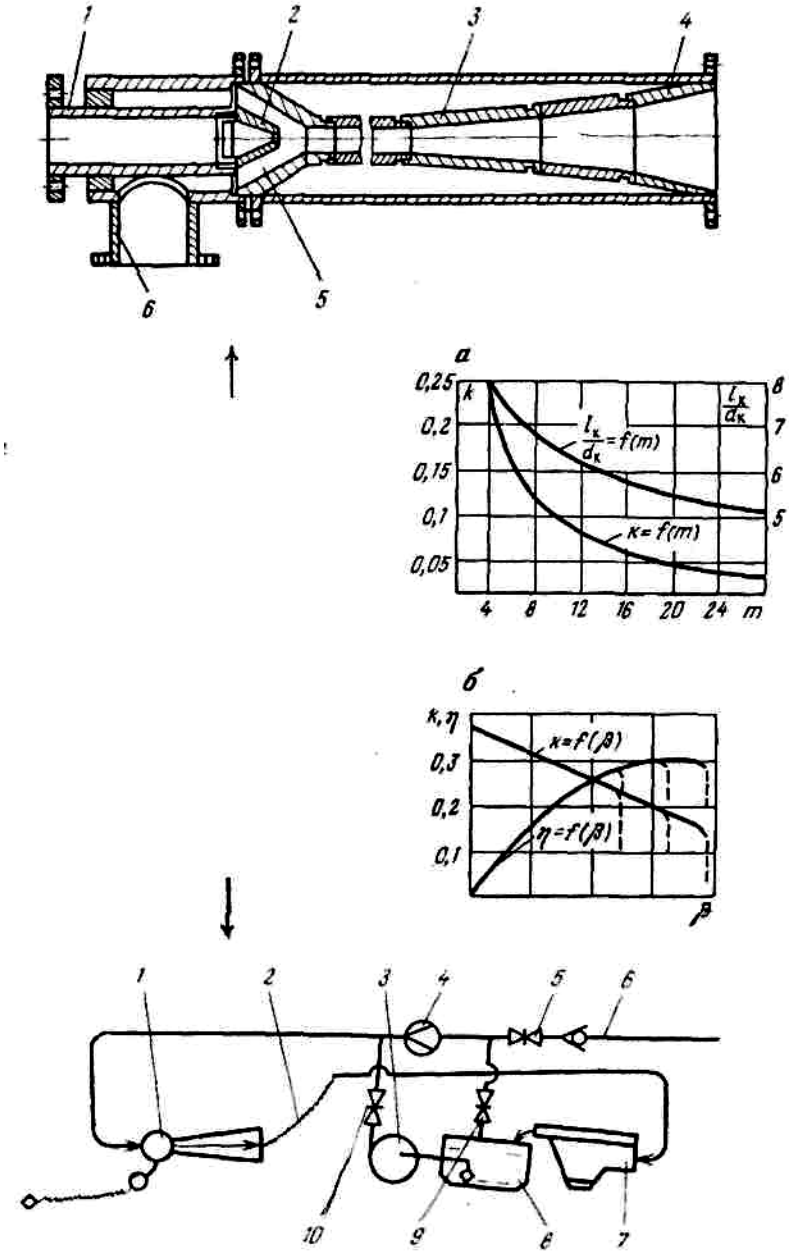


Рис.86. Конструкция гидроэлеватора

Рис.87. Безразмерные характеристики гидроэлеваторов

Рис.88. Схема гидроэлеваторного водоотлива при проведении наклонных выработок

ми, чтобы скорости движения потоков жидкостей были примерно одинаковыми и равными 1,5 - 1,8 м/с.

Для значительного числа шахт при проведении вертикальных и наклонных выработок притоки воды превышают 5 $м^3$/ч, что усложняет технологию проходки их и условия труда шахтеров. Применяющиеся для водоотлива вин-

товые насосы не обеспечивают надежной откачки и требуют больших затрат труда по обслуживанию и управлению. Технико-экономические расчеты показывают, что гидроэлеваторы экономически целесообразно использовать вместо винтовых насосов *1В* и центробежных насосов с пневмоприводом *Н-1М* практически во всем диапазоне изменения притоков и напоров, требуемых для откачки воды из забоя на вышележащий горизонт.

Генератором гидравлической энергии в передвижной водоотливной установке (рис.88) при проведении наклонных выработок является центробежный насос 3, одна часть подачи которого используется в качестве рабочей воды для гидроэлеватора 1. Суммарный расход рабочей и откачиваемой из забоя воды по напорному трубопроводу 2 гидроэлеватора поступает в передвижной предварительный отстойник 7 непрерывного действия, где из воды выделяют крупные частицы твердого материала размером более 0,2 мм. Частично осветленная вода поступает в регулировочно-аккумулирующую емкость 8. Другую часть подачи насоса, равную подаче гидроэлеватора, по напорному трубопроводу 6 откачивают на вышележащий горизонт. Рабочий режим насоса настраивают дросселем 4 и задвижками 5 и 10. Настройку осуществляют при работающей установке по уровню воды в регулировочно-аккумулирующей емкости. Сливной трубопровод с задвижкой 9 служит для регулирования подачи установки, когда вода из забоя откачивается насухо. Вследствие возможных подсосов воздуха снижают подачу гидроэлеватора и уровень воды в регулировочной емкости. Открытие задвижки на сливном трубопроводе снижает также подачу установки на вышележащий горизонт.

Первоначально гидроэлеватор располагают на расстоянии 5-6 м от забоя. По мере его продвигания наращивают гибкий подводящий трубопровод с обратным клапаном, а затем, ближе к забою, перемещают сам гидроэлеватор. При переноске его вода из трубопроводов, расположенных ниже насоса, сливается в забой, поэтому для последующего запуска установки пополняют запас воды в регулировочно-аккумулирующей емкости до объема, равного объему слитой из трубопроводов воды. При необходимости вода может поступать из напорного трубопровода 6 или из противопожарного става.

Насос и емкость переносят ближе к забою в том случае, когда напор гидроэлеватора оказывается недостаточным для подъема воды в отстойник 7. После каждого перемещения насоса следует уменьшать сопротивление дросселя 4 в соответствии с увеличением напора, необходимого для откачки воды на вышележащий горизонт. Максимальное расстояние между насосом и гидроэлеватором определяется техническими параметрами насоса, гидроэлеватора и углом наклона выработки к горизонту.

Тема 3.3. Совместная работа насосов. Насосные камеры и водосборники

3.3.1. Причины и способы включения насосов для совместной работы

В. практике возможны случаи совместной работы на общий трубопровод насосов, соединенных последовательно или параллельно.

При последовательном соединении насосов, необходимом для увеличения напора установки, один насос всасывает воду из приемного колодца и нагнетает ее в подводящий патрубок второго насоса, который по напорному трубопроводу подает воду до места слива ее.

При параллельном соединении насосов, необходимом для увеличения подачи установки при той же геометрической высоте, что и для одного насоса, каждый из насосов всасывает воду из водосборного резервуара и подает ее в общий напорный трубопровод.

Параллельное соединение используют в тех случаях, когда нет в наличии насосов, обеспечивающих заданную относительно большую производительность. Для практики рудничных водоотливных установок это тот случай, когда наряду с большой производительностью необходимы и высокие напоры насосных агрегатов. В общем случае при прочих равных условиях с ростом номинальной подачи увеличивается коэффициент быстроходности лопастных насосов, а, следовательно, повышаются технические показатели и эффективность их эксплуатации. Поэтому в каждом конкретном случае следует стремиться к обеспечению заданной производительности одним насосным агрегатом.

При параллельном соединении два или несколько насосов, установленных около общего или раздельных водосборников и снабженных индивидуальными всасывающими трубопроводами, имеют общий участок нагнетательного трубопровода. Методика определения рабочего режима водоотливной установки с параллельным соединением насосов основывается на следующем положении. Если режим работы параллельно соединенных насосов установился и расход жидкости не изменяется во времени ($Q = const$), то напор, создаваемый каждым насосом в начале общего участка нагнетательного трубного става, будет одинаков и, по-видимому, равен сопротивлению этого участка, а производительность насосной станции равна сумме подач, обеспечиваемых отдельными насосами.

Параллельное соединение насосов может быть выполнено по двум схемам, представленным на (рис. 89) (диаграммы *а* и *в*).

При первой схеме (рис. 89, а) насосы установлены рядом на одной насосной станции, а их индивидуальные участки нагнетательных трубопроводов до точки соединения с общим трубным ставом одинаковы и пренебрежимо малы. Одинаковыми являются и индивидуальные участки всасывающих трубопроводов. Рабочий режим водоотливной установки в этом случае определяется по

точке пересечения суммарной напорной характеристики насосов с напорной характеристикой общей внешней сети.

