Раздел 2

Шахтные вентиляторные установки

Осевые вентиляторы

Центробежные вентиляторы

Регулирование режимов работы вентилятора

Совместная работа вентиляторов

Измерительные приборы для контроля работы вентилятора

Кондиционирование воздуха и калориферные установки

Электрооборудование вентиляторных установок

Ремонт и эксплуатация вентиляторных установок. Охрана окружающей среды при эксплуатации вентиляторных установок

Проектирование вентиляторных установок

Тема 2.1. Осевые вентиляторы

2.1.1. Область применения осевых вентиляторов

Двухступенчатые реверсивные вентиляторы ВОД-21, ВОД-30, ВОД-40 и ВОД-50 (В - вентилятор, О - осевой, Д - двухступенчатый, цифры - диаметр рабочего колеса в дм) предназначены для главного проветривания шахт. При требуемом статическом давлении вентилятора не более 300 даПа и расходе воздуха от 50 до 600 м^3/с. Эти вентиляторы разработаны по аэродинамической схеме К-84 ЦАГИ им. Н..Е. Жуковского (К - крученые лопасти, 84 - коэффициент быстроходности).

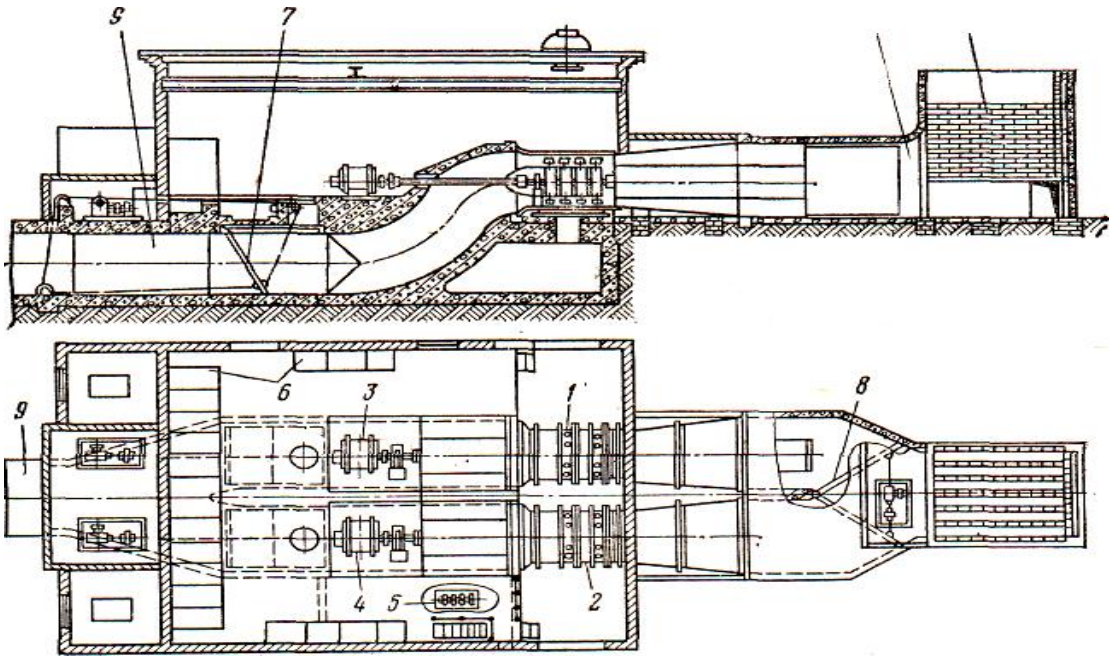


Рис. 23. Вентиляторная установка с вентиляторами типа ВОД

Главная вентиляторная установка с - вентиляторами типа ВОД (рис. 23) состоит. Из рабочего и резервного вентиляторов 1 и 2 с синхронными электродвигателями 3 ,и 4, системы смазки 5, электроаппаратуры и аппаратуры автоматизации 6 и устройств 7 и 8 (ляды или двери, управляемые лебедками или моторредукто-рами) для переключения на работу любого из вентиляторов и отключения другого, подводящего 9 и выходного 10 каналов, глушителя шума 11. Глушитель шума выложен из звукопоглощающих шлакоблоков и имеет 5 - 7 параллельных стенок, разделяющих общую исходящую струю на отдельные струи; глушитель шума для работающего и резервного вентилятора общий, что исключает проникновение зимой наружного холодного воздуха к резервному вентилятору и, следовательно, его обмерзание.

2.1.2. Устройство вентиляторов главного проветривания

Основными элементами одноступенчатого осевого вентилятора являются: рабочее колесо, корпус, коллектор, передний обтекатель (кок) сферической формы, спрямляющий аппарат и диффузор. Диффузор состоит из двух обечаек, помещенных одна в другую: наружной конусной - собственно диффузора и внутренней (на большинстве вентиляторов цилиндрической формы) - заднего обтекателя.

Для повышения давления осевой вентилятор изготавливают обычно двухступенчатым с двумя последовательно соединенными рабочими колесами, промежуточным направляющим аппаратом между ними и спрямляющим аппаратом за последним рабочим колесом. Иногда перед первым рабочим колесом устанавливают входной направляющий аппарат.

Рабочие колеса вместе с валом, на котором они закреплены, образуют ротор вентилятора, который приводится во вращение непосредственно от электродвигателя.

Опорами вала являются шариковые или роликовые подшипники.

Коллектор и обтекатель предназначены для обеспечения правильного подвода воздуха к лопастям колеса, чтобы поток воздуха был направлен по оси вентилятора с возможно более равномерным полем скоростей. Действие коллектора наиболее эффективно, когда между ним и колесом имеется цилиндрический участок корпуса длиной не менее 0,5 диаметра колеса. При отсутствии коллектора давление вентилятора уменьшается на 10.,.20%, а к. п. д.- 10...15%. Обтекатель неподвижен и при его отсутствии давление снижается примерно на 20%.

Направляющий и спрямляющий аппараты, представляющие собой неподвижные колеса с радиальными лопатками, необходимы для раскручивания потока и, следовательно, повышения к. п. д. вентилятора. Поворотные лопатки промежуточных направляющего и спрямляющего аппаратов обеспечивают. Возможность регулирования рабочего режима вентилятора, а также реверсирования вентиляционной струи. Для регулирования иногда применяют входной направляющий аппарат с поворотными лопатками.

Одним из основных узлов вентилятора является диффузор, благодаря которому значительная часть динамического давления (не менее 70 %) должна превращаться в статическое давление.

Лопасти укреплены на втулке рабочего колеса через равные промежутки под углом к плоскости его вращения. Наиболее рациональна лопасть более широкая у втулки, чем на периферии. Лучшей конструкцией является крученая лопасть с формой, подобной форме лопасти авиационного винта.

Лопасти изготовляют полыми (рис. 24, а) со стержнем для закрепления ее на втулке и литыми (рис. 24, б) из алюминиевых или магниевых сплавов.

Полая лопасть состоит из: стержня 1 с приклепанной к нему крученой обшивкой 2 из стали толщиной 2-3 мм; приваренного к обшивке ребра 3, вы-

полняющего роль армировки против истирания угольной пылью, приваренных к ребру верхнего и нижнего донышек 4.

Изготовление лопастей возможно из пластмасс. Такие лопасти изготавливаются с большей степенью точности, исключают опасность новообразования при возможном касании лопасти о корпус вентилятора, стойки в химически агрессивной среде.

Из условия надежности работы и уменьшения шума работающего вентилятора максимальная окружная скорость на концах лопастей должна быть не более 95 м/с.

На одной втулке устанавливают до 14 лопастей, узлы, крепления лопаток которых должны обеспечивать возможность их установки под различными углами относительно плоскости вращения колеса, что необходимо для регулирования производительности и давления вентилятора.

В работающем вентиляторе под действием разности давления часть воздуха протекает через зазор между концом лопасти и корпусом со стороны выхода воздуха из рабочего колеса в сторону входа в него, при этом уменьшается давление и снижается к. п. д. вентилятора. Однако чрезмерное уменьшение зазора может привести к касанию лопасти о корпус вентилятора. Величина зазора зависит от типа вентилятора и обычно не должна превышать 1,5 % длины лопасти. При работе вентилятора вследствие разности давлений потока до и после рабочего колеса возникает осевая сила, действующая на ротор и направленная в сторону входа потока в вентилятор. Осевая сила воспринимается упорным подшипником.

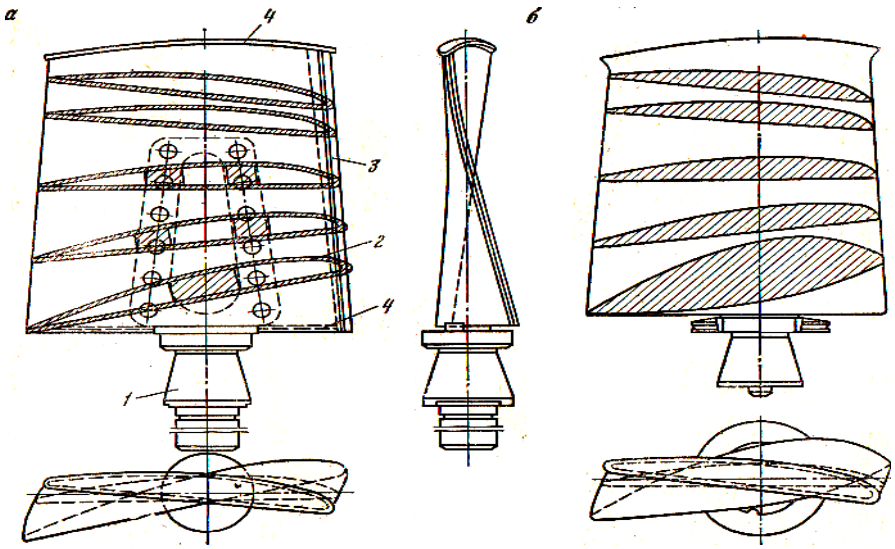


Рис. 24. Лопасти рабочих колес осевых вентиляторов: а - полая; б – литая

Первые отечественные осевые вентиляторы были выпущены на базе разработанных в ЦАГИ в 1938 - 1939 гг. вентиляторов серии В (высоконапорные). Из-за различных недостатков эти вентиляторы были сняты с производства еще в 1957 г. Их заменили вентиляторы типов ВОК и ВОКД с крученными лопатками, отличавшиеся более совершенной аэродинамической схе-

мой и более плавным регулированием производительности, а вентиляторы типа ВОКД и возможностью реверсирования воздушной струи самим вентилятором.

В настоящее время выпускаются разработанные в последнее время вентиляторы типа ВОД (ВОД-11, ВОД-16, ВОД-21, ВОД-30, ВОД-40 и ВОД-50) (цифра в маркировке вентиляторов - диаметр рабочего колеса по концам лопаток в дециметрах). Вентиляторы изготовляются Артемовским машиностроительным заводом.

Осевые вентиляторы типа ВОД предназначаются для проветривания неглубоких шахт и рудников, общешахтная депрессия которых не превышает 4 кПа.

Вентилятор ВОД-11 применяется также в качестве вспомогательного вентилятора для проветривания стволов и околоствольных выработок при их сооружении, в калориферных установках и т. п. Вентиляторы типа ВОД, за исключением ВОД-11, выполняются реверсивными. Они обеспечивают требуемую правилами безопасности производительность при реверсе более 60% от нормальной производительности; по специальному заказу они могут выполняться и нереверсивными. Эти вентиляторы применимы как для всасывающей, так и для нагнетательной вентиляции.

Вентиляторы ВОД-21, ВОД-30, ВОД-40 и ВОД-50 разработаны Донгипроуглемашем по аэродинамической схеме К-84 (К - крученые лопатки, 84 - коэффициент быстроходности) ЦАГИ им. Н. Е. Жуковского и Донгипроуглемаша. Вентилятор ВОД-16 создан Артемовским машиностроительным заводом по аэродинамической схеме М-1 ИГМТК. им. М. М. Федорова и ЦАГИ им. Н. Е. Жуковского и, в отличие от других вентиляторов типа ВОД, имеет встречное вращение рабочих колес.

Вентиляторы типа ВОД (рис. 25) - двухступенчатые. Для уменьшения шума они не имеют входных направляющих аппаратов и собраны по двум условным схемам РК + РК. (вентиляторы ВОД-11 и ВОД-16) и РК + НА + РК + СА (остальные типы вентиляторов ВОД).

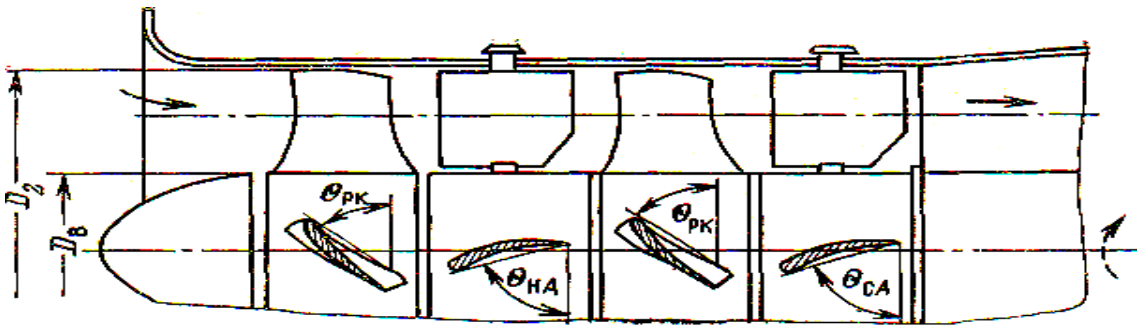


Рис. 25. Схема осевого вентилятора типа ВОД

Рабочие колеса вентиляторов снабжены 12 лопатками, за исключением рабочего колеса II ступени вентилятора ВОД-16, которое имеет 10 лопаток. Установка лопаток РК вентиляторов, за исключением ВОД-16, производится

в пределах 15-45°. При реверсировании струи воздуха лопатки НА и СА поворачиваются на углы 153 и 158° и направление их выпуклости изменяется на противоположное.

Сводные графики областей промышленного использования осевых вентиляторов типа ВОД и покрываемое ими поле вентиляционных режимов шахт и рудников приведены на рис. 26.

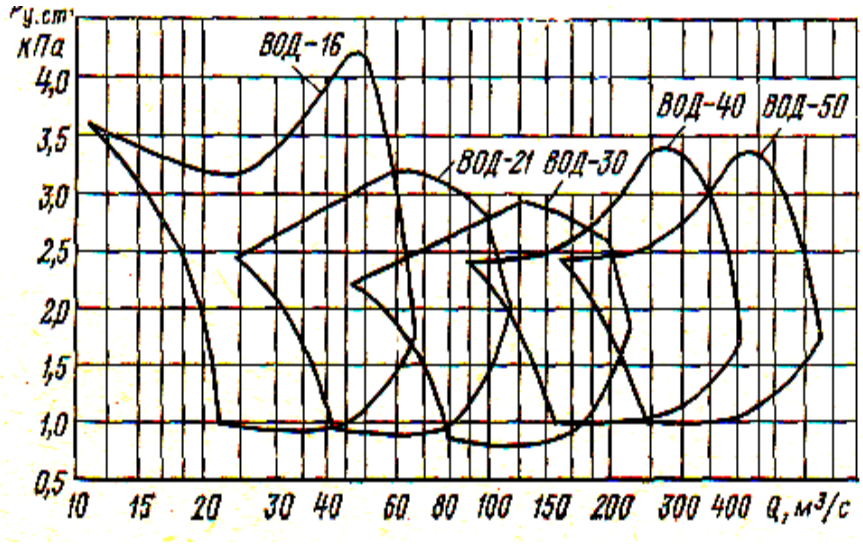


Рис. 26 Сводный график областей промышленного использования осевых вентиляторов типа ВОД

Конструкция осевых вентиляторов. Вентиляторы ВОД-21, ВОД-30, ВОД-40 и ВОД-50 имеют аналогичную конструкцию. Вентилятор (рис. 27)

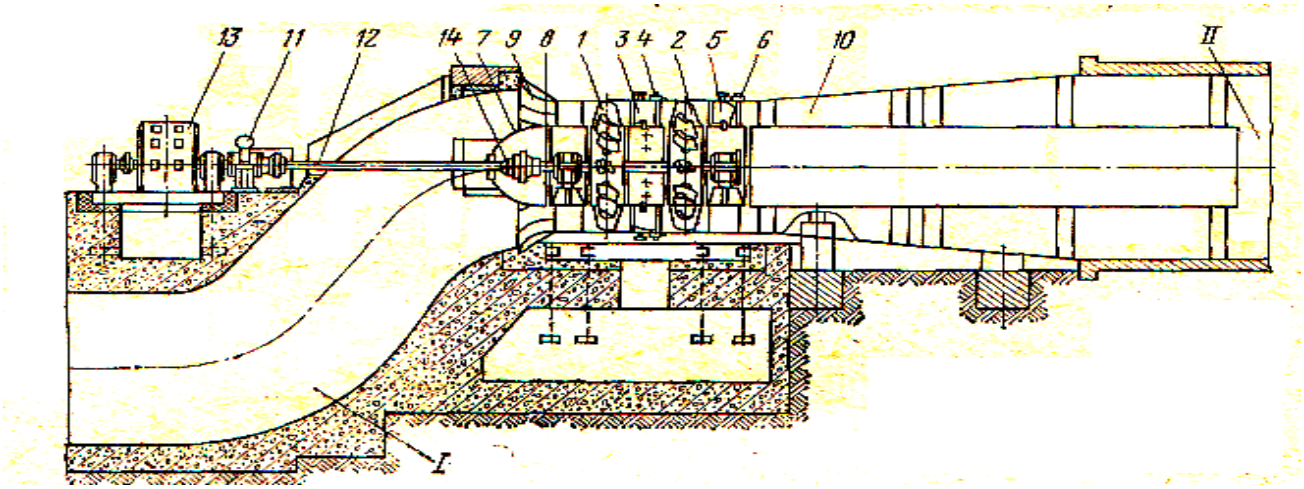


Рис. 27. Общий вид осевого вентилятора ВОД-30

состоит из ротора с рабочими колесами 1и 2, корпуса (кожуха) с промежуточным напраляющим 3 и спрямляющим 5 аппаратами и механизмами пово-

рота 4 и 6 лопаток, переднего обтекателя 7, главного вала 8, трансмиссионного вала 12, коллектора 9, диффузора 10 и тормоза 11. Ротор вентилятора соединяется с электродвигателем 13 с помощью трансмиссионного вала 12 и муфт 14.

При всасывающей вентиляции шахты или рудника воздух к вентилятору из вентиляционной сети поступает по подводящему каналу I и через диффузор выходит в отводящий канал II. В диффузоре динамическое давление частично преобразовывается в статическое.

Лопатки 4 (рис. 28) рабочих колес вентиляторов типа ВОД - профилированные, винтообразные, сварно-клепаные, пустотелые, состоят из несущего хвостовика, двух листов обшивки, армирующего ребра и донышек, изготовляются из стали или из более легкого материала - алюминиевого сплава или стеклопластика.

Лопатки крепятся к втулкам 2 рабочих колес специальными затворами 10, позволяющими при остановленном вентиляторе поворачивать их вручную в пределах углов установки 15-45° для регулирования производительности и давления.

Ротор вентилятора вращается в двух подшипниковых узлах - переднем и заднем. Радиальную нагрузку воспринимают спаренные подшипники с цилиндрическими роликами, установленные в сферических обоймах (вентиляторы ВОД-30, ВОД-40, ВОД-50), или сферические роликоподшипники (вентиляторы ВОД-21, ВОД-11), установленные в обеих опорах. Осевую нагрузку воспринимают радиально-упорные шариковые подшипники, размещаемые в задней опоре.

Смазка подшипников вентиляторов ВОД-21, ВОД-16 и ВОД-11 консистентная, тугоплавкая, периодически пополняется с помощью пресс-масленок, выведенных на верхнюю часть корпуса.

