

Лекция №1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СТАЦИОНАРНЫХ ШАХТНЫХ УСТАНОВКАХ

1. ВИДЫ СТАЦИОНАРНЫХ ШАХТНЫХ МАШИН

В курсе «*Стационарные шахтные машины*» изучаются теоретические основы, оборудование и эксплуатация вентиляторных, водоотливных, пневматических и подъемных установок — основных стационарных установок шахт. Эти установки, без которых не могут существовать современные шахты, характеризуются сложностью конструкций и большой энергоемкостью (на их долю приходится 60- 70 и более % всей потребляемой на шахтах электроэнергии).

1. Вентиляторная установка служит для подачи в шахту атмосферного воздуха. От степени проветривания подземных выработок зависят возможность ведения работ в шахте, безопасность и производительность труда горнорабочих. Для создания нормальных атмосферных условий в горных предприятиях вентиляторы должны на 1 т добытого п.и. подать 5 15 т воздуха.

Различают *вентиляторные установки главного проветривания*, предназначенные для проветривания всех выработок шахты, и *местного* — для вентиляции тупиковых забоев. При строительстве шахт применяются временные *вспомогательные вентиляторные установки*. Вентиляторная установка главного проветривания располагается на поверхности и соединяется вентиляционным каналом с вентиляционным стволом шахты, закрытым сверху затвором. На входе работающего вентилятора создается разрежение, благодаря чему воздух под атмосферным давлением поступает в ствол шахты, омывает выработки и выбрасывается вентилятором в атмосферу. Вентиляторная установка местного проветривания находится в шахте и состоит из вентилятора, нагнетающего по трубопроводу воздух в тупиковый забой.

Развитие вентиляторных установок шло от поршневых вентиляторов к центробежным с паровыми и асинхронными двигателями и далее — к современным *осевым и центробежным вентиляторам* с синхронными двигателями и с приводом от асинхронных двигателей с вентиляльно-машинными каскадами.

Современные вентиляторы характеризуются надежностью и экономичностью в работе, обеспечивают потребность шахт в воздухе до **700 м³/с** при давлении до **7000 Па**.

2. Водоотливная установка — это комплекс технических средств для удаления воды из горных выработок и выдачи ее на поверхность. Для откачки подземных вод применяют водоотливные установки, которые в зависимости от назначения подразделяют на центральные, главные, участковые, вспомогательные, перекачные, проходческие и скважинные.

Центральная водоотливная установка предназначена для откачки воды из нескольких шахт; *главная водоотливная установка* — для выдачи непосредственно на поверхность притока воды всей шахты; *участковые* — для откачки воды из выработок какого-либо участка шахты или рудника в главный водосборник или на поверхность; *вспомогательные*, располагаемые на участках, уклонах, зумпфах, — для перекачки воды в водосборник главной и центральной водоотливной установки; *перекачные*, применяемые при волнистой почве пласта, - для откачки воды из участков в водосборник главной водоотливной установки.

Проходческими называют водоотливные установки, применяемые при проходке уклонов, наклонных и вертикальных стволов шахт. Они перемещаются по мере продвижения забоя или понижения уровня воды. При проходке уклонов перекачивают воду в водосборник главной водоотливной установки, а при проходке наклонных и вертикальных стволов выдают ее на поверхность.

Установки для понижения грунтовых вод называются **скважинными**.

Центральные, главные, вспомогательные и участковые водоотливные установки, как правило, размещаются в специальных камерах и являются **стационарными**. При проведении горных выработок применяют **передвижные водоотливные установки**

Насос участковой установки транспортирует воду по трубопроводу, проложенному по наклонному трубокабельному ходу в ствол и далее по стволу на поверхность. Вода в шахте поступает по канавкам в водосборник главной установки, откуда она одним из насосов выдается по трубопроводу на поверхность.

Для **развития водоотливных установок** характерны следующие этапы:

поршневые насосы с приводом от установленных на поверхности паровых машин через штангу, размещенную в стволе;

поршневые насосы с расположенными под землей паровыми машинами; центробежные насосы с быстроходными электродвигателями.

3. Пневматические установки предназначены для получения сжатого воздуха, используемого при работе горных комбайнов, отбойных и бурильных молотков, лебедок, вентиляторов местного проветривания, участковых насосов и т. д.

Компрессор - машина, преобразующая механическую энергию привода в полезную потенциальную и кинетическую энергию газа. В компрессоре происходят повышение давления газа и перемещение его из области низкого в область высокого давления.

По способу сжатия газа компрессоры могут быть:

объемного сжатия (компрессоры вытеснения), в которых давление воздуха повышается за счет уменьшения рабочего пространства, — поршневые, винтовые, ротационные;

кинетического сжатия (лопастные компрессоры), в которых воздух сжимается в процессе его принудительного движения при силовом взаимодействии с лопатками вращающихся колес, — центробежные, осевые.

По создаваемому давлению различают следующие виды компрессоров: **вакуум-насосы**, отсасывающие газ (воздух) из пространства с вакуумом и сжимающие его до атмосферного или несколько большего давления; **воздуходувки**, сжимающие воздух до 0,3 МПа; **компрессоры низкого давления** (0,3...1,0 МПа); **компрессоры среднего давления** (1,0 ... 10,0 МПа); **компрессоры высокого давления** (10...250 МПа).

В горной промышленности широко применяют компрессоры низкого давления. Вакуум-насосы используют для отсасывания метана из угольных пластов.

В горном производстве электроэнергия и пневматическая энергия не исключают, а дополняют друг друга. На шахтах, где по условиям взрывобезопасности основным видом энергии для добычи угля является сжатый воздух, на его выработку расходуется около 50 % всей потребляемой электроэнергии.

Сжатый воздух в шахтных условиях имеет существенное преимущество — взрывобезопасность, но по сравнению с электроэнергией он дороже и его труднее передавать на значительные расстояния.

Пневматическая установка состоит из компрессоров, расположенных на поверхности и вырабатывающих сжатый воздух, концевого охладителя, воздухопровода, по которому транспортируется сжатый воздух, и потребителей сжатого воздуха. При ведении горных работ находят применение также передвижные компрессорные установки, расположенные в шахте и применяемые главным образом для бурильных машин.

Развитие основного элемента пневматической установки — компрессора шло по пути использования поршневых, роторных пластинчатых, центробежных и винтовых машин.

4. Подъемная установка предназначена для транспортирования по стволу шахты полезного ископаемого, людей и различных грузов. Она состоит из **подъемных сосудов, подъемных канатов, направляющих шкивов, копра и подъемной машины**, которая может располагаться либо в здании на уровне земли, либо на копре. В настоящее время на шахте работают несколько подъемных установок, каждая из которых выполняет свои функции.

Подъемная установка изменялась и совершенствовалась от бадьи до скипов, от пенькового каната до металлического, от примитивных деревянных барабанов до билиндроконических барабанов и канатоведущих шкивов многоканатного подъема, от мускульного привода до электрического, от ручного управления до автоматического.

Подъемные сосуды подвешены на канатах и перемещаются с помощью их в стволе. Сосуды движутся по проводникам, представляющим собой направляющие, уложенные по всей длине ствола.

При подъеме груза скипами груженная вагонетка входит в опрокидыватель околоствольного двора, опрокидывается и разгружается в бункер, из которого полезное ископаемое или порода через загрузочное устройство с дозатором поступает в скип. Дозировка производится по объему или массе груза.

Загрузочные устройства обеспечивают также герметизацию ствола для предотвращения попадания в него пыли и подсоса воздуха. Груженный скип, поднятый канатом подъемной машины на поверхность, разгружается в приемный бункер, из которого груз поступает в бункер.

Загрузка одного из подъемных сосудов в шахте и разгрузка другого на поверхности осуществляются одновременно.

В подъемных установках, оборудованных клетями, груз поднимается в вагонетках, которые направляются механическими толкателями в клеть на нижней приемной площадке околоствольного двора. Вагонетки в клетки поднимаются на верхнюю приемную площадку надшахтного здания, расположенную выше устья ствола, и выталкиваются из клетки обычно порожними вагонетками, спускаемыми в шахту. Порожние вагонетки выталкиваются, в свою очередь, груженными при их заталкивании в клеть.

Подъемные установки классифицируют по ряду признаков:

По назначению подъемные установки подразделяют **на главные**, предназначенные для подъема полезного ископаемого (и вскрышных пород на карьерах), **вспомогательные** (людские, грузовые и грузолюдские), служащие для подъема и спуска людей, породы, материалов и оборудования, и **проходческие**, применяемые при проходке и углубке стволов шахт.

По углу наклона ствола различают **вертикальные и наклонные** подъемные установки. **Скиповой и клетевой подъемы** применяют для транспортирования грузов по вер-

тикальным и наклонным стволам с углом наклона свыше 25° . При угле наклона ствола до 25° полезное ископаемое доставляют **в вагонетках**, из которых оно не высыпается, а при угле 18° может быть применен **конвейерный транспорт**.

По типу подъемных сосудов подъемные установки бывают **клетевыми, скиповыми и бадьевыми**.

Клетевые подъемные установки используют в основном в качестве вспомогательных, а иногда и в качестве главных подъемных установок, **скиповые установки** — только в качестве главных или вспомогательных (для подъема породы) грузовых. Подъем в скипах по сравнению с подъемом в клетях или вагонетках требует меньшей продолжительности пауз, обеспечивает большую производительность и позволяет уменьшить штат обслуживающего персонала на приемных площадках.

2. ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ СТАЦИОНАРНЫХ ШАХТНЫХ УСТАНОВОК.

Одной из **первых научных работ**, посвященных горному и горнозаводскому промыслу, была работа **М. В. Ломоносова «Первые основания горной науки»** (1742 г.), переработанная затем в книгу «Первые основания металлургии или рудных дел» (1763 г.).

В 1754 г. членом Петербургской Академии наук Л. Эйлером было выведено **основное уравнение центробежного колеса**, имевшее большое значение для развития турбомашин.

В 1832 г. горный инженер А. А. Саблуков (1783—1857) изобрел и применил на Чагирском медном и серебряном руднике (Алтай) **центробежный вентилятор**, а в 1835 г. — **центробежный насос**. В XIX в. профессорами Петербургского горного института А. И. Узатисом (1814—1875), П. А. Олышевым (1817—1896), И. А. Тиме (1838—1920) и другими были разработаны **основные положения горной механики**.

Благодаря работам академиков М. М. Федорова (1867—1945) и А. П. Германа (1874—1954) были созданы теоретические основы всех разделов горной механики (вентиляторных, водоотливных, пневматических и подъемных установок), получившие дальнейшее развитие в трудах чл.-корр. АН СССР А. С. Ильичева (1898—1952), акад. В. С. Пака (1888—1965), проф. В. Б. Уманского (1905—1947), проф. Г. М. Еланчика и др. Важная роль в процессе создания надежных турбомашин принадлежит **вихревой теории крыла** проф. Н. Е. Жуковского (1847—1921) и вихревой теории центробежных насосов акад. Г. Ф. Проскуры (1876—1958).

В теории шахтных подъемных установок особое место занимает выведенное в 1913 г. акад. М. М. Федоровым **основное динамическое уравнение подъемных систем** с органами постоянного радиуса навивки каната, которое явилось аналитической основой для проектирования подъемных установок.

ЛЕКЦИЯ №2. ШАХТНЫЕ НАСОСЫ.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О НАСОСНЫХ УСТАНОВКАХ И КОНСТРУКЦИИ НАСОСОВ

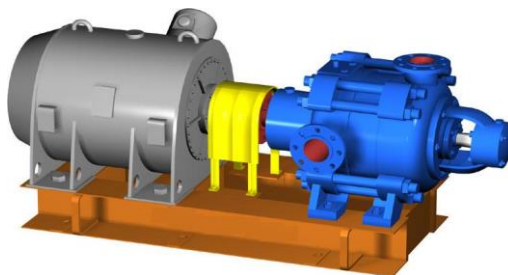
Основную группу насосов используемых в промышленности составляют динамические насосы. **Динамические насосы**, в которых приращение энергии происходит в ре-

зультате взаимодействия потока жидкости с вращающимся рабочим органом, подразделяют на два типа — **лопастные и вихревые**.

В **лопастных насосах** жидкость получает приращение энергии за счет взаимодействия с вращающейся лопаткой рабочего колеса. В рабочем колесе происходит приращение потенциальной и кинетической энергии жидкости. Кинетическая энергия в неподвижных элементах насоса (отвода) превращается в энергию давления. Из-за отсутствия самовсасывания для запуска в работу лопастных насосов необходимо их заполнение перекачиваемой жидкостью.

В **вихревых насосах** приращение энергии перекачиваемой жидкости осуществляется за счет турбулентного обмена энергией потоков — основного в канале насоса и вторичного в рабочем колесе (путем завихрения маловязкой жидкости рабочим колесом).

Лопастные насосы по направлению потока в рабочем колесе подразделяют **на центробежные и осевые**.



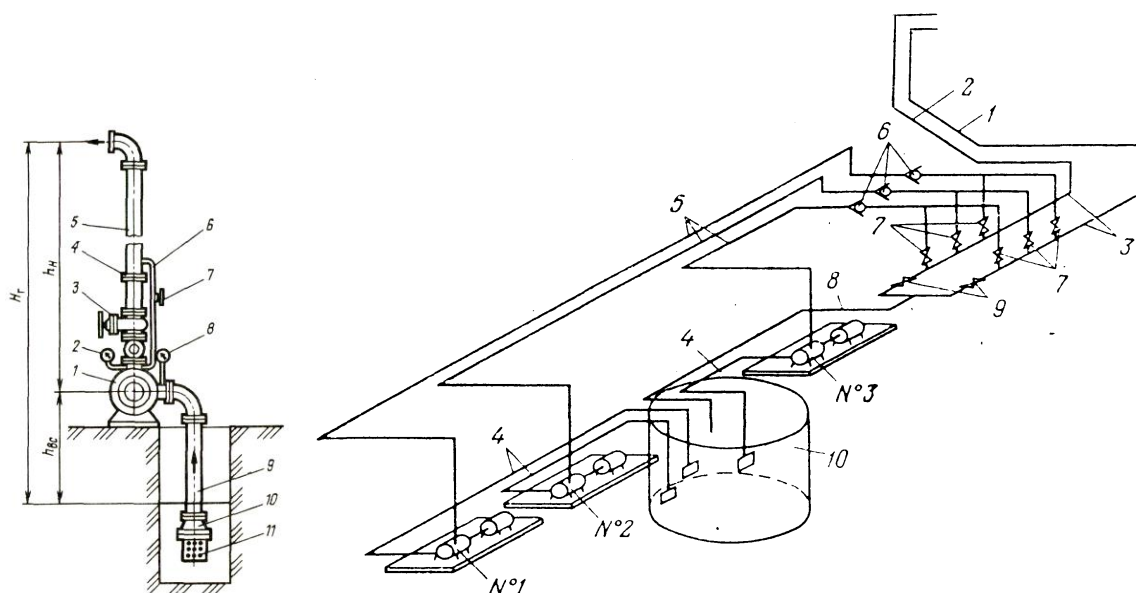
Работа динамических насосов основана на общем принципе — силовом взаимодействии лопаток рабочего колеса с обтекающим их потоком перекачиваемой жидкости. Однако принцип этого взаимодействия у насосов перечисленных типов различен, что, естественно, приводит к существенным отличиям их конструкций и эксплуатационных показателей.

Водоотливная установка — это комплекс технических средств для удаления воды из горных выработок и выдачи ее на поверхность. Для откачки подземных вод применяют водоотливные установки, которые в зависимости от назначения подразделяют **на центральные, главные, участковые, вспомогательные, перекачные, проходческие и скважинные**.

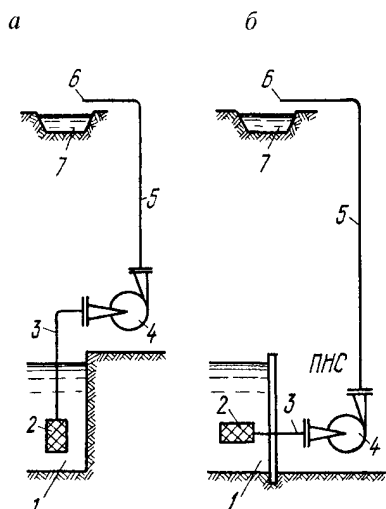
Водоотливные установки (рис. 1) оборудуются в основном центробежными насосами.

Водоотливная установка состоит из насоса 1 с двигателем, всасывающего трубопровода 9 с приемной сеткой 11 и клапаном 10, нагнетательного трубопровода 5 с задвижкой 3 и обратным клапаном 4, трубки 6 с вентилем 7 для заливки водой насоса перед его пуском. Давление во всасывающем 9 и нагнетательном 5 трубопроводах измеряется вакуумметром 8 и манометром 2.

Рис. 1 и 2. Схема водоотливной установки и схема расположения трубопроводов насосной камеры при двух напорных ставах в стволе



Вертикальное расстояние от уровня воды в заборном резервуаре (колодце) до оси насоса называется **геодезической (геометрической) высотой всасывания $h_{вс}$** , а вертикальное расстояние от оси насоса до сливного отверстия трубопровода - **геодезической (геометрической) высотой нагнетания h_n** . Сумма геодезических высот всасывания и нагнетания есть **геодезическая (геометрическая) высота подачи H_z** , которая по существу является полной геодезической высотой водоподъема.



Водосборники шахтных установок представляют систему горных выработок разделенную на две-три секции. Секции отделены от приемного колодца бетонными перемычками, оборудованными перепускными клапанами. Это позволяет попеременно отключать секции водосборника и производить их чистку.

Выполняя функции приемных резервуаров и отстойников для осветления воды, водосборники одновременно являются и регулирующими емкостями, компенсирующими разницу между притоком воды из горного массива и расходом откачивающих ее насосов.

Возможны два варианта расположения насосов относительно водосборника и уровня воды в нем (рис. 3). Наиболее часто **насосы** располагают около водосборника **выше уровня воды** (рис. 3, а). Насос 4 соединен с водосборником 1 посред-

ством всасывающего трубопровода 3 и заборного наконечника 2, снабженного предохранительной сеткой, которая предотвращает попадание в насос крупных механических включений. При работе водоотливной установки во-

да перемещается по нагнетательному трубопроводу (ставу) 5 к водоотводному устройству 7 на поверхности, в которое она свободно изливается через сбросной наконечник 6.

Размещение насосов на высоте 4—5 м над уровнем воды в водосборнике и 1—1,5 м над почвой прилегающих к насосной камере горных выработок в определенной степени предохраняет насосную станцию от аварийного затопления и не требует специальной гидроизоляции ее помещения. Однако для откачки воды с относительно большой глубины необходимы насосы с повышенной всасывающей способностью. У центробежных насосов, наиболее часто используемых на водоотливных установках, с увеличением номинальной производительности, как правило, уменьшается всасывающая способность. Кроме того, при таком расположении насосов необходима их предварительная заливка перед очередным пуском.

При **допустимой высоте всасывания меньше 3,5 м** принимают **заглубленную насосную станцию** или **подпорные насосы**. Условия всасывания воды насосами значительно улучшаются при расположении **насосов** у водосборника **ниже уровня воды** в нем (рис. 3, б). Помещение насосной станции в этом случае имеет специальную гидроизоляцию от водосборника и близлежащих горных выработок.

В главных насосных установках шахт и рудников широкое распространение получили **горизонтальные центробежные секционные насосы** (рис. 4) **типа ЦНС** (центробежный насос секционный), имеющие вертикальный разъем корпуса. Каждая **секция** имеет **корпус 4 с направляющим аппаратом 5 и рабочее колесо 6** одностороннего всасывания. Рабочие колеса устанавливаются на одном валу 7, а корпуса секций вместе с крышками всасывания 8 и нагнетания 3 соединены стяжными шпильками 7 и образуют единый герметичный корпус насоса. Места выхода вала 1 из корпуса насоса герметизируются сальниковыми уплотнениями 2.