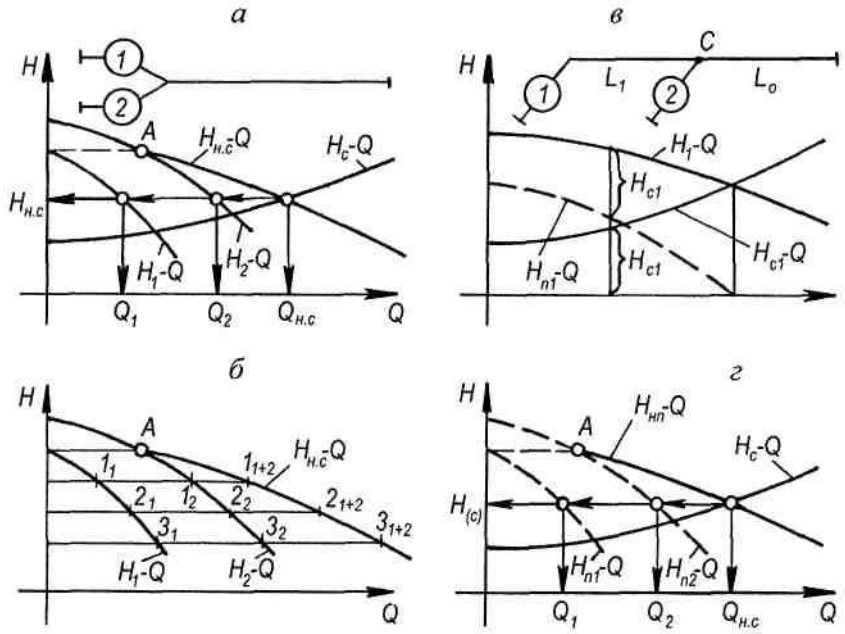


Рис. 89. Определение рабочего режима параллельного соединения лопастных насосов

Суммарная напорная характеристика параллельно соединенных насосов строится графическим сложением их индивидуальных характеристик по оси расходов. Применительно к двум насосам в параллельном соединении построение их суммарной напорной характеристики показано на (рис. 89, б). Если насосы неоднотипны, то сложение характеристик производится в пределах ординат наиболее низкой индивидуальной напорной характеристики $H_1 - Q$ насоса 1 (рис.89, а), а точка A ограничивает слева рабочую зону суммарной характеристики насосов. Совместная работа насосов при режимах левее точки A не обеспечивает увеличения расхода водоотливной установки и теряет смысл. В этом случае насос 1 с низкой характеристикой будет работать в тормозном режиме, поглощая некоторую часть расхода и мощности насоса 2 с более высокой напорной характеристикой. После определения суммарного рабочего режима параллельно соединенных насосов обратным построением (рис. 89, а) находят рабочие режимы и соответствующие расходы Q_1 и Q_2 каждого насоса.

При второй схеме (рис. 89, в) индивидуальные участки нагнетательного трубопровода одного или всех параллельно соединенных насосов имеют значительную длину. В этом случае напорную характеристику $H_1 - Q$ каждого насоса приводят к точке C (началу общего участка нагнетательного трубопровода) графическим вычитанием из нее напорной характеристики $H_{1c} - Q$ индивидуального участка трубопровода, как это показано для насоса 1 на диаграмме (рис. 89, е).

Суммарная приведенная характеристика насосов $H_{un} - Q$ строится по индивидуальным приведенным характеристикам $H_{n1} - Q$ и $H_{n2} - Q$ графическим сложением по оси расходов аналогично ранее рассмотренному случаю, а ее пе-

ресечение с характеристикой $H_c - Q$ общего участка трубопровода протяженностью L_o определяет рабочий режим установки (рис. 89, г). Обратным построением находят производительности Q_1 и Q_2 каждого из насосов, а по индивидуальным характеристикам определяют соответствующие им напоры.

С целью недопущения работы насосов с низкими напорными характеристиками в зонах малых к.п.д или тормозных режимах стремятся иметь однотипные насосы в параллельном соединении. В этом случае суммарную напорную характеристику находят умножением абсцисс индивидуальной характеристики на количество насосов в параллельном соединении или, что равнозначно, умножением шкалы расходов на число насосов.

Последовательное соединение используют при больших сопротивлениях внешней сети, когда одна машина не обеспечивает заданные напор и производительность насосной установки.

Реализация высоких напоров насосами с одним лопастным рабочим колесом считается нецелесообразной, так как приводит к уменьшению коэффициента быстроходности n_s насоса, с соответствующим снижением его к.п.д. Поэтому для указанных выше условий разработаны и освоены промышленностью многоступенчатые насосные агрегаты, являющиеся разновидностью последовательного соединения насосов.

При последовательном соединении насосов (рис. 90) жидкость поочередно проходит проточные каналы рабочего колеса каждого из них, получая соответствующее приращение напора. Если режим работы последовательно соединенных насосов установился и расход водоотливной установки не изменяется во времени ($Q = const$), то производительность Q_1 каждого из насосов, включенных в последовательное соединение, одинакова и равна их общему расходу $Q_{н.с}$, а общий напор (суммарный напор насосной станции $H_{н.с}$) определяется как сумма напоров H_i, каждого из них.

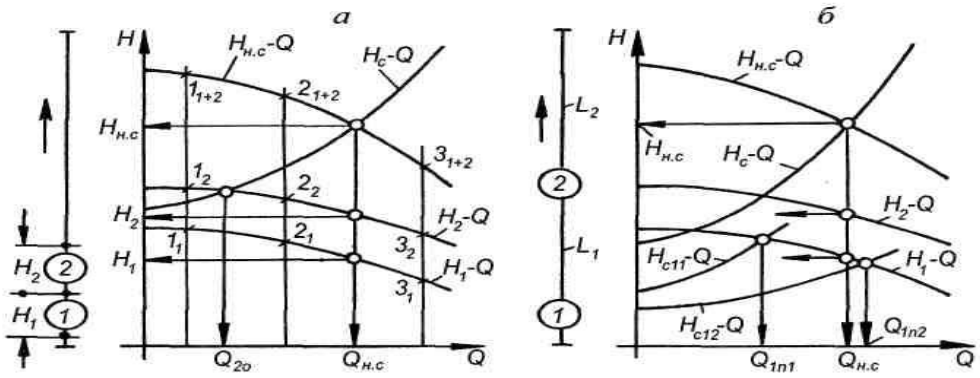


Рис. 90. Графический анализ рабочих режимов последовательного соединения насосов

На этом основан общий принцип графического построения суммарных напорных характеристик последовательного соединения насосов и определения их рабочего режима. Если заданы индивидуальные напорные характеристики

$H_1 - Q$ и $H_2 - Q$ каждого из двух последовательно соединенных насосов (рис. 90, а), то суммарная их напорная характеристика $H_c - Q$ строится графическим сложением индивидуальных по оси напоров. Рабочий режим насосов определяется точкой пересечения суммарной напорной характеристики последовательно соединенных насосов с напорной характеристикой внешней сети.

Обратным построением могут быть определены режимы работы и соответствующие им напоры H_1 и H_2 каждого из последовательно соединенных насосов. Применительно к условиям, отображенным на (рис. 90, а,) точка с абсциссой Q_{2o} является ожидаемым рабочим режимом насоса 2 при его самостоятельной работе на заданную внешнюю сеть. При включении в работу только насоса 1 производительность водоотливной установки будет равна нулю, так как напорная характеристика указанного насоса не имеет точек пересечения с напорной характеристикой общей внешней сети.

Если последовательное соединение выполняется на базе однотипных насосов с одинаковой индивидуальной напорной характеристикой, умножением ординат (напоров) последней на количество насосов получают суммарную напорную характеристику такого соединения. По-видимому, равнозначным такому определению суммарной напорной характеристики является умножение шкалы напоров индивидуальной характеристики на число насосов. Именно так поступают, когда необходимо построить напорную характеристику многоступенчатого насоса по заданной паспортной характеристике одной ступени.

Последовательное соединение насосов, как и параллельное, может быть реализовано по двум схемам: с сосредоточением насосов на одной насосной станции или с их рассредоточением по трассе трубопроводов.

При первой схеме (рис. 90, а), когда насосы сосредоточены на одной насосной станции, второй насос находится под повышенным давлением. Такое давление может оказаться нерасчетным для корпуса и уплотнительных узлов насоса. Заводы-изготовители обычно гарантируют нормальную работу насосов, если давление в их корпусе не превышает более чем в два раза расчетное давление при номинальной подаче. Поэтому сосредоточение на одной насосной станции более двух насосов не рекомендуется.

При второй схеме (рис. 90, б) насосы рассредоточены по трассе трубопроводов и монтируются на отдельных насосных станциях. Головную 1 и перекачивающую 2 насосные станции соединяет участок трубопроводов длиной L_1. В этом случае помимо графического анализа рабочего режима водоотливной установки, выполняемого таким же образом, как и при первой схеме (см. рис. 101, а), дополнительно должна быть определена предельная производительность Q_{1n} головной насосной станции на участке L_1 трубопровода. Она определяется по точке пересечения напорной характеристики $H_{c1} - Q$ участка трубопровода между насосными станциями с напорной характеристикой $H_1 - Q$ головного насоса. Установка будет работать нормально, если $Q_{1n2} \geq Q_{H,C}$. Если же $Q_{1n1} < Q_{H.C}$, как это в качестве примера показано на рис. 101, тогда перекачива-

ющий насос будет работать в кавитационном режиме с производительностью $Q = Q_{1n1}$. Такую же производительность в этом случае.

Смешанное соединение выполняется в виде нескольких групп последовательно соединенных насосов, которые параллельно работают на общий участок нагнетательного трубопровода. В этом случае последовательно соединенные насосы обычно группируются на одной насосной станции и каждую такую группу можно рассматривать как насосный агрегат с несколькими ступенями, напорная характеристика которого определяется по методике описанной выше.