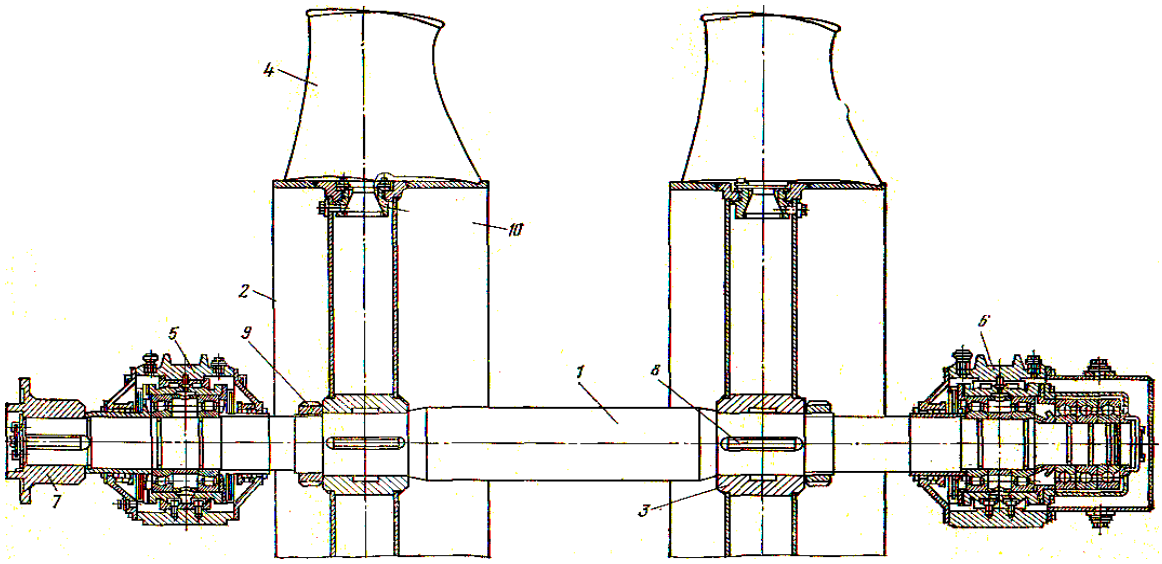


Рис. 28. Ротор вентилятора типа ВОД:
1- вал ротора; 2 - рабочее колесо; 3 - ступица колеса; 4 - рабочие лопатки; 5 и 6 - подшипниковые опоры; 7 - полумуфта; 8 – шпонки; 9 - гайки; 10 - затвор для крепления лопатки

Смазка подшипников вентиляторов ВОД21, ВОД-30, ВОД-40 и ВОД-50 принудительная, циркуляционная. Масло подается от маслостанции.

Валы ротора и электродвигателя соединяются подвесным трансмиссионным валом с помощью односторонних зубчатых муфт вентиляторов ВОД-30, ВОД-40 и ВОД-50 и с помощью пальцевых муфт у вентиляторов ВОД-11, ВОД-16 и ВОД-21.

Вентилятор типа ВОД оборудуется колодочным тормозом с электромагнитным приводом, обеспечивающим остановку ротора в течение 2-2,5 мин.

Корпус вентиляторов (см. рис. 27) ВОД-30, ВОД-40 и ВОД-50 состоит из переднего и заднего опорных блоков и кожуха.

Корпус вентилятора типа ВОД и размещенные в нем опорные конструкции, коллектор, наружный и внутренний конусы диффузора свариваются из листовой стали и сортового проката. Внутри заднего опорного блока корпуса вентиляторов ВОД-21, ВОД-30, ВОД-40 и ВОД-50 располагается спрямляющий аппарат с 11 поворотными и 3 неподвижными несущими лопатками. В кожух этих вентиляторов, расположенный между передним и задним опорными блоками, встроен промежуточный направляющий аппарат с поворотными лопатками, которые специальным механизмом от сервомотора поворачиваются на угол до 180° при реверсировании воздушной струи и на угол до 36° от исходного положения для тонкого регулирования производительности. Углы поворота лопаток ограничиваются конечными выключателями.

Механизм одновременного поворота лопаток направляющего аппарата по принципу действия механизму, показанному на рис. 29.

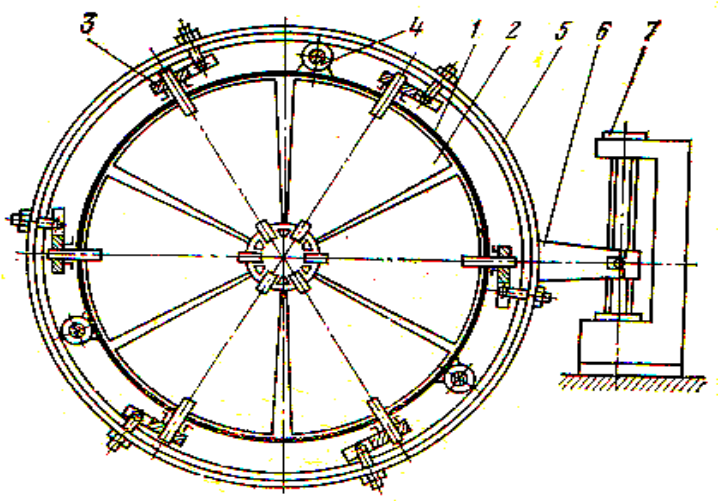


Рис. 29. Направляющий аппарат с наружным приводным кольцом:

1 - корпус аппарата; 2 - лопатки; 3 - рычаг лопатки; 4 - ролик; 5 - приводное кольцо; 6 - рычаг; 7 - приводная колонка

Осевой направляющий аппарат (рис. 29) имеет плоские листовые лопатки с механизмом их одновременного поворота и обтекатель, расположенный по оси и подвешенный в корпусе на растяжках или насаженный на вал ротора. Лопатки состоят из полотна и приваренных к нему двух цапф и опираются на бронзовые втулки в обтекателе и на капроновые или бронзовые втулки в корпусе. На выступающие из корпуса направляющего аппарата цапфы лопаток насажены рычаги с пальцами, связанные с приводным наружным кольцом механизма поворота лопаток. Поворот кольца производится от приводной колонки. При включении электродвигателя гайка перемещается в осевом направлении по винту и через рычаг поворачивает кольцо, а вместе с ним и лопатки направляющего аппарата, устанавливая их одновременно на необходимый угол.

Производительность и давление вентиляторов типа ВОД регулируются поворотом лопаток рабочих колес вручную при остановленном приводе; тонкое регулирование в пределах 5-10% осуществляется поворотом лопаток направляющего аппарата. Для работы с меньшим давлением можно уменьшать число лопаток рабочего колеса II ступени до шести.

Вентиляторы ВОД-21, ВОД-30, ВОД-40 и ВОД-50 реверсируются изменением направления вращения приводного электродвигателя с одновременным поворотом лопаток направляющего и спрямляющего аппаратов.

2.1.3. Требования ПБ. Вентиляторные установки

Проветривание подземных выработок должно производиться при помощи непрерывно действующих вентиляторных установок, расположенных на поверхности не ближе 20 м от устьев стволов, шурфов, штолен, скважин.

Главные вентиляторные установки должны состоять не менее чем из двух вентиляторных агрегатов, один из которых резервный. В многоагрегатных вентиляторных установках допускается иметь один резервный вентиляторный агрегат при условии обеспечения автоматического ввода его в работу при остановке любого из рабочих вентиляторов. На многоагрегатных вентиляторных установках запрещается эксплуатация вентиляторов, отличающихся по производительности и действующему напору более чем на 10 %.

Вентиляторы на газовых шахтах и на вновь вводимых и реконструируемых вентиляторных установках должны быть одного типоразмера и одинаковой производительности.

На негазовых шахтах главные вентиляторные установки могут состоять из одного агрегата с резервным электроприводом.

Если на действующих шахтах резервный вентилятор имеет меньшую подачу, чем основной, то техническим руководителем эксплуатирующей организации должен быть утвержден режим работы шахты на случай проветривания резервным вентилятором.

На всех газовых шахтах вентиляторы главного проветривания должны иметь надежность электроснабжения по первой категории. При этом должен быть 100-процентный резерв источника питания для собственных нужд.

Вентиляторы должны быть оборудованы тормозными или стопорными устройствами, препятствующими самопроизвольному вращению рабочего ротора вентилятора.

При проектировании и эксплуатации вентиляторных установок должны предусматриваться специальные меры по предупреждению обмерзания проточной части вентиляторов, каналов и переключающих устройств, а также меры по предупреждению попадания в проточную часть вентиляторной установки частиц горной массы (штыба) и воды. Вентиляционные каналы не должны загромождаться посторонними предметами и должны очищаться от пыли в порядке, утвержденном Ростехнадзором России. Вентиляционные каналы должны иметь оборудованный шлюзом выход на поверхность.

В канале вентиляторной установки у места сопряжения со стволом (шурфом, скважиной) и перед колесом вентилятора должны устанавливаться ограждающие решетки высотой не менее 1,5 м.

К главным относятся вентиляторные установки, обслуживающие всю шахту или ее часть (крыло, блок, панель), а также вентиляторные установки, обеспечивающие проветривание шахт в период строительства после сбойки стволов; к вспомогательным - вентиляторные установки со сроком службы не более трех лет, обслуживающие один очистной забой с прилегающими к нему подготовительными выработками, и вентиляторные установки, предназначенные для обособленного проветривания камер.

Главные вентиляторные установки должны обеспечивать реверсирование вентиляционной струи во всех горных выработках, проветриваемых за счет общешахтной депрессии.

Вспомогательные вентиляторные установки должны обеспечивать реверсирование вентиляционной струи в том случае, когда это предусмотрено планом ликвидации аварий.

Перевод вентиляторных установок на реверсивный режим должен выполняться не более чем за 10 мин.

Расход воздуха, проходящего по выработкам в реверсивном режиме проветривания, должен составлять не менее 60 % расхода воздуха, проходящего по ним в нормальном режиме.

Исправность действия реверсивных, переключающих и герметизирующих устройств должна проверяться главным механиком шахты и начальником участка ВТБ не реже одного раза, в месяц. Результаты проверок фиксируются в порядке, утвержденном Ростехнадзором России.

На всех шахтах не реже двух раз в год (летом и зимой) и а также при изменении схемы проветривания и замене вентиляторов должно производиться реверсирование вентиляционной струи в выработках в соответствии с планом ликвидации аварий. При этом в течение периода работы в реверсивном режиме содержание метана в выработках, проветриваемых за счет общешахтной депрессии (компрессии), не должно превышать 2 %. Во время

реверсирования на шахте запрещается проводить какие-либо другие работы. Проверка реверсирования вентиляционной струи и реверсивных устройств производится в порядке, утвержденном Ростехнадзором России.

Вентиляторные установки должны осматриваться не реже одного раза в сутки работниками, специально назначенными главным механиком шахты, и не менее двух раз в месяц - главным механиком шахты или старшим механиком. Результаты осмотров фиксируются в порядке, утвержденном Ростехнадзором России.

Аэродинамическое обследование поверхностных вентиляторных установок должно производиться в течение суток при переходе с одного агрегата на другой, а также при изменении угла разворота лопаток рабочих колес или направляющего аппарата. Переход с одного агрегата на другой должен производиться не реже одного раза в месяц.

Не реже одного раза в два года должна, производиться ревизия и наладка вентиляторных установок специализированной организацией.

Вентиляторные установки должны оборудоваться аппаратурой дистанционного управления и контроля в порядке, утвержденном Ростехнадзором России.

Пульт дистанционного управления и контроля работы вентиляторной установки должен находиться на поверхности шахты в диспетчерском пункте или помещении оператора АГК. Действующие вентиляторные установки, не оборудованные аппаратурой дистанционного управления и контроля, должны обслуживаться машинистами.

В здании вентиляторной установки, в шумоизолированной кабине, должен быть телефон с выведенным сигнальным устройством, связанный непосредственно с центральным коммутатором шахты на поверхности диспетчером. Машинист вентиляторной установки или лицо, обслуживающее пульт управления, обязаны фиксировать результаты работы установки в порядке, утверждённом Ростехнадзором России.

Остановка вентиляторной установки или изменение режима ее работы, кроме аварийных случаев, может производиться лишь по письменному распоряжению технического руководителя эксплуатирующей организации с уведомлением начальника участка ВТБ.

О внезапных остановках вентиляторной установки, вызванных ее неисправностью или прекращением подачи электроэнергии, необходимо немедленно сообщить горному диспетчеру, который должен поставить в известность технического руководителя эксплуатирующей организации, главного механика, начальника участка ВТБ шахты, командира аварийно-спасательной части, обслуживающей шахту, и территориальные органы Ростехнадзора России.

В случае остановки действующего вентиляторного агрегата и невозможности пуска резервного должны быть открыты двери шлюзового здания над стволами или клапаны, перекрывающие устье ствола.

При получении извещения о предполагаемом прекращении подачи электроэнергии или о предполагаемом перерыве в работе вентиляторной

установки горный диспетчер (на строящихся шахтах – ответственный дежурный) обязан своевременно принять меры по обеспечению безопасности людей, находящихся в шахте.

На шахтах III категории, сверхкатегорных и опасных по внезапным выбросам при установке электрооборудования общего назначения в помещении, через которое проходит канал или диффузор вентиляторной установки, должна предусматриваться принудительная нагнетательная вентиляция, включаемая при остановке вентилятора.

Для предотвращения поступления метана из выработанных пространств в очистной забой могут применяться подземные и поверхностные газоотсасывающие вентиляторные установки. Их применение должно осуществляться в порядке, установленном Ростехнадзором России.

2.1.4. Назначение вентиляторов местного проветривания, их типы

Для проветривания тупиковых выработок на шахтах угольной и рудной промышленности применяются в основном осевые и реже центробежные вентиляторы местного проветривания. Широкий диапазон режимов и условий проветривания этих выработок потребовал создания ряда осевых вентиляторов с электрическим и пневматическим приводами. В настоящее время серийно выпускается ряд осевых вентиляторов местного проветривания с меридиональным ускорением потока типов ВМ-М и ВМП-М. В обозначении марки вентиляторов: В - вентилятор, М - местный, П - пневматический, цифры означают диаметр выходного патрубка в дециметрах и номер модели, М - после цифры означает модернизацию.

Электрические осевые вентиляторы имеют взрывобезопасное исполнение РВ и могут применяться в шахтах, опасных по газу или пыли. Пневматические вентиляторы применяются для проветривания тупиковых выработок, где использование электрических вентиляторов не допускается ПБ. Поскольку для вентиляторов одинаковой гидравлической мощности стоимость пневмоэнергии превышает в 6- 7 раз стоимость электроэнергии, пневматические вентиляторы целесообразно применять лишь в условиях, в которых не могут быть использованы электрические вентиляторы.

Электрические вентиляторы типа ВМ-М выполняются по схеме НА + РК. + СА; пневматические вентиляторы типа ВМП-М — по схеме НА + РК. Направляющие аппараты (НА) вентиляторов ВМ-3М и ВМ-4М и ВМП-М изготовляются нерегулируемыми. Вентиляторов ВМ-5М, ВМ-6М, ВМ-8М и ВМ-12 - регулируемыми; выходные спрямляющие аппараты (СА) электрических вентиляторов - нерегулируемыми. Выпускаемые в настоящее время вентиляторы местного проветривания выполняются одноступенчатыми и, за исключением вентиляторов ВМП-4, имеют рабочие колеса с конической втулкой, обеспечивающей меридиональное ускорение воздушного потока. При этом подавляющая часть энергии, подводимой к рабочему колесу, преобразу-

ется в скоростное давление потока. Рабочее колесо вентилятора ВМП-4 снабжается цилиндрической литой втулкой. Вентиляторы работают эффективно как на нагнетание, так и на всасывание.

На (рис.30) приведены сводные графики областей промышленного использования вентиляторов местного проветривания.

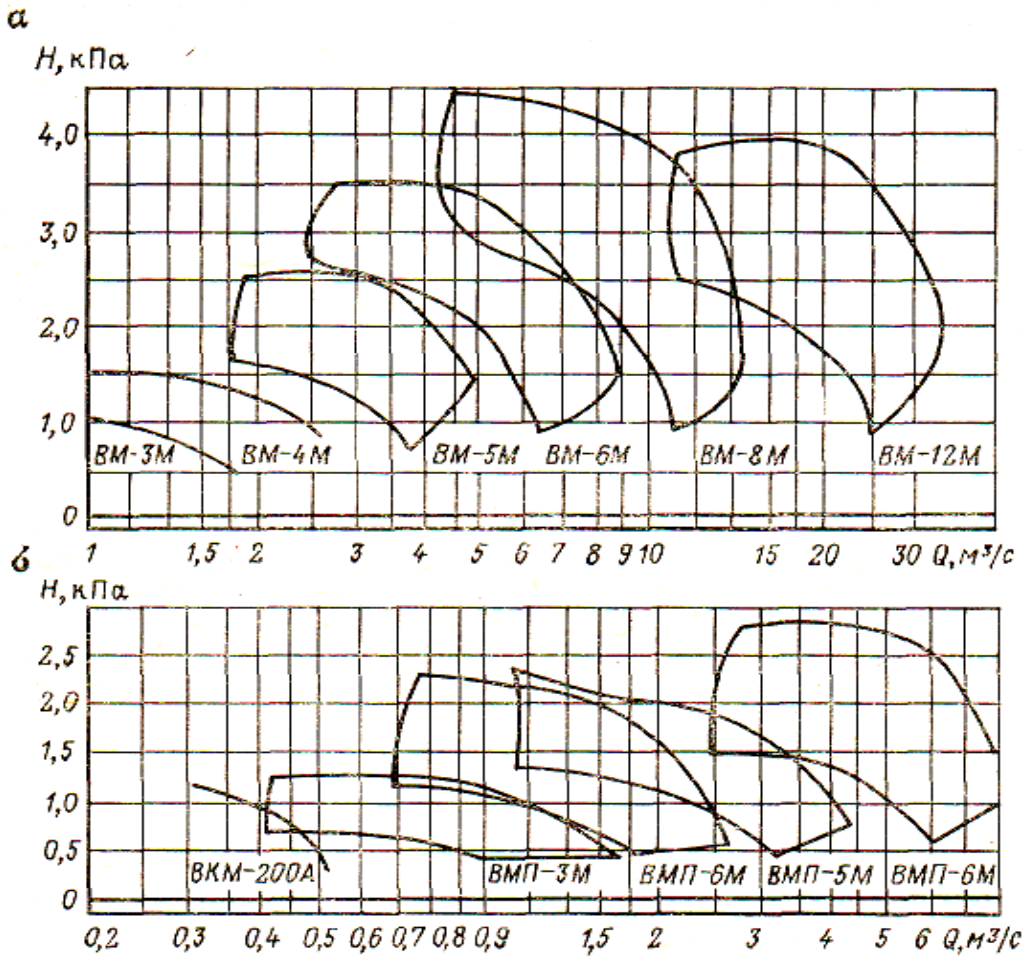


Рис. 30. Сводные графики областей промышленного использования осевых вентиляторов местного проветривания с электрическим (а) и (б) пневматическим приводами.

2.1.5. Конструкция вентиляторов местного проветривания

Электрические вентиляторы типа ВМ-М (рис. 31) имеют одинаковую

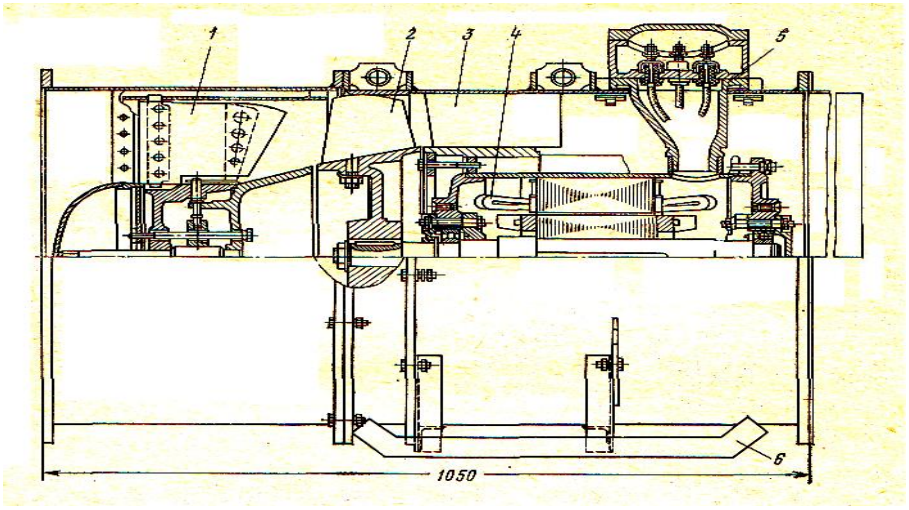


Рис. 31. Вентилятор ВМ-6М

конструктивную схему и отличаются размерами и конструкцией отдельных узлов. Основными узлами вентиляторов являются входной направляющий аппарат 1, рабочее колесо 2, спрямляющий аппарат 3, встроенный электродвигатель 4, кабельный ввод 5 и салазки 6.

Направляющий аппарат вентиляторов ВМ-3М и ВМ-4М оснащен крученными стальными листовыми лопатками, жестко закрепленными между внешней и внутренней обечайками. Регулируемые направляющие аппараты остальных вентиляторов этого типа снабжены профильными эластичными лопатками из резины с армированными стальными пластинами входными и выходными кромками.