При **работе насоса** жидкость последовательно проходит через все рабочие колеса, получая **в каждой секции приращение напора**. Жидкость из одной секции (ступени) в другую перетекает по каналам неподвижных лопаточных направляющих аппаратов.

Рис.3 Расположение насосов относительно водосборника

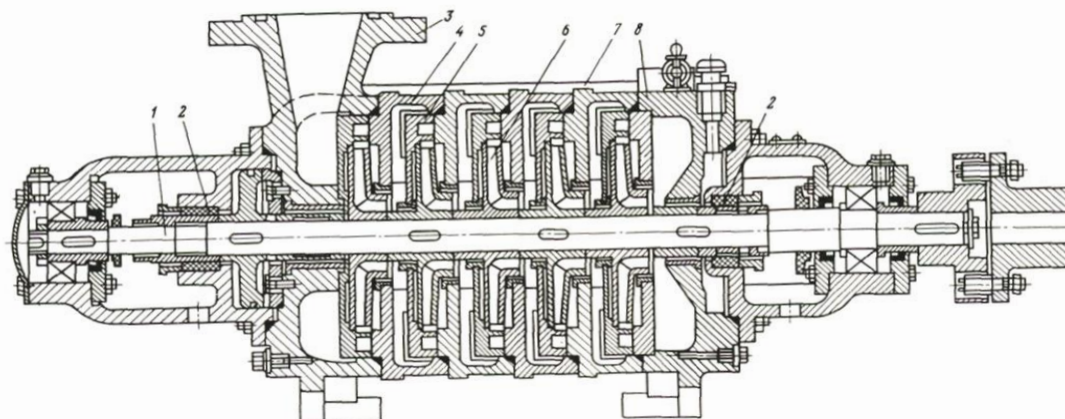


Рис. 4. Центробежный секционный насос типа ЦНС

В обозначениях типоразмеров **насосов ЦНС** цифры после букв: *первая* — *подача* ($\text{м}^3/\text{ч}$) при максимальном значении к.п.д.; *через дефис - напоры (м)* — *наименьший и наибольший*. Если насос предназначен для откачки кислотных вод, то добавляется буква **К**, для **грязевых насосов** — буква **Г**.

В настоящее время для шахт и рудников промышленностью **выпускаются** следующие **насосы**:

с частотой вращения (синхронной) **1500 мин^{-1}** : ЦНС 50-60...250, ЦНС 180-85...425, ЦНС 300-120...600, **ЦНСК 300-120...600**, ЦНС 400-1200...1600, ЦНС 500-160...880, ЦНСГ 850-240...960;

с частотой вращения (синхронной) **3000 мин^{-1}** : ЦНС 38-44...110, ЦНС 38-132...220, ЦНС 60-66...330, **ЦНС 105-98...490**, ЦНС 180-476...680, ЦНС 180-500...900, ЦНС 300-650...1040.

Центробежные насосы, применяемые на горных предприятиях, **классифицируются** по следующим признакам:

По назначению— **для чистой воды и специальные** (углесосы, шламовые, грунтовые, песковые и др.). Специальные насосы отличаются от обычных наличием защитных устройств, обеспечивающих более долговечную работу агрегата при транспортировании агрессивной жидкости или гидросмеси.

По числу ступеней— **одно- и многоступенчатые**. Одноступенчатые насосы используют для оборудования вспомогательного водоотлива, а также для заливки главных насосов перед их пуском, **многоступенчатые насосы** — **в главном водоотливе**.

По характеру соединения рабочих колес— **одно- и многопоточные**.

По конструкции корпуса— **цельнокорпусные, секционные и спиральные** (с горизонтальным разъемом корпуса).

По расположению вала насоса — **горизонтальные и вертикальные**.

По расположению опор и рабочих колес— **консольные, с вынесенными и встроенными в корпус опорами**.

По размещению насоса относительно водоисточника— **поверхностные**, устанавливаемые у водосборников; **подвесные** (проходческие и зумпфовые); **скважинные**, используемые в системах дренажа шахтных полей, а также при добыче чистой воды для питья и технических нужд.

Для привода насосных установок в основном применяют **асинхронные** электродвигатели с короткозамкнутым ротором в нормальном исполнении единой **серии А и АО** на напряжение 380/660В.

Для водоотливных установок, работающих **во взрывоопасных условиях**, выпускаются **электродвигатели серий ВАО** на напряжение 380/660 В и продуваемые под избыточным давлением электродвигатели **повышенной надежности серий А, АЗП**; взрывонепроницаемые двигатели **серии ВАО** мощностью до 2000 кВт и на напряжение 6000 В.

Водоотливные установки являются автоматизированными. **Для автоматизации** их работы в зависимости от уровня воды в водосборнике **используют поплавковые и электродные датчики уровня**. Наибольшее распространение получили электродные датчики типа ЭД, которые подвешиваются на кабеле на отметках водосборника, соответствующих контролируемым уровням воды.

Реле подачи насоса осуществляет, наряду с контролем подачи насоса, его гидравлическую защиту - блокировку от включения незаполненного насоса и отключение работающего насоса при потере им подачи.

В зависимости от заданной программы насосные агрегаты включаются при верхнем, повышенном и аварийном уровнях. При отключении неисправного насосного агрегата включается резервный. Насосы могут работать с управляемыми задвижками и без них.

2. ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ НАСОСОВ

Объемная Q (массовая G) подача — это объем (масса) жидкости, подаваемой насосом через напорный патрубок в единицу времени. Объемная подача измеряется обычно в м³/ч; массовая — в кг/ч.

Объемная и массовая подачи находятся в соотношении:

$$G = \rho Q,$$

где ρ — плотность жидкости, кг/м³.

Давление (или вакуум) — величина, определяемая зависимостью

$$p = p_k - p_n + \rho \frac{v_k^2 - v_n^2}{2} + \rho \cdot g \cdot (z_k - z_n)$$

где p_k и p_n — абсолютные давления соответственно на входе и выходе из насоса, Па;
 v_k и v_n — скорости движения жидкости соответственно на входе и выходе из насоса, м/с;

z_k и z_n — высоты точек замера давления, отсчитанные от произвольной горизонтальной плоскости сравнения, м.

Давление на входе в насос измеряется вакуумметром, на выходе — манометром.

Напор насоса - величина, определяемая выражением

$$H = p / (\rho g) = p / \gamma.$$

Напор насоса ориентировочно можно оценивать по показаниям манометра и вакуумметра на выходе и входе насоса: $H = \frac{p_e - p_i}{\rho \cdot g}$

Кавитационный запас. Кавитация – разрыв жидкости и образование в ней полостей, заполненных газом, паром или их смесью. Для обеспечения работы насоса без кавитации на входе в насос необходим избыток напора сверх напора $H = p_n / (\rho g)$, определяемого давлением насыщенного пара при температуре жидкости, перемещаемой насосом. Этот избыток напора носит название **кавитационного запаса** и определяется зависимостью

$$\Delta h = \frac{p_n + \rho \frac{v_n^2}{2} - p_n}{\rho g},$$

где p_n — давление насыщенного пара.

Характерной величиной, определяющей работу насоса на стороне всасывания, является **вакуумметрическая высота всасывания**

$$H_B = \frac{p_0 - \left(p_n + \rho \frac{v_n^2}{2} \right)}{\rho g},$$

где p_0 — давление окружающей среды (абсолютное давление атмосферы).

Полезная мощность насоса — мощность, сообщаемая насосом подаваемой жидкой среде, $N_n = Q \cdot p$

где Q — объемная подача насоса, м³/с;

p — давление насоса, Па;

$$N_n = \frac{\rho Q g H}{1000},$$

где ρ — плотность жидкости, кг/м³.

Мощность N — мощность, потребляемая насосом (подводимая на вал насоса от двигателя). Очевидно, $N > N_n$ на величину потерь мощности в насосе.

$$N = \frac{\rho Q g H}{1000 \eta},$$

Коэффициентом полезного действия насоса называют отношение полезной мощности к мощности насоса: $\eta = N_n / N$.

Коэффициентом быстроходности η_s - называется частота вращения такого насоса, который, развивая напор в 1 м, затрачивает мощность 0,736 кВт.

3. РЕЖИМ РАБОТЫ НАСОСОВ.

Насос в процессе работы должен обеспечивать необходимые подачу, **экономичность и устойчивость режима работы**.

Необходимая подача обеспечивается, если

$$Q_d \geq Q_r$$

где Q_d — подача насоса в действительном режиме работы, м³/ч;

Q_r — расчетная производительность водоотливной установки, определяемая по приходу воды в водосборник, м³/ч.

Экономичность режима работы обеспечивается эксплуатацией насоса **в зоне высоких к.п.д.**, которая определяется из условия

$$\eta_0 \geq 0,9 \eta_{\max}$$

где η_0 — к.п.д. насоса в действительном режиме работы;

η_{max} — максимальный к.п.д. насоса.

Устойчивость режима работы означает отсутствие значительных его колебаний и автоматическое восстановление режима после устранения причин, вызвавших его изменение. Это требование обеспечивается наличием только одной точки пересечения характеристики внешней сети с напорной характеристикой насоса H . Устойчивость режима может быть обеспечена при выполнении условия

$$H_{г} \leq 0,9 H_0$$

где H_0 — напор насоса при нулевой подаче, м;

$H_{г}$ — геодезическая высота подъема жидкости, м.

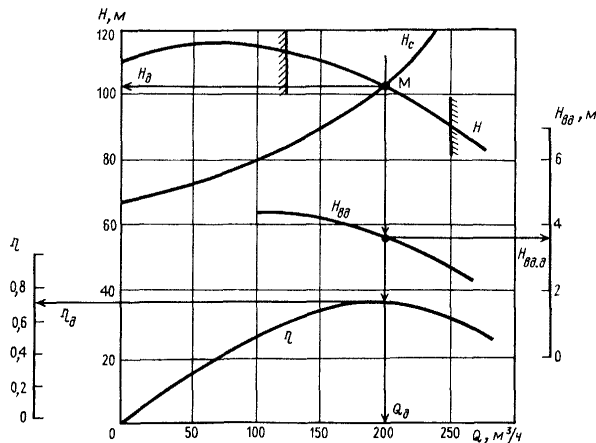


Рис.5. Определение действительного режима работы насоса

Действительный режим работы насоса определяют графически по точке пересечения напорной характеристики насоса с напорной характеристикой внешней сети (рис. 5).

Для определения действительного рабочего режима необходимо воспроизвести графически напорную характеристику выбранного насоса. Затем в координатной сетке напорной характеристики насоса по расчетным данным, строят характеристику H_c внешней сети. Точка M их пересечения и будет отображать **действительный режим работы насоса**, т.е. ордината H_d точки M

будет соответствовать действительному напору, а ее абсцисса Q_d — действительной подаче. Соответствующим построением, находят действительный КПД насоса η_d по его гидромеханической характеристике η и действительную допустимую вакуумметрическую высоту всасывания $H_{вд.д}$ или допустимый кавитационный запас $\Delta h_{д.д}$ по кавитационным характеристикам $H_{вд}$ или $\Delta h_{д.д}$.

Для **многоступенчатых насосов** секционного типа (ЦНС) напорная характеристика обычно дается на одну ступень. В этом случае напорную характеристику насоса получают путем **умножения напора одной ступени на количество ступеней i** насоса.

В качестве непрерывных способов **регулирования режима работы** насосов могут применяться — дросселирование внешней сети с помощью задвижки; — изменение частоты вращения рабочего колеса при помощи привода насоса; — **впуск атмосферного воздуха** во всасывающий тракт насоса.

4. СОВМЕСТНАЯ РАБОТА НАСОСОВ НА ОБЩИЙ ТРУБОПРОВОД.

Если нельзя выбрать один насос, режим работы которого в заданных условиях эксплуатации удовлетворял бы условиям, то используют совместную работу нескольких насосов на общую внешнюю сеть. Насосы при этом могут работать последовательно или параллельно.

Параллельная работа насосов.

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.

При установившемся режиме работы **напор**, создаваемый каждым насосом, будет одинаков, т.е. $H_1 = H_2 = \dots = H_i = \dots = H_\Sigma$, а **общая подача** будет равна сумме подач отдельных насосов.

Центробежные насосы могут работать параллельно только при одинаковом напоре. Если один из насосов имеет большую подачу и напор, то насос, имеющий меньшую подачу и напор, будет работать на преодоление сопротивления, создаваемого первым насосом, и его подача на общий трубопровод будет равна нулю. Кроме того, может случиться, что вода от насоса с большей подачей частично будет поступать обратным током через насос с меньшей подачей в резервуар. Поэтому для параллельной работы следует подбирать насосы однотипные, а в крайнем случае с незначительно отличающимися напорами и подачами.

Суммарная подача двух параллельно работающих насосов меньше суммарной подачи этих же насосов при их раздельной работе на заданную систему напорных трубопроводов $Q_{I+II} < 2Q_I$.

Снижение суммарной подачи объясняется тем, что при увеличении подачи возрастает напор в трубопроводе, что ведет к уменьшению подачи каждого насоса при совместной работе по сравнению с подачей насоса простого действия на данную систему.

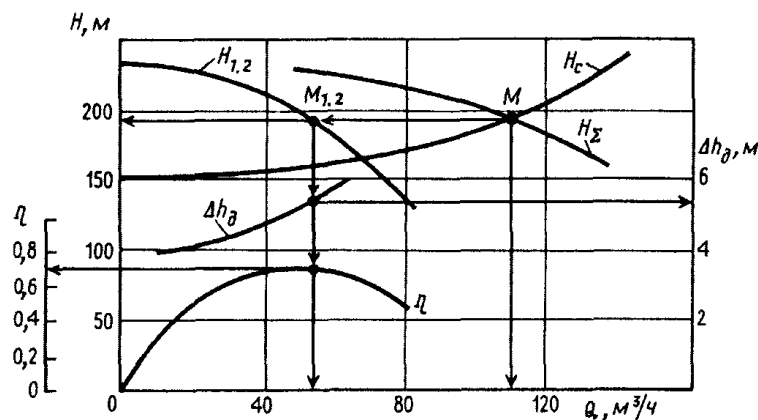


Рис. 6. Характеристика параллельной работы двух одинаковых насосов.

При параллельном соединении центробежных насосов **суммарная характеристика** их получается суммированием абсцисс характеристик каждого насоса, а **рабочий режим** — точкой пересечения суммарной характеристики с характеристикой трубопровода, причем подача параллельно соединенных насосов будет всегда меньше суммы подачи этих же насосов при их самостоятельной работе на тот же трубопровод.

Режим совместной работы насосов определяется **точкой M** (рис. 6) пересечения суммарной напорной характеристики насосов H_Σ с напорной характеристикой внешней сети H_c . Действительный режим работы каждого из параллельно соединенных насосов определяется точкой $M_{1,2}$ для одинаковых насосов. Указанные точки лежат на пересечении индивидуальных напорных характеристик насосов $H_{1,2}$ с перпендикулярами, опущенными из точки M на ось напоров.

Последовательная работа насосов.

Последовательное соединение насосов применяют при **больших сопротивлениях внешних сетей**. Водоотливные установки с несколькими последовательно соединенными насосами называются **многоступенчатыми**. В многоступенчатых установках **насосы** могут располагаться **в одной насосной камере** или быть **рассредоточены** по трассе трубопровода.

Заводы гарантируют нормальную работу насосов при **давлении** в корпусе, не более чем **в 2 раза превышающем номинальное**. Размещать в одной насосной станции более двух последовательно взаимодействующих насосов нельзя.

При **последовательном соединении** насосов, необходимом для **увеличения напора** установки $H_{\Sigma} = \sum_{i=1}^N H_i$, 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 последовательном соединении центробежных насосов **рабочий режим** определяется точкой пересечения суммарной характеристики насосов с характеристикой трубопровода. **Суммарная характеристика насосов** получается суммированием ординат характеристик каждого насоса. При таком соединении насосов с одинаковыми характеристиками и при не изменяющейся характеристике трубопровода произойдет **увеличение напора и подачи** по сравнению с теми же показателями самостоятельно работающих насосов.

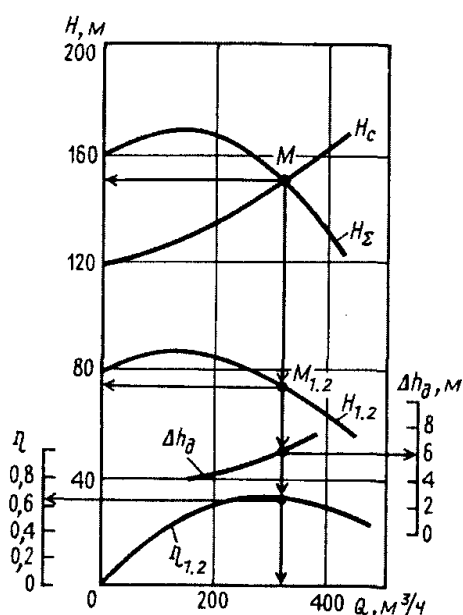


Рис. 7. Характеристики последовательной работы 2-х насосов

Действительный режим работы двух последовательно соединенных насосов определяется **точкой M** пересечения суммарной напорной характеристики H_{Σ} с характеристикой внешней сети H_c (рис. 7). Обратным построением, как это показано стрелками, определяется действительный режим каждого насоса: точка $M_{1,2}$ для насосов, имеющих одинаковые напорные характеристики $H_{1,2}$ и соответственно одинаковые характеристики КПД $\eta_{1,2}$.

Если **насосы** установлены **последовательно на одной станции**, то при построении характеристики трубопровода необходимо **учесть потери на участке соединительного трубопровода насосов** и внести поправку в характеристику $Q—H_{\Sigma}$. Игнорировать потери на соединительном участке недопустимо, так как обычно арматуру и диаметр трубопровода, соединяющего насосы, принимают равными диаметру всасывающего патрубка насоса II. Вследствие больших скоростей движения жидкости потери напора на этом участке относительно велики.

Последовательное соединение насосов обычно **экономически менее выгодно**, чем применение **одного насоса с требуемым напором**.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОДООТЛИВНЫХ УСТАНОВОК

Главная водоотливная установка должна осматриваться не реже одного раза в неделю главным механиком шахты. Результаты осмотра фиксируются в специальном журнале.

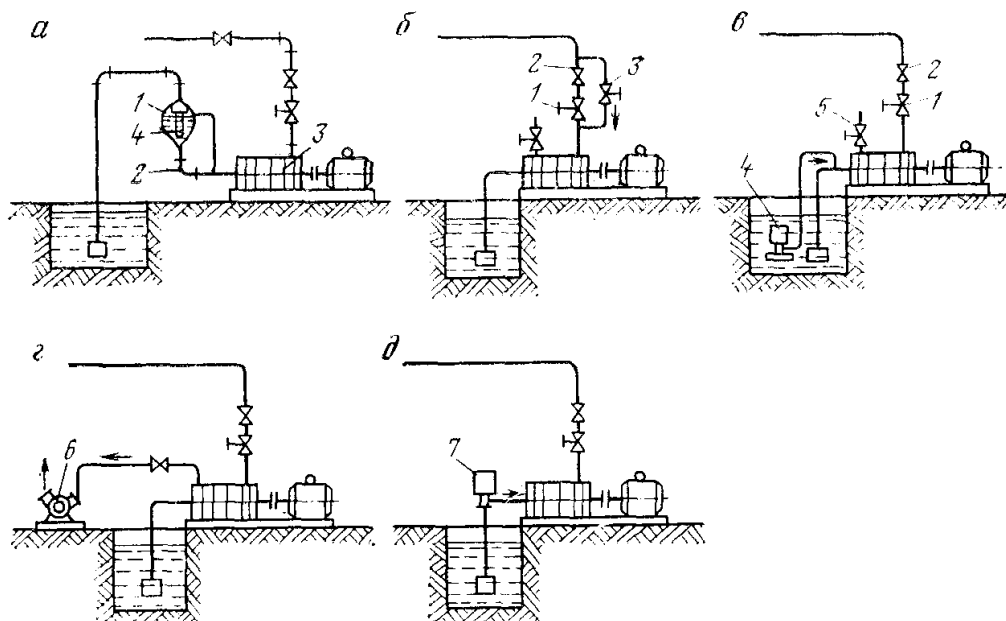


Рис. 2. Схемы заливки насосов:

а — *из бака-аккумулятора* (1 — бак-аккумулятор; 2 — всасывающий трубопровод; 3 — насос; 4 — эжектор); б — *из нагнетательного трубопровода*; в — *вспомогательным насосом*; г — *вакуум-насосом*; д — *подпорным насосом*; (1 — главная задвижка; 2 — обратный клапан; 3 — вспомогательная задвижка; 4 — вспомогательный насос; 5 — задвижка; 6 — вакуум-насос; 7 — подпорный (бустерный) насос).