2. Назначение и устройство насосных камер и водосборников

Расположение в пределах околоствольного двора насосной камеры показано на (рис. 91, а). Камера 1 водоотливной установки закрепляется бетоном и соединяется с околоствольным двором 2 ходками 3, со стволом - ходком 4, выходящим в ствол не менее чем на 7 м выше почвы околоствольного двора. К камере примыкают два крыла водосборника - резервуары для сбора и осветления

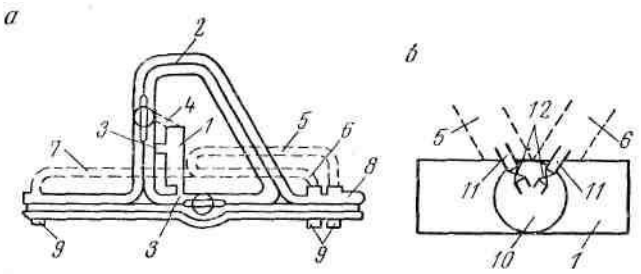


Рис.91. Схемы:
а - насосной камеры и водосборников; б - сопряжения водосборников с приемным колодцем

шахтной воды. Относительно камеры крылья водосборника имеют одностороннее (крылья 5 и 6) или двустороннее (крылья 6 и 7) расположение. Крылья водосборника пройдены наклонно: при сопряжении с откаточной выработкой 8 уровни этих выработок совпадают, при сопряжении с камерой уровень их ниже на 5-6 м уровня почвы насосной камеры. В камерах 9 устанавливаются лебедки для чистки водосборника. Сопряжение крыльев водосборника с камерой 1 показано на (рис. 91, б), где 10 - приемный колодец для подводящих трубопроводов насосов. Все резервуары отделены друг от друга бетонными стенками и могут сообщаться трубами 11 при открытии задвижек 12 маховичками, выведенными на уровень почвы камеры. Задвижки позволяют закрыть доступ воды к насосам из крыльев водосборника, открыть доступ воды к приемному колодцу из одного, другого или обоих сразу крыльев водосборника.

Приемную сетку с клапаном надо располагать ниже минимального уровня воды в колодце на 0,5 м, чтобы исключить подсасывание воздуха, и на 0,5 м

выше дна колодца, чтобы уменьшить вероятность попадания в насос твердого осадка. От стенок колодца приемная сетка должна находиться на расстоянии 0,3 м.

На (рис. 92) показано расположение оборудования в насосной камере. Общие для всех камер размеры указаны в миллиметрах, остальные размеры насосной камеры определяются в зависимости от размеров насосов. Для предохранения насосов от затопления почва насосной камеры должна быть выше отметки точки сопряжения квершлага или коренного штрека с околоствольным двором не менее чем на 0,5 м.

Для предохранения камеры от затопления на выходах из нее устанавливают герметические двери; со стороны водосборников герметичность достигается задвижками 8.

Согласно ПБ водосборник главной водоотливной установки состоит не менее чем из двух самостоятельных выработок (крыльев) и его вместимость соответствует не менее чем четырехчасовому нормальному притоку, и участковой установки - не менее чем двухчасовому нормальному притоку.

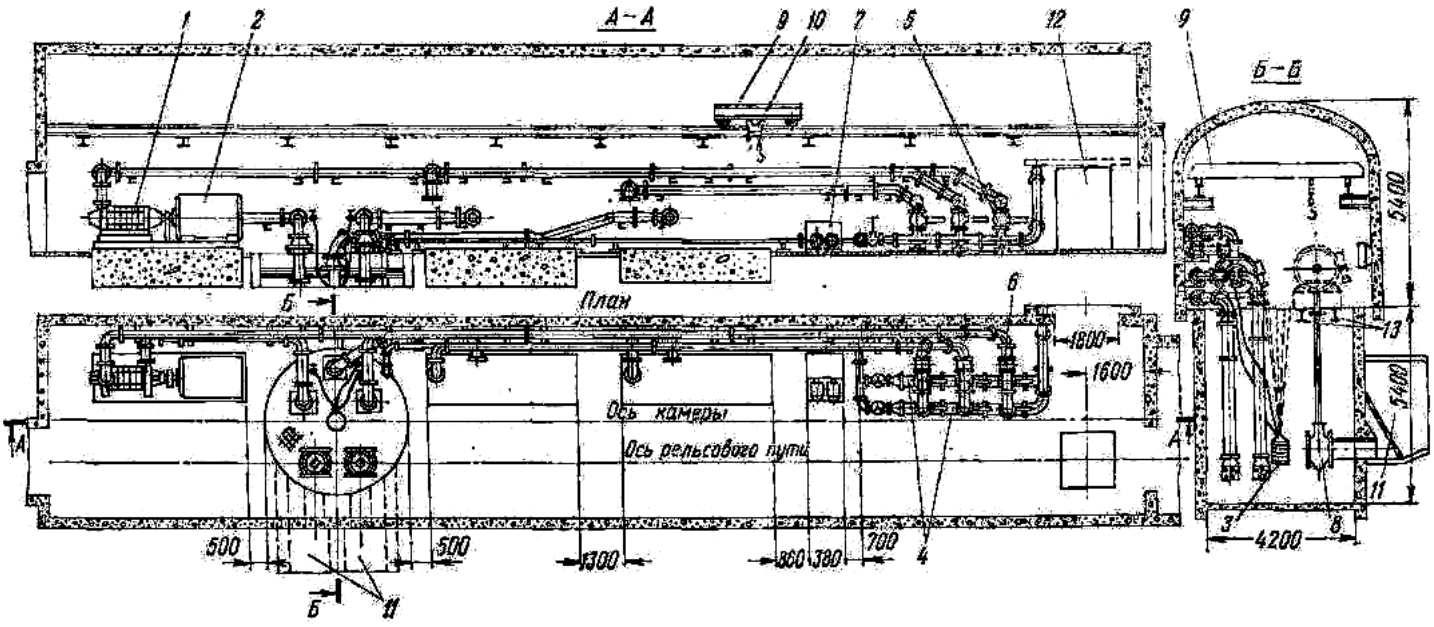


Рис. 92. Расположение оборудования в насосной камере:
1 - насосы; 2 - двигатели; 3 - заливочный погружной насос; 4 - трубный коллектор; 5 - распределительные задвижки; 6 - обратные клапаны; 7 - маслостанция гидропривода задвижек; 8 - задвижки колодца; 9 - крановая балка; 10 - кран подвесной; 11 - крылья водосборника; 12 - трубный ходок; 13 - рельсовый путь

Поперечное сечение водосборника соответствует сечению однопутевого штрека, а при вместимости более 1500 м^3 - двухпутевого.

Приемные колодцы круглые, закреплены бетоном, причем между стенкой колодца и фундаментом насосной установки должно быть не менее 200 мм. Для осветления воды перед поступлением ее в насосы дно колодца должно находиться на 1 ... 1,5 м ниже почвы водосборника.

Целесообразно применять водосборники с осветляющими резервуарами. Резервуар состоит из трех камер. Две из них, непосредственно примыкающие к выработке околоствольного двора, параллельны друг другу и разделены бетонной перемычкой. Третья камера, примыкающая к двум первым камерам, а с другой - к водосборнику, отделена от выработок бетонными стенками, но соединена с ними перепускными трубами. Последовательное расположение первых двух камер с третьей обеспечивает две ступени осветления.

Первые две камеры используются попеременно: при чистке от шлама одной из них во второй происходит осветление воды. При чистке третьей камеры вода попадает из первых камер непосредственно в водосборник по переливной трубе. Содержание взвешенных в воде частиц после осветления составляет 100 ... 150 мг/л, при нарушениях схемы осветления оно может увеличиться до 6000 мг/л.

Тема 3.4. Трубопровод водоотливных установок

3.4.1. Трубопроводы и коммутационная трубная арматура

Трубопроводы являются одним из ответственных элементов оборудования рудничного водоотлива. В зависимости от производительности водоотливные установки оборудуются трубами диаметром от 75 до 600 мм, находящимися под давлением до 10 МПа и более. Выход из строя трубопроводной сети водоотлива создает серьезную аварийную ситуацию на горном предприятии. Ее надежность обеспечивается соответствующей прочностью и коррозионной стойкостью труб и трубной арматуры, высоким качеством сборки и надлежащим техническим обслуживанием, а также резервными трубными ставами, которые являются обязательными для главных и участковых водоотливных установок.

Для оборудования трубопроводных сетей водоотливных установок используются преимущественно стальные трубы различных сортаментов. Применение чугунных водопроводных фланцевых труб допускается при геодезической высоте подъема воды до 100 м. Водоотливные установки высокого напора (свыше 250 м) оборудуются стальными бесшовными трубами.

При повышенной агрессивности откачиваемой воды применяют трубы с внутренним антикоррозионным покрытием. В рудничной практике для этих целей получили применение покрытия слоем цементного раствора, гуммирование, корундирование, освинцовывание а также комбинированные покрытия на древесной основе. Высокую оценку дают трубам с внутренним винипластовым покрытием. Наряду с высокой коррозионной стойкостью такие трубы обладают существенно меньшим гидравлическим сопротивлением. Кроме того, винипластовое покрытие не зарастает в процессе эксплуатации - на нем не откладываются различные механические примеси, содержащиеся в шахтной воде. При давлении в трубопроводе до 1,5 МПа на водоотливе применяют винипластовые и полиэтиленовые трубы.

Внутреннее давление в трубопроводе является основным силовым воздействием, определяющим толщину стенки труб. Вместе с тем трубопроводы подвержены также продольным растягивающим, сжимающим и изгибающим нагрузкам, проявляющимся при деформации горных выработок. Прокладываемые в шахтных стволах трубопроводы (трубные ставы) работают под давлением, возрастающим по мере перехода к нижним участкам. При большой глубине шахт разница в давлениях становится существенной. По расчетному давлению насосной станции водоотлива выбирают трубы для нижних участков трубного става. Через каждые 150-200 м вверх толщину стенок става уменьшают, чтобы его облегчить и уменьшить тем самым нагрузки на элементы крепи ствола, воспринимающие вес трубного става.