Давление и производительность вентилятора регулируются на ходу с помощью механизма одновременного поворота, обеспечивающего плавное бесступенчатое отклонение закрылков лопаток на угол от +45 до -50°.

В направляющем аппарате установлена дополнительная обечайка, образующая с корпусом кольцевой канал воздушного сепаратора, устраняющего впадины на характеристиках давления и помпажные режимы работы. Это значительно расширяет область промышленного использования вентилятора и повышает надежность его работы.

Рабочее колесо вентилятора состоит из конической стальной втулки, литой или сварной (ВМ-12М), и неподвижно закрепленных на ней профильных крученых лопаток. Лопатки всех вентиляторов ВМ-М выполнены из капроновой смолы ВСТУ 73-1008 - 63, за исключением лопаток вентиляторов ВМ-12М, у которых они изготовлены из толстолистовой стали. Капроновые лопатки не накапливают опасных статических зарядов, и в случае задевания их за корпус не образуются искры, которые могут воспламенить взрывоопасную среду.

Корпус вентилятора, установленная в нем втулка и приваренные между ними лопатки спрямляющего аппарата образуют жесткую несущую конструкцию, в которую встраивается электродвигатель.

Вентилятор ВМ-12М дополнительно снабжен диффузором.

Пневматические вентиляторы ВМА-3М, ВМП-5М, ВМП-6М и ВКМ-200А (рис. 32) имеют аналогичную конструкцию и отличаются размерами узлов и аэродинамическими параметрами. Вентиляторы этого типа снабжены пневматическим турбинным приводом. Рабочее колесо по периферии имеет турбину - обод с профильными капроновыми лопатками, установленными в пазу обода. Воздух на лопатки подается регулируемым сопловым аппаратом, которым обеспечивается подача сжатого воздуха на турбину через одно, два или три сопла, что соответствует работе вентилятора на пониженном, нормальном и усиленном режимах.

Пневматический привод вентиляторов имеет небольшую массу, экономичен, прост и удобен в обслуживании.

Осевые вентиляторы местного проветривания для частичного снижения шума могут оборудоваться глушителями шума типа ГШ, разработанными Донгипроуглемашем.

Вентиляторы местного проветривания и глушители шума типа ГШ изготовляются Томским электромеханическим заводом им. В. В. Вахрушева, Артемовским машзаводом и др.

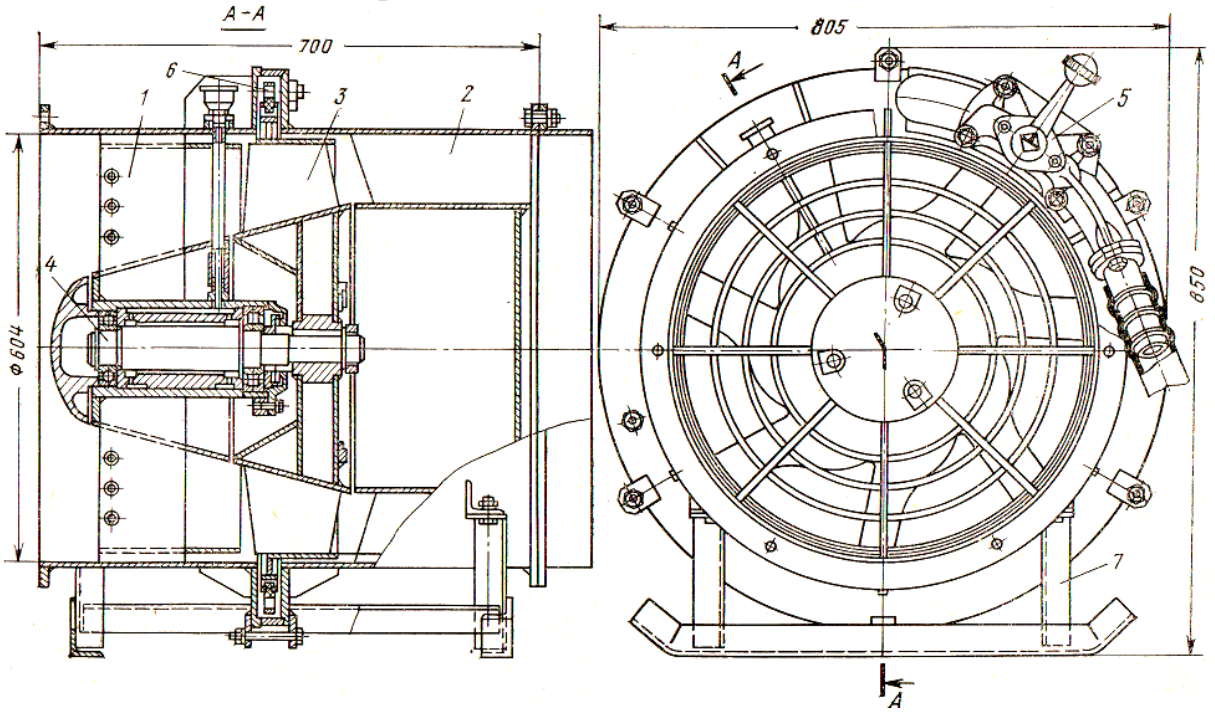


Рис. 32. Пневматический вентилятор ВМП-6М:

1 - передний корпус с направляющим аппаратом; 2 - задний корпус; 3 рабочее колесо с турбиной; 4 - узел вала; 5 - сопловый аппарат; 6 – турбина; 7 - салазки

2.1.6. Требования ПБ при проветривании тупиковых выработок

Проветривание тупиковых выработок должно производиться с помощью ВМП или за счет общешахтной депрессии.

При проветривании за счет общешахтной депрессии и проведении выработок по пластам узким забоем должны проходиться параллельные выработки для исходящей струи воздуха, сбиваемые с основной выработкой через промежутки не более 30 м печами (просеками). По мере проведения новых печей (просеков) старые должны изолироваться постоянными перемычками, покрываемыми воздухонепроницаемыми составами. Проветривание тупиков параллельных выработок (за последней печью) и сбоек между ними за счет общешахтной депрессии должно осуществляться с помощью жестких вентиляционных труб длиной не более 60 м.

Из тупиковых выработок, находящихся в проходке, запрещается проведение новых тупиковых выработок, кроме тех, которые предназначены для ликвидации тупиков и сокращения их длины.

ВМП должны работать непрерывно и управляться из диспетчерской шахты с помощью аппаратуры автоматического контроля и телеуправления ВМП. На негазовых шахтах обслуживание вентиляторов может осуществляться специально назначенными и соответсвенно обученными лицами (допускается совместительство).

В случае остановки ВМП или нарушения вентиляции работы в тупиковой выработке должны быть прекращены, напряжение с электрооборудования автоматически снято и люди из нее немедленно выведены в проветриваемую выработку, в устье тупиковой выработки должен быть установлен запрещающий знак. При этом в негазовых шахтах допускается не снимать напряжение с электрооборудования автоматизированных насосных установок. Возобновление работ разрешается после проветривания и обследования выработки инженерно-техническими работниками.

В шахтах III категории и выше тупиковые выработки длиной и более 100 м должны оборудоваться резервными ВМП с резервным электропитанием. Условия резервирования определяются Ростехнадзором России. При проведении выработок по выбросоопасным угольным пластам или породам допускается в качестве резервных применять ВМП с пневматическим двигателем.

Установка ВМП должна производиться по паспорту выемочного участка, проведения и крепления подземных выработок или специальному паспорту, утвержденному главным инженером шахты.

ВМП, работающий на нагнетание, должен устанавливаться в выработке со свежей струей воздуха на расстоянии не менее 10 м.

Запрещается установка ВМП в очистных выработках, кроме случаев проведения обходных гезенков (печей) в зонах местных геологических нарушений при наличии выходов из очистных выработок в соответствии с

требованиями п. 83, а также ближе 25 м от мест постоянного присутствия людей (погрузочные пункты, посадочные площадки и т.п.).

Фактическая производительность ВМП не должна превышать 70 % расхода воздуха в выработке в месте его установки. При установке в одной выработке нескольких вентиляторов, работающих на отдельные трубопроводы и расположенных один от другого на расстоянии менее 10м, суммарная их производительность не должна превышать 70 % расхода воздуха в выработке в месте установки первого вентилятора, считая по ходу струи. Если расстояние между вентиляторами более 10 м, то производительность каждого из вентиляторов не должна превышать 70 % расхода воздуха в выработке в месте его установки. В шахтах, опасных по газу, запрещается проветривание двух и более выработок при помощи одного трубопровода с ответвлениями. Допускается установка ВМП в выработках с исходящей струей воздуха, проветриваемых за счет общешахтной депрессии, при условии, что в месте установки вентилятора содержание метана не превышает 0,5 %, состав воздуха соответствует требованиям п. 231, а в шахтах III категории и выше контроль концентрации метана перед вентилятором осуществляется стационарной автоматической аппаратурой.

Запрещается установка ВМП с электрическими двигателями в выработках с исходящей струей воздуха на пластах, опасных по внезапным выбросам угля и газа.

У каждого вентилятора должна устанавливаться доска, на которую записываются фактический расход воздуха в выработке в месте установки вентилятора, фактическая производительность вентилятора, расчетный и фактический расход воздуха у забоя тупиковой выработки, максимально допускаемая длина тупиковой части выработки, проводимой при данной вентиляторной установке, время проветривания выработки после взрывных работ, дата заполнения и подпись лица, производившего запись на доску.

При проведении или погашении вентиляционных выработок, примыкающих к очистным забоям, допускается установка ВМП с пневматическим двигателем в этих же выработках при соблюдении следующих условий:

а) вентилятор должен быть установлен не ближе 15 м от забоя лавы, считая по ходу вентиляционной струи;

б) длина тупиковой части выработки не должна превышать 30 м;

в) состав воздуха в месте установки вентилятора должен соответствовать требованиям п. 231, а содержание метана в исходящей из тупиковой части выработки струе не должно превышать 1 %;

г) должно быть исключено воспламенение метана при ударах и трении вращающихся частей о корпус вентилятора.

Расстояние от конца вентиляционных труб до забоя в газовых шахтах не должно превышать 8 м, а в негазовых - 12м. При проведении тупиковых выработок по углю с помощью комбайнов в газовых шахтах должны применяться аккумуляторы вентиляционных труб.

В конце гибких воздухопроводов должна навешиваться труба из жесткого материала длинной не менее 2 м или должны выставляться жесткие рас-

порные кольца (не менее двух), обеспечивающие нормальное сечение выходного отверстия трубы. Гибкий воздухопровод должен подсоединяться к ВМП с помощью металлического переходного патрубка заводской конструкции.

Запрещается проветривать за счет диффузии тупиковые выработки газовых шахт, исключая тупики длиной до 6 м.

В газовых шахтах средства местного проветривания должны быть установлены до начала работ по проведению выработки.

В негазовых шахтах допускается проветривание за счет диффузии тупиков длиной до 10 м.

Стволы (шурфы) должны проветриваться на всю глубину в течение всего времени их строительства.

Вентиляторные установки для проветривания стволов должны находиться на поверхности не ближе 20 м от стволов и работать непрерывно.

В холодный период года воздух, поступающий в ствол, должен подогреваться до температуры не ниже 2 °С. При проходке стволов в зоне многолетней мерзлоты температура подогрева воздуха в холодный период года устанавливается проектом производства работ.

Для проветривания вертикальных стволов (шурфов) должны применяться трубы из жесткого материала. Допускается навешивать гибкую вентиляционную трубу у забоя ствола (шурфа), а также применять такие трубы при углубке стволов с действующих горизонтов на высоту одного этажа.

Расстояние от конца вентиляционных труб до забоя ствола (шурфа) должно быть не более 15 м, а во время погрузки грейфером - 20 м. Трубы должны подвешиваться на канатах и крепиться жестко к крепи (армировке) ствола (шурфа).

В период строительства шахт до сбойки стволов при проветривании околоствольных выработок применение воздухозаборных камер допускается территориальным органом Ростехнадзора России.

Тема 2.2. Центробежные вентиляторы

2.2.1. Номенклатура и назначение центробежных вентиляторов

На шахтах и рудниках России в настоящее время эксплуатируются центробежные вентиляторы главного проветривания следующих типов: ВЦ, ВЦД, ВШЦ, ВРЦД, ВЦП, ВЦЗ и вентилятор местного проветривания ВЦ-7 (В - вентилятор, Ц - центробежный, О - одностороннего всасывания, Д - двустороннего всасывания, Р - рудничный, Ш - шурфовой, П - проходческий, З - с регулируемыми закрылками). По ГОСТ 11004-75 центробежные вентиляторы маркируются: одностороннего всасывания ВЦ и двустороннего всасывания ВЦД. Цифра в маркировке означает диаметр рабочего колеса в дециметрах.

В настоящее время заводами выпускаются следующие центробежные вентиляторы, предназначенные для главного проветривания шахт и рудников: ВЦД-16, ВЦ-25, ВЦ-31,5 (старый шифр ВЦ-32), ВЦЗ-32, ВЦД-31,5 (старый шифр ВЦД-32М) и ВЦД-47 «Север» и для проветривания стволов и околоствольных выработок: ВЦ-11 и ВШЦ-16 и только для проветривания забоев шахтных стволов ВЦПД-8УМ и ВЦП-16, а также вентиляторы местного проветривания ВЦ-7.

Вентилятор ВЦД-47 «Север» создан целевым назначением для проветривания глубоких полиметаллических рудников Крайнего Севера России, но может применяться и для проветривания самых глубоких угольных и других шахт.

Центробежные вентиляторы применимы для всасывающей, нагнетательной и комбинированной схем вентиляции горных предприятий.

Крупные центробежные вентиляторы изготовляются Донецким машиностроительным заводом им. ЛКУ, вентиляторы с диаметром рабочего колеса до 2,5 м включительно - Артемовским машиностроительным заводом

Все изготовляемые в настоящее время центробежные вентиляторы разработаны на основе аэродинамических схем ИГТМК им. М. М. Федорова, институтом Донгипроуглемаш и СКВ Артемовского и Каменского машзаводов. На рис. 33 дан сводный график областей промышленного использования центробежных вентиляторов.

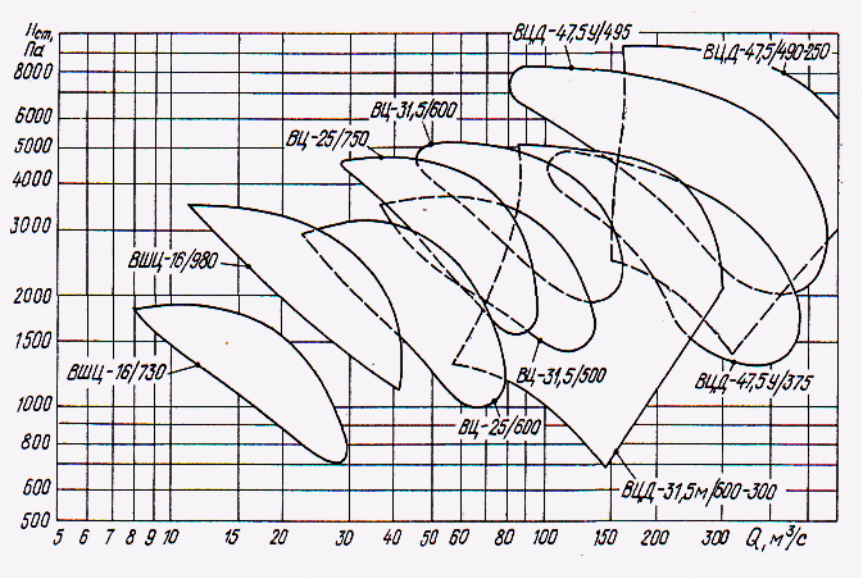


Рис. 33. Сводный график областей промышленного использования центробежных вентиляторов главного проветривания

Вентиляторы изготовляются одностороннего и двустороннего всасывания. Рабочие колеса вентиляторов одностороннего всасывания имеют по 8 лопаток, а двустороннего всасывания по 16 (по 8 с каждой стороны), кроме вентилятора ВЦД-47, имеющего 12 лопаток.

2.2.2. Конструкция центробежных вентиляторов.

Вентиляторы одностороннего всасывания имеют две компоновочные схемы: с консольным расположением рабочих колес на валу ротора (ВЦ-11, ВШЦ-16, ВЦП-16, ВЦ-25) и с расположением рабочих колес на валу между подшипниковыми опорами. Последняя схема реализована в более крупных вентиляторах ВЦ-31,5 и ВЦЗ-32. Такая компоновка снижает нагрузки на подшипники и исключает резонансные поперечные колебания главного вала.

Центробежный вентилятор одностороннего всасывания (ВЦ-11, ВШЦ-16 (рис. 34), ВЦП-16, ВЦ-25, ВЦ-31,5 и ВЦ-31.5П) состоит из ротора 1 с рабочим колесом 2, осевого направляющего аппарата 3, входных коллектора 4 и патрубка 7, спирального кожуха 5 и рамы 6.

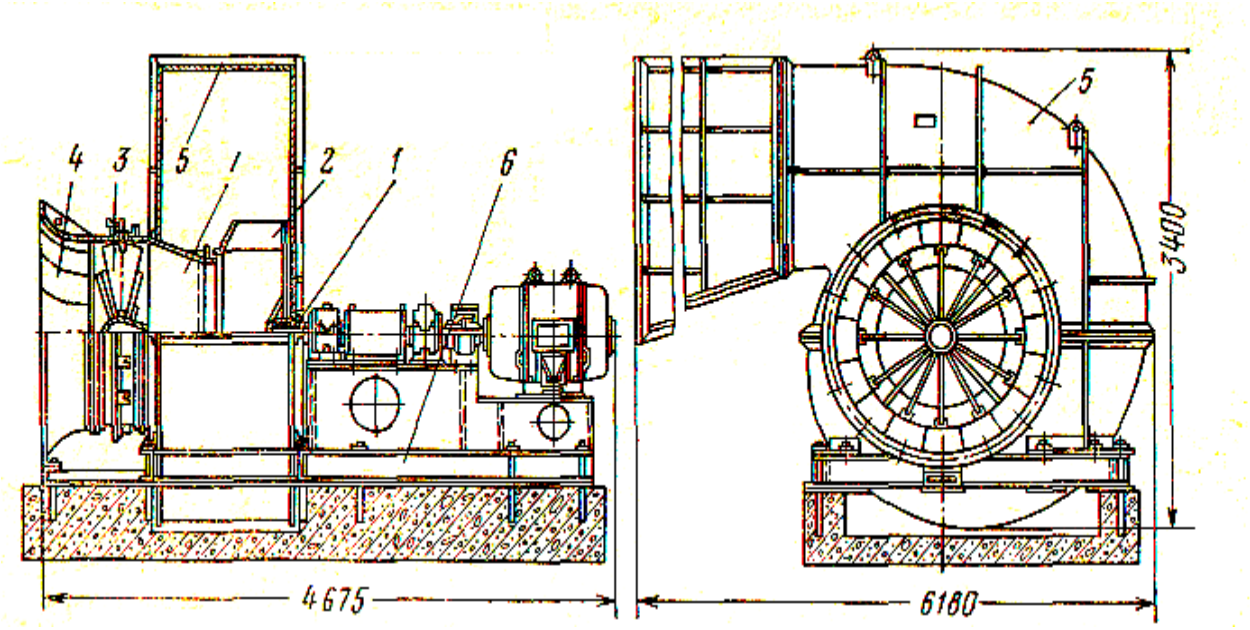


Рис. 34. Вентилятор одностороннего всасывания ВШЦ-16

Первые три вентилятора (с диаметром рабочего колеса до 1600 мм) имеют общую сварную раму, на которой монтируется вся механическая часть вентилятора и его приводной электродвигатель. Более крупные вентиляторы не имеют единой жесткой рамы, и вал ротора вращается в двух отдельных подшипниковых опорах, смонтированных на отдельных рамах, установленных на бетонном основании.

Рабочее колесо состоит из крыловидных загнутых назад лопаток, приваренных к переднему коническому покрывному и заднему плоскому коренному дискам. Задний диск колеса приваривается или крепится болтами к ступице. Покрывной диск на диаметре входа может быть усилен тороидальным литым лабиринтным кольцом. Коренной диск рабочего колеса усилен за счет соединения его с обтекателем, который одновременно улучшает и условия поворота воздушного потока в рабочем колесе.

Лопатки пустотелые, сварные, с ребрами жесткости внутри.

У вентиляторов ВЦ-31.5П и ВЦД-31,5П лопатки снабжены поворотными закрылками. Внутреннее пространство этих лопаток и лопаток некоторых других вентиляторов, например ВЦД-47 «Север», заполнено пенопластом, вспененным непосредственно в обечайках. Это позволило отказаться от связи обечаек лонжеронами и снизить массу лопаток.