Работа насосов должна быть организована так, чтобы все насосы эксплуатировались, чередуясь в определенном порядке. График суточной работы насосов строится с учетом возможности остановки насосов в часы вечернего максимума электрической нагрузки.

Перед пуском насос и всасывающий трубопровод должны быть залиты водой вплоть до нагнетательного патрубка. В связи с этим у современных автоматизированных водоотливных установок насосы и всасывающие трубопроводы заполняются водой непосредственно перед пуском, либо постоянно заполнены водой, либо работают с подпором, создаваемым бустерными (вспомогательными) насосами.

Заливка насосов может осуществляться (рис. 2) из бака-аккумулятора (а), непосредственно из нагнетательного трубопровода (б), вспомогательным насосом (в), с помощью вакуум-насоса (г) и подпорным (бустерным) насосом (д).

Планово-предупредительный ремонт водоотливной установки заключается в проведении операций текущего и капитального ремонтов.

Объем работ при ремонтах устанавливается по результатам осмотров, которые производятся ежедневно обслуживающим персоналом и не реже одного раза в неделю — главным механиком.

Текущий ремонт включает: наружный осмотр, подтяжку ослабших креплений, устранение мелких дефектов; смену набивки всех сальников насосов и задвижек; промывку подшипников насосов; осмотр электрической и контрольно-измерительной аппаратуры

с проверкой правильности показаний всех измерительных приборов; осмотр всех кранов (воздушных, спускных и т. д.) и их притирку, осмотр болтов и резиновых втулок соединительных муфт, разбор двигателя и очистку статора и ротора от пыли.

При **капитальном ремонте** к перечисленному для текущего ремонта добавляется: очистка от осадков рабочих колес, направляющих аппаратов, корпуса вала насоса, замена износившихся рабочих колес, уплотнительных колец, диска гидропаты, направляющих аппаратов, вала, подшипников и т. д., после сборки насоса — проверка правильности работы его в течение 2 ... 4 ч.

При испытании водоотливной установки исследуют основные показатели: подачу насоса; высоту всасывания; напор; мощность насоса; к. п. д. насоса и всей установки; частоту вращения вала насоса; температуру подшипников; характеристику центробежного насоса.

ГРУНТОВЫЕ НАСОСЫ

Грунтовые насосы предназначены для **перекачки гидросмеси** (раньше их называли землесосы). Они используются при разработке **карьеров, россыпных месторождений и котлованов, транспорта грунта и полезных ископаемых** (руда, уголь, строительный материал), **дноуглубления** (водный транспорт), **золоудаления** на тепловых электростанциях и др.

Особенности **конструкции грунтовых насосов** определяются наличием **большого количества твердых частиц** в перекачиваемой **воде**, что создает чрезвычайно интенсивные **абразивные воздействия**, и необходимость обеспечить пропуск довольно **крупных включений** (галька, камни, руда, порода), которые попадают с грунтом.

Номенклатура грунтовых насосов предусматривает выпуск насосов с **нормальным проходным сечением** — **тип Гр** и с **увеличенным проходным сечением** — **тип Гру**. Кроме того, выпускается несколько типов грунтовых насосов для различных условий работы по интенсивности абразивного воздействия: **легкие, однокорпусные** — **индекс Л**, **легкие (средние) с футеровкой из резины** — **индекс Р** или из **корунда на бакелитовой основе** — **индекс К** и **тяжелые двухкорпусные с защитной футеровкой из износостойчивой стали** — **индекс Т**.

Марка грунтового насоса включает **буквенное обозначение типа, размер** (диаметр входного патрубка, деленный на 25) и значение **коэффициента быстроходности** $0,1 n_s$.

Например: **10ГруЛ-8** — грунтовый насос с увеличенным проходным сечением для легкого режима, диаметр входного патрубка $25 \times 10 = 250$ мм, коэффициент быстроходности 80. Характеристики грунтовых насосов всегда даются для чистой воды.

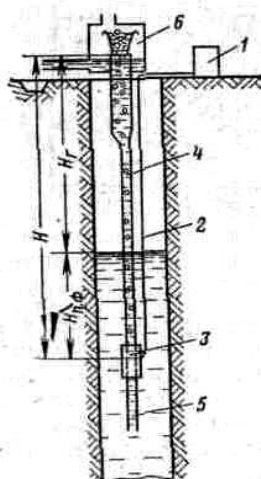
Номенклатура грунтовых насосов **типов Гр и Гру** предусматривает большое число **типоразмеров** с диапазоном напоров **от 10—15 м до 70 — 80 м и подачи от 3 — 5 до 4000 л/с**.

Для перекачивания **гидросмесей, содержащих мелкие частицы** (песок, раздробленная руда, шлак, мелкая зола и пр.), применяются **песковые насосы (тип П)**, которые по конструкции похожи на насосы типа Гр легкого режима, но имеют меньшие размеры и легкоразборный корпус.

ВОЗДУШНЫЙ ПОДЪЕМНИК (ЭРЛИФТ)

Для транспортирования и подъема жидкости используют устройства которые нельзя назвать насосами в строгом понимании этого слова. К ним в относятся *воздушные подъемники (эрлифты)*. Эрлифты применяются для *гидроподъема на гидрошахтах* и для *водоотлива*, а также при *подземном выщелачивании*. При подъеме со значительных глубин эрлифтные установки выполняются ступенчатыми.

Эрлифт — воздушный подъемник, представляет собой устройство, в котором для транспортирования воды используется *пневматическая энергия*.



Сжатый воздух от компрессора 1 по трубе 2 подается к форсунке 3, расположенной ниже уровня воды. Отверстиями форсунки воздух разбивается на отдельные пузырьки, которые устремляются вверх по подъемной трубе 4. Легкая водовоздушная смесь в трубе 4 вытесняется столбом жидкости в резервуаре. При непрерывной подаче воздуха в форсунку происходит подача смеси вверх и поступление жидкости к форсунке по подводящему трубопроводу 5. В воздухоотделителе 6 смесь выливается из открытого конца подъемной трубы, а заключенный в смеси воздух выделяется в атмосферу.

По условию равновесия жидкости в сообщающихся сосудах наружный столб жидкости с высотой, равной глубине погружения Нп.ф, стремится уравновесится с более легким столбом смеси в трубе. При этом глубина погружения может быть подобрана такой, что она не только уравнивает, но и несколько превысит необходимую высоту столба смеси $H_{п.ф} + H_{г}$. Таким образом, при непрерывном поступлении воздуха в камеру будет происходить подача смеси по трубе на уровень слива.

Плотность образующейся при этом воздушно-водяной смеси значительно меньше плотности воды, в результате чего смесь поднимается по трубе над уровнем воды на высоту Нг.

Экономичная скорость движения смеси в подъемной трубе не превышает 6 ... 10 м/с. Однако при движении смеси вверх скорость ее растет из-за расширения пузырьков воздуха, поэтому подъемная труба в верхней части имеет больший диаметр. Точка перехода от одного диаметра к другому определяется расчетами скорости по длине трубы.

Достоинствами эрлифтов являются: простота устройства, малые габариты в плане, отсутствие движущихся деталей, расположение основного оборудования на поверхности, уменьшение протяженности выработок, относящихся к водоотливу, безопасность работы, надежность, уменьшение затрат труда при эксплуатации, саморегулирование с изменением глубины погружения при откачке воды, возможность откачивания неосветленной воды.

К недостаткам эрлифтов относятся низкий к. п. д. (0,2 ... 0,4) и большая глубина погружения форсунки.

Практика эксплуатации и исследования показывают, что несмотря на низкий к.п.д. самого эрлифта эрлифтные водоотливные установки при некоторых условиях могут быть экономичнее насосных установок, если их сравнивать по всем видам затрат на откачку воды.

СТРУЙНЫЕ НАСОСЫ

Действие струйных насосов основано на принципе передачи кинетической энергии от одного потока к другому, обладающему меньшей кинетической энергией. Напор насосов этого типа создается непосредственным смещением обоих потоков, без каких-либо промежуточных механизмов. В зависимости от назначения насоса рабочая и перекачиваемая среды (жидкость, пар, газ) могут быть одинаковыми или разными.

Если в *струйном насосе* для перекачки воды используется энергия струи пара, то такой аппарат называется *инжектором*, если вода - *гидроэлеватором*.

Гидроэлеватор — водоструйный насос, в котором используется энергия рабочей воды, подаваемой стационарным насосом.

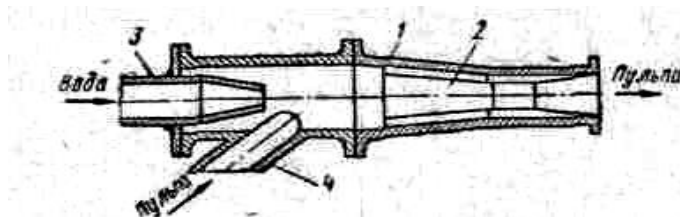


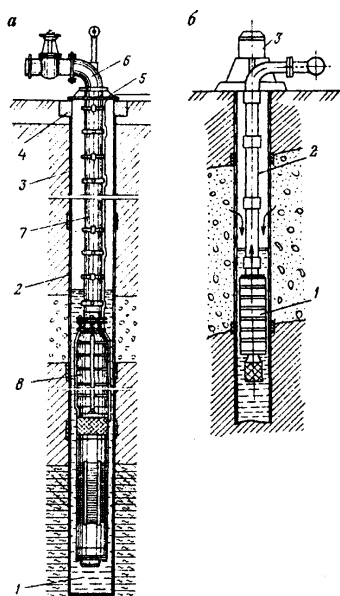
Рис. 2. Гидроэлеватор: 1 — корпус; 2 — горловина; 3 - насадка; 4 - загрузочный патрубок

Принцип действия: *Рабочая вода* подается *по трубопроводу* и выходит с *большой скоростью через насадку*. При этом в *приемной камере создается разрежение*. В *зону разрежения по трубопроводу всасывается откачиваемая жидкость*. *Рабочая и откачиваемая жидкости смешиваются в горловине*, затем поток *попадает в диффузор*, где *кинетическая энергия* частично преобразуется *в давление*. *Из диффузора* поток *поступает в напорный трубопровод*.

Достоинства гидроэлеватора являются простота устройства, небольшие размеры в плане, отсутствие движущихся частей, возможность откачки пульпы, откачка насухо и минимальные затраты на обслуживание. Обеспечение непрерывной подачи пульпы нечувствительность к попаданию внутрь гидроэлеватора воздуха, способность транспортировать сравнительно крупные фракции материала.

Недостатком гидроэлеватора является низкий к. п. д. (0,2-0,3), (не более 0,4, а при откачке пульпы — не более 0,25).

Гидроэлеватор используется для *низконапорных гидротранспортных установок*, а также для установок, применяющихся для *чистки зумпфов, промывки трубопроводов* и других вспомогательных операций. При этом рабочая вода подается обычно из напорного трубопровода главной водоотливной установки. В отдельных случаях их применяют *для подъема мелкого угля по шахтным стволам*, а также для *подачи измельченных концентратов руд цветных металлов на горнообогатительных комбинатах*.



СКВАЖИННЫЕ ВОДООТЛИВНЫЕ УСТАНОВКИ

Рис. 3. Скважинные водоотливные установки, оборудованные насосами

(а) с погружным электродвигателем: 1 — отстойник; 2 - фильтр; 3 - наставные трубы; 4 - бетонный фундамент; 5 -

опорная плита; 6 - несущие звено трубного става; 7 – трубный став; 8 – насосный агрегат;
 (б) с непогружным электродвигателем: 1 – насос; 2 – нагнетательный трубопровод;
 3 – электродвигатель.

Применение *погружных электронасосов* при отработке месторождений *методом подземного выщелачивания* характеризует качественно новую ступень в развитии этого метода.

Насосы, специально предназначенные для *подачи воды из скважин, шурфов и шахт*, называются *скважинными* и используются для *водоснабжения, понижения уровня грунтовых вод, осушения котлованов, дренажных установок*. Наибольшее распространение имеют *две системы скважинных лопастных насосов: не погружным электродвигателем типа ЦТВ* (центробежные с трансмиссионным валом до 100м) и с *погружным электродвигателем типа ЭВЦ* (электронасосный центробежный агрегат для воды).

На установке *насоса с погружным электродвигателем* (рис. 3, а) *насосный агрегат* с электродвигателем погружного исполнения *подключен* при помощи присоединительных фланцев к *трубному ставу*, который *удерживает агрегат на определенной глубине в скважине*. После *проходки скважины* на расчетную глубину в нее *опускается фильтровая трубная колонна*, состоящая из *отстойника, фильтра и наставных труб*. *Отстойник фильтровой колонны* располагается ниже водоносного горизонта и предназначен *для накопления породного шлама*. Обычно фильтры устанавливают в нижней части водоносного горизонта примерно на 1/3—1/2 его мощности в зависимости от степени водоотдачи горного массива. *Фильтры – металлические трубы с круглыми или щелевидными отверстиями используются в устойчивых породах, в мелкозернистых грунтах трубчатые фильтры покрывают проволоочной сеткой или тканью*.

Трубные элементы и фильтр соединяют с *помощью муфт и по мере наращивания* фильтровой колонны ее *опускают в скважину*. После ее полного монтажа буровые обсадные трубы, как правило, полностью извлекаются. Исключая участок фильтровых элементов, *зазор между колонной и стенками* по всей остальной части *скважины уплотняют* (резиновые и пеньковые сальники, свинцовые кольца, заливку цементными растворами и пр.) *Устье скважины укрепляют бетонным фундаментом*, на который *устанавливают опорную плиту с несущим звеном* трубного става.

При оборудовании водопонижающих *скважин погружными насосами с непогружными электродвигателями* (рис. 3, б) конструкция фильтровой колонны не отличается от насоса с погружным электродвигателем. Но *электродвигатель располагается над устьем скважины, а передача крутящего момента* от электродвигателя валу насоса, погруженного в скважину, осуществляется с помощью *трансмиссионного вала*, расположенного в нагнетательном трубопроводе.

В *обозначении насосных агрегатов*, помимо буквенного индекса *ЭЦВ – электронасосный центробежный агрегат для воды*, дают три цифровых индекса через дефис. *Первый цифровой индекс — наименьший внутренний диаметр обсадной трубы в мм, уменьшенный в 25 раз и округленный, второй индекс* соответствует *подаче (м³/ч) насосного агрегата в номинальном режиме, а третий — напору (м) в упомянутом режиме*.

Например *ЭЦВ16-400-350*: 16 - внутренний диаметр обсадной трубы 397 мм, подача 400 м³/ч, напор 350 м.

Поле режимов работы скважинных насосных агрегатов типа ЭЦВ в соответствии с ГОСТ 10428—89 охватывает *диапазон подач от 1 до 1000 м³/ч и напоров от 15 до 650 м.*

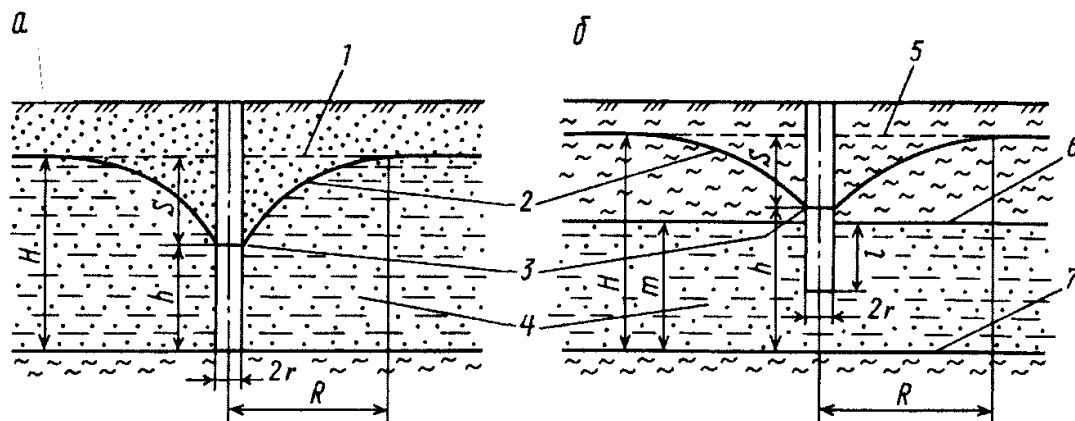


Рис. 4. Схемы откачки воды из вертикальных скважин:

а — совершенная скважина в безнапорном пласте; *б* — несовершенная скважина в напорном пласте; 1 — уровень воды до откачки; 2 — депрессионная кривая; 3 — динамический уровень; 4 — водоносный пласт; 5 — пьезометрический уровень; 6 — водоупорная кровля; 7 — водоупорное ложе.

ИГЛОФИЛЬТРОВЫЕ ВОДООТЛИВНЫЕ УСТАНОВКИ

Иглофильтровые установки используются в основном *для предварительного водопонижения* на небольших участках горных работ, чаще всего *при проходке капитальных подземных выработок и траншей.*

Иглофильтровые установки являются *передвижными* и подразделяются на *два типа: легкие и глубинного водопонижения.* Легкие установки обеспечивают *глубину водопонижения от 4 до 7 м.* Высота подъема воды на установках *глубинного водопонижения достигает 17—20 м.*

Легкая иглофильтровая установка состоит из *вакуум-насосного агрегата, иглофильтров, всасывающего коллектора и соединительных шлангов.* Вакуум-насосный агрегат включает *одноступенчатый центробежный насос и вакуум-насос,* смонтированные на одном валу. Всасывающий коллектор собирается из отдельных звеньев труб. Установленные в грунт *иглофильтры* присоединяются к всасывающему коллектору с помощью соединительных шлангов, а насосы — с помощью армированного всасывающего рукава через задвижку. *Иглофильтр* состоит из *фильтрового звена,* конструкция которого аналогична конструкции фильтра скважинной водоотливной установки, *и колонны надфильтровых труб,* соединяемых с помощью муфт.

Наконечники самопогружающихся иглофильтров снабжены *зубчатыми коронками и шаровыми обратными клапанами.* Погружение иглофильтра в породный массив в этом случае осуществляется гидравлическим способом за счет подачи воды через надфильтровые трубы к его наконечнику. Под напором воды клапан опускается, обеспечивая ее выход и размыв массива под наконечником и вокруг всего става надфильтровых труб. При откачке воды из иглофильтров клапан поднимается вверх, перекрывает проход в наконечнике и исключает поступление через него грунтовой воды в иглофильтр.

На *установках с глубоким погружением иглофильтров* разрежение у фильтрового звена создают с помощью *водоструйных насосов (эжекторов),* получающих гидрав-

лическую энергию от силовых насосных агрегатов, установленных в горных выработках или на поверхности. В этом случае *иглофильтр размещается в буровых скважинах или погружается в горный массив* при помощи специальных машин и устройств, использующих энергию силовых насосных агрегатов иглофильтровой установки.