На (рис. 93) представлена схема прокладки трубного става в вертикальном шахтном стволе. В местах стыковки труб используются преимущественно

фланцевые соединения с мягкими уплотняющими прокладками. Причем предпочтение отдается поворотным фланцам (см. рис. 94, д), существенно упрощающим сборку става. Сборка става должна быть такой, чтобы он не висел на скрепляющих фланцы болтах. В противном случае возможно нарушение уплотнений в местах стыковки труб. Весь трубный став делится на участки дли-

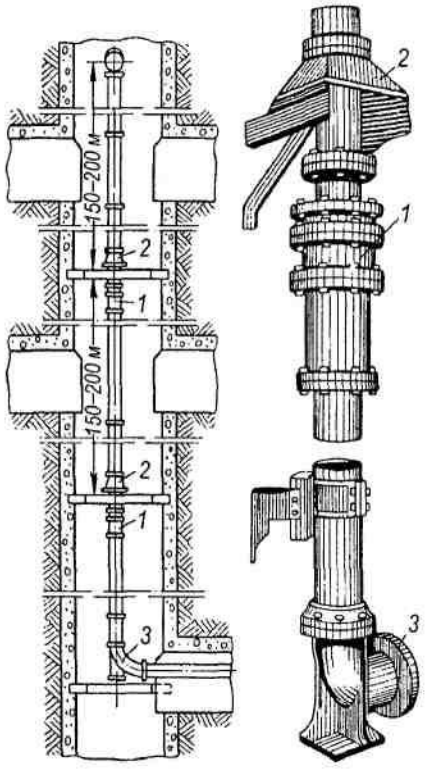


Рис.93. Схема прокладки трубного става в шахтном стволе

ной 100-150 м. Нижний участок передает свой вес на опорное колено 3, установленное на выходе из трубного ходка насосной камеры. Вес последующих участков воспринимают трубные башмаки 2, снабженные опорными плитами с укосинами. Под башмаком монтируется сальниковый компенсатор 1, конструкция которого представлена на (рис. 94, в). Компенсатор обеспечивает подвижное соединение двух участков трубного става - концевая труба нижнего участка свободно входит в сальниковый раструб верхнего участка. Компенсатор необходим и для выполнения своей основной функции - компенсации температурных изменений длины трубопроводов.

Между опорными башмаками устанавливают направляющие рамки или хомуты, расстояние между которыми зависит от диаметра труб и составляет от 8 до 20 м.

В наклонных и горизонтальных горных выработках трубопроводы подвешиваются на кронштейнах вдоль стенок и закрепляются зажимными опорами. На поверхности шахты (карьера) трубы прокладывают на бетонных или деревянных подкладках. Места неизбежных провисов трубопроводов снабжают

выпусками, оборудованными кранами или задвижками для выпуска воды при длительных остановах в периоды с отрицательными температурами.

Главные водоотливные установки имеют сложные ветвленные трубопроводные сети. В них выделяют три участка: участки всасывающих трубопроводов, участок коммутации и магистральный участок. Всасывающие трубопроводы индивидуальны для каждого из рабочих и резервных насосов. Магистральные трубопроводы, как правило, являются общими для всей насосной станции водоотлива. Их количество зависит от количества насосов на насосной станции и регламентируется Правилами безопасности. Задачей коммутационной части является обеспечение надежного независимого подключения любого из насосов на любой из магистральных трубопроводов. Эта задача решается за счет использования соответствующей коммутационной арматуры, наиболее распространенные конструкции, которой представлены на (рис. 94).

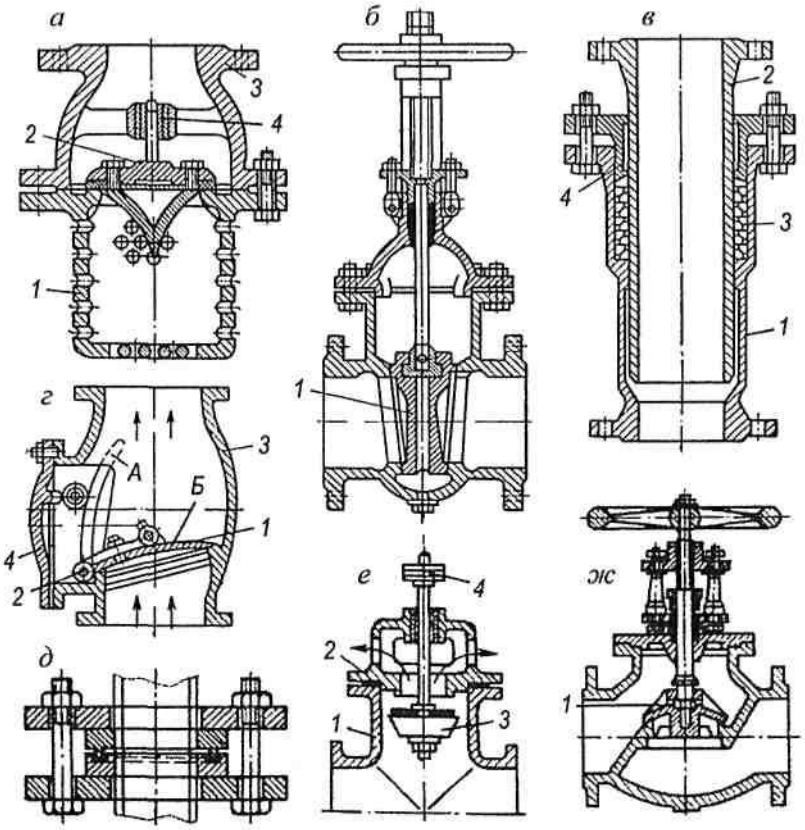


Рис. 94. Арматура трубопроводов водоотливных установок

Всасывающий участок является наиболее простым. Его длина должна быть по возможности минимальной, что особенно важно при положительной высоте всасывания. Всасывающий наконечник трубопровода оборудуется храпком (рис. 94, а), который имеет сборнолитую или сварную конструкцию. Нижняя часть 1 (приемная сетка) выполнена в виде цилиндра с отверстиями диаметром 3-5 мм или металлического каркаса, обтянутого сеткой. Суммарная площадь отверстий приемной сетки должна быть в три-четыре раза больше по-

перечного сечения всасывающего трубопровода. Клапан 2 смонтирован в верхней корпусной части 3 и под действием перепада давлений перемещается в направляющей втулке 4, обеспечивая перекрытие обратного тока жидкости при останове насоса и возможность его последующего пуска без предварительной заливки.

Задвижка (рис. 94, б) и вентиль (рис. 94, ж), служащие для полного или частичного (дросселирования) перекрытия трубопровода, различаются направлением потока в их проточной части. В задвижке перекрывающий элемент 1 перемещается перпендикулярно потоку, не меняя его направления. В вентиле этот элемент перемещается навстречу потоку, форма которого является более сложной, в связи, с чем вентили, имея лучшую герметизирующую способность, обладают и более высоким гидравлическим сопротивлением. Конструкции вентилей и задвижек весьма разнообразны.

Обратный клапан (рис. 94, г) предназначен для мгновенного перекрытия трубопровода при отключении насосного агрегата. Перекрывающий элемент 1 укреплен на шарнире 2 и удерживается в положении *А* потоком жидкости. *В* положение *Б* он переводится автоматически под действием собственного веса, не допуская обратного движения жидкости. *В* корпусе 3 предусмотрена крышка 4 для ревизии и ремонта перекрывающего элемента.

Сальниковый компенсатор (рис. 94, в) представляет собой раструб 1, в который свободно вставлен наконечник трубопровода 2. В зазоре между раструбом и наконечником размещены сальниковые уплотнения 3, затяжка которых производится зажимной втулкой 4. При изменении длины участка трубопровода из-за колебаний температуры наконечник свободно перемещается в раструбе. Раструб компенсатора жестко соединяют с опорой трубопроводного става, в то время как крепление труб к опорам между компенсаторами должно обеспечивать возможность их относительного смещения вдоль оси трубопровода. Сальниковые компенсаторы часто устанавливают на входе в насос и на выходе из него. В этом случае они выполняют роль телескопических устройств, существенно упрощающих и облегчающих монтажно-демонтажные работы при ремонтах насосов.

Вантуз (рис. 94, е) состоит из корпуса 1, присоединенного к патрубку трубопроводного става, и крышки 2 с выпускным отверстием, перекрываемым поплавковым клапаном 3. По мере накопления воздуха под крышкой уровень воды в корпусе понижается и под действием веса грузовых пластин 4 поплавковый клапан опускается, открывая выход воздуху, накопившемуся в трубопроводе из-за его подсоса насосом при пониженном уровне воды в приемном зумпфе.

3.4.2. Коммутационные схемы главных водоотливных установок

Главные водоотливные установки шахт и карьеров являются наиболее ответственными. Их гидравлические коммутационые схемы должны исключать

возможность появления аварийных ситуаций, при которых возникает опасность затопления горных выработок. Поэтому на главных водоотливных установках предусматриваются значительный резерв насосных агрегатов, готовых к вводу в эксплуатацию при выходе из строя рабочих насосов, а также резервные трубопроводные ставы. Надежность работы и оперативность ввода резерва обеспечиваются соответствующей схемой коммутационного участка трубопроводной сети и необходимым набором трубопроводной арматуры.

Применяемые в настоящее время коммутационные схемы подключения насосов к нагнетательным трубопроводам весьма разнообразны. Выбор схемы коммутации зависит от количества насосов и трубопроводов, диаметра последних и других факторов.

На (рис. 95, а) показана типовая коммутационная схема главной водоотливной установки, оборудованной тремя насосными агрегатами. Насосы 1 имеют индивидуальные всасывающие трубопроводы 2 и нагнетательные стояки 3. Каждый стояк оборудован оперативной задвижкой 4, используемой при пуске-останове насоса и для регулирования его рабочего режима, и обратным клапаном 5, защищающим водоотливную установку от гидравлического удара при внезапном аварийном отключении насосного агрегата. Стояк соединяется с кольцевой сетью 6 насосной станции посредством тройника. Плечевые задвижки 7 и 8 обеспечивают подключение насосных агрегатов к любому из двух трубных ставов - рабочему 9 или резервному 10. Кольцевая сеть соединена с трубными ставами сальниковыми компенсаторами 11, исключающими передачу на арматуру и насосные агрегаты нагрузок, обусловленных температурными изменениями длины трубопроводов. Всасывающие трубопроводы снабжены наконечниками - храпками с обратными клапанами 12 и приемными сетками 13 и опущены в индивидуальные водозаборные колодцы - приемные зумпфы 14, сообщенные с коллектором 15.