Рабочее колесо скрепляется с приводным валом шпоночным соединением. Валы вращаются в радиальных двухрядных сферических и радиально-упорных сдвоенных подшипниках, охлаждаемых в крупных вентиляторах за счет принудительной циркуляции масла. Вал ротора соединяется с валом электродвигателя упругой пальцевой или чаще зубчатой муфтой.

Статорная часть вентилятора (см. рис. 34) состоит из спирального кожуха 5, входного коллектора 4 и входного патрубка 7, который своим узким концом входит в лабиринтное уплотнение рабочего колеса, образуя с послед-

ним кольцевой лабиринтный зазор. Для увеличения жесткости кожух и коробка снабжены оребрением, замкнутым в рамы. Нижняя часть спирального отвода вентиляторов ВЦ-25 и более крупных образована каналом в бетоне. Корпуса выполнены разъемными, исключая корпус вентилятора ВЦ-11.

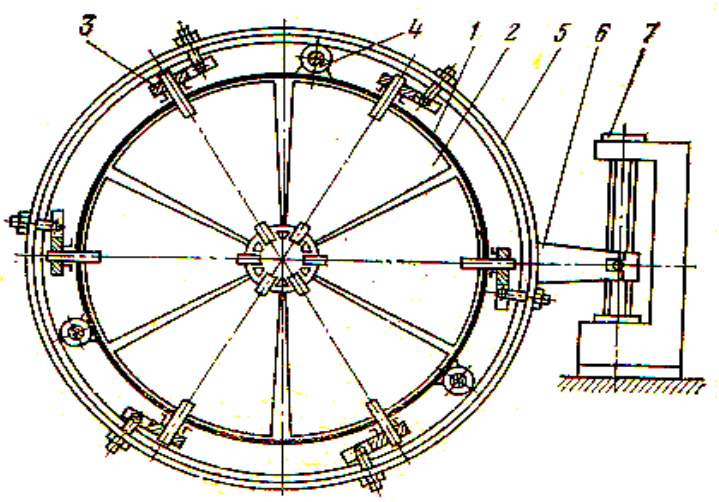


Рис. 35. Направляющий аппарат с наружным приводным кольцом:
1 - корпус аппарата; 2 - лопатки; 3 - рычаг лопатки; 4 - ролик; 5 - приводное кольцо; 6 - рычаг; 7 - приводная колонка

Осевой направляющий аппарат (рис. 35) имеет плоские листовые лопатки с механизмом их одновременного поворота и обтекатель, расположенный по оси и подвешенный в корпусе на растяжках или насаженный на вал ротора. Лопатки состоят из полотна и приваренных к нему двух цапф и опираются на бронзовые втулки в обтекателе и на капроновые или бронзовые втулки в корпусе. На выступающие из корпуса направляющего аппарата цапфы лопаток насажены рычаги с пальцами, связанные с приводным наружным кольцом механизма поворота лопаток. Поворот кольца производится вручную в небольших вентиляторах (ВЦ-11 и В.ШЦ-16) или от приводной колонки в более крупных вентиляторах. При включении электродвигателя гайка перемещается в осевом направлении по винту и через рычаг поворачивает кольцо, а вместе с ним и лопатки направляющего аппарата, устанавливая их одновременно на необходимый угол.

Центробежные вентиляторы двустороннего всасывания (ВЦПД-8УМ, ВЦД-16, ВЦД-32М, ВЦД-40 и ВЦД-47 «Север») имеют компоновочную схему с размещением рабочих колес на приводных валах между их подшипниковыми опорами. Конструкция этих вентиляторов во многом сходна с конструкцией рассмотренных вентиляторов одностороннего всасывания. Основными конструктивными особенностями вентиляторов двустороннего всасывания являются наличие, исключая вентиляторы ВЦД-47 «Север», двух осевых направляющих аппаратов, рабочего колеса двустороннего всасывания у крупных вентиляторов (ВЦД-32М, ВЦД-40 и ВЦД-47) и выходного конца ва-

ла для подсоединения посредством зубчатой муфты второго приводного электродвигателя. На рис. 36 в качестве примера приведен самый мощный центробежный вентилятор ВЦД-47 «Север». Его рабочее колесо 1 состоит из двух полуколес. Такая конструкция колеса облегчает его транспортирование к месту монтажа вентилятора. Полуколеса соединяются между собой и с ободом ступицы болтами.

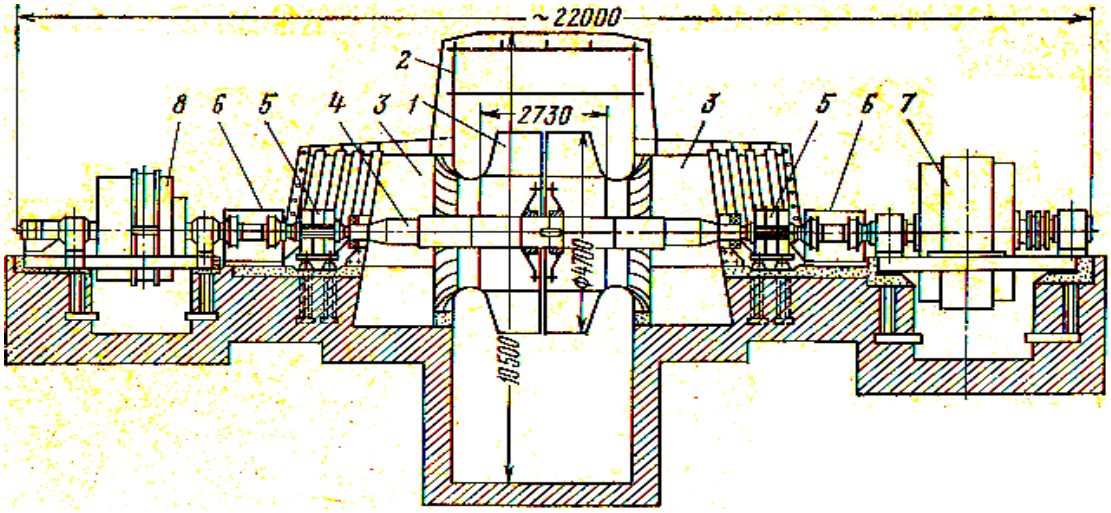


Рис.36. Вентилятор ВЦД-47 «Север»
1 - рабочее колесо; 2 - кожух; 3 - всасывающие коробки; 4 – вал; 5 – подшипниковые опоры; 6 - зубчатые муфты; 7 и 8 - электродвигатель

Вентилятор ВЦД-47 «Север» обеспечивает высокую экономичность работы в широком диапазоне вентиляционных режимов, отличающихся от оптимальных по давлению в 4 раза. Это достигается применением системы регулирования частоты вращения электропривода вентилятора, выполненной по схеме комбинированного асинхронного вентильно-машинного каскада.

Вентиляторы двустороннего всасывания ВЦД-31,5М, ВЦД-47 «Север» обладают аэродинамическими качествами, которые обеспечивают подачу больших количеств воздуха при высоких давлениях.

Центробежные вентиляторы получили широкое распространение на горных предприятиях, что объясняется значительным улучшением за последние 15-20 лет их технико-экономических показателей. Так, максимальный статический к. п. д. установки главного проветривания возрос с 0,72 до 0,86, средневзвешенный статический к. п. д. в области эксплуатации - с 0,52 до 0,75; в 1,5-2,0 раза уменьшились габариты и стоимость вентиляторов.

2.2.3. Вентилятор центробежный ВЦ - 7

Вентилятор ВЦ-7 предназначен для проветривания глухих забоев подготовительных выработок сечением от 6 до 14 м^2 и длиной до 1500-2500 м, а

также шахтных стволов диаметром до 5 м и глубиной до 800 м, проводимых с применением буровзрывных работ и проветриваемых нагнетательным способом с помощью гибких или жестких воздуховодов диаметром от 0,5 до 0,8 м. Взрывобезопасное исполнение этих вентиляторов обеспечивает возможность их эксплуатации в шахтах, опасных по газу или пыли.

Техническая характеристика вентилятора

Диаметр рабочего колеса, мм	750
Частота вращения вала, мин$^{-1}$	2960
Полный к. п. д.:	
максимальный	0,78
средневзвешенный в нормальной области работы	0,75
Оптимальный режим:	
производительность, м^3/мин	420
полное давление, кгс/м^2 ...	510
Производительность в области промышленного использования, м^3/мин	90-640
Полное давление в области промышленного использования, кгс/м^2	140-900
Потребляемая мощность в области промышленного использования, кВт	20-76
Масса вентилятора (с электродвигателем), кг	1400

Вентилятор ВЦ-7 (рис. 37) имеет корпус 6 и рабочее колесо 4, насаженное на вал электродвигателя 7. К корпусу крепятся входной коллектор 2 и переходной патрубок 11. Конструкция вентилятора обеспечивает возможность спуска вентилятора в шахту в собранном виде.

Корпус вентилятора состоит из собственно корпуса с вваренным в него

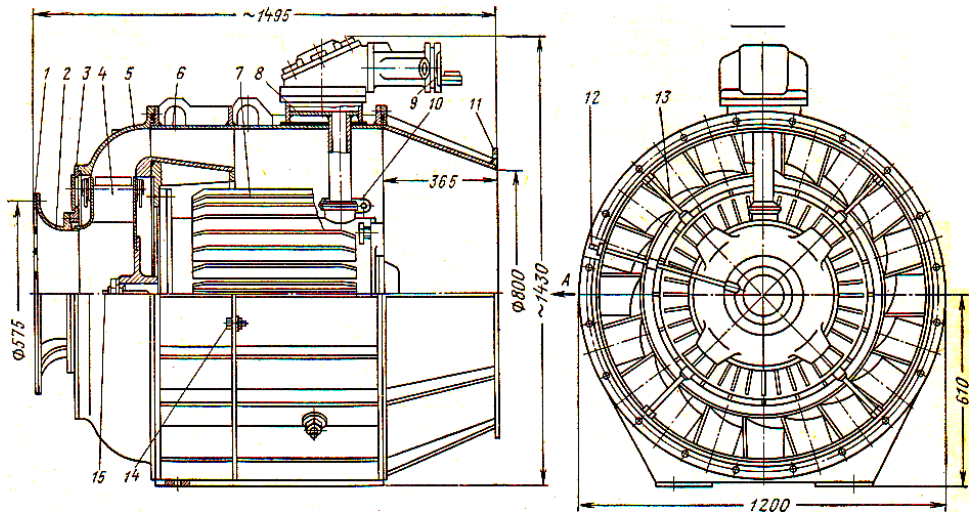


Рис. 37. Вентилятор ВЦ-7

спрямляющим аппаратом и поворотной части корпуса 5. Собственно корпус представляет собой сварную конструкцию из листовой стали и имеет три основных несущих фланца, связанных между собой системой продольных ребер. Снизу фланцы соединены поперечными полосами, образуя при этом рамную конструкцию, являющуюся опорой вентилятора. Спрямляющий аппарат имеет 20 листовых лопаток, приваренных к обечайке корпуса и конической втулке. В, переднем несущем фланце выполнены восемь отверстий диаметром 22 мм для крепления фланца электродвигателя. На среднем фланце предусмотрен болт 14 для подсоединения заземления.

Переходной патрубок 11 сварной конструкции изготовлен из листовой стали и служит для подсоединения вентиляционного трубопровода диаметром 800 мм к вентилятору. Патрубок крепится к третьему фланцу корпуса болтами. В случае применения трубопровода других размеров (500, 600, 700 мм) необходимо изготовление соответствующих конических переходников с углом конусности не более 20°.

Литая поворотная часть корпуса 5 с кольцевым центрирующим буртом крепится к корпусу вентилятора. К ней, в свою очередь, крепится крышка 3, в которой предусмотрено окно для доступа к механизму поворота закрылков. К крышке подсоединен входной коллектор 2 с защитной решеткой 1. Другая сторона коллектора входит во всасывающее отверстие рабочего колеса, являясь одновременно уплотнением.

Сверху на корпусе вентилятора расположен кабельный ввод 9, который соединяется с электродвигателем посредством переходного патрубка 8 и хомута 10. Консольная часть корпуса электродвигателя закреплена в корпусе вентилятора с помощью четырех растяжек 13.

Смазка к подшипникам электродвигателя подается через прессмасленки, одна из которых 15 расположена на торце вала, а другая 12 вынесена на наружную часть корпуса вентилятора.

Рабочее колесо с помощью гайки и стопорной шайбы крепится на свободном конце вала электродвигателя. Оно имеет шесть крыловидных лопаток, расположенных между покрывным и коренным дисками. Каждая лопатка снабжена поворотным закрылком 5 (рис. 38), на оси которого с обеих

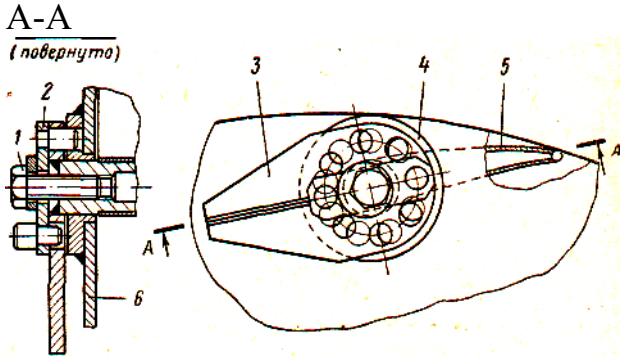


Рис. 38. Приспособление для закрепления закрылка

сторон приварены уравновешивающие рычаги 3 таким образом, что центры масс рычагов и закрылков расположены в одной плоскости, проходящей через ось вращения закрылка, благодаря чему обеспечивается полное уравновешивание системы не только при любом угле установки, одинаковом для всех закрылков, но и при любом взаимном расположении закрылков.

Закрылок с рычагом вращается во втулках 4, приваренных к коренному и покрывному дискам. Фиксация закрылка в данном положении производится с помощью стопорной планки 2, которая своим штифтом входит одновременно в отверстия рычага и втулки. Для уравновешивания стопорной планки кроме фиксирующего штифта имеется симметрично расположенный контргруз. Стопорная планка крепится к оси закрылка самостопорящимся болтом 1, имеющим эксцентриковый прилив.

Число отверстий в рычаге девять, а во втулке - восемь, благодаря чему обеспечивается возможность установки закрылков с интервалом 5 градусов. На каждой втулке нанесена градуировка от -35 до +25°, а на рычаге имеется риска по которой закрылок устанавливается положении.

Лопатки рабочего колеса и закрылки представляют собой металлические оболочки, внутренняя полость которых заполнена пенопластом.

Для вентилятора ВЦ-7 ВНИИВЭ разработал специальный фланцевый взрывозащищенный электродвигатель ВРМ-250 (75 кВт, 2960 об/мин, 380/660 В). Двигатель разработан на базе единой серии ВР и рассчитан на эксплуатацию в шахтах, опасных по газу или пыли при температуре окружающей среды от -20 до +40° с и относительной влажности до 97%.

Аэродинамические характеристики вентилятора ВЦ-7 приведены на рис. 39

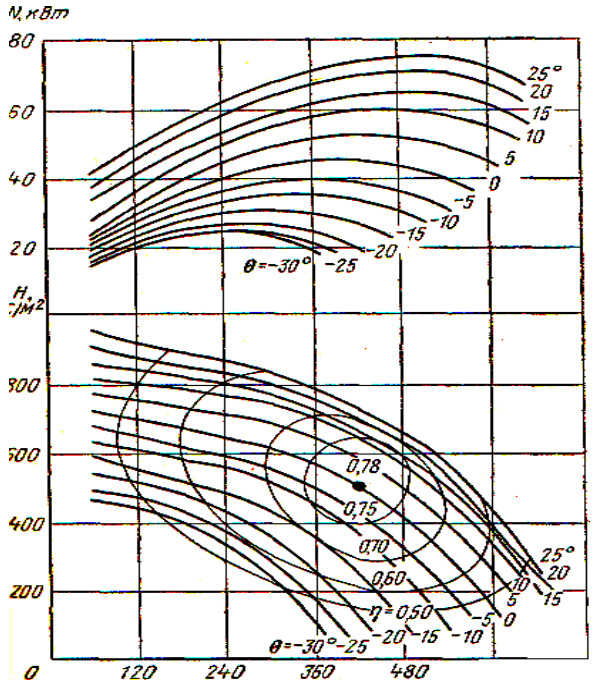


Рис. 39. Аэродинамические характеристики вентилятора ВЦ-7

Тема 2.3. Регулирования режимов работы вентиляторов

2.3.1. Режим работы вентиляторных установок

Режим работы вентиляторной установки на сеть определяется наложением характеристики сети на характеристику вентиляторной установки. Обе характеристики вычерчиваются на диаграмме в одинаковом масштабе. Точка пересечения характеристики сети с характеристикой статического давления вентиляторной установки определяет режим ее работы, т. е. величины Q, p_{SVy}, N и η_{SV_y}. Одна и та же вентиляторная установка может иметь различную подачу в зависимости от сопротивления сети. Статическое давление вентиляторной установки при работе на данную сеть всегда равно сопротивлению сети.

С увеличением сопротивления сети подача вентиляторной установки уменьшается, а при уменьшении сопротивления сети, наоборот, увеличивается. Любое изменение сопротивления шахтной сети, вызванное изменением схемы вентиляции, сечения и длины выработок, установкой перемычек с отверстием, закорачиванием струй и.т.д., приводит к изменению режима работы вентиляторной установки, т.е. к изменению Q, p_{SVy}, N и η_{SV_y}. и, следовательно, к изменению подачи воздуха в шахту.

При одном и том же изменении характеристики сети режим работы вентиляторной установки может изменяться различно, в зависимости от формы ее характеристики давления. При крутопадающей характеристике давления вентиляторной установки, изменение характеристики шахтной сети меньше сказывается на расходе воздуха, чем при пологопадающей. В шахтах при любых изменениях сопротивления вентиляционной сети необходима гарантия надежной и устойчивой вентиляции. Для этого нельзя допускать неустойчивую работу вентиляторной установки.

При углах установки лопаток рабочих колес более 20° характеристика давления вентиляторных установок с осевыми вентиляторами имеет разрыв левее точки максимума давления. Левее этой точки работа вентиляторной установки может быть неустойчивой или многозначной, что недопустимо при. проветривании шахт. Поэтому установлена так называемая верхняя граница области примышленного использования установки с осевыми вентиляторами.

2.3.2. Причины регулирования режимов шахтных 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 обусловливает 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 причин действительный вентиляционный режим всегда бывает переменным и отличающимся от проектного режима. Поэтому шахтные вентиляторные установки главного проветривания должны иметь устройства, позволяющие значительно изменять их аэродинамическую характеристику без существенного уменьшения к.п.д., то есть они должны экономично регулироваться.

Одним из основных условий целесообразной и экономичной работы шахтных вентиляторных установок главного проветривания является регулирование их режима работы, обусловленное изменениями параметров вентиляционной сети в процессе эксплуатации шахты. Регулирование режима работы шахтных вентиляторных установок может быть произведено различными способами.

Регулирование *задвижкой* (дросселирование) искусственное изменение сопротивления сети путем частичного перекрытия вентиляционного канала шибером (задвижкой). На графиках (рис. 40) точка *M* характеризует рабочий режим установки при работе ее на шахтную вентиляционную сеть без шибера в вентиляционном канале; точка *M′* характеризует рабочий режим при регулировании задвижкой, то есть при частично опущенном шибере; точка *K* показывает величину давления вентилятора, необходимого для обеспечения требуемого расхода воздуха Q'.