В настоящее время используют *три типа иглофильтровых установок: легкие иглофильтровые установки (ЛИУ), эжекторные иглофильтровые установки (ЭИ) и вакуумные иглофильтровые установки (УВВ).*

Легкие иглофильтровые установки (ЛИУ) используются для понижения уровня подземных вод *до 4—5 м* в песчаных, супесчаных и илистых грунтах с *коэффициентом фильтрации от 2—3 до 30—40 м/сут.*

Эжекторные иглофильтровые установки (ЭИ) используют для осушения грунтов и понижения уровня подземных вод *до 20 м* при *коэффициенте фильтрации от 0,1 до 10 м/сут.*

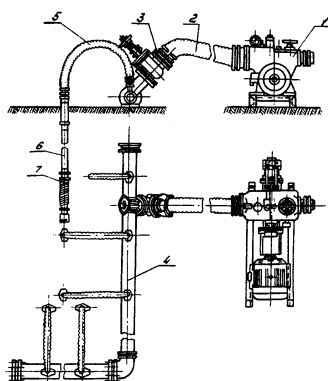


Рис. 5. Легкая иглофильтровая установка ЛИУ — 6БМ: 1 — вакуум-насосный агрегат, 2 — армированный всасывающий рукав, 3 — задвижка, 4 — всасывающий коллектор, 5 — соединительный шланг, 6 — колона надфильтровых труб, 7 — фильтровое звено иглофильтра.

ЛЕКЦИЯ №3. ШАХТНЫЕ ВЕНТИЛЯТОРЫ ГЛАВНОГО ПРОВЕТРИВАНИЯ

ВЕНТИЛЯТОРНЫЕ УСТАНОВКИ ГЛАВНОГО ПРОВЕТРИВАНИЯ

Главные вентиляторные установки располагаются на поверхности у устья герметически закрытых стволов, шурфов, штолен, скважин.

Рабочий и резервный вентиляторы соединяются со стволом шахты *системой вентиляционных каналов — подводящего, всасывающих, нагнетательных, обводных, диффузора с входной частью.* Каналы выполняются в бетоне в комплексе со зданием, в котором размещаются вентиляторные агрегаты.

Центробежные вентиляторы являются *нереверсивными*, поэтому установки с такими вентиляторами имеют обводные каналы, по которым воздух нагнетается в шахту при изменении направления воздушной струи системой ляд или вертикальных дверей.

Большинство *осевых вентиляторов типа ВОД* являются реверсивными. Воздушная струя реверсируется изменением направления вращения рабочих колес и угла установки лопаток направляющих и спрямляющих аппаратов. Установка с реверсивными осевыми вентиляторами не имеет обводных каналов, реверсивных ляд, дверей, что упрощает общее устройство вентиляторных установок.

Вентиляторы главного проветривания в большинстве случаев оснащаются *нерегулируемым электроприводом*. При потребляемой *мощности до 100—150 кВт* в приводе вентиляторов используются *низковольтные электродвигатели с короткозамкнутым ротором*, при *мощности от 150 до 350 кВт* — *низковольтные синхронные двигатели на напряжение 380 В*. При *мощности более 350 кВт* применяются *высоковольтные синхронные двигатели (напряжение 3000/6000 В)*.

Для автоматизации вентиляторных установок главного проветривания в настоящее время выпускается *унифицированная аппаратура автоматизации шахтных вентиляторов (типа УКАВ)*. С ее помощью автоматизируются установки, оснащенные одним или двумя осевыми (неревверсивными или реверсивными) или центробежными (одно- или двустороннего всасывания) вентиляторами с электроприводом от синхронных (асинхронных) двигателей низкого и высокого напряжения.

В соответствии с *Правилами безопасности* на рудниках и шахтах при эксплуатации главных вентиляторных установок должны *измеряться их подача и давление при прямой и реверсивной работе*. Для этого главные вентиляторные установки шахт третьей категории, сверхкатегорных и опасных по выбросам снабжаются *самопишущим депрессиомером и расходомером*.

Вентиляторные установки в соответствии с ПБ должны иметь *резерв по подаче от 20 до 45%* и обеспечивать *реверсирование воздушного потока* (в случае возникновения пожара) *не более чем за 10 мин, при этом подача должна составлять не менее 60% нормальной*. Правила безопасности также требуют, чтобы вентиляторные установки были оборудованы *двумя одинаковыми вентиляторами — рабочим и резервным*.

ЦЕНТРОБЕЖНЫЕ И ОСЕВЫЕ ВЕНТИЛЯТОРЫ ГЛАВНЫХ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Центробежные вентиляторы главного проветривания

Центробежные вентиляторы главного проветривания в соответствии с ГОСТ 11004—84 изготавливаются *одноступенчатыми с односторонним ВЦ и двусторонним ВЦД* подводом воздуха с *диаметрами рабочих колес от 1,5 до 4,7 м*, номинальной подачей воздуха *от 10 до 630 м³/с* и номинальным статическим давлением *от 2400 до 7000 Па*.

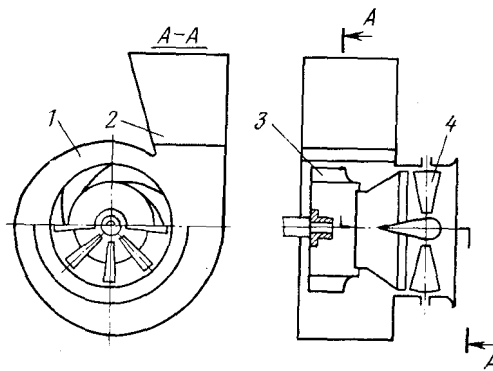


Рис 1. Схема центробежного вентилятора одностороннего всасывания
1 — корпус вентилятора; 2 — выходное отверстие (диффузор); 3 — рабочее колесо; 4 — направляющий аппарат.

Центробежный вентилятор состоит из *корпуса, ротора, направляющих и спрямляющих аппаратов*, с присоединенными *коллектором и входной коробкой*.

Конструктивные особенности вентиляторов обусловлены *числом сторон всасывания* и расположением *рабочего колеса относительно подшипниковых опор*, которые могут быть *консольными и центральными*. *Консольное расположение* рабочего колеса применяется в вентиляторах *одностороннего всасывания малых типоразмеров*. *Центральное расположение* рабочего колеса используется в *вентиляторах двустороннего всасывания больших типоразмеров*.

Спиральные корпуса вентиляторов 1 малых типоразмеров выполнены в виде сварных конструкций из листовой и уголкового стали. Крупные вентиляторы имеют корпуса, выполненные частично из металла, а частично (нижняя часть корпуса) из железобетона.

Рабочее колесо 3 состоит из ступицы, переднего и заднего дисков, между которыми установлены лопатки крыловидной формы. Неподвижный *осевой направляющий аппарат 4* служит для регулирования режима работы вентилятора. Он *имеет плоские лопатки*, которые с помощью механизма одновременного поворота могут быть *повернуты от +90°* (всасывающее отверстие перекрыто) *до 0°* (лопатки установлены в плоскости оси вала) и далее *до —10 или —30°*. При *углах от 0 до +90°* воздух в *осевом направляющем аппарате закручивается в сторону вращения рабочего колеса, снижая давление, подачу* и потребляемую вентилятором мощность. При установке *лопаток на отрицательный угол* воздух *закручивается против направления вращения рабочего колеса*, что приводит к *увеличению давления и подачи вентилятора*.

При угле установки лопаток 90° они *полностью перекрывают всасывающее отверстие вентилятора*. Такая установка лопаток применяется *при запуске* вентилятора.

Выходными устройствами центробежных вентиляторов служат обычно *спиральные корпуса 1*, формирующие поток и направляющие его от входного сечения колеса к *выходному отверстию 2* вентилятора, а также частично преобразующие динамическое давление потока в статическое.

Согласно ГОСТ 11004-75 условные *обозначения центробежных вентиляторов* расшифровываются: *ВЦ* - вентилятор центробежный одностороннего всасывания, *ВЦД* - вентилятор центробежный двухстороннего всасывания, *число после букв* - диаметр рабочего колеса по внешним кромкам лопаток, мм.

Например, вентилятор исполнения ВЦД с диаметром рабочего колеса /ротора/ 3150 мм модернизированный будет иметь обозначение *ВЦД-31,5 М*.

К основному обозначению вентиляторов иногда добавляют дополнительные отличительные буквы или слова, отражающие специфику конструкции или назначения. Например, *М* - модернизированный. *У* - с узкой лопаткой рабочего колеса, *"Север"* - в северном исполнении.

В настоящее время заводами выпускаются следующие *центробежные вентиляторы* одно- и двустороннего всасывания, предназначенные для главного проветривания шахт и рудников (цифра в маркировке означает размер диаметра рабочего колеса в дециметрах): *ВЦ-25М, ВЦ-31,5М, ВЦД-31,5М, ВЦД47,5У, ВЦД47,5А*; для проветривания стволов и околоствольных выработок: *ВЦ-11М, ВШЦ-16* и только для проветривания забоев шахтных стволов *ВЦП-16*.

В **комплект вентиляторов** входят: *механическая часть с встроенным электрооборудованием; электродвигатели главного привода; аппаратура управления, автоматизации и контроля режима работы вентилятора; инструмент, запасные части, приспособления и комплект технической эксплуатационной документации /паспорт, техническое описание, инструкции по эксплуатации механической и электрической частей, монтажные и узловые чертежи/.*

Срок службы вентиляторов с диаметром ротора *до 3150 мм равен 14 годам*, вентиляторов с *диаметром ротора более 3150 мм - 20 годам*. Срок службы вентилятора до первого капитального ремонта 8 лет.

Осевые вентиляторы главного проветривания

Осевые вентиляторы главного проветривания типа ВОД (вентилятор осевой двухступенчатый) выпускаются серийно *с подачей от 15 до 610 м³/с* и *статическим давлением от 600 до 3200 Па* и предназначены для проветривания горных предприятий с относительно небольшим сопротивлением вентиляционной сети.

Осевые вентиляторы главного проветривания (рис. 2) выполняются *двухступенчатыми* и имеют четыре лопаточных венца: *рабочее колесо первой ступени, направляющий аппарат, рабочее колесо второй ступени, спрямляющий аппарат*. Рабочим органом вентилятора является *ротор*, состоящий из *рабочих колес первой и второй ступени*.

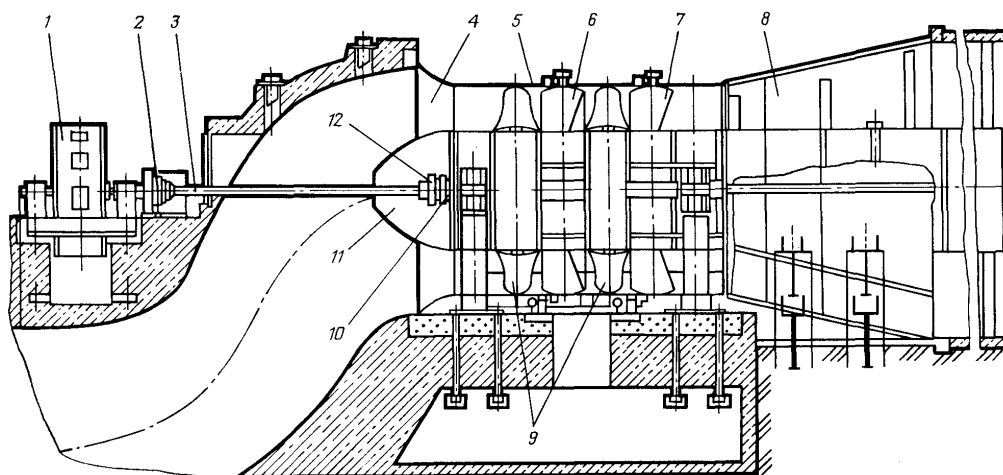


Рис 2. Осевой вентилятор главного проветривания типа ВОД

1 – электродвигатель; 2 – тормоз; 3 – трансмиссионный вал; 4 – коллектор; 5 – корпус; 6 – направляющий аппарат; 7 – спрямляющий аппарат; 8 – диффузор; 9 – рабочие колеса (первой и второй ступени); 10 – главный вал; 11 – передний обтекатель; 12 – соединительная муфта.

Рабочие колеса имеют по 12 лопаток, закрепленных затворами на втулках. Затворы позволяют *изменять угол установки* лопаток в интервале **15—45°** для регулирования подачи и давления.

Направляющий аппарат 6 раскручивает поток воздуха, выходящий из первой ступени вентилятора, и обеспечивает его подачу в рабочее колесо второй ступени — под

необходимым углом. Поток воздуха после второй ступени раскручивается **спрямляющим лопаточным аппаратом** 7. **Направляющий и спрямляющий аппараты имеют по 14 поворотных лопаток**, снабженных механизмом одновременного поворота.

Регулирование подачи воздуха обеспечивается **изменением углов установки лопаток рабочих колес и углов установки лопаток направляющих аппаратов**. **Реверсирование** воздушной струи осуществляется **изменением направления вращения рабочих колес** и изменением **угла установки направляющих и спрямляющих аппаратов**.

Обозначения шахтных осевых вентиляторов расшифровывается следующим образом: **В** - вентилятор, **О** – осевой, **Д** - двухступенчатый, **диаметр рабочего колеса** по концам лопаток, выраженный в дециметрах.

Вентиляторы ВОД-11П и ВОД-16П предназначены для проветривания шахт и рудников малой производственной мощности. В качестве **вентиляторов главного проветривания применяются реверсивные вентиляторы: ВОД-21М, ВОД-30М, ВОД-40М, ВОД-50**, которые имеют единую компоновочную схему: первое рабочее колесо — регулируемый направляющий, аппарат — второе рабочее колесо — спрямляющий аппарат с поворотными лопатками.

Под **аэродинамической схемой осевого вентилятора** подразумевается **совокупность признаков и параметров**, однозначно **характеризующих проточную часть: число ступеней**, равное числу рабочих колес; **тип схемы**, зависящий от наличия аппаратов и их расположения по отношению к рабочему колесу; **относительный диаметр втулки; число лопаток колеса и аппаратов, углы их установки**.

Одноступенчатые осевые вентиляторы имеют следующие **аэродинамические схемы**:

1. **К** — состоящую только из рабочего колеса (К);
2. **К+СА** — включающую кроме рабочего колеса спрямляющий аппарат (СА);
3. **ВНА+К** — с установленным перед рабочим колесом входным направляющим аппаратом (ВНА);
4. **ВНА+К+СА** (рис. 3, а).

Двухступенчатые вентиляторы имеют схемы:

1. **К+СА+К+СА** ;
2. **ВНА+К+НА+К+СА** (рис. 3, б).

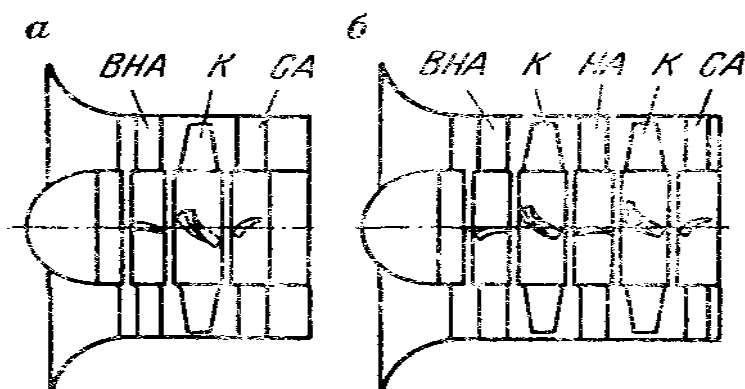


Рис. 3. Аэродинамические схемы одно- и многоступенчатых осевых вентиляторов.

СПОСОБЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ РАБОТЫ ВЕНТИЛЯТОРОВ

В шахтах в процессе эксплуатации постоянно *изменяются длина, сечение и число горных выработок, а также утечки воздуха между выработками и естественная тяга*. Все это обуславливает *изменение сопротивления шахтной сети*. Изменяются также производственная *мощность шахт, газовыделение из горных пород, температура горных пород и температура* поступающего в шахту воздуха с изменением времен года. В связи с этим различны *требования к потребному количеству воздуха*, которое должны подавать вентиляторные установки. Кроме того, *действительные вентиляционные режимы отличаются от расчетных* (проектных), *вследствие, во-первых, недостаточной точности расчетов и, во-вторых, развития шахты не в точном соответствии проекту* как по производственной мощности, так и по длине, сечению и числу горных выработок, по утечкам воздуха, газовыделению и температуре горных пород. В силу этих причин *действительный вентиляционный режим* всегда *бывает переменным и отличающимся от проектного*, поэтому *шахтные вентиляторные установки* главного проветривания должны иметь *устройства*, позволяющие значительно *изменять их аэродинамическую характеристику* без существенного уменьшения КПД т.е. они должны экономично и глубоко регулироваться.

Известно много способов регулирования осевых и центробежных вентиляторов. Здесь рассмотрены только те способы, которые нашли применение в шахтных вентиляторных установках главного проветривания

Вентиляторы могут регулироваться при постоянной частоте вращения и при её изменении.

Известны следующие *способы регулирования работы вентиляторов*:

1. *дросселирование потока воздуха в линии нагнетания или всасывания;*
2. *изменение направления потока перед входом в рабочее колесо;*
3. *поворот лопаток или отдельных частей лопаток рабочего колеса;*
4. *изменение частоты вращения рабочего колеса.*

РЕВЕРСИРОВАНИЕ ВЕНТИЛЯЦИОННОЙ СТРУИ

В соответствии с правилами безопасности *шахтные вентиляторные установки* главного проветривания должны быть оборудованы устройствами для *реверсирования вентиляционной струи*.

В *вентиляторных установках* главного проветривания *с центробежными вентиляторами*, а также с *осевыми вентиляторами типов ВОКД, ВОД11П* *реверсирование вентиляционной струи* осуществляется с *помощью системы каналов и ляд или вертикальных дверей с приводом от лебедок*. При этом установки развивают примерно такие же подачу и давление, что и при нормальном режиме. Некоторое *уменьшение подачи воздуха в шахту (на 5—10%)* иногда наблюдается *из-за больших утечек в лядах и большего сопротивления обводных каналов*.

Вентиляторные установки с *осевыми вентиляторами* *реверсируют* вентиляционную струю, *изменяя направление вращения рабочих колес* без *изменения углов установки лопаток рабочих колес или направляющих аппаратов* без применения дополнительных каналов и ляд. Однако шахтные вентиляторные *установки с двухступенчатыми осевыми вентиляторами* без применения специальных мероприятий *падают*

при реверсе в среднем не более 40% подачи от нормальной, что не удовлетворяет правилам безопасности.

Повышение эффективности реверсирования вентиляторных установок с осевыми вентиляторами ВОД21, ВОД30, ВОД40 и ВОД50 достигнуто за счет поворота и установки лопаток промежуточного направляющего и выходного спрямляющего аппаратов. Таким образом, чтобы *спрямляющий аппарат* выполнял роль *входного направляющего аппарата*, подкручивающего поток против вращения второго рабочего колеса, а лопатки промежуточного *направляющего аппарата* — роль *спрямляющего аппарата для колеса второй ступени* и направляющего аппарата, подкручивающего поток против вращения колеса первой ступени (рис. 4).

В этом случае *осевые вентиляторы типа ВОД* подают при *реверсировании вентиляционной струи 55—70% от нормальной подачи*. При этом большая из них величина соответствует малым углам установки лопаток рабочих колес, а меньшая — большим углам. Минимальное процентное соотношение подач наблюдается возле горба характеристики давления на максимальном угле (45°) установки лопаток рабочих колес. В связи с этим часть области работы этих установок, в которой не обеспечивается при реверсировании вентиляционной струи 60% от нормальной подачи, исключается из области промышленного использования.

Недостатком вентиляторных установок с центробежными вентиляторами является наличие обводного канала и ляд для, реверсирования вентиляционной струи, так как они удорожают вентиляторные установки и приводят к значительным потерям воздуха через неплотности.

АЭРОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ШАХТНЫХ ВЕНТИЛЯТОРОВ

Аэродинамическое качество вентиляторов характеризуется *основными параметрами*, которыми являются: *подача Q , статическое давление $H_{ст}$* (при работе вентилятора на всасывание) или *полное давление H* (при работе вентилятора на нагнетание), *мощность вентилятора N и его статический $\eta_{ст}$ или полный η КПД.*

Зависимость между указанными выше параметрами данного вентилятора при постоянной частоте вращения его ротора ($n = \text{const}$) и определенных углах установки θ лопаток рабочего колеса, направляющего и спрямляющего аппаратов называется индивидуальной аэродинамической характеристикой вентилятора.

Обычно эти характеристики получают опытным путем в результате испытания вентилятора на стенде или непосредственно на шахте и выражают в виде *графических зависимостей $H=f(Q)$, $N=f(Q)$, $\eta=f(Q)$.*

Вентиляторы могут работать на нагнетание или на всасывание, и должны обеспечивать необходимую подачу и обладать экономичностью и устойчивостью работы. Исходя из последних двух условий, *на напорной характеристике вентиляторных установок выделяют рабочую зону.*

Центробежные вентиляторные установки имеют напорную характеристику $H_{у.ст}$ (рис. 1 а), для которой все режимы работы устойчивы. В этой связи *рабочая зона 1—2* напорной характеристики вентилятора определяется только *из уровня экономичности.*

Напорная характеристика осевых вентиляторов обычно *седлообразная* (рис. 1, б) и может в некоторых случаях иметь разрыв. Поэтому осевые вентиляторы в некотором диапазоне подач Q могут иметь неустойчивый режим работы.

При малых подачах Q , где напорная характеристика $H_{у.ст}$ имеет впадины и разрывы, рабочая зона ограничивается условием устойчивости (точка 1), а при больших Q — условием экономичности (точка 2).

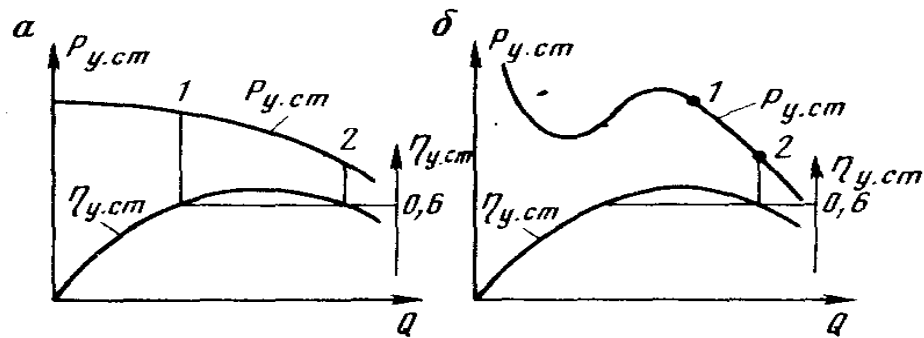


Рис. 1. Индивидуальные характеристики вентиляторных установок с центробежным (а) и осевым (б) вентиляторами

Режим работы осевых вентиляторов регулируется **изменением углов установки лопаток рабочих колес и направляющих аппаратов**, у вентиляторов главного проветривания допускается снятием лопаток через одну на рабочем колесе второй ступени.

Центробежные вентиляторы регулируются **изменением углов установки лопастей направляющих аппаратов и частоты вращения рабочего колеса**, а также комбинацией этих способов.

Полное давление H , развиваемое вентилятором, расходуется на **преодоление сопротивлений в вентиляционной сети** (статическое давление $H_{ст}$) и на **сообщение потоку** на выходе из диффузора вентилятора в атмосферу **некоторой скорости** (динамическое — скоростное давление $H_{д}$). Следовательно, статическое давление вентилятора меньше полного на величину динамического давления.

При работе на всасывание (так работает большинство вентиляторов главного проветривания) используется понятие **статического к.п.д.**, представляющего собой отношение полезной мощности $N_{п}$, соответствующей статическому давлению, к потребляемой мощности N :

$$\eta_{ст} = N_{п} / N$$

Полезная мощность (кВт)

$$N_{п} = 10^{-3} \times H_{ст} \times Q$$

где $H_{ст}$ - статическое давление, Па;

Q - подача вентилятора, $м^3/с$.

Тогда **статический к.п.д** равен

$$\eta_{ст} = 10^{-3} \times H_{ст} \times Q / N$$

Отношение полезной мощности, определенной по полному давлению вентилятора, к потребляемой мощности (на валу вентилятора) называется **полным КПД** вентилятора.

Экономичность вентилятора при работе на всасывание оценивается статическим КПД $\eta_{ст}$ (так как динамическое давление на выходе из диффузора бесполезно теряется), а при работе на нагнетание — **полным к. п. д. т**).

Режим работы вентиляторной установки главного проветривания считается **экономичным**, если $\eta_{у.ст} \geq 0,6$ (рис. 1), местного проветривания, если $\eta_{у.ст} \geq 0,5$.

Вся **система, через которую проходит перемещаемый вентилятором воздух**, называется **рудничной вентиляционной сетью**. **Потери давления** складываются из **потерь на трение о выработки, на удар при входе и выходе из вентилятора, при внезапном расширении и изменении направления воздушной струи**. Для поддержания определенного расхода воздуха в вентиляционной сети необходимо, чтобы вентилятор создавал давление, равное сопротивлению всей рудничной сети при определенном в нем расходе и скоростях движения.

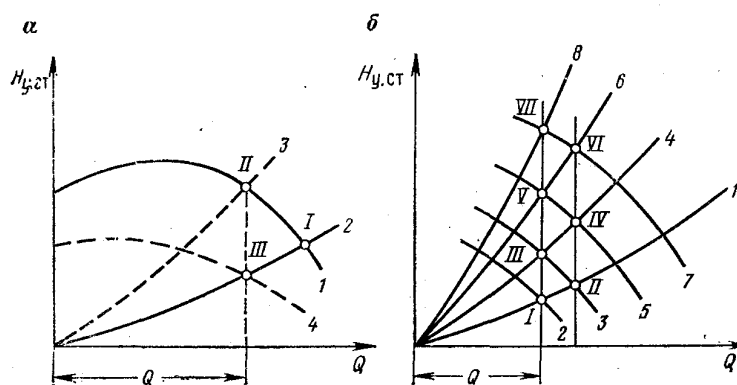


Рис. 2. Регулирование рабочего режима вентиляторной установки: а — изменением характеристики вентиляционной сети и вентилятора; б — многократным изменением характеристики вентилятора

Регулирование рабочего режима вентилятора необходимо для поддержания требуемой его производительности независимо от изменения сопротивления вентиляционной сети, т. е. независимо от изменения ее характеристики.

При характеристике 1 вентилятора и характеристике 2 вентиляционной сети (рис. 2, а) имеем режим I, при котором подача воздуха в шахту будет больше необходимой Q , что неэкономично и может привести к невыполнению требования ПБ в отношении скорости движения воздуха в выработках. Требуемые режимы II или III, обеспечивающие необходимую производительность вентилятора Q , могут быть достигнуты либо **изменением характеристики вентиляционной сети** (парабола 3), либо **изменением характеристики вентилятора** (кривая 4).

Регулирование рабочего режима вентилятора изменением характеристики вентиляционной сети **путем дросселирования** в вентиляционном канале по сравнению с регулированием изменением характеристики вентилятора является **более простым, но неэкономичным**, так как при нем для подачи Q требуется большее давление (ордината точки II).

При применяемом в настоящее время **экономичном регулировании рабочего режима** вентилятора изменением его характеристики непрерывному изменению характеристики вентиляционной сети соответствует **изменение характеристики вентилятора** (рис. 2, б).

Ступенчатое регулирование при осевых вентиляторах достигается за счет **изменения при остановленном вентиляторе угла установки лопастей рабочего колеса на 5° в диапазоне от 15 до 45° , снятием половины лопастей (через одну) рабочего колеса и изменением частоты вращения** путем замены двигателя, а при **центробежных** — **изменением угла установки лопаток направляющего аппарата, поворотом закрылков (если они имеются) лопастей рабочего колеса на 10° в диапазоне от -20 до $+30^\circ$ при остановленном вентиляторе и изменением частоты вращения.**

Лекция №4. КОМПРЕССОРНЫЕ УСТАНОВКИ

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПНЕВМАТИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ.

Пневматические установки предназначены для получения сжатого воздуха, используемого при работе комбайнов, отбойных и бурильных молотков, лебедок, вентиляторов местного проветривания и т. д.

Компрессор - машина, преобразующая механическую энергию привода в полезную потенциальную и кинетическую энергию газа. В компрессоре происхо-

дят повышение давления газа и перемещение его из области низкого в область высокого давления.

По способу сжатия газа компрессоры могут быть:

объемного сжатия (компрессоры вытеснения), в которых давление воздуха повышается за счет уменьшения рабочего пространства, — поршневые, винтовые, ротационные;

кинетического сжатия (лопастные компрессоры), в которых воздух сжимается в процессе его принудительного движения при силовом взаимодействии с лопатками вращающихся колес, — центробежные, осевые.

Пневматическая установка состоит из компрессоров, расположенных на поверхности и вырабатывающих сжатый воздух, концевого охладителя, воздухопровода, по которому транспортируется сжатый воздух, и потребителей сжатого воздуха. При ведении горных работ находят применение также передвижные компрессорные установки, расположенные в шахте и применяемые главным образом для бурильных машин.

В настоящее время в горной промышленности широко применяют поршневые и центробежные компрессоры. Если поршневые компрессоры могут иметь производительность от 10 до 120 м³/мин сжатого воздуха (при подаче компрессорной станцией сжатого воздуха в шахту до 500 м³/мин), то центробежные компрессоры и агрегаты производят от 60 до 500 м³/мин сжатого воздуха.

ПОРШНЕВЫЕ КОМПРЕССОРЫ

Поршневые компрессоры относятся к разряду объемного действия, в которых процессы сжатия и перемещения воздуха происходят в замкнутом пространстве за счет изменения его объема.

Поршневые компрессоры по **типу и числу цилиндров** подразделяются на компрессоры **одно- и двустороннего действия, одно- и многоцилиндровые, одно- и многоступенчатые**.

Преимущественное распространение на горных предприятиях получили двухступенчатые поршневые компрессоры производительностью 10; 24; 30; 50; 63; 120 м³/мин.

Конструкция двухступенчатого компрессора зависит от взаимного расположения цилиндров. **Стационарные компрессорные установки** горных предприятий оборудуются преимущественно горизонтальными компрессорами оппозитного исполнения, прямоугольными и V-образными компрессорами.

При оппозитной схеме цилиндры компрессора располагаются в два ряда но обе стороны от оси вращения коленчатого вала и имеют взаимно противоположное направление движения шатунно-поршневых групп.

В России изготавливают **оппозитные горизонтальные компрессоры** 2BM4-24/9, 2BM10-50/9, 2BM10-63/9 и 4BM10-120/9. По обе стороны кривошипно-шатунного механизма консольно расположены цилиндры первой и второй ступеней сжатия. Корпуса и крышки ци-

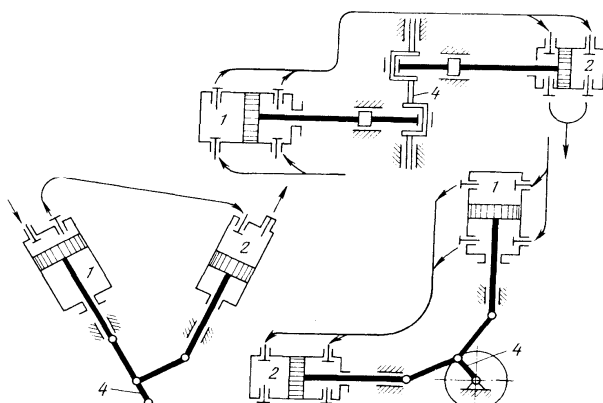
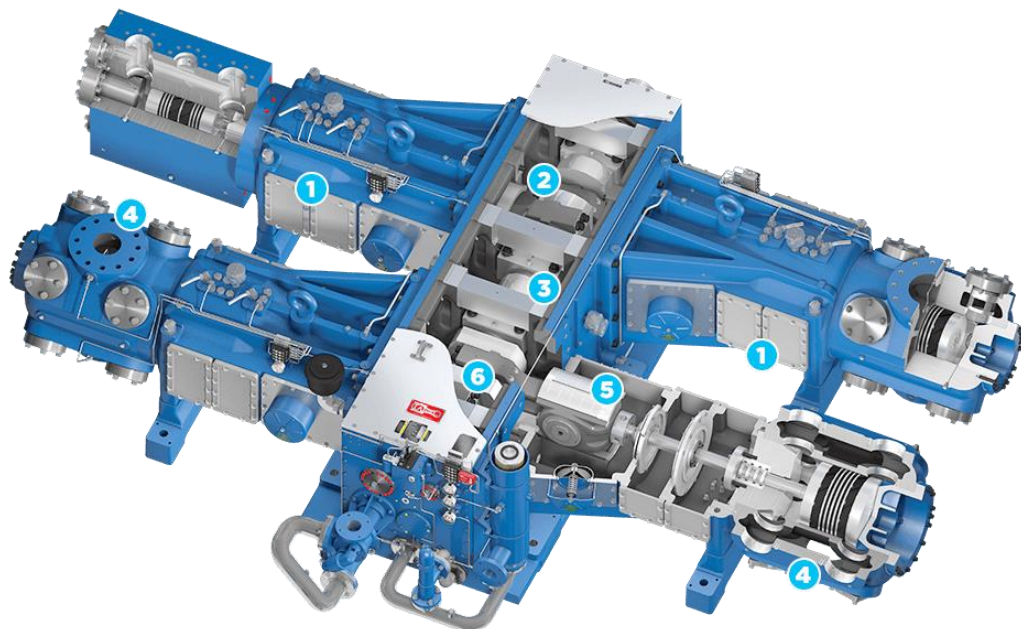


Рис. 5. Схемы двухступенчатых поршневых компрессоров: горизонтального оппозитного, V-образного, прямоугольного

линдров имеют полости (водяные рубашки), по которым циркулирует вода для охлаждения.

Указанные компрессоры имеют производительность соответственно 24, 50, 63 и 120 м³/мин и обеспечивают конечное избыточное давление 0,9 МПа. Компрессор 2ВМ10-50/9 двухцилиндровый, а 4ВМ10-120/9 - четырехцилиндровый с двумя ступенями сжатия.



Из *прямоугольных компрессоров*, в которых цилиндры первой и второй ступеней расположены под углом 90°, в горной промышленности применяются стационарные компрессоры: 302ВП-10/8 и 305ВП-30/8, имеющие производительность соответственно 10 и 30 м³/мин и избыточное давление нагнетания 0,9 МПа.

V-образные компрессоры используют в основном в передвижных компрессорных установках. Наибольшее распространение на горных предприятиях получили четырехцилиндровый двухступенчатый компрессор ШВКС-5 производительностью 5 м³/мин при давлении 0,7 МПа, имеющий воздушное охлаждение.

Поршневые воздушные компрессоры общего назначения имеют следующие конструкционные узлы: фундаментную раму, закрепленную на фундаменте и являющуюся основанием для размещения коленчатого вала, который укладывается на коренные подшипники; цилиндры с поршнями; шатуны и крейцкопфы; промежуточный холодильник. Штоки поршней в крышке цилиндров уплотняют сальниками. Каждый поршневой компрессор оборудован системой смазки механизма движения (вкладышей, шатунов и крейцкопфов) и цилиндров. Воздухораспределение осуществляется клапанами, устанавливаемыми на цилиндрах. Для изменения производительности компрессоры оборудуют регуляторами производительности (давления).

ЦЕНТРОБЕЖНЫЕ КОМПРЕССОРЫ

Центробежные компрессоры составляют значительную часть компрессорных машин, занятых на предприятиях горнорудной промышленности; они характеризуются отношением давлений $\epsilon = 2,5 \dots 3$ и развивают давление в пределах 1,2...3 МПа. Они классифицируются на нагнетатели — машины со степенью сжатия $\epsilon < 1,1$ и не имеющие устройств для охлаждения воздуха в процессе сжатия и компрессоры — машины со степенью сжатия $\epsilon > 1,1$ и снабженные специальными устройствами для охлаждения воздуха.

Центробежные компрессоры могут быть как *одно-*, так и *многоступенчатыми*. В последних сжатие воздуха производится в несколько последовательных стадий (ступеней), которые могут быть промежуточными и концевыми.

В России ОАО «Дальэнергомаш» изготавливает *центробежные компрессоры* К250-61-5, ЦТК275/9, К500-61-5 и *турбокомпрессорные агрегаты* ТКА 80/9, ТКА 130/9, ТКА 250/9.

Турбокомпрессоры К-250-61-5 и К-500-61-5 построены по одинаковой аэродинамической схеме и на основе полного конструктивного подобия. *Корпуса компрессоров* чугунные с горизонтальными и вертикальными разъемами. Заодно с корпусом компрессора отлиты корпуса подшипников, опирающиеся на чугунные фундаментные рамы. Каждый из них представляет *однокорпусную шестиступенчатую турбомашину*, разделенную на *три секции*, по два колеса в каждой с *двумя промежуточными холодильниками*. Секции центробежного компрессора неохлаждаемые. *Перевод воздуха* между ступенями секций осуществляется при помощи *лопаточных спрямляюще-направляющих аппаратов*, а *между секциями* — по внешним *перепускным каналам*. В качестве привода в этих компрессорах использован *синхронный двигатель*, причем требуемая частота вращения вала достигается при помощи повышающего редуктора (мультипликатора). Валы компрессора, редуктора и двигателя соединены *зубчатыми муфтами*.

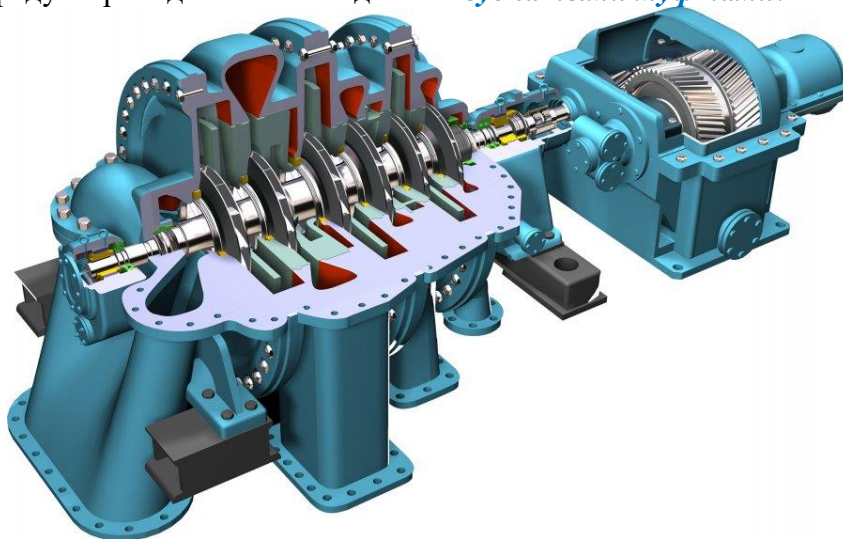


Рис 3. Турбокомпрессор К500-61-5

Все турбокомпрессоры снабжены *автоматическими регулирующими устройствами*, посредством которых обеспечивается *постоянство давления нагнетания*. Регулирование осуществляется поворотной *дрессельной заслонкой*, установленной во всасывающем трубопроводе компрессора. *Регулятор противо-помпажной защиты* предназначен для *автоматического выпуска воздуха в атмосферу* при достижении компрессором зоны критической подачи на напорной характеристике.

Главной составной частью каждого *турбокомпрессорного агрегата* ТКА 80/9, ТКА 130/9, ТКА 250/9 является *блок турбокомпрессора*, который включает в себя *компрессор и воздухоохладители*, установленные на раме и соединенные между собой патрубками, устройствами смазочной системы. Приводом *служит электродвигатель переменного тока напряжением 6 или 10 кВ*, частотой 50 Гц. Соединение двигателя с ведущим валом компрессора производится *зубчатой муфтой*. *Многовальная* конструкция объединяет в одном корпусе *компрессор с зубчатой передачей*.