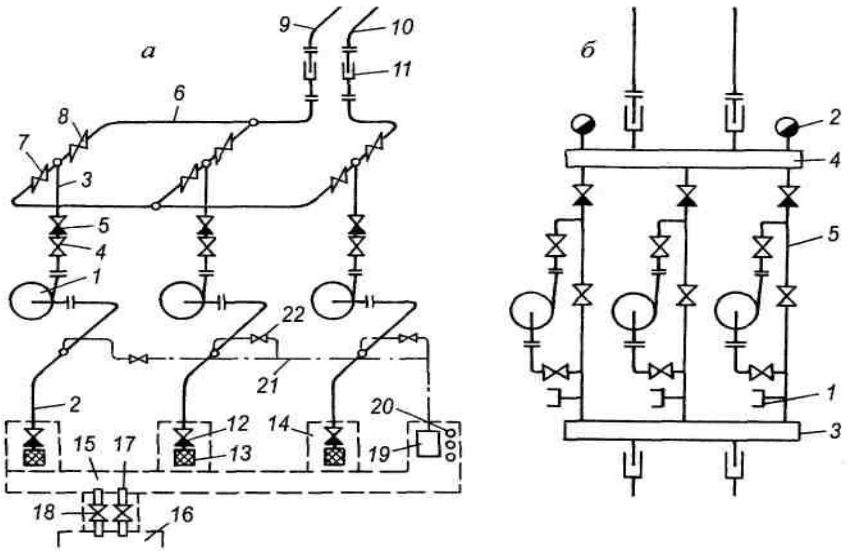


Рис. 95. Коммутационные схемы главной водоотливной установки (а) и перекачивающей станции (б)

Вода из водосборника 16 поступает в коллектор через перепускные трубы 17, оборудованные задвижками 18 и смонтированные в специальном перепускном колодце. Заливочный насос 19 имеет собственный индивидуальный водозаборный колодец, в котором обычно устанавливают также реле уровня воды 20, посредством его осуществляют управление пуском и остановом основных насосных агрегатов водоотливной установки. Заливочная магистраль 21 подключается посредством вентилей 22 к всасывающим линиям рабочего и резервных насосов.

Достоинством рассмотренной коммутационной схемы является то, что она позволяет любой насос переключить независимо от других на любой из двух магистральных трубопроводов. Кроме того, эту коммутационную схему характеризует относительно небольшое количество задействованной коммутационной арматуры и соответственно незначительное ее суммарное сопротивление, не превышающее, как показывает практика, 0,02-0,03 МПа.

Вместе с тем при такой схеме коммутации насосов кольцевой трубопровод располагается в потолочной части насосной камеры. Ее применение при подаче насосов более 300 м /ч считается нецелесообразным, так как в этом случае диаметр и вес кольцевого трубопровода становятся значительными, что затрудняет его монтаж и крепление в верхней части камеры. Определенные трудности возникают и в размещении кранового оборудования во время монтажа и ремонта насосных агрегатов. Кроме того, при увеличении диаметра трубопроводов возрастает вероятность утечек через стыковые уплотнения, а следовательно, возрастает опасность воздействия влаги на электрооборудование и аппаратуру управления насосами.

При жестком соединении насосов головной и перекачивающей станций многоступенчатых водоотливных установок наиболее рациональны коммутационные схемы с трубными коллекторами 3 и 4 соответственно на всасывающих и нагнетательных сторонах насосных агрегатов перекачивающих станций (рис. 95, б). Применение трубных коллекторов позволяет обеспечить включение насосов на любой из трубных станов при простой схеме разводки труб на станции. Каждый насосный агрегат перекачивающей станции имеет обводную магистраль 5, необходимую при его пуске.

Установка вантузов 1 на всасывающих линиях перекачивающих насосов обязательна. В этом случае они, наряду с выпуском в атмосферу воздуха, обеспечивают его впуск в перекачивающий насос при пусковых режимах последнего, что необходимо для избежания гидравлического удара при несоблюдении необходимой последовательности операций пуска насосных агрегатов. Сила гидравлического удара может быть в значительной степени снижена за счет установки воздушных компенсационных колонн 2 на нагнетательных линиях насоса. Компенсационные колонны представляют собой герметичные металлические емкости вертикальной трубчатой конструкции, заполненные воздухом и сообщенные в нижней своей части с трубопроводом. При гидравлическом ударе воздух в колонне сжимается, поглощая значительную часть энергии удара. Такие колонны рекомендуется устанавливать как на перекачивающих, так и на головных насосных станциях.

Тема 3.5. Измерительные приборы для контроля работы насосов

3.5.1. Назначение и конструкция приборов для контроля работы насосов

При эксплуатации и испытаниях насосов необходимо замерять напор (давление), подачу, частоту вращения вала и мощность,

Давление измеряется манометром, устанавливаемым на напорном патрубке насоса.

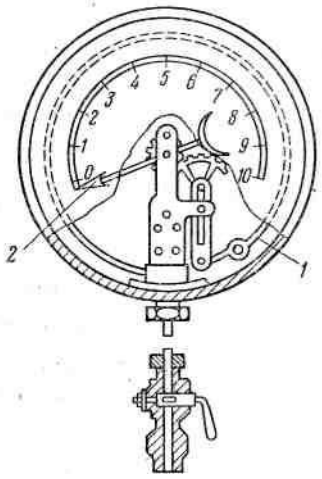


Рис. 96. Манометр

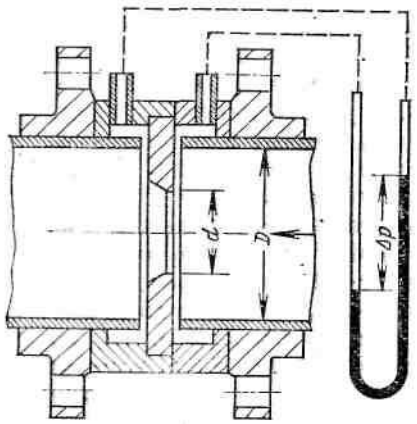


Рис. 97. Измерение подачи насоса с помощью диафрагмы и дифманометра

В манометре (рис. 96) имеется упругая латунная трубка 1 овального сечения. Один конец трубки запаян и соединен с помощью рычагов и зубчатой передачи со стрелкой 2. Другой конец трубки открыт и включается в напорный трубопровод. Трубка под действием разности измеряемого абсолютного p и атмосферного (барометрического) p_a давлений (p—p_a) будет выпрямляться при увеличении абсолютного давления и закручиваться при уменьшении этого давления, причем запаянный конец трубки будет перемещаться, и стрелка на шкале манометра покажет избыточное (манометрическое) давление $p_м$ — p — p_a. Для получения абсолютного давления необходимо к манометрическому прибавить давление атмосферного воздуха.

Вакуумметр, измеряющий разрежение, аналогичен по устройству манометру и устанавливается на подводящем патрубка насоса. Показываемое вакуумметром разрежение (вакуум) $p_в = p_a - p$.

Измерение подачи насоса производится механическими водомерами, а также расходомерами (дифманометрами) с использованием дроссельных устройств (диафрагм). Измерения с применением диафрагм основаны на замере перепада давления жидкости.

В механических водомерах использован принцип замера скорости течения воды в трубопроводе с помощью лопастной вертушки (аналогия с анемометром), которая связана со стрелками, указывающими на шкале водомера количество протекающей жидкости.

Диафрагма (рис. 97) представляет собой тонкий диск с отверстием, имеющим острую прямоугольную кромку со стороны входа жидкости. Диафрагма на напорном трубопроводе устанавливается таким образом, чтобы прямолинейный участок движения потока до диафрагмы был не менее 20 диаметров трубопровода, а после нее - не менее пяти диаметров.

Подача насоса ($м^3/с$), измеряемая посредством диафрагмы, определяется по формуле

$$Q = \alpha F_0 \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}},$$

где α - коэффициент расхода сужающего устройства, принимается по таблицам в зависимости от *d/D*;

$F_0 = \frac{\pi d^2}{4}$ - площадь отверстия сужающего устройства, $м^2$;

Δp - перепад давления в сужающем устройстве, измеренный дифманометром, Па;

ρ - плотность жидкости, $кг/м^3$.

Тема 3.6. Электрооборудование водоотливных установок

3.6.1. Электрооборудование водоотливных установок

На главных и участковых установках рудничного водоотлива в качестве привода насосов преимущественно используют электродвигатели. Двигатели внутреннего сгорания применяют на передвижных насосных станциях, предназначенных для аварийных откачек воды из водоемов, находящихся в значительном удалении от промплощадки шахты или карьера.

Электродвигатели насосов должны обеспечивать необходимую быстроходность и мощность при длительном режиме эксплуатации с относительно постоянной нагрузкой. Пусковые нагрузки насосов обычно не превышают 30-40 % от номинальной. Применительно к такому режиму работы наиболее экономичны асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором. Они просты по конструкции, надежны в работе и не требуют сложной пусковой аппаратуры, что особенно важно при автоматизации водоотливных установок. При номинальной мощности насосов более 100 кВт, как правило, используют высоковольтные двигатели специального исполнения с защитой обмоток от брызг и капежа. К ним относятся электродвигатели типа МА, ГАМ-6, ДАМ-6, ДАМТ-6 и ДАМСО. В приводе насосов небольшой мощности применяют единую серию низковольтных двигателей типа А, АО, КО и ВАО влагозащитного исполнения.

Для снижения пусковых токов насосные агрегаты мощностью более 500-700 кВт в ряде случаев оборудуют асинхронными двигателями с фазным ротором типа ФАМСО, а при мощности агрегатов свыше 1000-1400 кВт применяют асинхронные двигатели АЗП, ДАП и ДСП, а также синхронные электродвигатели.