а б

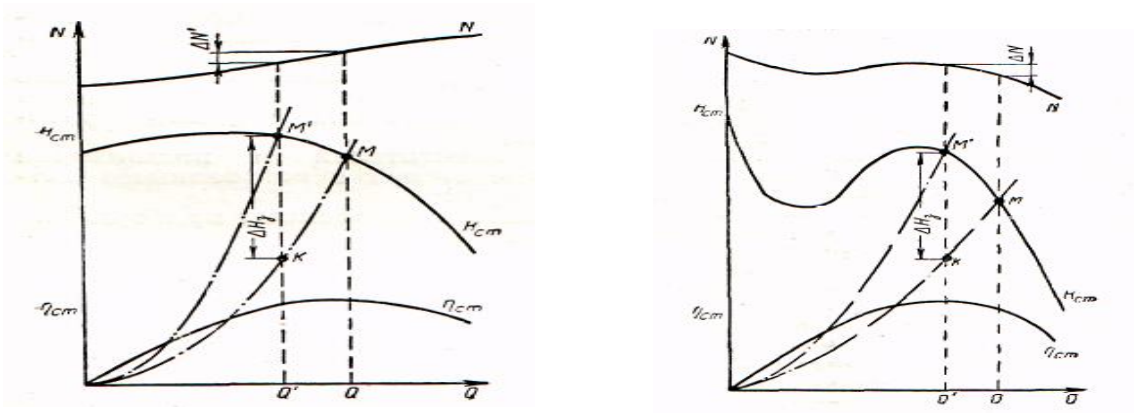


Рис. 40. Регулирование задвижкой режима работы вентилятора; а - центробежного, б - осевого

Как видно из приведенных графиков, при таком способе регулирования происходят значительные потери давления $\Delta H_з$, а следовательно, и мощности $\Delta N_з$ на преодоление сопротивления задвижки, причем $\Delta N_з$ - будет тем больше, чем больше глубина регулирования.

$$\Delta N_З = \frac{Q' \Delta H_З}{102 \cdot \eta'_{CT}}. \qquad (57)$$

Однако, кроме потерь мощности на преодоление сопротивления задвижки при дросселировании, происходит также изменение мощности на валу вентилятора, причем у центробежных вентиляторов мощность уменьшается, а у осевых - увеличивается. Следовательно, общие потери мощности в процессе регулирования будут:

при центробежных вентиляторах

$$\Delta N = \Delta N_З - \Delta N'. \qquad (58)$$

при осевых вентиляторах

$$\Delta N = \Delta N_З + \Delta N'. \qquad (59)$$

Вследствие малой экономичности регулирование задвижкой не может быть рекомендовано для шахтных вентиляторных установок главного проветривания. Исключение составляют вентиляторные установки главного проветривания, оборудованные старыми центробежными вентиляторами, не имеющими направляющих аппаратов, а также центробежными вентиляторами с барабанным ротором.

Изменение угла установки лопаток рабочего колеса - этот способ регулирования применяют в установках с осевыми вентиляторами, имеющими рабочие колеса с поворотными лопатками.

Сущность этого способа регулирования заключается в изменении характера протекания воздушного потока через рабочее колесо путем поворота лопаток на угол от 15 до 45°.

Для обеспечения вентилятором заданного режима работы определяют графически величину угла установки лопаток рабочего колеса при помощи эксплуатационных характеристик вентилятора.

Для этого на эксплуатационную характеристику (рис. 41) вентилятора, построенную при данной скорости вращения, наносят точку с координатами Q и H (где Q - необходимый расход воздуха по шахте, а h - депрессия шахты). Интерполируя между двумя ближайшими к этой точке характеристиками давления вентилятора, построенными при определенных углах установки лопаток рабочего колеса, определяют угол установки лопаток $О_x$, обеспечивающий заданный режим работы вентилятора (на рис. 42 $О_x$ = 34°).

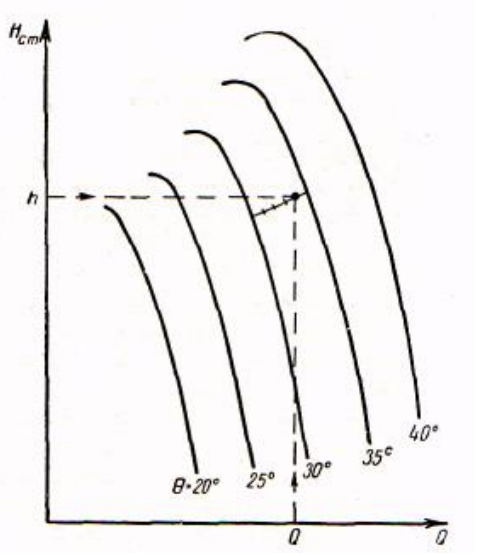


Рис. 41. Графическое определение угла установки лопаток рабочего колеса O_x

Достоинства: большая глубина регулирования по давлению, экономичность и простота регулирования при соответствующем креплении лопаток.

Недостаток: необходимость остановки вентилятора для поворота лопаток.

Изменение угла установки лопаток направляющего аппарата. Этот способ регулирования применяется на шахтах вентиляторами, снабженных лопаточными направляющими аппаратами.

При установке лопаток в такое положение, при котором ими будет создаваться предварительное закручивание воздушного потока в сторону, противоположную вращению рабочего колеса, давление вентилятора возрастет. Закручивание воздушного потока в сторону направления вращения рабочего колеса влечет за собой уменьшение давления вентилятора.

Наряду с изменением давления, при повороте лопаток или закрылков направляющего аппарата происходит также изменение производительности, мощности на валу и к.п.д. вентилятора. Поэтому пуск вентилятора производят с закрытым направляющим аппаратом.

Для обеспечения заданного режима определение угла установки лопаток направляющего аппарата производится графически, аналогично определению угла установки лопастей рабочего колеса.

Недостаток этого способа - меньшая по сравнению с поворотом лопаток рабочего колеса глубина экономичного регулирования. Однако возможность местного и дистанционного регулирования без остановки вентилятора позволяет рекомендовать его применение при эксплуатации вентиляторных установок.

Изменение числа лопаток рабочего колеса. Этот способ регулирования может быть осуществлен только при работе осевых вентиляторов. При необходимости снятие лопаток через одну на втором рабочем колесе. При этом

происходит снижение давления производительности и мощности на валу вентилятора, а также уменьшение его к.п.д.

Регулирование путем *изменения окружной скорости*. Такое регулирование сводится к изменению скорости вращения вентилятора, что влечет за собой изменение рабочего режима вентиляторной установки в соответствии с законами пропорциональности.

$$Q' = Q\frac{n'}{n}; \tag{60}$$

$$H'_{CT} = H_{CT}(\frac{n'}{n})^2; \tag{61}$$

$$N' = N(\frac{n'}{n})^3. \tag{62}$$

Скорость вращения вентилятора может быть изменена при помощи ременной или зубчатой передачи, гидромуфты, электромагнитной муфты (при постоянной скорости вращения приводного двигателя) или изменением скорости вращения приводного двигателя.

Технико-экономический анализ и сравнительная оценка способов регулирования показывают, что для регулирования режима работы шахтных вентиляторных установок главного проветривания наиболее рациональными являются.

1. Эффективным способом регулирования центробежных вентиляторов является регулирование поворотом, закрылков лопаток рабочего колеса. При повороте закрылков в сторону вращения рабочего колеса подача, давление и мощность вентилятора увеличиваются, а при повороте в обратную сторону - уменьшаются.

Вентиляторы ВЦ 32 регулируются ступенчато индивидуальным поворотом закрылков лопаток рабочего колеса через 10° при остановленном вентиляторе и плавно одновременным поворотом лопаток направляющего аппарата на ходу вентилятора.

2. Осевые вентиляторы эффективно регулируются поворотом лопаток рабочих колес, этот способ у вентиляторов ВОД 21, ВОД ЗО, ВОД 40 и ВОД 50 применяется в сочетании с поворотом лопаток направляющих аппаратов.

Ступенчатым индивидуальным поворотом лопаток рабочих колес при остановленном вентиляторе через 5°, а в промежутках этих углов с плавным одновременным поворотом лопаток направляющих аппаратов на ходу вентилятора. При необходимости более глубокого регулирования вентилятора ВОД по давлению рекомендуется снятие лопаток через одну на втором рабочем колесе. Вентиляторы ВОД 11П и ВОД 16 регулируются поворотом лопаток рабочих колес при остановленном вентиляторе, а также снятием половины лопаток на втором рабочем колесе (ВОД 11П) или на обоих рабочих колесах (ВОД 16).

Если все эти аэродинамические способы регулирования недостаточны для обеспечения экономичной работы вентиляторных установок как с центробежными, так и с осевыми вентиляторами, используют способ регулирования *заменой приводного электродвигателя* с меньшими частотой вращения и мощностью.

Экономично регулирование изменением частоты вращения рабочего колеса, особенно при регулировании на сеть с постоянным сопротивлением.

Например, установка с центробежными вентиляторами ВЦ 47У, оборудованная комбинированным вентильно-машинным каскадом, и регулируется этим способом.

Установки с центробежными вентиляторами ВЦД 31,5М и ВЦД 47У регулируются комбинированным способом изменения частоты вращения рабочего колеса и поворотом лопаток направляющего аппарата.

Тема 2.4. Совместная работа вентиляторов

2.4.1. Причины и способы включения вентилятора в совместную работу

В шахтной практике могут возникнуть условия для совместной работы вентиляторов, вызванные:

1) конфигурацией вентиляционной сети, когда вентиляторы располагаются на крыльях шахтного поля;

2) надобностью в некоторых случаях (при внезапном обильном выделении газа) включить в работу, кроме работающего вентилятора, резервный;

3) необходимостью при местной вентиляции преодолевать большее сопротивление трубопровода или выработок, нежели давление, развиваемое одним вентилятором.

В-первых двух случаях вентиляторы относительно друг друга соединяются параллельно, в третьем последовательно.

2.4.2. Параллельная работа шахтных вентиляторов

Центральная схема проветривания. При центральной схеме проветривания вентиляторы присоединяют к общему вытяжному (вентиляционному) стволу (рис. 42).

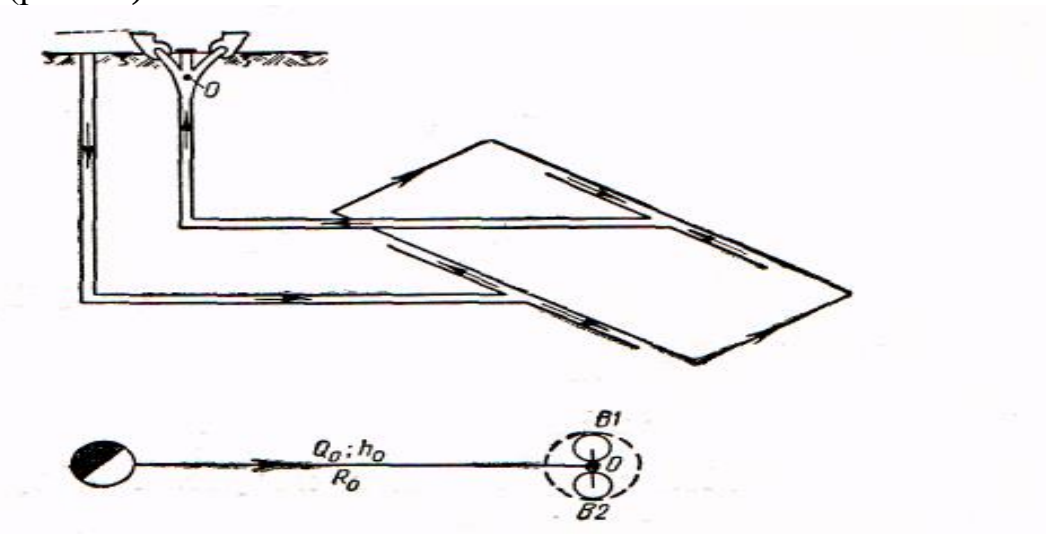


Рис 42. Параллельное включение вентиляторов при центральной схеме проветривания

Вентиляторы совместно обслуживают все шахтное поле. Индивидуальные (боковые) участки сети короткие и их аэродинамическим сопротивлением по сравнению с сопротивлением всей сети шахты можно пренебречь.

Диагональная схема проветривания. При диагональной схеме проветривания вентиляторы подключены к разным вытяжным стволам и установлены друг от друга на значительном расстоянии (рис. 43). Вентиляторы совместно обслуживают общий участок сети, а также индивидуальные (боковые) участки, но сопротивления этих участков R_1 и R_2 значительны по сравнению с сопротивлением общего участка R_0.

Отношение сопротивлений R_1 и R_2 к R_0. для реконструируемых шахт составляет 2 - 10, а для новых шахт - больше.

Встречаются и более сложные схемы диагонального проветривания, когда общее шахтное поле обслуживается несколькими параллельно включенными на разные вытяжные стволы вентиляторами.

Параллельная работа вентиляторов, включенных на разные стволы, имеет важное значение, так как диагональная схема проветривания получила широкое применение в угольных шахтах с большими шахтными полями, значительной метанообильностью и высокой депрессией, а также на шахтах, разрабатывающих пласты угля, склонные к самовозгоранию.

Основные требования к параллельной работе вентиляторов: эффективность, устойчивость и экономичность.

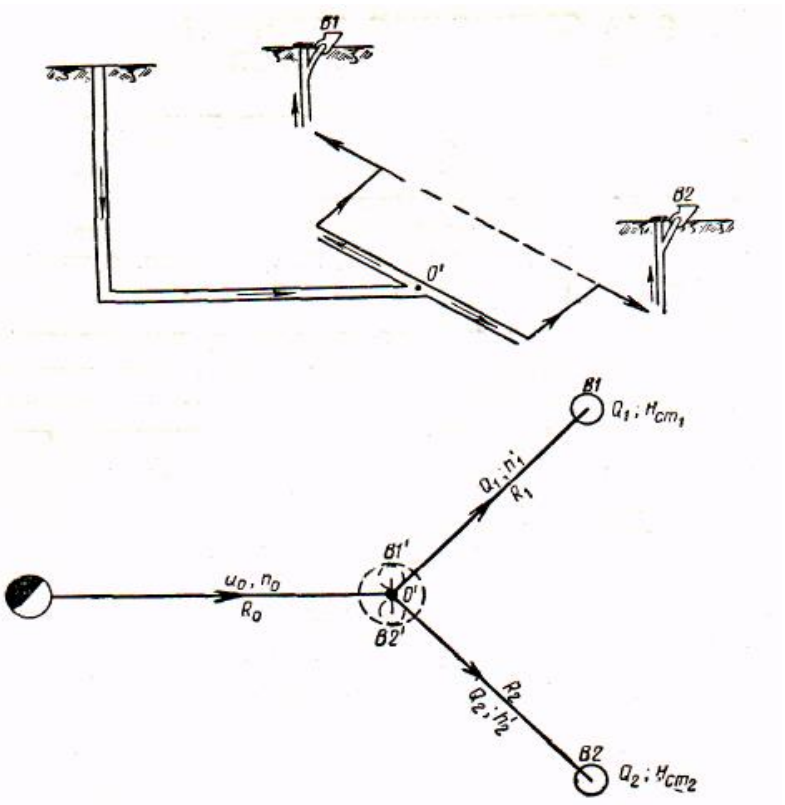


Рис. 43. Параллельное включение вентиляторов при диагональной схеме проветривания

Эффективность параллельной работы оценивается коэффициентом эффективности, которой для схемы включения, приведенной на рис.42, будет

$$q = \frac{Q_o - Q}{Q} 100, \ \% \qquad (63)$$

где Q - общая производительность вентиляторов при параллельной работе;

Q_o - производительность при одиночной работе вентиляторов на ту же сеть.

Эффективность параллельной работы тем выше, чем меньше сопротивление сети.

Устойчивость параллельной работы может быть обеспечена лишь в том случае, если имеется однозначный рабочий режим вентиляторов, представленный единственной точкой, лежащей в первом квадранте координатной системы производительность - давление ($Q - H_{CT}$).

На устойчивость параллельной работы влияют: геометрическая форма характеристик давления, колебания скорости вращения вентиляторов, соотношения сопротивлений боковых участков сети к сопротивлению общего участка, естественная тяга шахты и внешние присосы и утечки воздуха.

Наиболее устойчивыми при параллельной работе являются вентиляторы с ровными и монотонно падающими характеристиками давления без резких горбов, впадин и разрывов сплошности.

Наиболее жесткие требования к геометрической форме характеристик давления с точки зрения устойчивости предъявляются при включении вентиляторов на общий вытяжной ствол (см. рис. 42). Рабочие режимы вентиляторов должны находиться только на нисходящей ветви характеристик давления, т. е. правее точек их максимума (правее линии *а-б* на рис. 44).

При прямом соединении вентиляторов с электродвигателями трехфазного переменного тока колебания скорости в связи с изменением частоты и напряжения протекают синхронно и одинаково и для параллельно работающих вентиляторов могут не учитываться.

Устойчивость параллельной работы тем выше, чем меньше сопротивление общего участка сети и чем относительно больше в сравнении с ним сопротивление боковых участков.

Естественная тяга шахты обычно имеет то же направление, что и искусственная, и повышает устойчивость параллельной работы вентиляторов.

Внешние присосы и утечки воздуха, хотя и повышают устойчивость, но снижают экономичность работы вентиляторной установки и ухудшают проветривание шахты; поэтому внешние присосы и утечки должны устраняться.

Экономичность параллельной работы вентиляторов обеспечивается тогда, когда рабочему режиму вентиляторов отвечают достаточно высокие значения статического к.п.д. (не ниже 0,6). При параллельной работе вентиляторов на шахтах с центральной системой вентиляции главная установка должна состоять из двух самостоятельных агрегатов одинакового типа и размера, вращающихся с одной и той же скоростью. Для шахт с диагональным про-

ветриванием следует выбирать вентиляторы одинакового типа, но, в связи с различными сопротивлениями боковых участков сети и расходами воздуха на крыльях шахтного поля, они могут иметь разные размеры и скорости вращения при их геометрическом подобии.

Для подбора вентиляторов и анализа их параллельной работы необходимо найти суммарную характеристику давления установки и определить ее рабочие режимы.

Общий расход воздуха в сети Q_o (при отсутствии внешних утечек и присосов) обеспечивается суммарной производительностью отдельных вентиляторов, то есть.

$$Q_o = Q_1 + Q_2 \text{, м}^3\text{/с} \qquad (64)$$

В точке включения вентиляторов в сеть (точка O; см. рис. 42), а также в точке разветвления общей струи (точка O', см. рис. 43) может устанавливаться лишь одна и та же депрессия h_o, т. е.:

для схемы, приведенной на рис. 42,

$$h_o = H_{CT_1} = H_{CT_2} = R_o Q_o^2 \text{, кгс/м}^2 \qquad (65)$$

для схемы, приведенной на рис. 43

$$h_o = H_{CT_1} - R_1 Q_1^2 = H_{CT_2} - R_2 Q_2^2 \text{, кгс/м}^2 \qquad (66)$$

где R_o - аэродинамическое сопротивление общего участка сети в килюргах (кг/м^7);

R_1 и R_2 - сопротивления боковых участков, кг/м^7;

H_{CT_1} и H_{CT_2} - статические давления вентиляторов, кгс/м^2;

Q_1 и Q_2 — производительность вентиляторов, м^3/с.

Депрессии боковых участков сети, к которым присоединены вентиляторы, будут:

для 1-го вентилятора

$$h_1' = R_1 Q_1^2 \text{;} \qquad (67)$$

для 2-го вентилятора

$$h_2' = R_2 Q_2^2 \text{.} \qquad (68)$$

Следовательно, для схемы, приведенной на рис. 43,

$$h_0 = H_{CT_1} - h_1' = H_{CT_2} - h_2'. \qquad (69)$$

Графическое построение суммарной характеристики давления установки и проверка устойчивости работы при параллельном включении двух вентиляторов на общий вытяжной ствол в условиях центральной вентиляции приведены на рис. 44.

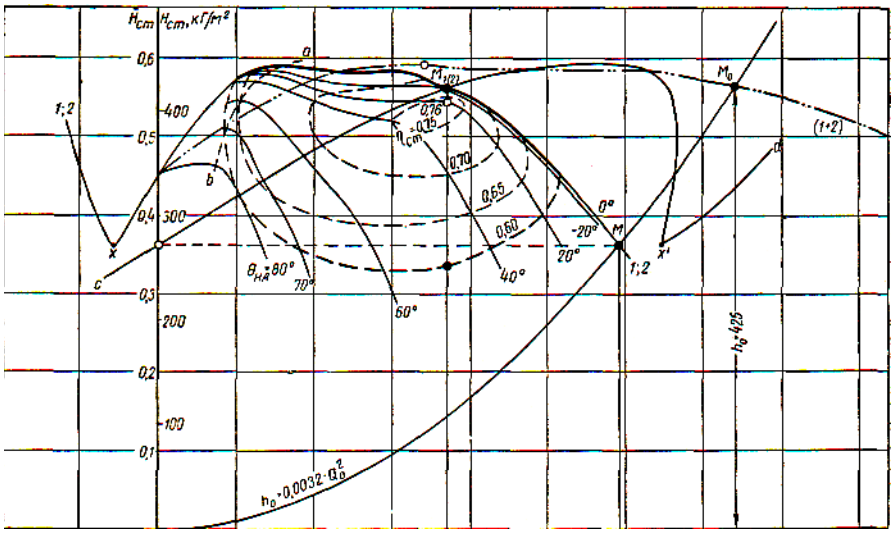


Рис.44. Параллельная работа шахтных вентиляторов

В примере рассмотрена параллельная работа двух одинаковых центробежных вентиляторов на шахтную сеть, сопротивление общего участка которой равно R_o = 0,0032 киломюрга (кг/м^7). Зона экономичной работы принятых вентиляторов очерчена жирной линией; на ней нанесены характеристики вентилятора при различных углах установки лопаток направляющего аппарата и кривые равных к. п. д.