Компрессор *ТКА 250/9* - *трехвальный, двухроторный, трехступенчатый*; компрессоры *ТКА 130/9 и ТКА 80/9* *двухроторные, четырехступенчатые*. Роторы компрессоров совмещены с шестернями зубчатых передач.

В компрессорах используются высоконапорные закрытые *рабочие колеса осерадиального типа*. Компрессоры снабжены *входными регулирующими аппаратами (ВРА)* с поворотными лопатками, обеспечивающими регулирование. *Конструкция агрегатов* предусматривает возможность выполнения *ежедневных остановок*. Единая конструкция корпуса компрессора и зубчатой передачи служит основой высокой компактности агрегата.

В настоящее время *применение центробежных компрессоров* рационально не только на крупных рудничных компрессорных станциях, производительностью более 500 м³/мин, но и на станциях от 100 - 500 м³/мин.

Преимущества центробежных компрессоров: надежность в работе, относительно небольшая трудоемкость технического обслуживания; равномерность и непрерывность подачи воздуха, в результате чего нет необходимости в использовании воздухохраников большой вместимости; чистота подаваемого воздуха, не загрязненного смазкой, как это имеет место при поршневых компрессорах; отсутствие инерционных усилий обуславливает устройство более легких фундаментов; высокая быстроходность, обеспечивающая компактность установки, меньшую потребную площадь зданий.

Недостатки центробежных компрессоров: наличие на характеристике зоны неустойчивой работы и возможность автоколебаний (помпажа); более сложное, чем у поршневых компрессоров, масляное хозяйство и необходимость аккумуляторной батареи для питания двигателя аварийного насоса. Стоимость сжатия воздуха турбокомпрессорами на 10—15 % выше по сравнению со сжатием поршневыми машинами.

ОБОРУДОВАНИЕ КОМПРЕССОРНЫХ УСТАНОВОК

Компрессорной станцией называется совокупность нескольких компрессорных установок, работающих на общую пневматическую сеть.

В состав *пневматической установки* входят: *компрессор, привод* с системой автоматического управления и регулирования режима работы компрессора; *вспомогательное оборудование, пускорегулирующая, запорная и предохранительная арматура* пневматической сети (задвижки, вентили, обратные и предохранительные клапаны, компенсаторы температурных изменений длины трубопроводов и др.); *контрольно-измерительная аппаратура; система смазки компрессоров* и пр.

Вспомогательное оборудование компрессорной станции предназначено для обеспечения надежной и бесперебойной работы компрессоров, подачи потребителям сжатого воздуха необходимых давления, температуры, чистоты и влажности.

К *вспомогательному оборудованию* компрессорной станции относятся:

1. *фильтркамеры и фильтры*, предназначенные для очистки всасываемого воздуха от механических примесей и влаги;
2. *концевые охладители и холодильники*, служащие для охлаждения нагнетаемого воздуха;
3. *маслоотделители и масловодоотделители*, предназначенные для очистки нагнетаемого воздуха от масла и воды;
4. *воздухохраники*, предназначенные для создания необходимого запаса сжатого воздуха и поддержания сглаживания колебаний давления воздуха;
5. *предохранительные и обратные клапаны*, служащие для предотвращения аварий, могущих возникнуть из-за повышения давления в какой-либо части пневматической установки;
6. *система водоснабжения*.

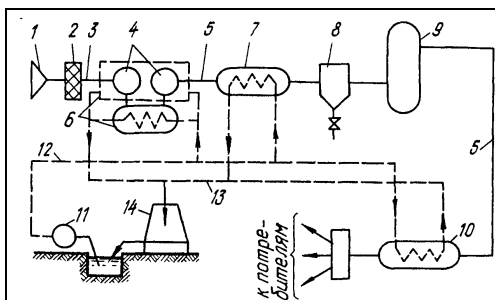


Рис. Принципиальная схема компрессорной установки: 1- воздухозаборное устройство, 2 - фильтр, 3 - всасывающий трубопровод, 4 - компрессор, 5 - нагнетательный трубопровод, 6 - система охлаждения, 7 - последующий охладитель, 8 - маслолагодотделитель, 9 - воздухохборник, 10 - конечный охладитель, 11 - насосная установка, 12,13 - трубопровод, 14 - градирия.

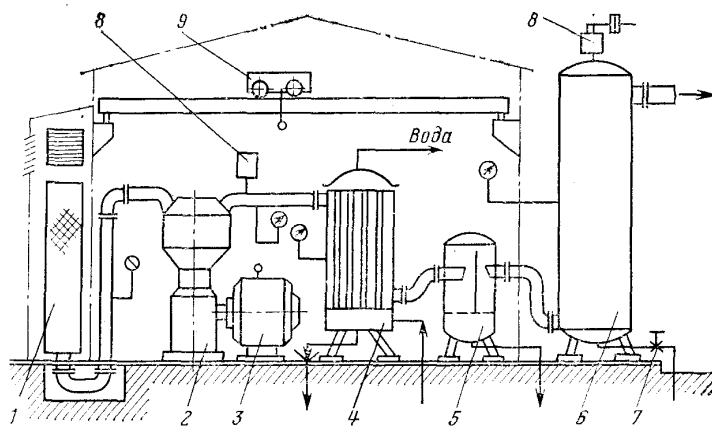


Рис. 1. Схема компрессорной установки с поршневыми компрессорами:
1 - фильтр; 2- компрессор; 3- электродвигатель; 4- концевой холодильник; 5 - маслолагодотделитель; 6 - ресивер; 7 - кран; 8 - предохранительный клапан; 9 - подъемно-монтажный механизм.

ФИЛЬТРЫ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА И ГЛУШИТЕЛИ ШУМА

Фильтркамера - представляет собой *железобетонную пылеулавливающую камеру* с жалюзи, внутри которой установлены фильтры. Такая конструкция устройства обеспечивает эффективную очистку воздуха, так как, проходя через фильтркамеру, крупные частицы задерживаются фильтрами. Для предотвращения захватывания воздухом осевшей на стенках и дне камеры пыли камеру заполняют проточной водой. Уровень воды поддерживается переливной трубкой.

Фильтры - применяемые на компрессорных станциях для средней и тонкой очистки всасываемого воздуха, подразделяют на масляные металлические и матерчатые.

Фильтры устанавливают внутри компрессорной станции или вне ее здания.

Для *тонкой очистки* всасываемого воздуха и улавливания пыли, имеющей диаметр частиц не более 2 мм, применяют *металлические ячейковые масляные* фильтры конструкции **Е. В. Рекк**. Фильтры изготавливают двух моделей — большой и малой с одинаковыми размерами ячеек,

Для смазки фильтрующей набивки (кассет) масляных фильтров применяют *висциновое масло*, состоящее из 60 % масла индустриального И-12А и 40% солярового масла.

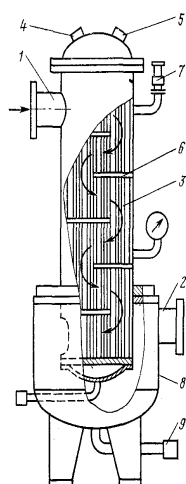
Шумозащитные устройства применяются для снижения уровня шума. Основными источниками шума являются: *всасывающая камера* (110—115 дБ), *выхлопной трубопровод* при работе компрессора в атмосферу (120—130 дБ) и собственно *компрессорный агрегат* (центробежный компрессор — 100—105 дБ). Уровень шума поршневых компрессоров ниже, чем центробежных. Допустимый уровень шума в машинном зале не должен превышать 85 дБ.

Основные *способы снижения шума*: звукоизоляция основных источников шума и шумопоглощение. Значительное снижение шума центробежного компрессора достигается установкой перед всасывающим, фильтром глушителя из шести-семи расположенных параллельно друг другу секций, состоящих из матов, наполненных супертонким волокном,

КОНЦЕВЫЕ ОХЛАДИТЕЛИ И ВОЗДУХОСБОРНИКИ

Концевые охладители сжатого воздуха.

Сжатие воздуха в компрессоре сопровождается **повышением температуры до 410—440 К** и значительным выделением тепла.



Чтобы снизить конечную температуру сжатого воздуха, выходящего из последней ступени компрессора, и удалить из воздуха масло и воду, прежде чем он поступит в воздухохраник или трубопровод внешней сети, воздух направляется через установленный в помещении компрессорной станции **концевой охладитель**. В компрессорных станциях низкого давления с компрессорами производительностью **до 100 м³/мин** устанавливают **горизонтальные двухсекционные конечные кожухотрубные охладители**.

Рис. 2. Схема вертикального кожухотрубного конечного холодильника: 1 — входной патрубок для горячего воздуха; 2 — выходной патрубок для охлажденного воздуха; 3 — трубная батарея; 4 и 5 — патрубки для подачи и слива охлаждающей воды; 6 — межтрубные перегородки; 7 — предохранительный клапан; 8 — маслосепаратор; 9 — вентиль для выпуска масляного и водяного конденсатов.

Горизонтальные двухсекционные конечные кожухотрубные охладители крайне просты по конструкции. Как в верхнем, так и в нижнем **корпусах охладителя** установлены **секции труб**, по которым протекает **холодная вода**, предназначенная для **охлаждения сжатого горячего воздуха**, выходящего из последней ступени компрессора и поступающего в межтрубное пространство верхнего и нижнего корпусов охладителя.

Охлажденный воздух выходит через нижний боковой патрубок. Холодная вода подается к штуцеру, расположенному в нижнем корпусе, а теплая вода выходит из охладителя через штуцер в верхнем корпусе. Спуск конденсата из охладителя осуществляется через продувочный вентиль в нижней части опорной колонки.

Если **площадь машинного зала** компрессорной станции **небольшая**, то устанавливают **концевые охладители** сжатого воздуха **со встроенными** в них **маслосепараторами**.

В компрессорных установках низкого давления широко применяют кожухотрубные охладители, которые по своей конструкции могут быть использованы как промежуточные охладители воздуха после каждой ступени сжатия, и как конечные охладители воздуха.

Воздухохраник представляет собой сварной сосуд цилиндрической формы **объемом 0,5—25 м³**, работающий под давлением. **Воздухохраник** предназначен для **смягчения толчков сжатого воздуха**, возникающих вследствие прерывистого характера подачи его **поршневыми компрессорами**; обеспечения **постоянного давления в сети** для равномерного режима работы механизмов, машин и пневматического инструмента; **создания** некоторого запаса **сжатого воздуха**; **улавливания воды и масла** из сжатого воздуха, нагнетаемого компрессором в воздухохраник.

Общее **число воздухохраников** равно **числу компрессоров**. Если **воздухохраник общий**, то емкость его определяется по производительности всех компрессоров, включая и резервный.

По правилам устройства и безопасной эксплуатации компрессорных установок температура воздуха после каждой ступени сжатия компрессора в нагнетательных патрубках не должна превышать максимальных значений, указанных в инструкции завода-изготовителя и быть не выше 170°C для общепромышленных компрессоров, а для компрессоров технологического назначения должна соответствовать предусмотренной в технологических регламентах, но не выше 180°C.

МАСЛООТДЕЛИТЕЛИ И МАСЛОВООТДЕЛИТЕЛИ

Маслоотделители и масловодоотделители - устанавливаемые между компрессором и воздухохранилищем, служат для очистки от воды и масла сжатого воздуха, поступающего из компрессора в воздухохранилище.

Широкое применение на компрессорных установках получили **пластинчатые масловодоотделители**. Каждый элемент масловодоотделителя состоит из **сплошного зигзагообразно-изогнутого листа** и **листа с отверстиями**, изогнутого в меньшей степени. Сжатый воздух, попав в пластинчатый масловодоотделитель, проходит через просверленные в листе отверстия и резко изменяет направление движения. Вода и масло оседают на поверхности листов и стекают в нижнюю часть камеры.

Кроме рассмотренных выше, для очистки сжатого воздуха от масла и воды применяют **три типа масловодоотделителей**:

1. На компрессорных установках производительностью **менее $10 \text{ м}^3/\text{мин}$** — масловодоотделители, работающие по принципу **динамического удара струи** сжатого воздуха **об отбойный щит** или металлическую сетку при одновременном изменении направления потока воздуха;

2. На компрессорных установках производительностью **более $10 \text{ м}^3/\text{мин}$** — масловодоотделитель **с пористой массой**;

3. На компрессорных установках производительностью **$40—100 \text{ м}^3/\text{мин}$** — масловодоотделители **центробежного типа**.

УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ ВОДЫ

Для компрессорных станций чаще всего используются **оборотные системы водоснабжения**, в которые входят **насосные станции, охлаждающие устройства и промежуточные сооружения** (колодцы, для теплой и холодной воды, резервуары и водоводы).

Количество воды, необходимое для охлаждения компрессора, в среднем составляет: для **поршневых компрессоров** средней и большой производительности — **от 10 до $28 \text{ м}^3/\text{ч}$** и для **турбокомпрессоров** — **от 120 до $320 \text{ м}^3/\text{ч}$** . Ориентировочно принимают **$3,5—5 \text{ м}^3$ воды на 1000 м^3 воздуха**, засасываемого компрессором.

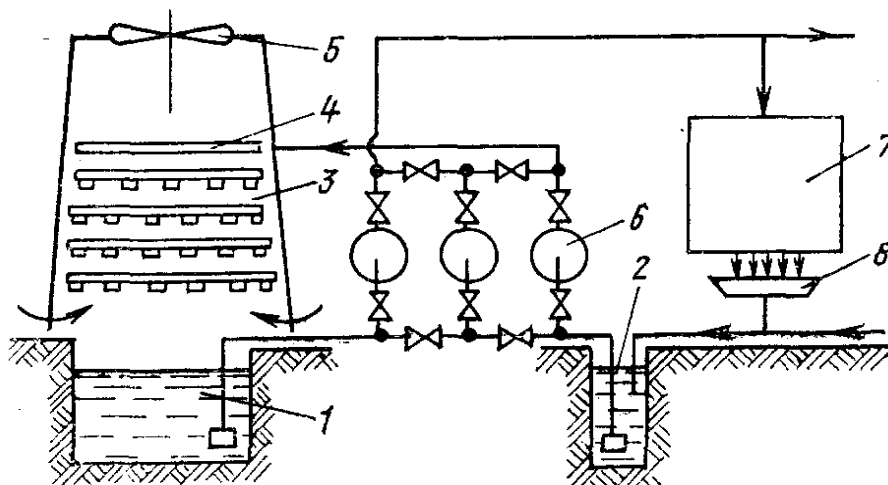


Рис. 3. Разомкнутая схема системы охлаждения компрессорной установки: 1- резервуар охлажденной воды; 2 - колодец; 3— градирня; 4 - ороситель; 5 - вентилятор; 6 - насос; 7 - компрессор; 8 - сливная воронка.

Система охлаждения стационарных компрессоров выполняется *циркуляционной*, т. е. оборотной с многократным использованием охлаждающей воды, и может быть *разомкнутой* (поршневые компрессоры) *или замкнутой* (центробежные компрессоры).

При *разомкнутой системе* охлаждения *вода* после прохождения *охлаждаемых частей* компрессорной установки 7 самотеком *поступает в колодец 2* или в сброс теплой воды (рис. 2). Из колодца насосом 6 вода *подается в градирню 3* для охлаждения. Эта система получила наибольшее распространение.

При *замкнутой системе* охлаждения *вода* под напором *проходит охлаждающую систему компрессора* и затем по трубопроводу под тем же напором *подается в градирню* или в *брызгальный бассейн*. Для компрессорных станций с расходом охлаждающей воды до 150 м³/ч принимают: при открытой системе охлаждения — не менее трех насосов (холодной и теплой воды и резервный), при закрытой системе — не менее двух (холодной воды и резервный). Компрессоры более мощных станций, в особенности оборудуемых турбокомпрессорами, обслуживаются индивидуально.

Для *охлаждения воды* применяют *градирни* и *брызгальные бассейны*. Наибольшее распространение на горных предприятиях получили *градирни башенного типа* высотой 15—20 м. Градирня представляет собой деревянную или бетонную башню с резервуаром охлажденной воды внизу. Охлаждаемая вода подается в верхнюю часть градирни к оросительному устройству для разбрызгивания воды (*градирня капельного типа*) или к вертикальным щитам (*градирня пленочного типа*), по которым вода стекает пленками. Падая пленками вниз, вода за счет частичного испарения в потоках встречного воздуха охлаждается. Циркуляция воздуха осуществляется естественной тягой или вентилятором 5, располагаемым в верхней части башни. По сравнению с брызгальными бассейнами градирни занимают малую площадь, имеют более высокий охлаждающий эффект и их работа не зависит от ветра; их недостатком является необходимость значительных капитальных затрат на сооружение.

ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫЕ КЛАПАНЫ

Предохранительные клапаны могут быть *грузового* и *пружинного типов*, причем в зависимости от соотношения высоты подъема клапана h и диаметра его седла d различают *неполно-* ($h/d \leq 0,2$) и *полноподъемные* ($h/d \geq 0,4$) клапаны. По действующим в настоящее время правилам необходимо *после каждой ступени* и на *воздухосборнике* устанавливать *полноподъемные* предохранительные клапаны.

Клапан регулируется *на давление*, не превышающее рабочее более чем на 10 %. Каждый компрессорный агрегат подключается на общую сеть с помощью задвижки. Для устранения *обратного тока воздуха* из сети в случае остановки компрессора *между воздухосборником и задвижкой* устанавливается *обратный клапан*. Обычно на рудничных компрессорных станциях предусматривается обратный клапан такого же типа, как и на водоотливных установках. Более рационально в качестве обратных клапанов применять устройства, аналогичные нагнетательным клапанам поршневого компрессора с соответствующей площадью проходного сечения.

СИСТЕМА СМАЗКИ КОМПРЕССОРОВ

Поршневые компрессоры оборудуются *двумя системами смазки: механизма движения и цилиндров и сальников*.

В *поршневых компрессорах* средней и большой производительности система маслоснабжения смазки *механизма движения* состоит из *шестеренного насоса, фильтров очистки, холодильника, маслосборника и трубопроводов*. Смазка *цилиндров и сальников* осуществляется от *лубрикаторов*, представляющих собой многоплунжерные насосы с отдельными насосными элементами, каждый из которых подает масло по отдельному

маслопроводу только в одну точку смазки. Наибольшее распространение получили насосы-лубликаторы золотникового типа с качательным или вращательным приводом от коренного вала или отдельного электродвигателя.

Для смазки *поршневых компрессоров* применяются компрессорные *масла 19 и КС-19* и масло *индустриальное И-50А*. Для смазки *турбокомпрессоров* используют масло *T₃₀*.

В *турбокомпрессорах* система маслоснабжения подает масло к местам смазки *подшипников, зубчатых соединительных муфт, зубчатой пары редуктора*, а также к устройствам *противопомпажной защиты и регулирования производительности* турбокомпрессора.

Масло подается *пластинчатым насосом*, приводимым в движение *от вала редуктора компрессора*. Кроме насоса система маслоснабжения включает масляные охладители, фильтры для очистки масла, редукционный и предохранительный клапаны и другие элементы. Количество масла подаваемое к отдельным точкам смазки, регулируется дроссельными шайбами, установленными на подводящих маслопроводах.

Лекция №5. ПОДЪЕМНЫЕ УСТАНОВКИ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ШАХТНЫХ ПОДЪЕМНЫХ УСТАНОВКАХ.

Подъемные установки служат для подъема на поверхность полезного ископаемого, породы, а также для спуска и подъема людей, оборудования и материалов.

Основные элементы подъемной установки: подъемная машина, подъемные сосуды (клет, скипы, бады), стальные канаты, загрузочные и разгрузочные устройства (при скиповом подъеме), копры с направляющими шкивами и проводники.

Подъемные сосуды подвешены на канатах и перемещаются с помощью их в стволе. Сосуды движутся по проводникам, представляющим собой направляющие, уложенные по всей длине ствола.