Насосные агрегаты типа ЦТВ и НП оборудуют асинхронными короткозамкнутыми вертикальными электродвигателями серии АВ, АОВ и АВШ. В приводе погружных насосов применяют четыре типа электродвигателей: сухие, маслозаполненные, полусухие и водозаполненные. Корпус сухих погружных электродвигателей заполняют сжатым воздухом от компрессора, установленного на поверхности или помещенного между электродвигателем и насосом. В качестве нейтральной среды маслозаполненных электродвигателей используют трансформаторное масло. В электродвигателе полусухого типа обмотка статора имеет водонепроницаемую гильзу, а ротор вращается в воде. Обмотки водозаполненных электродвигателей имеют специальную изоляцию. На скважинных насосах типа ЭЦВ преимущественно используют погружные водозаполненные электродвигатели серии МАП-3 и ПЭДВ.

В приводе низковольтных двигателей насосов применяют магнитные пускатели типа П, ПМ и ПМВ, а при высоковольтных двигателях — распределительные устройства нормального использования типа РВНО-6, ВЯП-6, ЯЖ-16, ЯЖМ-16 и (КРУ) РВД-6 и др.

3.6.2. Системы управления водоотливными установками

Управление работой водоотливных установок может быть местным, дистанционным и автоматическим. При местном управлении все операции пуска и останова насосных агрегатов, а также контроль за их техническим состоянием и режимом работы выполняются машинистом водоотливной установки. При дистанционном управлении импульс на включение или отключение насосных агрегатов подается с диспетчерского пункта, остальные операции выполняются средствами автоматики. Автоматическое управление осуществляется соответствующими датчиками, контролирующими приток воды в горные выработки по ее уровню в приемном зумпфе.

Дистанционное и автоматическое управление предусматривает наличие соответствующих датчиков, обеспечивающих контроль режима работы водоотливной установки и технического состояния насосных агрегатов, а также передачу соответствующих сигналов (импульсов) на диспетчерский пульт или в управляющий блок аппаратуры автоматизации. Расстановка необходимых датчиков представлена на схеме автоматизированной водоотливной установки, изображенной на (рис. 98).

Режим работы насосов 2 (рис. 98) контролируется датчиками расхода 8 и давления 6. Техническое состояние (температуру) подшипниковых узлов насосов 2 и электродвигателей 1 контролируют термодатчики 7. Контроль притока воды в водосборник осуществляют электродные датчики уровня 12.

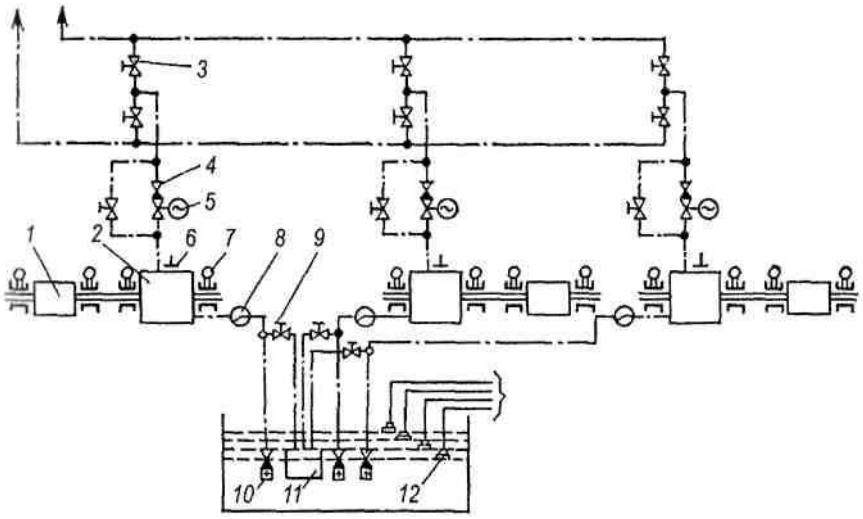


Рис. 98. Схема водоотливной установки с автоматическим управлением

Для заливки главных насосов водоотливной установки используется погружной насос 11, три нагнетательных трубопровода которого подключены через задвижки 9 к всасывающим трубопроводам главных насосов. Водозаборные устройства заливаемых насосов оборудованы обратными клапанами 10. Коммутационная схема нагнетательной сети главных насосов управляется обратными клапанами 4, задвижками с ручным приводом 3 и пусковыми задвижками с электроприводом 5.

Для автоматизации водоотливных установок в настоящее время разработано большое количество схем и комплектной аппаратуры, часть из которых освоена и серийно выпускается промышленностью. Применительно к автоматизации зумпфовых водоотливных установок выпускают комплекты аппаратуры типа АВО-3, АВ-5, АВ-7, АИГ-62П, ПВН-1м, АРВ-60, АРВ-61, ЛВВ-3м, КАВ, ВАВ и УАВ. Различие указанных схем и комплектов заключается в количестве насосов, одновременное управление которыми они обеспечивают, напряжении приводных электродвигателей, способе автоматической заливки насосов, принятой последовательности их пуска и конструкции основных датчиков. Автоматическое регулирование насосных агрегатов не предусматривается.

Совершенствование аппаратуры автоматизации водоотливных установок идет по пути создания универсальных схем, обеспечивающих управление любым числом насосных агрегатов при любом способе заливки и пуска их в работу. Такое управление обеспечивают комплекты аппаратуры КАВ, ВАВ и УАВ, схемы которых построены по блочному принципу. Основным узлом схем является счетно-решающее устройство, которое контролирует соответствие числа работающих агрегатов с программой. Последняя может задаваться любым способом: от реле уровня, с пульта диспетчера и пр. Управление насосными агрегатами осуществляют обособленные унифицированные блоки системы автоматизации.

Комплекты аппаратуры КАВ, ВАВ и УАВ обеспечивают автоматическое выполнение следующих операций: включение и отключение насосов в зависимости от уровня воды в водосборнике; поочередное включение в работу насосов для обеспечения надежного резерва; одновременное включение необходимого числа агрегатов при резком повышении уровня воды в водосборнике с соблюдением необходимой последовательности пуска и выдержки времени, чтобы исключить наложение пусковых токов и гидравлические удары; вывод на ремонт или в резерв любого насосного агрегата без нарушения нормальной автоматической работы остальных; контроль за режимом работы насосных агрегатов, их гидравлическую и электрическую защиту, а также защиту от перегрева подшипников; вывод на ручное или дистанционное управление любого числа насосов без нарушения нормальной автоматической работы остальных; световую и звуковую сигнализацию.

Скважинные водоотливные установки имеют, как правило, дистанционное полуавтоматическое управление. Применительно к насосам типа ЦТВ разработаны схемы автоматического включения и отключения агрегатов в зависимости от уровня воды в скважине.

Для контроля уровня воды в водосборниках водоотливных установок используют датчики различной конструкции. Наибольшее распространение имеют электродные, поплавковые и пневматические реле уровня воды. Для контроля давления в насосе, всасывающем и нагнетательном трубопроводах, а также для проверки правильности пуска в работу насосов и управления задвижками используются реле давления поршневого, мембранного и грузового типов. Аналогичные реле применяют для контроля заливки насосов. Контроль

расхода насоса обычно производят флажковым реле, устанавливаемым во всасывающем трубопроводе насоса. Эти реле просты по конструкции и надежны, однако не обеспечивают количественный контроль производительности насосов. Для измерения расхода жидкости используют нормальные диафрагмы, трубы и сопла Вентури в комплекте с дифференциальными манометрами.

Тема 3.7. Ремонт и эксплуатация водоотливных установок

3.7.1. Эксплуатация водоотливных установок

Техническое обслуживание оборудования водоотливных установок осуществляют в соответствии с инструкцией по эксплуатации и системой планово-предупредительных ремонтов, утвержденных главным инженером горного предприятия. Инструкцию и график ППР насосных агрегатов вывешивают в помещении насосной станции. Здесь же вывешивают и гидравлическую коммутационную схему водоотливной установки с числовыми индексами насосных агрегатов, трубопроводов, трубных соединений и трубопроводной арматуры, а также схемы электроснабжения, сигнализации и связи. На насосной станции главного водоотлива должен быть журнал приема-сдачи смен обслуживающим персоналом, а также журнал ремонтного обслуживания насосных агрегатов.

В инструкциях по эксплуатации водоотливных установок указываются: фамилии лиц, ответственных за надзор и текущее обслуживание; порядок приема-сдачи смены машинистами, а также пуска и перевода в резерв насосных агрегатов; объем работ по ежесменному осмотру оборудования; способы устранения мелких неисправностей; правила техники безопасности, а также порядок оповещения должностных лиц о выходе из строя насосных агрегатов и о других аварийных ситуациях.

Работы по текущему обслуживанию водоотливных установок, выполняемые машинистами или дежурными слесарями, заключаются во внешнем осмотре оборудования, в процессе которого выявляют и устраняют утечки воды через уплотнения стыков, производят подтяжку болтовых соединений, очистку приемных сеток, регулировку сальниковых уплотнителей, смазку подшипниковых узлов, контроль за состоянием шлангов, исправностью электрической аппаратуры и центровки насосного агрегата, а также режима работы насосов. Неисправности, требующие останова и разборки насосного агрегата, устраняет ремонтная бригада под наблюдением механика.

Осмотр автоматизированных насосных агрегатов производят после перевода их на ручное управление. Результаты осмотров и замеченные неисправности заносят в журнал приема-сдачи смен, а работы по устранению неисправностей указывают в журнале ремонтного обслуживания водоотливной установки.