Суммарная характеристика давления (кривая 1 + 2) строится в соответствии с уравнениями (64) и (65).

При включении вентиляторов на общий вытяжной ствол (см. рис. 42) суммарная характеристика давления установки (см. рис. 44, кривая 1 + 2) получается алгебраическим сложением производительности (абсцисс) отдельных вентиляторов при одинаковых статических давлениях (ординатах), взятых непосредственно из характеристик давления выбранных вентиляторов (кривые 1, 2).

Построив по уравнению (65) характеристику общего участка сети шахты (в рассматриваемом примере при R_0= 0,0032 киломюрга и определив точку ее пересечения M_0 с суммарной характеристикой установки, находим рабочий режим (Q_o, h_o). Проведя через точку M_0 горизонталь до пересечения с характеристиками давления вентиляторов, получим рабочие режимы (точка $M_{1(2)}$) каждого из них при параллельном включении ($Q_{1(2)}$; h_o). При одиночной работе любого из этих вентиляторов на ту же сеть рабочий режим был бы

представлен точкой *M*, для которой производительность вентилятора была бы равна Q.

Коэффициент эффективности в данном случае равен 25% (уравнение (63)). С увеличением сопротивления сети эффективность снижается.

Для суждения об устойчивости параллельной работы вентиляторов необходимо построить характеристику сети в точке *O* включения рассматриваемого вентилятора (кривая *c*-*d*).

Построение характеристики сети производится графическим методом, вычитая при одинаковых давлениях производительность вентилятора Q_2 из общей производительности Q_o (абсциссы параболы *O* - M_0). Если при этом полученная кривая *c*-*d*) имеет, как в данном случае, единственную точку пересечения $M_{1(2)}$ характеристикой давления вентилятора, лежащую в I квадранте, то параллельная его работа устойчива. Параллельная работа вентиляторов стала бы неустойчивой при наличии многозначных режимов, что могло произойти, если бы критическая точка *x'* впадины на кривой *c*-*d*, сопряженная с точкой *x* впадины на характеристике вентиляторов 1 к 2, расположилась в пределах поля их рабочих режимов. Это произошло бы при некотором дальнейшем увеличении сопротивления общего участка сети R_o.

При увеличении в процессе эксплуатации величины R_o в целях сохранения устойчивости можно одновременным поворотом лопаток направляющего аппарата перевести рабочий режим $M_{1(2)}$ на одну из регулировочных характеристик давления, имеющих более крутое падение, что связано с некоторым уменьшением производительности. Такое регулирование может быть выполнено и автоматически.

При включении вентиляторов на разные вытяжные стволы (см. рис. 43) необходимо предварительно (см. уравнения (66,67)) заменить реальные вентиляторы 1 и 2 эквивалентными им 1' и 2', включенными в точке разветвления *O'*.

Суммарная характеристика установки получается также алгебраическим сложением производительности отдельных эквивалентных вентиляторов при их одинаковом статическом давлении. Производительность отдельных эквивалентных вентиляторов взята из приведенных к точке разветвления характеристик давления данных вентиляторов.

Вентиляторы приняты такие же, как и в первом случае. Схема сети для простоты взята симметричной, т. е. $R_1 = R_2 = 0{,}0064$, а $R_o = 0{,}0016$ киломюрга.

Потери давления в общем и в боковых участках одинаковые. Кривые 1 и 2 (рис. 45) - характеристики принятых вентиляторов. Построив по уравнениям (67) и (68) характеристики боковых участков сети $h'_{1(2)}$ и вычтя ординаты этих парабол соответственно из ординат характеристик выбранных вентиляторов, получим характеристики эквивалентных вентиляторов (кривые 1' и 2'), или так называемые приведенные характеристики, на базе которых описанным способом построена суммарная характеристика (1'+2') вентиляторной установки.

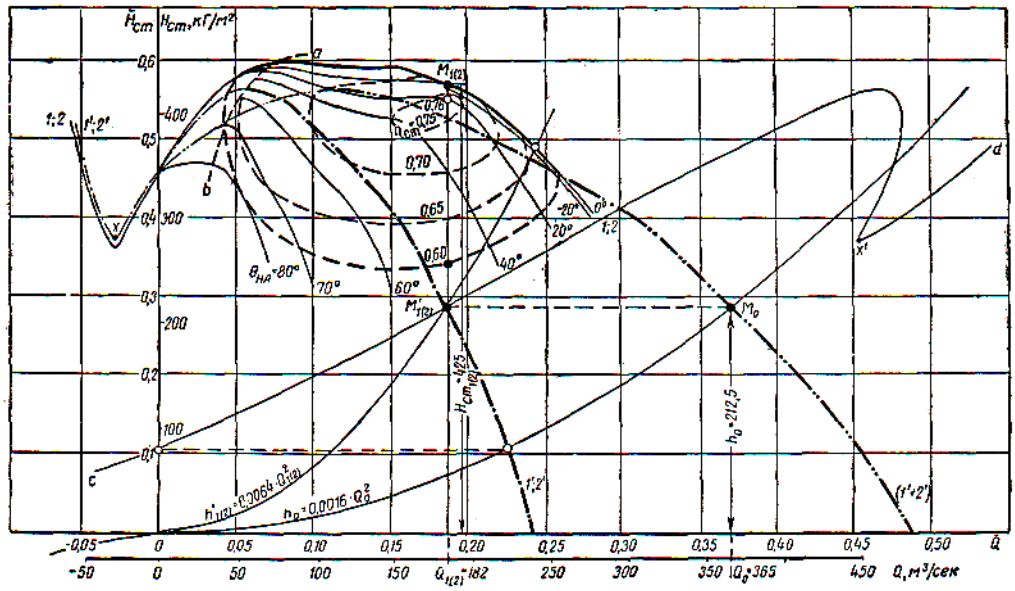


Рис. 45. Характеристики вентиляторов

Искомый рабочий режим (Q_0 ; h_o) представлен точкой пересечения суммарной характеристики с характеристикой общего участка сети формула (65), где R_0 = 0,0016 киломюрга.

Проведя горизонталь до пересечения с приведенными характеристиками, получим точки $M'_{1(2)}$. определяющие рабочие режимы каждого из эквивалентных вентиляторов ($Q_{1(2)}$; h_o); проектируя эти точки на характеристики давления выбранных вентиляторов, получим их рабочий режим $M_{1(2)}$.

В данном случае параллельная работа вентиляторов вполне устойчива, в чем легко убедиться, построив описанным выше способом кривые c-d и определив положение рабочего режима.

При проверке устойчивости необходимо знать численные значения сопротивлений отдельных элементов сети; следует при этом принимать наиболее неблагоприятное сочетание этих сопротивлений за срок службы вентиляторной установки, когда R_o имеет наибольшее, а R_1 и R_2 - наименьшие значения.

При несимметричной схеме сети, когда $R_1 \neq R_2$, проверка устойчивости должна быть произведена для каждого из вентиляторов.

При проверке устойчивости необходимо предварительно по законам пропорциональности перестроить характеристики давления одного из вентиляторов, предположив, что один вентилятор снизил скорость на 10%, а другой продолжает в это время работать с нормальной скоростью.

Как видно из рассмотренного примера, при наиболее неблагоприятных условиях сети, когда $R_1 = R_2 = 0$, т. е. при центральной системе вентиляции, возможно выполнение всех основных требований, предъявленных к параллельной работе, если выбранные вентиляторы имеют достаточно ровные ха-

рактеристики и обширное поле рабочих режимов и если при этом соблюдены необходимые правила и нормы.

Нецелесообразно применение для параллельной работы вентиляторов осевого типа с седлообразной формой характеристик давления, имеющих резкую впадину, горб и разрывы сплошности в I квадранте.

2.4.2. Последовательная работа шахтных вентиляторов

Последовательная работа вентиляторов используется в случае, если давление, создаваемое одним вентилятором, недостаточно для нормального проветривания. Последовательное включение вентиляторов приводит к увеличению производительности каждого из вентиляторов по сравнению с производительностью их при одиночной работе.

Последовательная работа вентиляторов главного проветривания в настоящее время не применяется, так как наибольшие по условиям производства депрессии угольных шахт (450 - 500 кгс/м^2) обеспечиваются современными вентиляторами при одиночной их работе.

Для частичного проветривания последовательная работа вентиляторов используется при прохождении глубоких шахтных стволов и подготовительных выработок большой протяженности.

Для последовательной работы необходимо выбирать вентиляторы одинакового типа и размера, вращающиеся с одинаковой скоростью. Вентиляторы должны обладать ровными характеристиками давления без резких впадин, горбов, разрывов сплошности в I квадранте координатной системы $Q-H$ и иметь обширное поле рабочих режимов.

Два одинаковых центробежных вентилятора с работой на нагнетание, регулируемые направляющим аппаратом, устанавливают на поверхности вблизи устья проходимого ствола (рис.46).

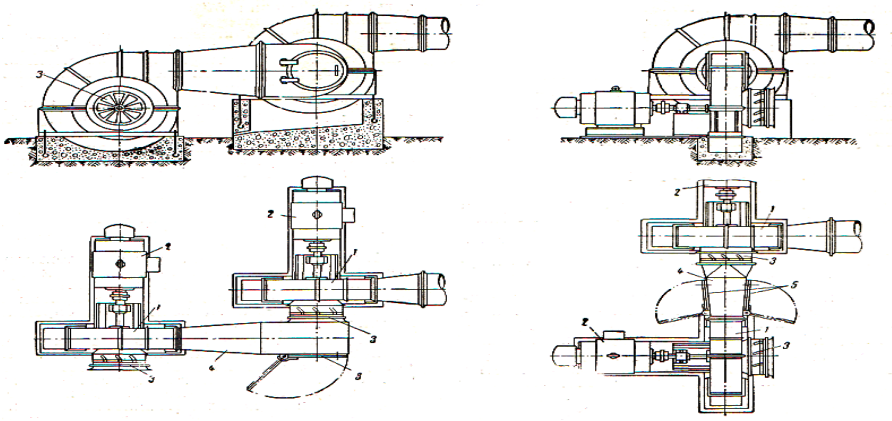


Рис. 46. Два варианта последовательного включения двух вентиляторов ВЦ. 1 вентиляторы; 2 - электродвигатели; 3 - осевые направляющие аппараты; 4 соединительный патрубок; 5 - люк

При последовательном включении воздух первым вентилятором подается ко второму вентилятору через входную коробку. В связи с этим в установке имеются дополнительные потери давления, представленные на графике ординатами параболы ОС (рис. 47).

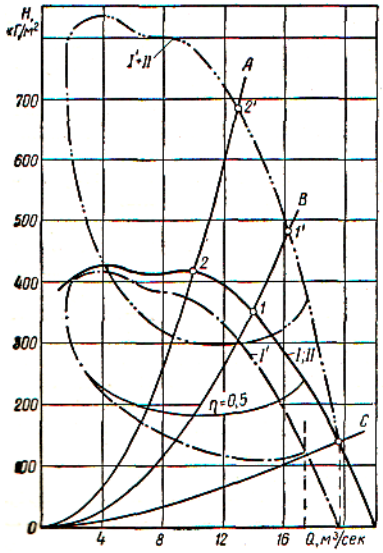


Рис. 47. Одиночная и последовательная работа вентиляторов

Вычитанием ординат этой кривой из ординат точек рабочего поля первого вентилятора при одинаковой производительности (абсциссах) находим рабочее поле 1' этого вентилятора, приведенное к рабочему полю второго вентилятора (штрихпунктирная линия).

Складывая ординаты точек полей при одинаковых абсциссах, получаем суммарное рабочее поле (I'+II) вентиляторной установки (линия две точки - тире).

Рабочие режимы установки определяются точками пересечения 1; 1' и 2; $2'$ характеристик сети *OA* и *OB* с характеристиками давления вентиляторов.

По условиям прохождения шахтных стволов и других капитальных горных выработок необходимо поддерживать требуемый расход воздуха постоянным, независимо от глубины выработок и протяженности. После взрывных работ необходимо за 15-30 мин. дегазировать выработки с тем, чтобы сократить время простоя и обеспечить скоростные темпы прохождения забоев.

Точками 1 и 2 показаны нормальные режимы проветривания (при одиночной работе вентилятора), а 1' и $2'$ - форсированные режимы проветривания после отпалки (при последовательной работе вентиляторов); возможное увеличение подачи воздуха составляет $15 \div 30\%$.

2.4.3. Естественная тяга воздуха в шахтах

Естественной тягой называется движение воздуха под действием естественных причин: различной плотности воздуха, скорости ветра, движения воды. Разность давлений, обусловленная этими причинами, называется депрессией естественной тяги $h_{ест}$. Естественная тяга в шахтных выработках возникает при наличии нескольких выходов на поверхность; она может проявляться и в отдельных выработках.

Плотность воздуха в двух стволах обусловливается различием температур, влажности, давлений, химических составов воздуха. Основной фактор, влияющий на изменение плотности воздуха в руднике - годовые колебания температуры.

Действительная характеристика, шахтной вентиляционной сети отличается от теоретической еще и смещением по оси ординат за счет естественной тяги, определяемой по формуле.

$$h_{ест} = H_{Г}\left(\rho_{вых} - \rho_{вх}\right), \qquad (70)$$

где $H_Г$ - вертикальная глубина рудника, м;

$\rho_{вх}$ и $\rho_{вых}$ - средняя плотность воздуха соответственно в поступающей и исходящей струе, кг/м^3.

Характеристика герметичной шахтной вентиляционной сети с учетом естественной тяги

$$H = RQ^2 \pm h_{ест}, \qquad (71)$$

Графическое суммирование характеристик по расходу уравнения (70) и (71) дают действительную характеристику шахтной вентиляционной сети (рис. 48).

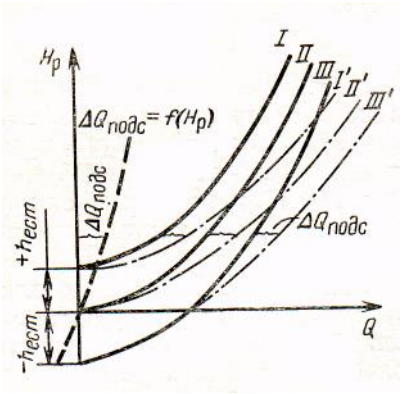


Рис. 48. Действительная характеристика внешней сети вентиляторной установки

Естественная тяга $h_{ест}$ в течение года изменяет свой знак. В зимнее время обычно плотность воздуха, выходящего из шахты меньше плотности подаваемого чистого воздуха, при этом естественная тяга, согласно уравнению (71), отрицательна. Значит, подаваемый более холодный воздух помогает вентилятору проветривать подземные выработки (характеристика III). В летнее время выходящий из шахты воздух тяжелее свежего воздуха и естественная тяга положительна, т.е. одного знака с сопротивлением выработок. На преодоление тяги необходима затрата работы вентилятора (характеристика I).

Если естественная тяга отсутствует, то характеристика герметичной вентиляционной сети представляется кривой II в виде квадратичной параболы.

*Тема 2.*5. Измерительные приборы для контроля работы вентиляторов

2.5.1. Измерительные приборы для контроля давления, развиваемого вентиляторами

Микроманометр (рис. 49) обеспечивает большую точность замера давления, резервуар 1 заполнен этиловым спиртом. Для включения прибора имеется кран 2, измерительная трубка 3 шлангом 4 соединяется через штуцер 5 с краном 2. Винтом 6, воздействуя на поплавок, устанавливает уровень спирта, соответствующий нулевому делению шкалы. Для изменения пределов измерения трубка 3 может быть установлена под различными углами, для чего на стойке 7 предусмотрены четыре отверстия, а на кожухе 8 трубки - защелка.

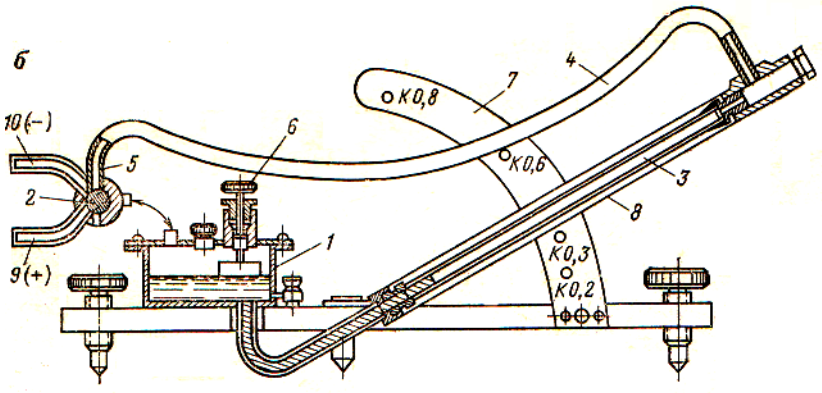


Рис 49. Микроманометр

При замерах штуцер 9 (+) присоединяют трубкой к пункту с большим давлением. а штуцер 10 (-) – к пункту с меньшим давлением. При смещении уровня в трубке 3 на длину l (м) измеряемое давление (Па) равно.

$$H = ql\rho \sin\alpha \text{, Па} \qquad (72)$$

где $\rho_{сп}$ – плотность спирта, кг/м$^{3;}$,

α - угол установки трубки относительно горизонта.

Для удобства пользования формулой (1) на стойке микроманометра нанесены значения $k = \rho_{сп}\sin\alpha$, соответствующие указанным выше четырем положениям трубки 3.

Статическое давление H_{CT} – давление, которое оказывает на стенки трубопровода воздух, протекающий параллельно этой стенке, затрачивается на преодоление сопротивлений вентиляционной сети.

Динамическое давление $H_Д$ (Па) – давление, необходимое для перемещения воздуха со скоростью v_n,

$$H_Д = \rho \frac{v_n^2}{2}, \text{ Па} \qquad (73)$$

где ρ - плотность воздуха, кг/м^3.

При нормальных атмосферных условиях (давление 101,3 кПа, температура 293К, влажность 50%) ρ = 1,293 кг/м^3.

Схема измерения полного H, статического $H_{СТ}$ и динамического $H_Д$ давлений на всасывающей и нагнетательной сторонах вентилятора показана на рис. 50. При работе вентилятора на всасывание (главные вентиляторные установки) динамическое давление представляет собой потери на выходе из диффузора, поэтому рабочий режим вентилятора определяют по характеристике Q – $H_{СТ}$ и экономичность работы оценивают статическим к.п.д. Если вентилятор работает на нагнетание, что имеет место в вентиляторных установках местного проветривания, то динамическое давление относят к потерям в вентиляционной сети и поэтому для определения рабочего режима вентилятора пользуются характеристикой Q – H, а его экономичность оценивают полным к.п.д.

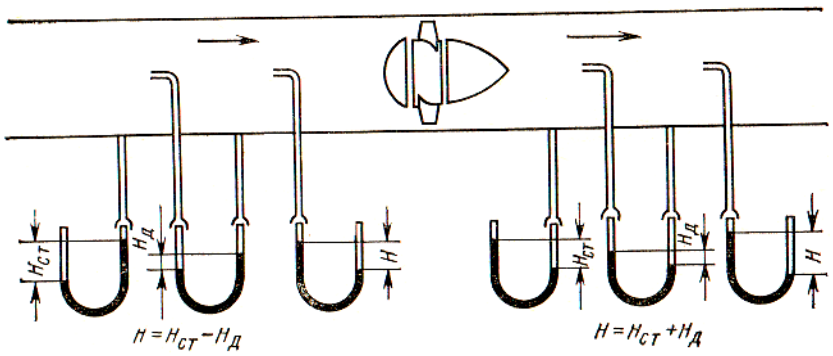


Рис. 50. Схема измерения давлений

Постоянный контроль производительности и давления вентиляторов осуществляют дифференциальными манометрами (дифманометрами). Наибольшее применение получили кольцевые, поплавковые и мембранные дифманометры (рис. 51.). Применяются также кольцевые, сильфонные, тензометрические и другие дифманометры. Эти приборы являются первичными – они непосредственно воспринимают импульс от измеряемой величины. Первичный прибор может, иметь шкалу или не иметь, а также может быть самопишущим. Для дистанционного контроля производительности и давления вентиляторов применяют вторичные приборы со шкалами, электрически связанные с первичными приборами.