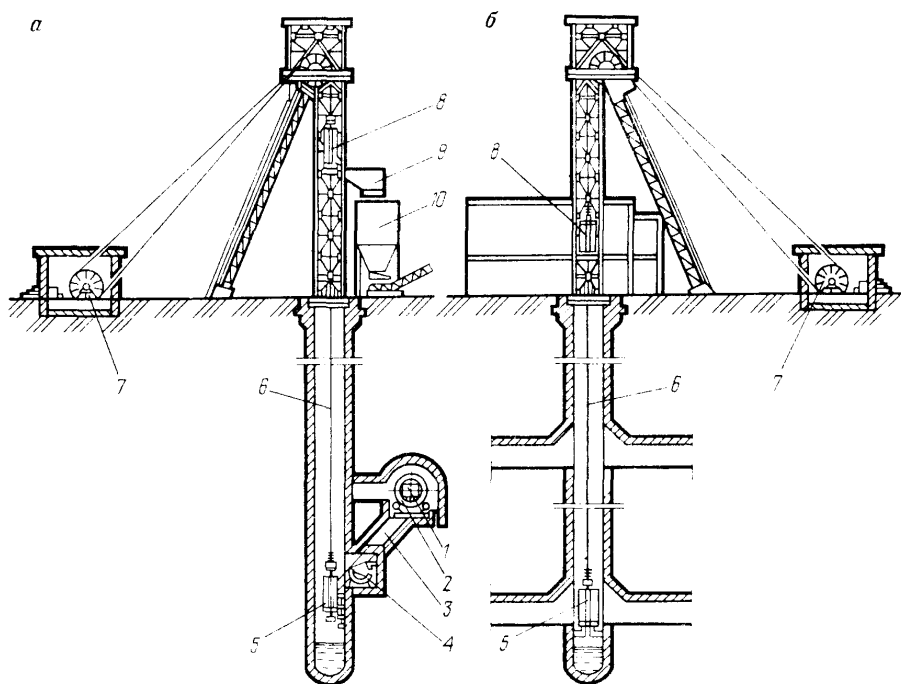


Рис. Подъемные установки вертикальных стволов: а) скиповая; (1- груженная вагонетка; 2- опрокидыватель околоствольного двора; 3 – бункер; 4 - загрузочное устройство с дозатором; 5 – скип; 6 - канат; 7 - подъемная машина; 9 - приемный бункер; 10 - бункер.) б) клетевая; (5 – клеть).

Классификация подъемных установок:

По назначению подъемные установки подразделяют: на главные, предназначенные для подъема полезного ископаемого, **вспомогательные** (людские, грузовые и грузо-людские), служащие для подъема и спуска людей, породы, материалов и оборудования, и **проходческие**, применяемые при проходке и углубке стволов шахт.

По углу наклона ствола различают: вертикальные и наклонные подъемные установки. Сиповой и клетевой подъемы применяют для транспортирования грузов по вертикальным и наклонным стволам с углом наклона свыше 25° . При угле наклона ствола до 25° полезное ископаемое доставляют в вагонетках, из которых оно не высыпается, а при угле 18° может быть применен конвейерный транспорт.

По количеству сосудов: однососудные (с противовесом) и двухсосудные.

По типу подъемных сосудов подъемные установки бывают: клетевыми, сиповыми и бадьевыми.

По типу подъемных машин установки могут быть: с цилиндрическими барабанами, с барабанами переменного радиуса и со шкивами трения.

По степени уравновешенности подъемной системы: неуравновешенные и уравновешенные. Для уравновешивания поднимаемых масс канатов в подъемных установках при глубинах более 600 м часто применяют уравновешивающий канат, который своими концами подвешивается к днищам сосудов (или сосуда и противовеса).

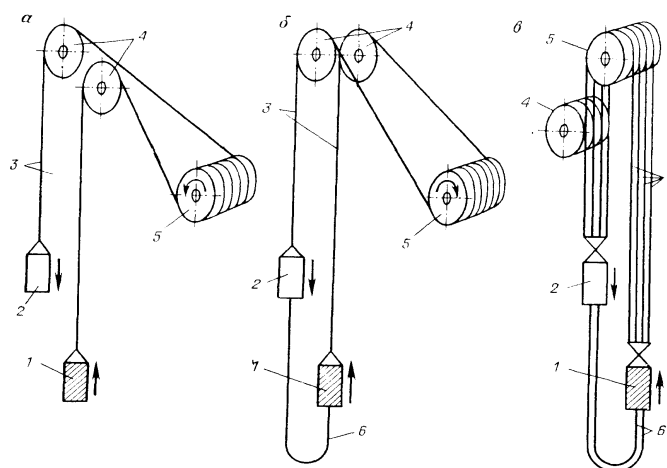


Рис. Основные схемы подъемных установок:

а – неуравновешенная установка с барабанным органом наливки (1,2 – подъемные сосуды; 3 – канаты (головные); 4 – направляющий шкив; 5 – орган наливки подъемной машины); *б* – уравновешенная установка с барабанным органом наливки (6 – уравновешивающий канат – хвостовой); *в* – установка со шкивами трения (4 – отклоняющий шкив; 5 – шкив трения; 6 – уравновешивающие канаты).

При применении многоканатных установок, подъемные машины устанавливаются на копре и имеют канатоведущий орган в виде многожелобчатого шкива трения. Канат огибает канатоведущий шкив трения и приводится в движение силами трения, возникающими между вращающимся шкивом и прижатым к нему силами натяжения канатом.

ПОДЪЕМНЫЕ СОСУДЫ, КАНАТЫ, КОПРЫ И КОПРОВЫЕ ШКИВЫ

Подъемные сосуды подразделяют на клетки, сипы и бадьи.

По назначению **клет** могут быть грузолюдскими и людскими. Последние не снабжаются устройствами для размещения и фиксации вагонеток.

Современные клетки выпускаются одно- и двухэтажными с размещением одной вагонетки в этаже. Опрокидные клетки – одноэтажные, на одну вагонетку.

В соответствии с правилами безопасности клетки для спуска и подъема людей, за исключением клеток многоканатного подъема, должны быть снабжены парашютами, предназначенными для плавного торможения и остановки их в случае обрыва подъемных канатов или подвесных устройств.

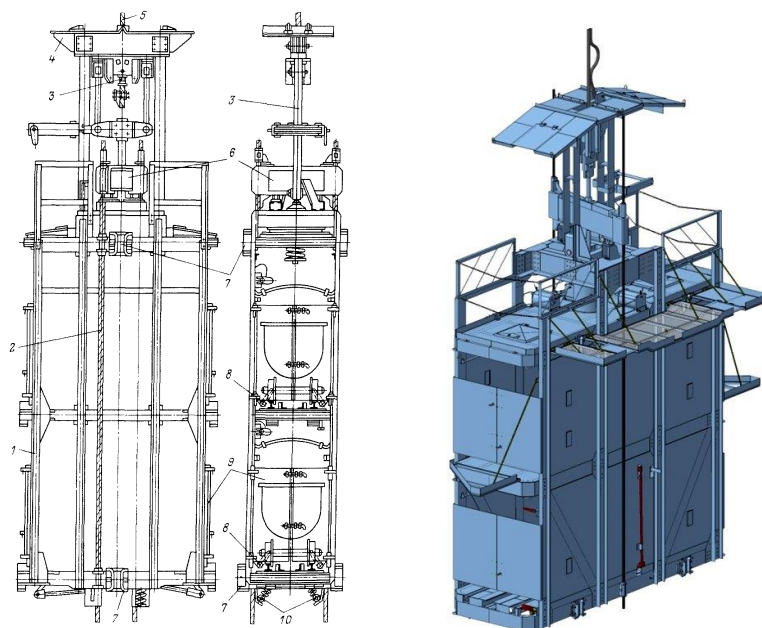


Рис. Клеть двухэтажная (1 – несущий каркас; 2 – тормозной канат; 3 – подвесного устройства; 4 – предохранительный зонт; 5 – подъемный канат; 6 – ловитель; 7 – направляющие устройство (направляющие башмаков или ролики); 8 – стопорное устройство; 9 – двери; 10 – амортизаторы)

В настоящее время на шахтах применяют парашюты с захватом за проводники и за специальные тормозные канаты. Более надежны парашюты второго типа. Они состоят из ловителя, устанавливаемого на клетки, и одного или двух тормозных канатов, соединяемых с амортизационными канатами на копре. При обрыве подъемного каната ловитель захватывает тормозные канаты, навешенные на всю длину ствола, и клеть плавно останавливается.

Скипы представляют собой металлическую конструкцию призматической формы, состоящую из рамы и кузова. В зависимости от способа разгрузки скипы подразделяют на скипы с неподвижным кузовом и опрокидные. Кузов опрокидного скипа имеет глухое днище и крепится к раме шарнирно.

Скип разгружается через верх при опрокидывании кузова. Кузов опрокидывается с помощью роликов, установленных на боковых стенках кузова, которые, двигаясь в разгрузочных кривых, поворачивают кузов на угол 135° — 145° относительно вертикально перемещающейся рамы.

Опрокидные скипы применяют в основном в рудной промышленности. В угольной промышленности наибольшее распространение получили скипы с неподвижным кузовом и с секторным затвором.

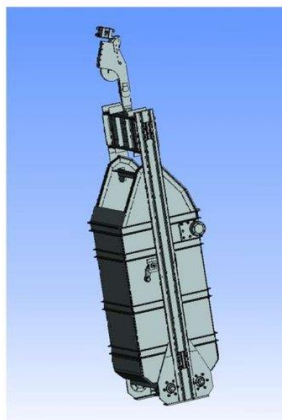
Основные параметры скипов: вместимость; грузоподъемность, коэффициент тары, равный отношению массы подъемного сосуда к массе транспортируемого груза. Этот коэффициент для скипов находится в пределах $0,75$ — $1,25$, причем меньшие значения соответствуют скипам большей грузоподъемности. Вместимость эксплуатируемых скипов составляет в основном 8 — 15 м^3 , в отдельных случаях достигает при одноканатных машинах 20 м^3 и при многоканатных 35 м^3 .

При использовании опор скольжения и жестких проводников скорость движения сосуда не превышает 10 м/с из-за ударов последнего на стыках проводников.

На подъемных установках с большой грузоподъемностью сосудов и скоростью движения 12—20 м/с применяют деревянные и металлические коробчатые проводники и роликовые направляющие или эластичные проводники и направляющие скольжения.

Скип опрокидной

- Скип опрокидной наиболее прост по конструкции, имеет кузов призматической формы с плоским дном, соединённый шарнирно с рамой в нижней части и опирающийся на нижнюю балку рамы. Рама состоит из вертикальных стоек и горизонтальных верхней и нижней балки. К верхней балке рамы крепится подвесное устройство, соединяющее скипы с канатом подъёмной машины. Загрузка скипа производится через верх кузова, разгрузка также через верх при повороте кузова на $135-145^\circ$ при взаимодействии разгрузочных роликов кузова с разгрузочными кривыми на копре. Скипы опрокидные благодаря максимальному разгрузочному окну преимущественно применяются для крупнокузовых и мелких слипающихся материалов.



Скип с неподвижным кузовом

- Скипы с неподвижным кузовом отличаются жёстким соединением кузова с рамой. Дно кузова наклонено в сторону разгрузки на $45-55^\circ$, в нижней его части имеется разгрузочное отверстие, закрываемое секторным затвором. При разгрузке скипа секторный затвор от взаимодействия разгрузочных роликов с разгрузочными кривыми вращается вокруг своей оси и поднимается вверх, открывая разгрузочное отверстие. При этом шарнирно связанный с затвором рештак катится вниз по наклонным направляющим на раме скипа и устанавливается под углом $45-55^\circ$.
- Типы затворов скипа с неподвижным кузовом: секторный, шиберный, клапанный, рычажный, крюковый и др. Первые три — наиболее надёжны в эксплуатации

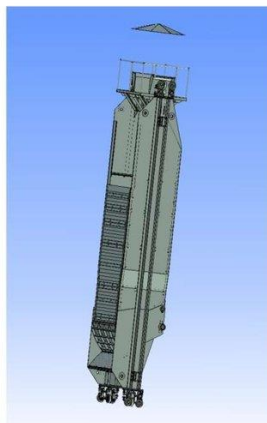


Рис. Скип с неподвижным кузовом и с секторным затвором: 111 – кузов; 12 – рама; 13- ось; 14 – разгрузочные ролики; 15 – ролики; 16 – выдвижной рештак; 17 – секторный затвор

Бадья состоит из сварного кузова и дуги.. Кузов и днище бадьи изготавливают из листовой стали толщиной 6—12 мм. Самоопрокидывающаяся бадья в нижней части кузова имеет две цапфы, вокруг которых она поворачивается при разгрузке. Неопрокидывающаяся бадья по конструкции аналогична самоопрокидывающейся.

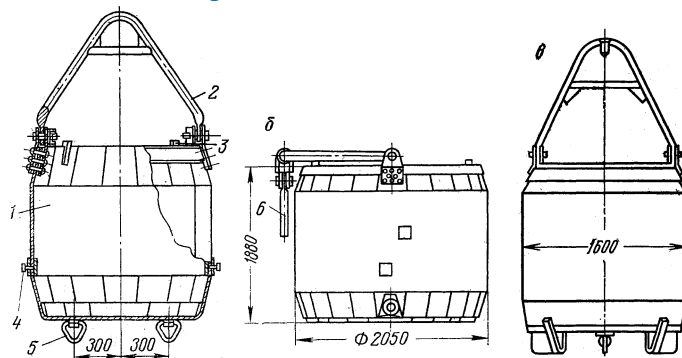


Рис.. Проходческие бадьи:

а - бадья БПС (1 - металлический стальной корпус, 2 - дужка, 3 - упоры 4 шт, 4 - ролики, 5 - кольца); б - бадья БПС на 5 м^3 (6 - удлиненная серьга); в - бадья БПСМ $0,5-2,0 \text{ м}^3$

Подъемные канаты являются наиболее ответственными элементами подъемных установок. Они изготавливаются из светлой или оцинкованной проволоки диаметром 1...5 мм. Временное сопротивление разрыву проволоки $\sigma_b = 1600 \dots 2000$ МПа.

Для подъемных установок применяют канаты *одинарной и двойной свивки*.

Прядь может быть *круглой и треугольной формы*. Канаты, свитые из круглых прядей, называются круглопрядными (рис. 4, а, б), а из треугольных — трехгранопрядными (рис. 4, д). В трехгранопрядных канатах лучше используется площадь их поперечного сечения, они меньше изнашиваются на направляющем шкиве и органе навивки подъемной машины, но конструктивно они сложнее.

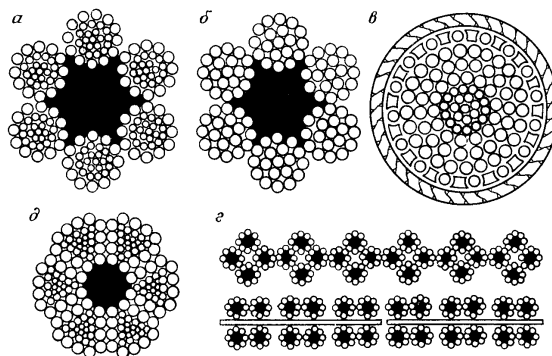


Рис. 4. Сечения канатов: круглопрядных с проволоками разного (а) и одинакового (б) диаметров; закрытого (в), плоского (г) и трехгранопрядного (д).

По способу свивки канаты могут быть: *раскручивающимися (Р); нераскручивающимися (Н) и малокрутящимися (МК)*.

Направляющие и отклоняющие шкивы.

Направляющие (копровые) шкивы одноканатных подъемных установок располагаются на площадке вверху копра и служат для поддержания подъемных канатов и направления их в стволе.

Основными элементами направляющих шкивов являются: *обод, спицы, ступица, ось, подшипники*.

Ступица крепится на оси шкива неподвижно с помощью шпонки. Для предотвращения осевого сдвига шкива на его ось насаживают кольца. Подъемный канат движется в канавке (ручье) обода шкива.

Шкивы диаметром 2; 2,5; 3 м имеют стальной литой обод и круглые стальные спицы. Шкивы диаметром 4; 5; 6 м выполняются со стальным штампованным ободом и спицами из швеллеров. Последние соединяются болтами со ступицей шкива и заклепками с ободом. Шкивы устанавливаются на осях на подшипниках качения.

Отклоняющие шкивы многоканатных подъемных установок располагают на *копре ниже подъемной машины*. Эти шкивы предназначены для того, чтобы установить необходимое расстояние между осями подъемных сосудов в стволе независимо от диаметра ведущего шкива.

Угол отклонения канатов шкивами для уменьшения износа канатов должен быть не более 15° , угол охвата канатом ведущего шкива будет составлять при этом $190-195^\circ$.

Диаметры отклоняющих шкивов для многоканатных машин с диаметров ведущего шкива до 3,25 м включительно составляют 2м, при больших диаметрах 3м.

Срок службы копрового шкива ограничивается износом толщины обода до 50% от первоначальной толщины независимо от качества металла, из которого он изготовлен.

БАРАБАНЫЕ ПОДЪЕМНЫЕ МАШИНЫ И МАШИНЫ СО ШКИВАМИ ТРЕНИЯ

По принципу действия подъемные машины разделяются на две группы: с барабанными органами навивки и со шкивами трения.

В барабанных подъемных машинах получили распространение следующие органы навивки (рис. 1): однобарабанные; однобарабанные с разрезным барабаном; двухбарабанные и бицилиндроконические с разрезным барабаном.

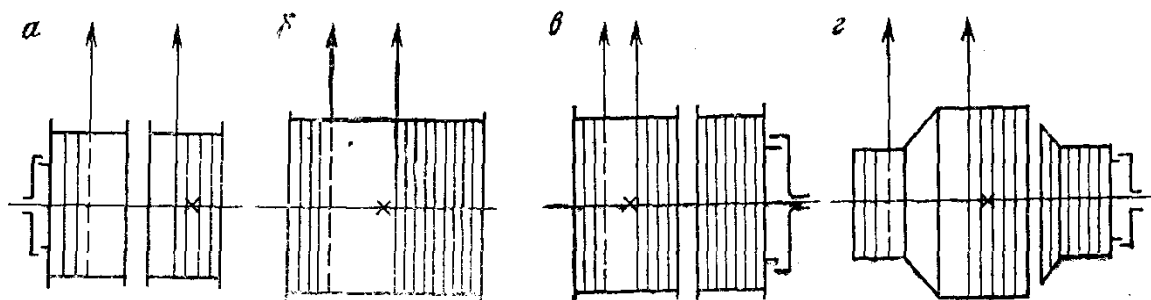


Рис. 1. Органы навивки канатов:

a — двухбарабанный; *б* — однобарабанный; *в* — разрезной барабанный; *г* — бицилиндроконический

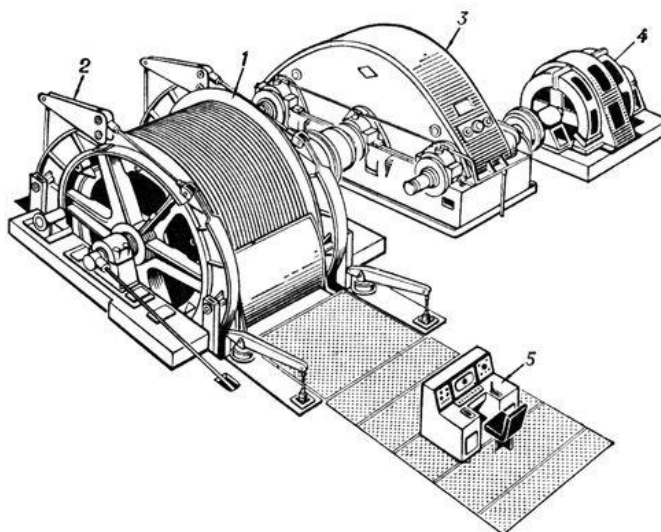


Рис. 1 — одноцилиндрический барабан; 2 — тормозное устройство; 3 — редуктор; 4 — электродвигатель

В зависимости от типа органа навивки и технических данных подъемных машин выбирается **область их применения**. Подъемные машины с двумя цилиндрическими барабанами следует устанавливать на двухсосудных подъемных установках при работе с несколькими горизонтами; с одним цельным барабаном — на вспомогательных одноклетевых и односкиповых подъемных установках с противовесом; с одним разрезным барабаном — на двухсосудных подъемных установках при работе с одного горизонта. Машины с бицилиндроконическим барабаном применяются для глубоких шахт и рудников с большой грузоподъемностью сосудов.