Графики планово-предупредительных ремонтов оборудования водоотливных установок составляет служба главного механика горного предприятия на основе системы ежесменных, ежесуточных и еженедельных осмотров. Кроме того, проводятся периодические детальные осмотры, в процессе которых производят проверку исправности и технического состояния всех её узлов установки, при необходимости выполняют испытания насосных агрегатов и составляют реестры деталей, подлежащих ремонту или замене.

Обкаточные испытания во всех случаях производятся при расчетной скорости вращения насосного агрегата. Они имеют целью проверку качества сборки и продолжаются до тех пор, пока у всех трущихся поверхностей не установится постоянная температура, которая не должна превышать нормативов, установленных техническими условиями. Проверку напора производят не менее чем в трех точках рабочей области при постоянной частоте вращения.

Нормальные испытания проводятся с целью определения гидромеханических характеристик насоса. При этом измеряются и рассчитываются напоры и к. п. д. насосов при 20—25 подачах насоса в диапазоне, перекрывающем область промышленного использования. Кавитационные испытания с определением допускаемого кавитационного запаса или допустимой вакуумметрической высоты всасывания производятся при четырех - пяти режимах насоса, включая режимы, соответствующие границам рабочей области.

Схема универсального стенда для нормальных и кавитационных испытаний центробежных насосов представлена на (рис.99). Испытуемый насос 3 всасывающим и нагнетательным трубопроводами подключен к герметичному циркуляционному баку 13, который заполняется водой от внешней напорной магистрали 20 через вентиль 15 или байпас 14. Необходимый режим работы насоса устанавливается при помощи задвижки 10. При кавитационных испытаниях к циркуляционному баку подключается вакуум-насос 17, предварительное заполнение водой которого производится от внешней напорной магистрали 20 через подводящий трубопровод 19, снабженный вентилем. Вентиль 18 соединяет всасывающую сторону вакуум-насоса и циркуляционный бак с атмосферой. Откачиваемый из бака воздух, при создании в нем разрежения, сбрасывается по трубопроводу 16 в общую сливную магистраль 21, с которой соединен также сливной трубопровод 7 насоса.

Давление (разрежение) на входе в насос регистрируется вакуумметром 6, а давление на выходе из него - образцовым манометром 5. Для измерения расхода обычно используют нормальную диафрагму 9 в комплекте с дифференциальным манометром 8. На циркуляционном баке установлены водомерная прозрачная трубка 12 и термометр 11. Измерение крутящего момента на валу насоса производится при помощи мотор-весов 2, выполняющих роль привода и снабженных указателем равновесия 4. Для измерения частоты вращения служит тахометр 1.

При нормальных испытаниях насоса циркуляционный бак, сообщенный с атмосферой при помощи вентиля 18, через бай пас 14 заполняется водой до определенного уровня, который сохраняется постоянным в процессе испытаний. Отрегулирован при помощи задвижки 10 рабочий режим насоса на определенную подачу, фиксируют показания измерительных приборов, на основе которых затем производится расчет напора, гидравлической мощности, мощности на валу насоса и его к.п.д. Описанная процедура повторяется несколько раз после предварительного изменения рабочего режима насоса.

При кавитационных испытаниях после заполнения циркуляционного бака водой его отключают от атмосферы и соединяют со всасывающей стороной вакуум-насоса. Установив не обходимую подачу насоса при помощи задвижки 10

и зафиксировав показания приборов, производят откачку воздуха из циркуляционного бака, уменьшая тем самым давление на поверхности воды и, как след-

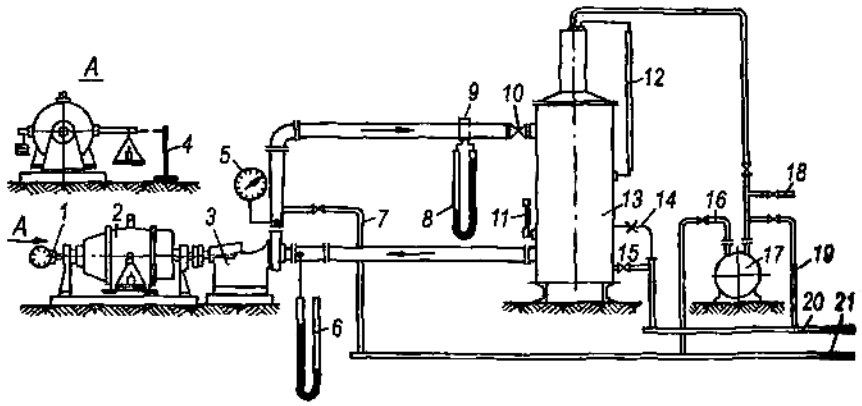


Рис. 99. Схема стенда для нормальных и кавитационных испытаний насосов

ствие, увеличивая разрежение на входе в насос. Наступление кавитации фиксируют по снижению напора, реализуемого насосом.

Необходимость испытаний насосных агрегатов на водоотливных установках возникает в тех случаях, когда обнаруживаем и уменьшение их подачи при неизменной конструкции внешней сети. Причиной понижения производительности может быть КАК засорение нагнетательного или всасывающего трубопроводов, так и понижение напорной характеристики насоса из-за износа его проточной части.

Если понижение подачи насоса произошло вследствие засорения всасывающего трубопровода, то это легко определяют по появлению характерного кавитационного шума в насосном агрегате и усилению его вибрации. Кавитационные испытания насосов в условиях горного производства не проводятся. В двух других случаях причину понижения подачи выявляют при нормальных испытаниях со снятием напорной характеристики насоса

Нормальные испытания насосов на водоотливных установках производят, используя временную закольцовку его нагнетательного трубопровода на водосборник посредством байпаса, снабженного расходомером. При помощи задвижки регулируют сопротивление кольцевой сети насоса и записывают показания расходомера, вакуумметра и манометра. По последним данным рассчитывают давление, напор и к. п. д. насоса и затем строят его действительную напорную характеристику.

Если по результатам испытаний напорная характеристика насоса не претерпела значительных изменений по сравнению с паспортной, то причиной понижения подачи является засорение нагнетательного става. Такое засорение может происходить из-10 попадания крупных механических включений при отсутствии приемной сетки на всасывающем трубопроводе насоса. Эти включения могут накапливаться на перегибах вертикального Профиля трассы трубопроводов и в пазухах трубопроводной арматуры, увеличивая её сопротивление. Кроме того, в процессе эксплуатации водоотливной установки внутренняя поверхность трубопроводов постепенно покрывается отложениями кремнезема,

глинозема, оксидов железа и органическими веществами. Чистку труб производят механическим способом при помощи специальных шаров-ежей, пропускаемых через трубы вместе с водой, а также химическим способом - промывкой водой с добавлением необходимых химических реагентов.

На изменение напорной характеристики насоса существенное влияние оказывает износ его рабочего колеса и уплотнений всасывающей стороны. По мере гидроабразивного изнашивания уменьшаются наружный диаметр рабочего колеса и углы установки лопастей на выходе из него, что обусловливает понижение напорной характеристики. Кроме того, напорная и кавитационная характеристики насоса понижаются из-за износа входных элементов лопастей и соответсвующего увеличения динамических потерь напора при входе жидкости в рабочее колесо. Износ уплотнений всасывающей стороны увеличивает перетоки жидкости с нагнетательной стороны на всасывающую, в связи с чем напорная характеристика насоса сдвигается в сторону меньших подач, обусловливая понижение напоров в рабочей зоне.

Следует иметь в виду, что из перечисленных выше причин наибольшее влияние на понижение напорной характеристики оказывает износ уплотнений всасывающей стороны насоса. По этому в ряде случаев регулировка уплотнений или замена уплотнительных колец может оказаться достаточной для восстановления первоначальной напорной характеристики насоса, в связи со сказанным необходимо особое внимание уделять качеству сборки уплотнительных узлов при ремонте насосов.

Причиной внезапного понижения давления и увеличения мощности, потребляемой насосом, как правило, является нарушение герметичности трубопроводного става. Поэтому обслуживающий персонал должен постоянно следить за режимом работы насосного агрегата, а последний следует обеспечивать не обходимым комплектом контрольно-измерительной аппаратуры.

3.7.2. Требования ПБ при эксплуатации насосных установок

618. Для откачки максимальных притоков воды в действующие горные выработки на шахтах должны быть водоотливные установки.

Главные и участковые водоотливные установки должны иметь водосборники, состоящие из двух и более изолированных друг от друга ветвей.

Для участковых водоотливных установок по согласованию с территориальным органом Ростехнадзора России допускается иметь водосборники, состоящие из одной выработки.

Вместимость водосборников главного водоотлива должна быть рассчитана не менее чем на 4-часовой максимальный приток без учета заиления, а участковых - на 2-часовой приток.

Водосборники должны поддерживаться в рабочем состоянии - их заиление не должно превышать 30 % объема.

619. Насосная камера главного водоотлива должна соединяться;

со стволом шахты - наклонным ходком, место введения которого в ствол должно быть расположено не ниже 7 м от уровня пода насосной камеры;

с околоствольным двором - ходком с герметичной дверью с водосборником - посредством устройства, позволяющего регулировать поступление воды и герметизировать насосную камеру.

Насосная камера главного водоотлива должна быть оборудована грузоподъемными механизмами. Пол насосной камеры должен быть устроен на 0,5 м выше почвы околоствольного двора.

При притоках менее 50 $м^3$/ч допускается устройство участковых водоотливных установок без специальных камер.

620. При проходке стволов промежуточные насосные камеры должны иметь выход в ствол шириной не менее 2,5 м и высотой 2,2 м.

Вход в камеру должен закрываться прочным решетчатым ограждением.

621. Главные и участковые водоотливные установки должны состоять из рабочего и резервного агрегатов.

Главные водоотливные установки и установки с притоком воды более 50 $м^3$/ч должны быть оборудованы не менее чем тремя насосными агрегатами.