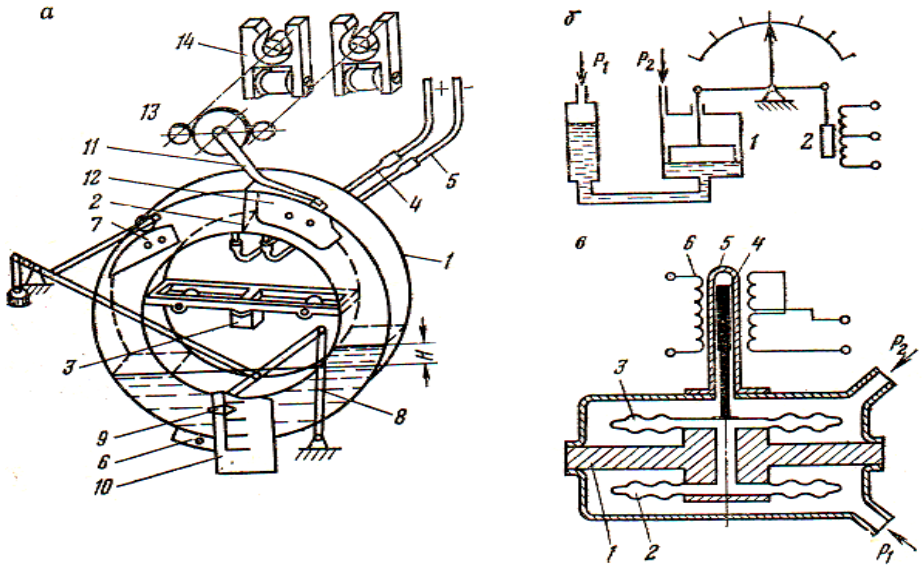


Рис. 51. Дифманометры: а – кольцевой; б – поплавковый; в - мембранный

На (рис. 51) а показана схема кольцевого дифманометра. Полое кольцо 1 квадратного или круглого сечения, частично заполненное водой, трансформаторным маслом или ртутью, имеет внутри перегородку 2, разделяющую незаполненное пространство на две камеры. Кольцо подвешено на призматической основе 3.

Правая и левая камеры трубками 4 и 5 соединены с вентиляционным каналом. Если в одной из камер давление будет больше, чем в другой, то произойдет изменение уровней заполнителя в камерах, отчего кольцо начнет проворачиваться до тех пор, пока вращающий момент и момент, создаваемый грузом 6, не уровняются. При повороте кольца ролик, скользящий по лекалу 7,приведет в движение рычажную систему 8 и стрелка 9 покажет на шкале 10 измеряемую величину *H*. В это же время рычаг 11, скользящий по лекалу 12, через зубчатую передачу 13 повернет рамки ферродинамических датчиков 14 дистанционной передачи показаний на вторичный прибор. Эти рамки, включенные встречно с рамками ферродинамических датчиков вторичного прибора, образуют сбалансированную систему. При повороте рамок первичного прибора э.д.с. разбаланса подается на электронный усилитель, а за тем на двигатель, который повернет рамки вторичного прибора до установления баланса, а также приведет в движение стрелку, показывающую измеряемую величину, и перо записывающего устройства.

Поплавковый дифманометр (рис.51 б) представляет собой два сообщающихся сосуда, частично заполненных жидкостью или ртутью. В большом сосуде, к которому подводится большее давление, находится пустотелый поплавок 1. При различных давлениях в сосудах будет изменяться уровень рабочей жидкости, и поплавок, следуя за уровнем, приведет в движение рычажную систему и стрелку, а также плунжер 2 индукционной системы ди-

станционной передачи показаний на вторичный прибор. Эта система является мостовой, находящейся в равновесии, схемой. Перемещение плунжера вызовет перераспределение напряжений в двух плечах моста в первичном приборе и по нейтрале моста потечет уравнительный ток. В результате произойдет перераспределение напряжений в двух плечах моста и вторичного прибора, и плунжер вторичного прибора начнет перемещаться до установления равновесия в мосте. При этом придут в движение стрелка и записывающее устройство.

На (рис. 51.в) показан бесшкальный мембранный дифманометр. Перегородка 1 разделяет корпус дифманометра на две камеры. Гофрированные металлические мембранные коробки 2 и 3 сообщаются между собой и заполнены дистиллированной водой. Большее давление подводится в нижнюю камеру. При разнице давлений в камерах вода переливается из нижней мембранной коробки 2 в верхнюю 3 до установления равновесия упругих сил деформаций коробок. При этом верхний центр коробки 3 перемещается, а вместе с ним перемещается и плунжер 4, находящийся в разделительной трубке 5. Перемещение плунжера вызовет изменение напряжения в обмотках 6 дифференциально - трансформаторной системы дистанционной передачи показаний на вторичный прибор.

На (рис. 52) показана схема включения приборов для контроля производительности и давления вентиляторов, позволяющая использовать один комплект приборов для контроля обоих вентиляторов. Тягомер *Т* посредством трубки 1 измеряет статическое давление в вентиляционном канале. Расход *Р* измеряет перепад давлений в сечениях 2 и 3. Трубки 4 и 5 введены в канал перед рабочими колесами.

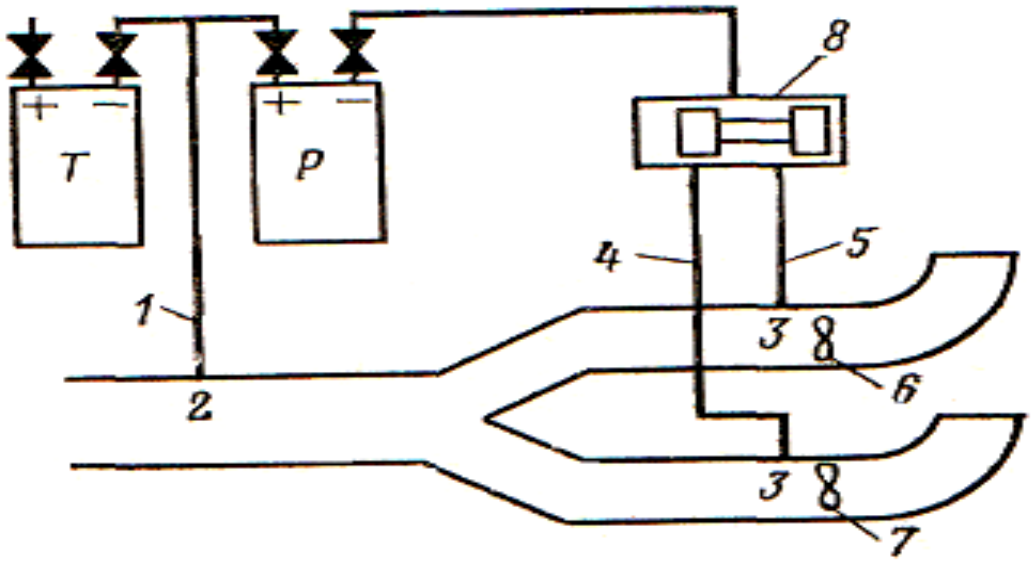


Рис.52. Схема включения приборов для контроля производительности и давления вентиляторовлесами вентиляторов 6 и 7

Электромагнитным вентилем 8 производится переключение расходомера на измерение производительности вентиляторов 6 или 7, причем происходит оно автоматически при переходе с одного вентилятора на другой.

Стрелочные напоромеры, тягомеры и тягонапоромеры с профильным корпусом модели 2007М типов НМ-П1, ТМ-П1 и ТНМ-П1 предназначены. Для измерения давления, разрежения незапыленного сухого воздуха или нейтральных в отношении воздействия на сталь и медные сплавы газов, температура которых (воздуха и газа) лежит в пределах от 5-60^0 С.Чувствительным элементом прибора является герметичная мембранная коробка, состоящая из двух мембран, спаянных припоем. Мембраны изготовляются из бериллиевой бронзы Бр. Б 2,5. Измеряемое плюсовое давление подводится к штуцеру, соединенному с внутренней полостью мембраны трубкой (рис. 53).

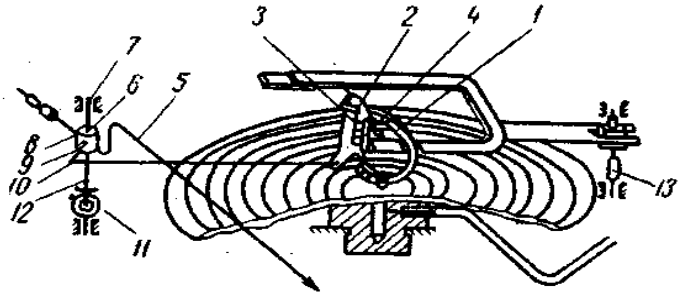


Рис 53.Кинематическая схема тягомера

Разность давлений вызывает перемещение жесткого центра верхней мембраны, которое поводком 1 передается на рычаг 4. Это перемещение передается далее через тягу 12 на ось стрелки 7.Установка стрелки на нуль производится корректором 13.

Передаточное отношение механизма от мембраны до стрелки может меняться в зависимости от хода, который имеет мембранный блок. Грубое изменение передаточного отношения производится перестановкой конца тяги 12 в одно из отверстий рычага 10.

Ближайшее к оси отверстие используется при ходах мембранной коробки порядка 2 мм. Второе отверстие, наиболее удаленное от оси, используют при ходах блока около 4 мм.

Точная регулировка передаточного отношения осуществляется изменением длины малого плеча рычага 4, для чего отверткой вращают винт 3 в ту или иную сторону. Винт 3 своим концом упирается в пружину 2 и избегает ее. При вращении винта 3 расстояние между осью рычага и концом пружины, к которой присоединен поводок 1 , изменяется, и передаточное отношение рычага 4 принимает новое значение, то есть плечо рычага увеличивается и обеспечивает поворот стрелки в нужном углу при ходе мембраны в пределах от 2 до 4 мм.

Получение строго линейной характеристики мембранного блока, т.е. пропорционального перемещения верхнего центра в зависимости от подводимого давления, крайне затруднительно из-за сложности изготовления мем-

бран. Поэтому для направления этой нелинейности в приборе предусмотрена угловая коррекция в рычажном механизме. Рычаг 10 вместе со стрелкой 5 сидят на одной оси, причем угол между стрелкой и рычагом может меняться за счет перемещения втулки 6, стрелки относительно втулки 8 оси, на которой завальцован рычаг 10. Винт 9 служит для фиксации этого перемещения.

Изменяя начальный угол между рычагом 10 и стрелкой 5 от 36 до 0^0 , можно менять нелинейность самого рычажного механизма в пределах от 1,3 до 12 %.

Так как нелинейность мембранных коробок не превышает 10-15 %, то ее можно корректировать при помощи изменения начального угла между рычагом 10 и стрелкой.

Для выбора люфтов в механизме на последней оси прибора имеется спиральная пружина 11.

В процессе эксплуатации прибор не должен подвергаться перегрузкам, превышающим 25 % от верхнего предела измерений.

Периодически (не реже двух раз в год) нужно проверять показания прибора по микроманометру ММН250 (для пределов из измерений от 25 до 250 кгс/м^2), или по образцовому водяному манометру для перепадов от 250 до 1000 кгс/м^2, или по образцовому ртутному манометру для перепадов свыше 1000 кгс/м^2 . Для перепадов до 160 кгс/м^2 можно применять спиртовой раствор.

Отчет показаний производят по контрольному манометру, когда стрелка прибора стоит на оцифрованной точке.

Подводящую линию необходимо периодически продувать и проверять на герметичность. Прибор при этом должен быть выключен. Продувать линию можно лишь сжатым воздухом или невлажным инертным газом под давлением 1 – 3 кгс/см^2.

Необходимо не реже одного раза в неделю проверять «установку нуля» прибора. В случае необходимости стрелку устанавливают на нуле с помощью корректора, предварительно уравняв давление внутри блока с атмосферным.

Стрелка прибора не реагирует на колебания измеряемого давления или разрежения или наблюдаются большие расхождения между прямым и обратным ходом, необходимо продуть подводящие линии и проверить, не задевает ли стрелка за корпус или стекло.

Если показания прибора непостоянны, занижены или завышены, то необходимо проверить герметичность всех соединений, подводящих линий и мембраны. При обнаружении негерметичности ее устраняют.

Производительность вентилятора может быть определена по скорости v_n воздушного потока, устанавливаемой по измеренному динамическому давлению на основании формулы (2), или замерена анемометром.

Анемометр АПР-2 (в дальнейшем - анемометр) предназначен для определения средней скорости воздушного потока при метеорологических измерениях на суше и море, в шахтах и рудниках всех категорий, а также в систе-

мах промышленной вентиляции, Рекомендуется для укомплектования лабораторий по охране труда предприятий и санэпиднадзора.

Анемометр определяет среднее значение скорости воздушного потока за интервал времени измерения произвольной длительности в диапазоне от 10 до 999 с. Текущее значение длительности интервала измерения в секундах непрерывно индицируется на цифровом индикаторе анемометра в процессе проведения замера.

Анемометр позволяет также вычислить средневзвешенное значение (в дальнейшем - среднее значение) скорости воздушного потока ряда последовательно выполненных замеров. При этом длительность замеров может быть произвольной в диапазоне от 10 до 999 с. Информация об отдельных замерах накапливается в памяти анемометра до завершения измерения и используется в дальнейшем для вычисления среднего результата. Работа анемометра основана на тахометрическом принципе преобразования скорости воздушного потока в частоту электрического сигнала с помощью металлической крыльчатки, угловая скорость вращения которой линейно зависит от скорости набегающего воздушного потока. При этом её лопасти пересекают магнитное поле катушки индуктивности и вносят в нее активные потери, что используется для формирования последовательности импульсов напряжения, частота следования которых также линейно связана со скоростью воздушного потока.

Средняя скорость воздушного потока вычисляется как частное от деления суммы числа импульсов напряжения первичного преобразователя, образованной за время измерения, на сумму числа импульсов тактового генератора, являющуюся числовым выражением длительности измерительного интервала. Начало и окончание каждого измерения задаются оператором кратковременным нажатием на кнопку управления. Длительность интервала измерения может быть произвольной в диапазоне от 10 до 999 с.

Анемометр снабжен легкосъёмным сменным первичным преобразователем. Для каждого экземпляра первичного преобразователя определяется его индивидуальная градуировочная характеристика. Коэффициенты этой характеристики кодируются двухразрядным кодом, который записывается в формуляр первичного преобразователя и наносится на его корпус. Символами кода в каждом разряде являются десять цифр от 0 до 9 и шесть букв латинского алфавита **A, b, C, d, E, F**. С помощью органов управлений анемометром индивидуальный градуировочный код первичного преобразователя (в дальнейшем градуировочный код) вводится в электронный блок и затем автоматически используется при вычислении результатов измерения средней скорости воздушного потока.

Указанные операции обеспечивают строгое соблюдение нормированных метрологических характеристик анемометра без каких-либо дополнительных регулировок. Ввод кода необходим также после замены первичного преобразователя вследствие его повреждения или выработки межповерочного интервала.

Электронная схема анемометра включает в себя:

- узел формирования входного сигнала;

- узел микроконтроллера семейства MC851;
- узел контроля напряжения источника питания.

Узел формирования входного сигнала содержит автогенератор колебательный контур которого включает в себя катушку индуктивности, расположенную в основании пластмассового корпуса первичного преобразователя. При вращении крыльчатки каждая ее лопает поочередно проходит через высокочастотное магнитное поле катушки вносит в контур потери, вследствие чего в этот момент происходи снижение амплитуды генерируемых колебаний. Промодулированные таким способом высокочастотные колебания автогенератора детектируются амплитудным детектором, на выходе которого образуется последовательность импульсов напряжения с частотой следования, пропорциональной угловой скорости вращения крыльчатки.

Узел также содержит цепь, которая автоматически стабилизирует режим работы автогенератора при замене первичного преобразователя и компенсирует временной дрейф добротности колебательного контура

Узел микроконтроллера выполняет следующие основные операции:

- ввод и хранение градуировочного кода;
- контроль введенного градуировочного кода в период экс плуатации;
- определение длительности интервала измерения и индикацию его текущих значений и суммарной длительности;
- вычисление и индикацию средней за интервал измерена скорости воздушного потока;
- вычисление и индикацию среднего значения ряда последовательно произведённых замеров средней скорости воздушного потока;
- формирование и индикацию сообщения о результате измерения, превышающем верхний предел измерения;
- автоматический выбор цены деления младшего разряда в диапазоне измерения;
- стирание старого и ввод нового градуировочного кода при замене первичного преобразователя;
- индикацию разряженного состояния элементов питания;
- автоматический останов измерения при реализации предельной длительности интервала измерения, индикацию его длительности, автоматическое вычисление и индикацию результата измерения.

Узел контроля напряжения источника питания выдает сигнал о снижении напряжения элементов питания ниже установленной нормы вследствие ее разрядки в процессе эксплуатации или хранения. 5.3. Анемометр имеет два органа управления - левую кнопку 1 и правую кнопку 2, расположенные на лицевой панели измерительного блока 3 (рис. 8). Левая кнопка - с фиксацией, служит для включения и выключения питания анемометра. Правая кнопка - без фиксации, служит для управления режимами работы прибора.

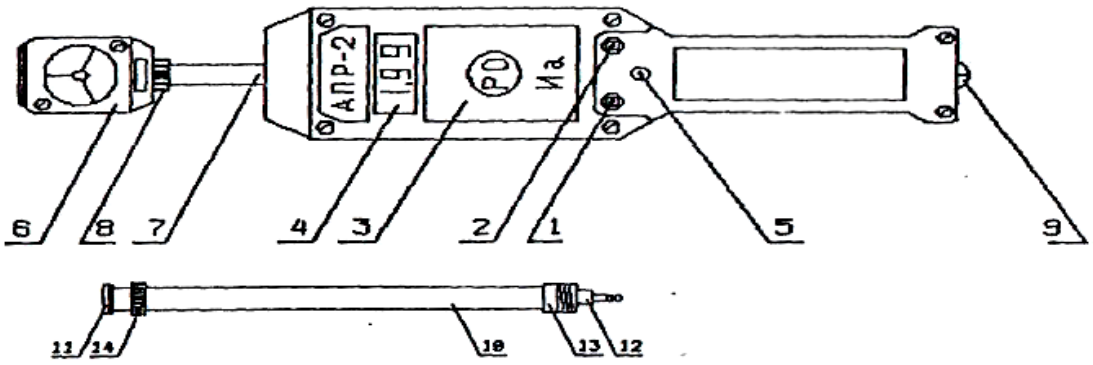


Рис. 8. Анемометр АПР-2. Основные функциональные элементы:

1,2- кнопки управления; 3 - измерительный блок; 4 - индикатор; 5 - вывод контрольной точки; 6 - первичный преобразователь; 7 - выдвижная штанга; 8 - накидная гайка; 9 -винт; 10 - удлинитель; 11,12 - разъёмы; 13 - резьбовая втулка; 14 - накидная гайка.

Анемометр состоит из двух блоков: первичного преобразователе и измерительного блока 3 (рис. 8).

Первичный преобразователь выполнен в корпусе, отлитом из ударопрочной пластмассы. В цилиндрической обечайке корпуса установлена шестилопастная крыльчатка из алюминиевого сплава с лопастями, закрученными на угол 45°. Она посажена на ось, прошедшую специальную термообработку. Опоры оси выполнены из агата или ситалла и вмонтированы в латунные подпятники, расположенные на геометрической оси обечайки. В основании корпуса закреплена катушка индуктивности, намотанная на кольцевом ферритовом сердечнике. Первичный преобразователь с помощью унифицированного штыревого разъема сочленяется с выдвижной штангой 7 и крепится к ней накидной гайкой 8.

Выдвижная штанга выполнена из тонкостенной трубы, имеющей специальную формовку, которая препятствует её вращению относительно продольной оси. В штанге размещен спиральный проводник соединяющий с помощью разъема первичный преобразователь с мерительным блоком 3 анемометра.

Корпус измерительного блока отлит из ударопрочной пластмассы. В нем размещены электронная схема, источник питания, органы; управления и выдвижная штанга, на которой закреплен первичный преобразователь. В нерабочем положении анемометра первичный] преобразователь вдвигается в специальную нишу корпуса, что надежно предохраняет его от повреждения. В верхней части крышки корпуса расположено смотровое окошко, закрытое небьющимся стеклом предназначенное для наблюдения за показаниями индикатора. В ручке корпуса расположен отсек питания, который закрывается крышкой с винтом 9. Электронная схема смонтирована на плате из фольгированного стеклотекстолита с двусторонней печатью. На этой же плате креп-

лены цифровой индикатор анемометра, микроконтроллер MCS5 и подстроечные элементы схемы.

Удлинитель выдвижной штанги 10 выполнен из тонкостенной трубы, на концах которой вмонтированы разъёмы 11 и 12. Соединение удлинителя с измерительным блоком и первичным преобразователем осуществляется с помощью резьбовой втулки 13 и накидной гайки 14.

Степень защиты корпуса анемометра и удлинителя штанги от воздействия внешней среды IP54 обеспечивается конструкцией, заливкой соединений герметикам, установкой специальных уплотнителей в месте выхода выдвижной штанги из корпуса, а также защитой органов управления и контроля резиновыми протекторами.