Цилиндрические барабаны целесообразно применять при глубине шахт до 600...650 м.

Конструктивно барабаны состоят из литых ступиц (чугунных для машин с диаметром барабана до 3 м и стальных — при больших диаметрах), к которым приварены или присоединены болтами спицы из швеллеров, обечайки из листовой стали толщиной 10—22 мм с усиливающими внутренними кольцами жесткости, и тормозных ободьев. К обечайке болтами с потайной головкой крепится футеровка из пресс-массы или деревянных брусьев (граб, ясень, вяз) шириной 150—200 мм и толщиной 70—100 мм. На футеровке для равномерной укладки витков каната и обеспечения необходимого зазора между ними нарезаются винтовые канавки.

Согласно ПБ для вертикальных и наклонных (свыше 60°) грузо-людских и людских подъемов навивка каната на барабан должна быть в один слой. На грузовых вертикальных подъемах с установленными на поверхности машинами допускается двухслойная навивка, на всех остальных эксплуатационных подъемах, а также при прохождении вертикальных и наклонных выработок — трехслойная навивка.

Концы канатов к барабанам крепят специальным устройством с фиксацией не менее чем в трех точках внутри барабана. Щель, через которую канат проходит внутрь барабана, должна иметь закругленные края для исключения деформации каната. Запрещается крепление каната к валу подъемной машины.

Для ослабления натяжения каната в месте его прикрепления к барабану на наружной поверхности барабана должно быть расположено не менее трех витков трения при деревянной или пресс-массовой футеровке и не менее пяти витков трения на барабанах, нефутерованных фрикционными материалами.

Кроме того, на барабанах должна размещаться дополнительная длина каната (около 30 м), необходимая для периодических испытаний, при которых отрубается кусок каната у прицепного устройства.

Однобарабанный орган навивки двухконцевой подъемной установки обслуживает два головных каната. Средняя часть барабана — общая для обоих канатов и попеременно служит для навивки левого и правого канатов.

Однобарабанный орган навивки придает подъемным машинам компактность, уменьшает их массу и размеры машинного здания, однако не позволяет обслуживать одновременно несколько горизонтов, и при его использовании также усложняются навеска и смена канатов, регулирование их длины после вытяжки канатов и обрубки их отрезков для испытаний.

Двухбарабанные органы навивки позволяют производить подъем груза с нескольких горизонтов и по сравнению с однобарабанными имеют большую канатоемкость. У подъемных машин с двумя цилиндрическими барабанами каждый головной канат обслуживается отдельным барабаном. Причем один барабан наглухо связан с валом машины, а другой является переставным и специальным механизмом перестановки может отключаться от вала и после поворота последнего на любой угол снова с ним соединяться. При смене горизонта, с которого поднимается груз, подъемный сосуд, канат которого навивается на переставной барабан, устанавливается на верхней приемной площадке. Затем переставной барабан отсоединяется от вала и стопорится тормозом. Включается подъемная машина, и поднимается на нужный горизонт сосуд, канат которого навивается на барабан, жестко связанный с валом. После этого переставной барабан соединяется с валом, и подъемная установка готова для работы с нового горизонта. Аналогично осуществляется регулирование длины каната.

Вместе с тем двухбарабанные подъемные машины имеют большую по сравнению с однобарабанными ширину. Двухбарабанный орган навивки при расположении направляющих шкивов в одной плоскости не всегда может обеспечить требуемый угол девиации струн канатов.

Однобарабанный орган навивки с разрезным барабаном состоит из двух частей — длинной, заклиненной на валу, и короткой, переставной — и позволяет регулировать длину каната. Регулировка осуществляется таким образом, чтобы один канат на-

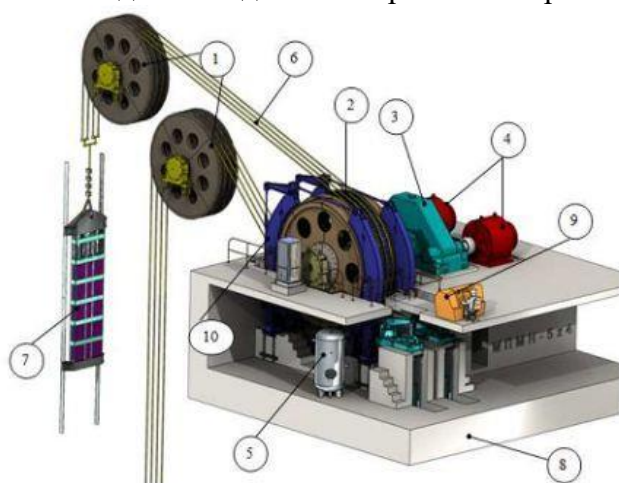
ходил на переставной части, а другой на заклиненной и при навивке не переходил на переставную часть, т. е. подъемный сосуд должен переставляться относительно другого на высоту, равную длине каната на переставной части.

Навивка каната на разрезной барабан может производиться только в один слой, на одно- и двухбарабанных органах навивка может быть многослойной. Однако при многослойной навивке увеличиваются нагрузки на канат и его износ.

Бицилиндроконические разрезные барабаны обеспечивают уравнивание системы подъемной установки и позволяют осуществлять регулировку длины каната и смену горизонта.

Подъемные машины с ведущими шкивами трения могут быть одно- (ранние модификации) или многоканатными (более совершенные современные модификации).

Подъемная установка с одноканатным шкивом трения компактна, имеет малую ширину, но ей присущи значительные недостатки: снижение безопасности подъема, так как при обрыве каната в ствол падают оба сосуда; сложные навеска канатов и регулирование их длины; невозможность работы двумя подъемными сосудами с нескольких горизонтов и т. д. Эти недостатки привели к ограниченному ее использованию в России.



Подъемные машины с многоканатными шкивами трения (многоканатные машины) имеют следующие преимущества по сравнению с машинами, оборудованными барабанными органами и одноканатными шкивами: меньший диаметр каната (в связи с применением нескольких канатов); меньший диаметр канатопроводящего органа (из-за меньшего диаметра каната), а следовательно, и меньший крутящий момент; более безопасны в работе, так как шкив трения представляет собой фрикционную защиту против чрезмерных возрастных усилий в подъемных канатах от экстренных и аварийных нагрузок; исключаются парашюты на клетях, так как одновременный разрыв нескольких канатов практически невозможен; меньшие размеры и компактность, что удешевляет изготовление машин и упрощает их транспортирование; возможность поднятия тяжелых грузов с больших глубин; возможность размещения подъемной машины непосредственно на копре (над устьем ствола), что требует меньших площадей под поверхностные сооружения шахты и улучшает условия эксплуатации канатов, предохраняя их от вредного воздействия атмосферы.

Недостатки многоканатных машин: сложность надзора за канатами и контроля за их состоянием, так как на каждой подъемной установке по несколько подъемных и уравнивающих канатов; возможность скольжения подъемных канатов из-за уменьшения коэффициента трения; неравномерное распределение нагрузки между отдельными канатами.

Многоканатными подъемными машинами оборудуются вертикальные подъемные установки с двумя сосудами или одним сосудом с противовесом. Однососудные многоканатные установки применяют обычно для обслуживания нескольких горизонтов.

Экономическая эффективность многоканатных машин и указанные выше их преимущества привели к быстрому распространению многоканатных установок в угольной и рудной промышленности, особенно на глубоких шахтах.

МАРКИ ПОДЪЕМНЫХ МАШИН

Подъемные машины с барабанными органами навивки выпускаются четырех типов и обозначаются следующим образом: Ц — цилиндрические однобарабанные; ЦР — цилиндрические однобарабанные с разрезным барабаном; 2Ц — цилиндрические двухбарабанные; БЦК — бицилиндроконические с разрезным барабаном.

Машины выпускаются с редукторным и безредукторным (от тихоходного двигателя) приводами органов навивки, с правым или левым (по требованию заказчика) расположением приводов. Редукторы в приводе могут быть цилиндрическими одноступенчатыми (ЦО) и цилиндрическими двухступенчатыми (ЦД).

В обозначения редукторов с зацеплением Новикова добавляется буква Н (ЦОН, ЦДН).

В России и Украине выпускаются следующие подъемные машины:

- однобарабанные: Ц 1,2х1, Ц 1,6х1,2, Ц 2х1,5, Ц 2,5х2, Ц 3х2,2, Ц 3,5х 2,4;
- с разрезным барабаном: ЦР 3,5х3,2/0,8, ЦР 4х3/0,7, ЦР 5х3/0,6, ЦР 6х3/0,6, ЦР 6х3,4/0,6;
- двухбарабанные: 2Ц 1,2х0,8, 2Ц 1,6х0,8, 2Ц 2х1,1, 2Ц 2,5х1,2, 2Ц 3х1,5, 2Ц 3,5х 1,8, 2Ц 4х1,8, 2Ц 4х2,3, 2Ц 5х2,4, 2Ц 5х2,8, 2Ц 6х2,4, 2Ц 6х2,8.

Обозначения машин расшифровываются следующим образом:

Ц 2,5х2 — однобарабанная подъемная машина с диаметром барабана 2,5 м и шириной барабана 2 м;

2Ц 6х2,4 — двухбарабанная подъемная машина с диаметрами и шириной барабанов соответственно 6 и 2,4 м;

ЦР 5х3/0,6 — однобарабанная подъемная машина с разрезным барабаном диаметром 5 м, общей шириной барабана 3 м и шириной переставного барабана 0,6 м.

Подъемные машины с диаметрами барабанов 1,2; 1,6 и 2 м относят к малым, машины с диаметром 2,5; 3 ; 3,5 м — к средним. Крупными называются одно- и двухбарабанные машины с диаметрами барабанов 4, 5 и 6 м.

Малые подъемные машины применяют главным образом для подземных установок. Средние машины используют для подземных установок и установок на поверхности, крупные — только для установок на поверхности.

Подъемные машины с бицилиндроконическими барабанами выпускаются двух типоразмеров: БЦК-8/5х2,7 и БЦК-9/5х х2,5 [числитель дроби — диаметр большого цилиндра (м), знаменатель — малого цилиндра (м) ; далее — ширина большого цилиндра (м)] . Ширина конической части барабанов в обоих случаях составляет 1000 мм. Бицилиндроконический барабан является разрезным. Переставная часть барабана включает цилиндр малого диаметра и примыкающий к нему конус и соединяется с валом механизмом перестановки зубчатого типа с пружинно-пневматическим приводом.

Подъемные машины с барабанными органами навивки состоят из следующих основных сборочных единиц: органа навивки, главного вала, редуктора, электродвигателя, тормозного устройства и пульта управления.

Машины со шкивами трения серии ЦШ (цилиндрические шкивы) выпускаются в настоящее время многоканатными: ЦШ 2,1х4, ЦШ 2,25х4, ЦШ 2,25х6, ЦШ 2,8х6, ЦШ 3,25х4, ЦШ 4х4, ЦШ 5х4, ЦШ 5х6, ЦШ 5х8, где первые цифры обозначают диаметр канатопроводящих шкивов по оси каната, а вторые — число подъемных канатов.

Например, машина ЦШ 5х8 имеет диаметр шкивов 5 м и восемь подъемных канатов. Подъемные машины со шкивами трения имеют редукторный (ЦШ 2,8х6, ЦШ 3,25х4, ЦШ 4х4) или безредукторный привод. Машины монтируются на копрах башенного типа. Для увеличения угла обхвата канатами канатопроводящих шкивов и соблюдения необходи-

мого расстояния между осями подъемных сосудов независимо от диаметра приводного шкива в многоканатных подъемных машинах предусмотрены отклоняющие шкивы. При наличии отклоняющих шкивов угол обхвата канатом приводного шкива составляет 200—220°. Отклоняющие шкивы устанавливаются для каждого каната и имеют такой же диаметр, что и приводные (канатоведущие шкивы).

Характерная особенность машин серии ЦШ — это размещение основных узлов на общей раме, что упрощает фундамент и еще на заводе позволяет выполнять монтаж, регулировку и фиксацию узлов.

ТОРМОЗНЫЕ УСТРОЙСТВА ПОДЪЕМНЫХ УСТАНОВОК

Тормозные устройства шахтных подъемных машин — основные средства защиты и управления, от совершенства которых зависят надежность и безопасность эксплуатации подъемных установок.

Тормозное устройство состоит из рабочего (маневрового) и предохранительного (аварийного) тормозов, имеющих независимое друг от друга включение.



Рабочее торможение применяется для выполнения заданной диаграммы скорости в случае отрицательных усилий на окружности барабана при замедлении или спуске груза, а также для удержания от вращения органов навивки во время пауз.

Рабочее торможение (подтормаживание) осуществляется машинистом либо автоматически при использовании механического тормоза в качестве одного из исполнительных элементов системы автоматического регулирования.

Предохранительное торможение служит для быстрой и надежной остановки машины при нарушении нормального режима ее работы.

Предохранительный тормоз может включаться как машинистом, так и автоматически от действия защитных аппаратов, с одновременным отключением подъемного двигателя от сети.

Исполнительные органы тормоза непосредственно воздействуют на тормозные ободья, принимая силовые импульсы от тормозного привода.

Исполнительные органы тормозов шахтных подъемных машин применяются двух видов: с радиальным приложением усилия к тормозному ободу (радиальные исполнительные органы) и с осевым (дисковые исполнительные органы). Оба вида исполнительных органов могут быть: с угловым перемещением колодок (качающиеся); с параллельным (поступательным) перемещением колодок; с угловым перемещением тормозных балок с шарнирно-подвешенными колодками.

Малые однобарабанные подъемные машины и машины со шкивами трения имеют исполнительный орган тормоза с наружным расположением тормозных балок.

Крупные подъемные машины имеют исполнительный орган тормоза с поступательным перемещением колодок. В этом исполнительном органе тормозные балки шарнирно подвешены к вертикальным стойкам и имеют специальную регулируемую стойку, чем и обеспечивается поступательное перемещение колодок.

Современные подъемные машины имеют комбинированный исполнительный орган тормоза, у которого при угловом перемещении тормозных балок колодки имеют и поступательное перемещение. Комбинированный исполнительный орган объединяет преимущества тормозов с угловым (простота и небольшое число шарниров) и поступательным (равномерный износ колодок) перемещением колодок.

Тормозной привод предназначен для создания необходимых условий, передаваемых на исполнительный орган тормоза при рабочем и предохранительном торможениях.

Различают три типа тормозных приводов: гидрогрузовой, пневмогрузовой и пружинно-пневмогрузовой.

Большинство малых подъемных машин имеет один гидрогрузовой тормозной привод, действующий на сдвоенный исполнительный орган тормоза. Затормаживание при рабочем и предохранительном торможениях осуществляется за счет массы тормозного груза, а растормаживание — гидравлического давления, действующего под поршень, к которому подвешен тормозной груз.

Большинство крупных подъемных машин имеет два пневмо-грузовых тормозных привода, из которых каждый приводит в действие свой исполнительный орган тормоза. Рабочее торможение осуществляется давлением сжатого воздуха, действующего на поршень рабочего цилиндра, при предохранительном торможении той же силой (первая ступень торможения) и силой массы тормозного груза (вторая ступень торможения). При этом тормозной привод имеет такую конструкцию, что силы от давления сжатого воздуха и массы тормозного груза не складываются.

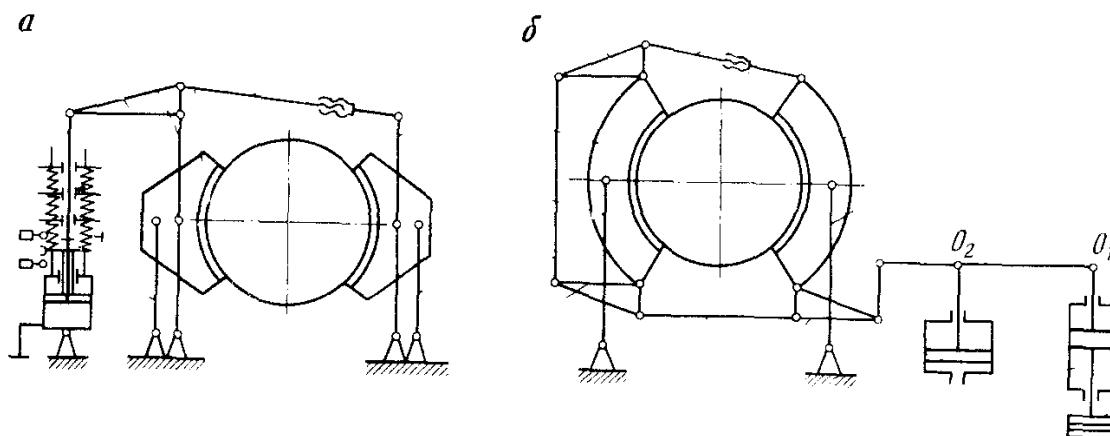


Рис. 2. Схемы барабанных тормозов подъемных машин: а) завода ДМЗ б) завода НКМЗ

Многоканатные подъемные машины, а также выпускаемые в последнее время малые и ряд других подъемных машин оборудуются двумя пружинно-пневмогрузовыми тормозными приводами. Рабочее торможение в них осуществляется силой, передаваемой от сжатой пружины, а растормаживание — давлением сжатого воздуха, действующего под поршень рабочего цилиндра. Предохранительное торможение осуществляется в две ступени: первая — под действием пружин, вторая — массой тормозного груза.

РЕДУКТОРЫ ПОДЪЕМНЫХ МАШИН.

В настоящее время изготавливается ряд редукторов, которые могут быть применены к различным типоразмерам подъемных машин в зависимости от необходимых значений крутящего момента на тихоходном валу и передаточного числа.

Применение разъемных редукторов позволило улучшить эксплуатационные качества подъемных машин, облегчить монтаж подъемной машины и обеспечить его замену.

Двухступенчатые редукторы ЦД изготавливают с одним приводным валом, одноступенчатые ЦО — с двумя. Тип редуктора обозначается индексами, которые характеризуют следующее.

Например, ЦД-3-115-20; ЦД — цилиндрический, двухступенчатый; 3 — модификация; 115 — межцентровое расстояние от оси тихоходного вала до оси моторного вала в сантиметрах; 20 — передаточное число редуктора.

Главный вал редуктора соединяется с коренным валом подъемной машины зубчатой муфтой. Приводной вал редуктора заканчивается двумя консолями, правая предназначена для насадки эластичной муфты, соединяющей редуктор с электродвигателем, левая — для привода тахогенератора.

Малые подъемные машины оборудуют двухступенчатыми редукторами и одноступенчатым редуктором ЦО-120-11,5, который имеет два приводных вала, один из которых служит для установки резервного электродвигателя. Каждый приводной вал рассчитан на передачу полного номинального момента вращения. Редуктор допускает также одновременную работу двумя электродвигателями одинаковой мощности. При этом момент вращения на тихоходном валу не должен превышать указанного в технической характеристике редуктора.

Крупные подъемные машины и машины с БЦК имеют в основном одноступенчатые редукторы ЦО и один тип двухступенчатого редуктора ЦД-4-2000, предназначенного для подъемных машин с диаметром барабана 4 м. Все одноступенчатые редукторы имеют по две вал-шестерни, рассчитанные на передачу половины номинального момента вращения, к каждой из которых может быть присоединен двигатель.

Все редукторы последней модификации имеют подшипники качения и зубчатые передачи с зацеплением Новикова, что позволило повысить их работоспособность и уменьшить габариты и массу.