Подача каждого агрегата или группы рабочих агрегатов, не считая резервных, должна обеспечивать откачку максимального суточного притока воды не более чем за 20 ч.

При проходке или углубке стволов допускается применение одного подвесного насоса независимо от притока воды, но при обязательном наличии резервного насоса вблизи ствола.

622. Главная водоотливная установка должна быть оборудована не менее чем двумя напорными трубопроводами, один из которых является резервным. При числе рабочих трубопроводов до трех один трубопровод должен быть резервным, а при числе более трех - два.

Для участковых водоотливных установок допускается иметь один трубопровод.

623. Коммутация напорных трубопроводов в насосной камере должна обеспечивать откачку суточного притока при ремонте любого их элемента.

624.На строящихся гидрошахтах для аварийных случаев необходимо иметь водоотливную установку, состоящую из двух агрегате (группы агрегатов). Подача каждого агрегата (группы агрегатов) должна соответствовать требованиям п. 621.

Водосборник водоотливной установки, рассчитанной в соответствии с требованиями п. 618, проводится таким образом, чтобы вода попадала в него только при достижении аварийного уровня в пульповодосборнике.

Водоотливные агрегаты могут устанавливаться в одной камере с углесосами.

В действующих гидрошахтах, где гидроподъем угля осуществляется углесосами и шахтный приток поступает в приемный пульповодосборник, дополнительные водоотливные агрегаты могут отсутствовать. В этих случаях, кроме приемного пульповодосборнике, должны устраиваться аварийные пульповодо-

сборники с емкостью рассчитанной на 8-часовой нормальный приток шахтных вод и на объем технической воды и пульпы, который может содержаться во всех пульповодопроводах шахты согласно проекту.

Пульповодосборники должны очищаться после каждого аварийного спуска в них пульпы.

625. Для проектируемых и вновь строящихся стволов запрещается прокладка по ним трубопроводов с давлением свыше 6,4 МПа (64 кгс/см^2) против торцовых сторон клети.

Эксплуатация трубопроводов с давлением выше 6,4 МПа (64 кгс/см^2), размещенных против торцовых сторон клети, допускается при выполнении сплошного ограждения става высокого давления по всей его длине.

626.Напорные трубопроводы главных водоотливных установок после монтажа и через каждые 5 лет эксплуатации должны подвергаться гидравлическому испытанию на давление, которое составляет 1,25 рабочего давления.

627.Все автоматизированные водоотливные установки должны осматриваться ежесуточно лицами, назначенными приказом по шахте.

Главная водоотливная установка должна осматриваться не реже одного раза в неделю старшим механиком и не реже одного раза в квартал - главным механиком шахты. Результаты осмотра должны фиксироваться в Книге осмотра и учета работы водоотливных установок.

Не реже одного раза в год должна производиться ревизия и наладка главной водоотливной установки.

Акт ревизии и наладки должен утверждаться техническим руководителем шахты.

Тема 3.8. Проектирование водоотливных установок

3.8.1. Основные положения при проектировании водоотливных установок

При проектировании водоотливной установки исходными данными являются нормальный $Q_{н.п}$ и максимальный $Q_{м.п}$ (в период паводковых вод) притоки воды; геометрический напор $H_Г$ насосной установки и физико-химические свойства откачиваемой воды.

В процессе проектирования водоотливной установки необходимо:

1. Выбрать тип насосов требуемой подачи и напора,
2. Составить схему трубопровода и рассчитать его.
3. Установить рабочий режим насоса.
4. Проверить вакуумметрическую высоту всасывания насоса.
5. Определить мощность двигателя насоса, выбрать его, определить расход энергии.
6. Определить к.п.д. насосной установки.
7. Установить вместимость и размеры водосборника, тип и размеры насосов или других средств для чистки водосборников.
8. Произвести выбор аппаратуры управления.
9. Определить капитальные затраты по водоотливной установке; стоимость транспортирования воды.
10. При разработке крутопадающих пластов и выемке полезного ископаемого этажами установить схему водоотлива со всех горизонтов.

1. Выбор типа насосов. Главная водоотливная установка шахты согласно ПБ должна быть оборудована не менее чем тремя одинаковыми насосами, каждый из которых должен иметь подачу, обеспечивающую откачку нормального суточного притока воды не более чем за 20 часов.

При больших притоках, когда один насос не в состоянии откачать нормальный суточный приток за 20 ч, установка должна иметь более трех насосов. В этом случае должен быть обеспечен 100 %-ный резерв насосов при откачке нормального притока и не менее чем 25 %-ный резерв насосов, находящихся в ремонте.

Установив требуемую по ПБ подачу насоса, по характеристикам насосов выбирается насос с большей подачей (в оптимальном режиме, соответствующем максимальному к.п.д.). По характеристике насоса устанавливается также напор $H_к$, создаваемый одним рабочим колесом на оптимальном режиме, и напор $H_{к.о}$ одного колеса при нулевой подаче. Необходимое число последовательно соединенных рабочих колес насоса

Далее необходимо проверить соблюдение условия устойчивой работы:

$$H_Г \le 0{,}95 H_0$$

Если это условие не соблюдается, нужно увеличить число рабочих колес. При выборе типа насоса может иметь место случай, когда насоса, удовлетворяющий по подаче, не может развивать необходимый напор. В связи с этим возможны такие решения: принять насос с большими подачей и напором, применить установку с последовательным соединением насосов либо ступенчатую установку с перекачкой воды с нижнего на верхний горизонт и оттуда - на поверхность.

Возможен также и другой случай, когда насос, развивающий требуемый напор, не обеспечивает откачку притока воды. При этом применяют одновременную работу двух насосов, каждый из которых выдает воду по своему трубопроводу, либо насосы включают параллельно на общий трубопровод.

Выбор того или иного решения производится на основании технико-экономических расчетов.

2. Схема трубопровода и расчет его. Месторасположение насосной камеры и водосборников устанавливается на основании схемы вскрытия угольных пластов и схемы околоствольного двора. Необходимо также наметить место слива воды на поверхности. После этого имеется возможность установить схему трубопровода в насосной камере, трубном ходке, стволе и на поверхности шахты, определить геометрическую высоту всасывания и нагнетания, длину подводящего и напорного трубопроводов, расставить на схеме фасонные части и арматуру трубопровода.

Расчет трубопровода и построение характеристики его ведется в соответствии с указаниями в литературе.

3. Рабочий режим насоса устанавливается по точке пересечения его характеристики и характеристики трубопровода. Характеристика насоса принимается по заводским данным, характеристика трубопровода строится в соответствии с выражением $H = H_Г + RQ^2$. Таким образом устанавливаются подача Q, напор H и к.п.д. насоса, а также допустимая вакуумметрическая высота всасывания $H_B^{доп}$.

4. Проверка вакуумметрической высоты всасывания осуществляется по условию $H_B \le H_B^{доп}$, причем вакуумметрическая высота всасывания H_B представляет собой сумму геометрической высоты всасывания и потерь напора по длине подводящего трубопровода и в местных сопротивлениях. Если указанное условие не соблюдается, надо увеличить диаметр подводящего трубопровода, или уменьшить геометрическую высоту всасывания, либо применить работу насоса с подпором.

5. Мощность двигателя насоса и расход энергии. Мощность N_p двигателя насоса определяется по формуле $N_p = \dfrac{Q\rho qH}{1000\eta}$. По каталогу выбирается ближайший больший по мощности N двигатель, причем запас мощности двигателя $\kappa_д$, как указывалось ранее, должен быть равен 10 ... 15 %. Определяется расход энергии.

6. Определяется к.п.д. насосной установки.

7. Вместимость и размеры водосборника и размеры насосной камеры устанавливаются в соответствии с ПБ и ПТЭI.

8. Выбор аппаратуры управления производится по действующим нормативам и в соответствии с ПБ.

9. Схемы водоотлива с нескольких горизонтов при одновременной разработке их могут быть: 1) с выдачей воды на поверхность с каждого горизонта; 2) с перекачкой воды с нижнего на верхний горизонт и с верхнего горизонта на поверхность; 3) с последовательным соединением насосов, расположенных на горизонтах; 4) с перепуском воды по трубам из водосборника верхнего горизонта в водосборник нижнего горизонта, где расположена насосная установка; 5) с использованием напора воды с верхнего горизонта при установке насосов на нижнем горизонте.

Установки, работающие по второй и третьей схемам, называются ступенчатыми.

Преимущества первой схемы (выдача воды с каждого горизонта) - независимость от состояния насосной установки другого горизонта; недостатки - наличие на каждом горизонте мощной насосной установки и большого числа трубопроводов в стволе; сложность обслуживания и контроля вследствие рассредоточения установок по горизонтам. Эта схема применяется на шахтах, когда на одном из горизонтов вода нейтральная, а на другом - кислотная.

Преимущества второй схемы - мощная насосная установка оборудуется на верхнем горизонте, а с меньшим напором - на нижнем; в стволе прокладывают лишь два става труб. К недостаткам этой схемы относятся: опасность затопления всей шахты при отказах верхней установки; сложность обслуживания и контроля из-за наличия установок на каждом горизонте. Эта схема применяется, когда приток воды на нижнем горизонте меньше подачи установки верхнего горизонта, а также при откачке кислых вод, если есть возможность перехватить приток сильноагрессивной воды на верхнем горизонте и не допустить его на нижний горизонт.

При применении третьей схемы определение рабочего режима производится в соответствии с указаниями в ПБ И ПТЭ.

Четвертая схема применяется тогда, когда приток на верхнем горизонте значительно меньше, чем на нижнем горизонте. Преимущество этой схемы - применение на шахте только одной насосной установки, недостаток - дополнительные затраты энергии на транспортирование перепущенной с верхнего горизонта воды на расстояние между горизонтами.

В пятой схеме полезно используется напор воды с верхнего горизонта, но усложняется ее подвод к насосам.