Тема 2.6. Кондиционирование воздуха и калориферные установки

2.6.1. Область применения установок для кондиционирования воздуха

В шахтах и подземных рудниках повышение температуры воздуха происходит в связи с его сжатием под действием силы собственного веса (изменение температуры при этом составляет около 1°С на каждые 100 м глубины); увеличением температуры горных пород с глубиной, выделением теплоты при окислительных процессах в угле, породе и крепежных материалах, при работе механизмов и машин и т. д. Уменьшение нагрева воздуха на подземных горных предприятиях обеспечивается горнотехническими мероприятиями. Это (рациональными схемами вскрытия и разработки месторождений, интенсивной вентиляцией), а снижение температуры воздуха его искусственным охлаждением в воздухоохладителях холодильных установок.

Установки для охлаждения (кондиционирования) воздуха используются на шахтах и рудниках при глубине разработок 700 - 800 м и более, когда за счет горнотехнических мероприятий не удается уже обеспечить нормальных температурных условий труда.

Для выработки холода на горных предприятиях в настоящее время применяются стационарные холодильные машины, устанавливаемые на поверхности и под землей, и передвижные холодильные машины, совмещаемые с воздухоохладителями и называемые кондиционерами. Кондиционеры размещаются под землей вблизи забоев. Стационарные холодильные машины отличаются большой хладопроизводительностью; они устанавливаются практически на весь срок службы горного предприятия. Кондиционеры имеют относительно небольшие хладопроизводительности и перемещаются по мере подвигания забоя.

Установки для кондиционирования воздуха в глубоких шахтах и рудниках представляют собой крупные энергетические комплексы, мощность которых может достигать нескольких тысяч киловатт. От режима работы таких установок зависит не только общий расход энергии, но в значительной мере и производительность труда рабочих - один из основных показателей эффективности работы горного предприятия.

2.6.2. Схемы холодильных установок

В практике кондиционирования воздуха глубоких шахт и рудников известно большое число схем холодильных установок, отличающихся в основном схемами охлаждения воздуха, местом расположения холодильного оборудования, решениями по отводу тепла холодильных агентов и типом холодильного оборудования. По месту расположения холодильного оборудования

различают три основные схемы холодильных установок: холодильная станция и воздухоохладители на поверхности; холодильная станция на поверхности, а воздухоохладители под землей; холодильная станция и воздухоохладители под землей.

Первая схема с размещением всего оборудования установки на поверхности обеспечивает лишь централизованное охлаждение поступающего в шахту или рудник воздуха, отличается простотой и удобством в эксплуатации, но мало эффективна. В большинстве случаев требуется доохлаждать воздух на глубоком горизонте из-за его нагрева при движении по выработкам.

Две последние схемы широко применяются на шахтах и рудниках.

Воздухоохладители в двух последних схемах могут быть расположены: центрально, в районе околоствольного двора и охлаждать весь воздух, поступающий в шахту или на ее крыло; в квершлаге пли на групповом штреке и обеспечивать охлаждение части воздуха для группы забоев; в отдельных горных выработках и забоях, осуществляя местное охлаждение воздуха; комбинированно, охлаждая воздух как в околоствольном дворе (квершлаге или групповом штреке), так и в отдельных местах.

На рис. 55 приведены в качестве примеров принципиальные схемы холодильных установок с размещением станции холодильных машин на поверхности и под землей в околоствольном дворе на шахтах Донецкого угольного бассейна.

Установки для охлаждения воздуха включают станцию холодильных машин и воздухоохладители, связанные со станцией системой циркуляции хладоносителя. Кроме того, в систему охлаждения воздуха входит большое число разнообразного оборудования: насосные станции для перекачки технологической воды и хладоносителя, охладители конденсаторной воды (градирни), промежуточные жидкостные теплообменники при расположении холодильной станции на поверхности рудника или шахты, емкости для хладоносителя, диспетчерский пульт управления и другое оборудование.

Станция холодильных машин обычно включает две-три рабочие машины, которые удовлетворяют потребность в холоде всей шахты или рудника, и одну резервную машину.

Охлаждение конденсаторной воды, с помощью которой отводится теплота конденсации холодильного агента компрессорных холодильных машин, может производиться под землей и на поверхности. Наиболее широко применяется охлаждение в градирнях, расположенных на поверхности.

В отдельных случаях при подземном расположении холодильных станций теплота конденсации отводится шахтной или оборотной водой, охлаждаемой в воздухоохладителях исходящей струей воздуха. Охлаждение шахтной водой наиболее экономично, но этот способ ограничивается недостаточными притоками воды или ее составом.

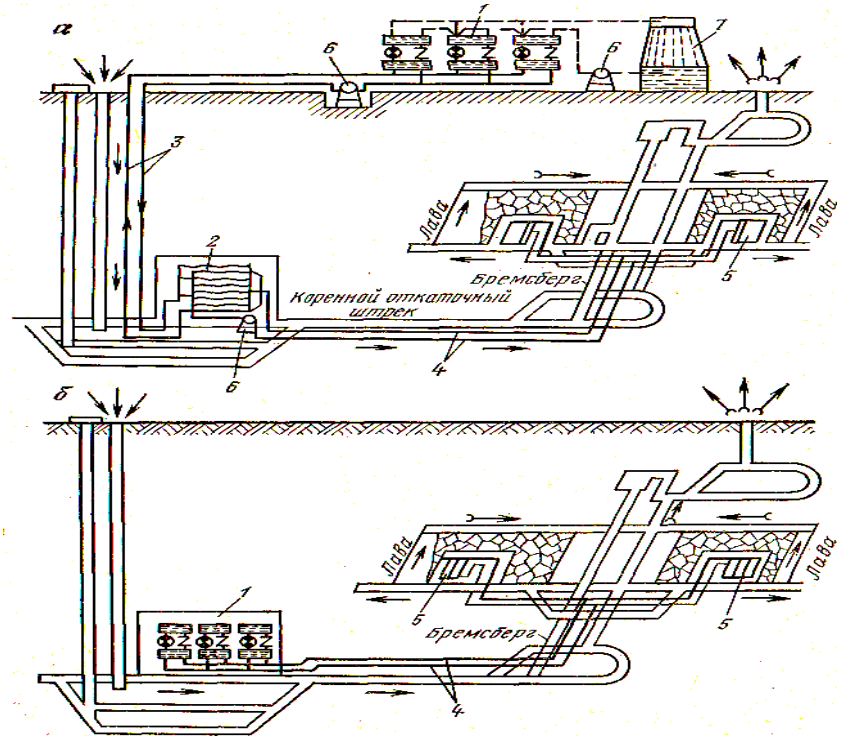


Рис. 55. Схемы холодильных установок с размещением холодильных машин на поверхности (а) и под землей (б):
1 - станция холодильных машин; 2 - жидкостный теплообменник высокого давления; 3 и 4 - трубопроводы системы циркуляции хладоносителя соответственно высокого и низкого давления; 5 - воздухоохладители; 6 - насос; 7 – градирня

2.6.3. Стационарные компрессорные холодильные машины

Стационарные холодильные установки, применяемые на шахтах и рудниках в настоящее время и проектируемые, снабжаются холодильными машинами двух типов: компрессорными и абсорбционными.

Компрессорные машины используются двух типов: турбокомпрессорные и поршневые. Наиболее мощные холодильные машины оборудуются турбокомпрессорами.

Стационарные холодильные машины на шахтах и рудниках предназначены для охлаждения хладоносителя - воды и рассола в системах холодильных установок.

Серийно выпускаются стационарные турбокомпрессорные машины ХТМФ-2-1-4000 и ШХТМ-1300. Цифры 4000 и 1300 в марках машин обозначают их среднюю хладопроизводительность в тыс. килокалориях в час, что в системе СИ соответствует хладопроизводительностям 4650 и 1511 кВт.

Турбокомпрессорная холодильная машина ХТМФ-2-1-4000 является машиной общепромышленного назначения и монтируется на поверхности шахт; машина ШХТМ-1300 - специальная установка, все узлы которой вы-

полнены во взрывобезопасном исполнении, предназначена она для работы в подземных условиях (в обозначении Ш—шахтная). Она монтируется в шахте, в околоствольном дворе, но может применяться и на поверхности.

Принципы работы турбокомпрессорных машин и их устройство аналогичны. На рис. 56 приведена принципиальная схема фреоновой турбокомпрессорной машины ХТМФ-2-1-4000. Машина состоит из центробежного двухступенчатого неохлаждаемого турбокомпрессора 5, приводимого в движение через повышающий редуктор 6 синхронным электродвигателем 7, двух параллельно соединенных конденсаторов 1 и 2, поплавкового бака 3 (бака с поплавковыми регулирующими вентилями) и испарителя 4.

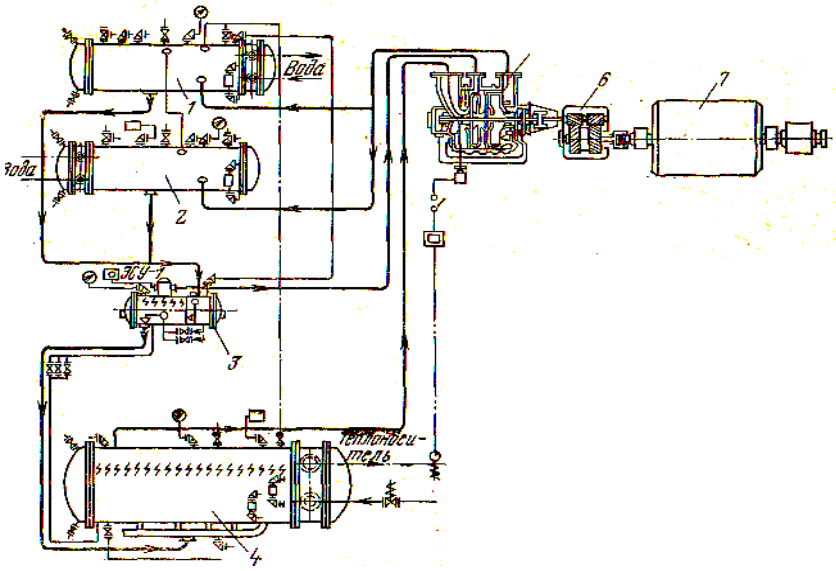


Рис. 56. Схема фреоновой турбокомпрессорной машины ХТМФ-1-2-4000

Пары хладоносителя фреона из испарителя засасываются турбокомпрессором, где они последовательно первой и второй ступенями сжимаются до давления конденсации. Сжатый пар направляется в конденсаторы, в которых конденсируется за счет подогрева воды, циркулирующей по трубам конденсатора. Сконденсировавшийся холодильный агент сливается в поплавковый бак, где дросселируется. Для повышения эффективности работы применяется двухступенчатое дросселирование. Сначала жидкий холодильный агент дросселируется в регулирующем вентиле высокого давления до давления, создаваемого первой ступенью компрессора. Образовавшиеся при дросселировании пары отделяются от капелек жидкости и отсасываются второй ступенью компрессора, а жидкий холодильный агент дросселируется во втором регулирующем вентиле низкого давления до давления кипения (в испарителе) и направляется в испаритель,

В испарителе поступивший холодильный агент кипит при температуре, соответствующей давлению, поддерживаемому в испарителе турбокомпрессором, охлаждая рассол или технологическую воду. Далее цикл повторяется.

Для разгрузки машины при пуске конденсатор и испаритель соединены байпасным трубопроводом с управляемым дистанционным запорным вентилем, который открывается при пуске машины.

Общий вид машины ХТМФ-2-1-4000 приведен на рис. 56.

В машине предусмотрено автоматическое устройство, поддерживающее температуру хладоносителя постоянной. Производительность машины плавно регулируется от 100 до 30% направляющим аппаратом, установленным на входе в первую ступень турбокомпрессора.

Автоматизация отечественных холодильных машин до настоящего времени решалась в каждом случае отдельно, что привело к разнообразию уровня и схем автоматизации холодильных машин, эксплуатируемых на шахтах и рудниках.

Компрессорные холодильные машины имеют следующие недостатки: большие экономические затраты и высокая стоимость холода, сложность охлаждения конденсаторной воды и ряд конструктивных недостатков холодильных машин, а также сложность обслуживания этих машин и установок в целом.

2.6.4. Абсорбционные холодильные машины

В связи с недостатками компрессорных машин проверяется возможность применения на горных предприятиях абсорбционных холодильных машин в частности машины АБХМ-2500. Цифра обозначает хладопроизводительность в тыс. ккал/ч. В системе СИ холодопроизводительность машины - 2900 кВт.

Машина (рис. 57) выполнена в виде двух кожухотрубных аппаратов: генератора-конденсатора и абсорбера-испарителя.

В системе абсорбционной холодильной машины циркулирует два рабочих вещества - холодильный агент (вода) и абсорбент-поглотитель (бромистый литий).

Охлаждение технологической воды, используемой для охлаждения воздуха, происходит в змеевике испарителя 3 машины АБХМ-2500 за счет кипения воды - холодильного агента в испарителе при низком остаточном давлении 0,5 - 1,3 кПа, соответствующем температуре кипения воды +4° С. При этом технологическая вода охлаждается от 12 до 7° С.

Для поддержания вакуума в испарителе образующиеся при кипении пары холодильного агента поглощаются крепким раствором бромистого лития, стекающего пленкой в межтрубное пространство абсорбера 4. Выделяющееся при этом тепло абсорбции отводится охлаждающей водой,

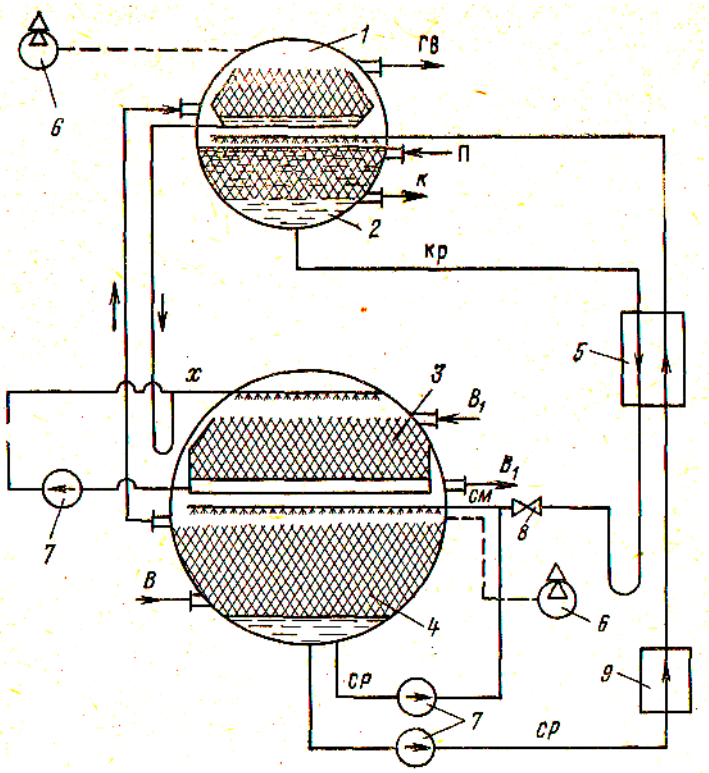


Рис. 57. Схема абсорбционной холодильной машины:
гв - горячая вода; п - пар; к - конденсат; кр - крепкий раствор; в - охлаждающая вода; см - смешанный раствор; ср - слабый раствор; х - холодильный агент; $в_1$ - хладоноситель (охлажденная вода)

циркулирующей по трубам абсорбера. Из абсорбера слабый (с уменьшенной концентрацией бромистого лития) раствор подается насосом 7 через теплообменник 5 в межтрубное пространство генератора 2. В трубки генератора поступает греющая среда (пар или вода с температурой 80-120° С), в результате раствор бромистого лития кипит и из него выделяется практически чистый водяной пар. Выпаривание ведется под остаточным давлением 4-9,3 кПа с целью снижения температуры греющей среды. Пар поступает в верхнюю часть аппарата - конденсатор 1, где конденсируется на трубках конденсатора, охлаждаемых водой. Крепкий раствор из нижней части генератора насосом (на схеме не показан) через гидравлический затвор 8 подается в испаритель.

С целью повышения энергетических показателей в машине предусмотрен рекуперативный теплообменник 5, в котором происходит подогрев слабого раствора перед выпариванием его в генераторе за счет соответствующего охлаждения крепкого раствора после генератора. В схеме предусмотрен также теплообменник 9 для подогрева слабого раствора на входе в рекуперативный теплообменник при низкой температуре охлаждающей воды.

Для вакуумирования абсорбера перед запуском машины служит вакуум-насос 6.

Применение для кондиционирования шахтной атмосферы машин типа АБХМ позволяет комплексно решать вопросы охлаждения воздуха и утили-

зации теплоты, выделяемой шахтными компрессорами или близрасположенными ТЭЦ.

Абсорбционные машины просты по конструкции и удобны в эксплуатации. Холодильный агент-вода является дешевым, а используемый абсорбент - бромистый литий безвредным и взрывобезопасным.

Вместе с тем бромистолитиевые машины обладают следующими недостатками: при контакте бромистого лития с воздухом имеет место повышенная коррозия металлических поверхностей холодильной машины; высокая минимальная температура хладоносителя на выходе из испарителя; сравнительно низкая энергетическая эффективность.

2.6.5. Передвижные кондиционеры

Передвижные холодильные машины-кондиционеры предназнаены для местного охлаждения воздуха в горных выработках, очистных забоях и камерах.

В горной промышленности эксплуатируются передвижные кондиционеры типа КПШ с электрическим приводом КПШ-3А (КПШ-3), КПШ-40, КПШ-90 и с пневмоприводом КПШ-40П, КПШ-90П. В обозначении: Ш - шахтные, П - с пневмоприводом; цифры 40 и 90 обозначают хладопроизводительность в тыс. ккал/ч. В системе СИ хладопроизводительность кондиционеров соответственно составляет 46,5 и 104,6 кВт. Из-за недостаточной хладопроизводительности кондиционеры КПШ-40 заменяются более мощными и совершенными кондиционерами КПШ-90.

Кондиционеры типа КПШ (рис. 58) работают на хладоне-12 по следующему замкнутому циклу.

Пары хладона из испарителя 2 воздухоохладителя засасываются компрессором 1 и сжимаются в нем от давления испарения до давления конденсации. Сжатие паров сопровождается их нагревом (до 70-100° С). Горячий пар холодильного агента нагнетается компрессором в конденсатор 3, где конденсируется, отдавая теплоту охлаждающей воде, циркулирующей по трубам.

-

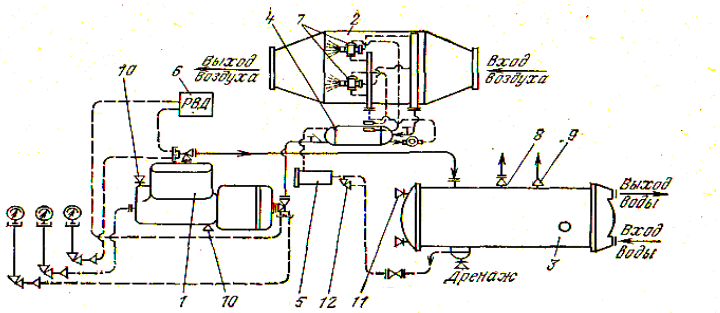


Рис. 58. Принципиальная схема кондиционера КПШ-3 (КПШ-3А):

1 - компрессор; 2 - воздухоохладитель; 3 - конденсатор; 4 - теплообменник; 5 - фильтр-осушитель; 6 - взрывобезопасное реле давления; 7 - терморегулирующие вентили; 8 - клапан аварийного выброса хладона; 9 - пробка для спуска воздуха; 10 - пробки для заливки и спуска масла; 11 - пробки для спуска воды; 12 - угловой вентиль для заправки системы хладоном; _____- трубопровод газообразного хладона;— — — — трубопроводы жидкого хладона и вспомогательные; —• — •—трубопровод масла

Жидкий хладон накапливается в нижней части конденсатора, а затем проходит в теплообменный фильтроосушительный аппарат 5, в котором хладон очищается от влаги, отбираемой водопоглощающим веществом - силикагелем. Далее жидкий хладон проходит через теплообменник 4 и дополнительно охлаждается парами хладона (движущимися встречно), засасываемыми из испарителя. После этого жидкий хладон поступает в терморегулирующий вентиль 7, в котором давление его снижается и хладон приобретает способность кипеть при низких температурах. Парожидкостная смесь низкого давления поступает из терморегулирующего вентиля в испаритель воздухоохладителя, где хладон испаряется, отбирая тепло от воздуха, проходящего через воздухоохладитель. Воздух через кондиционер прогоняется вентилятором местного проветривания. Образовавшиеся при кипении пары хладона из воздухоохладителя через теплообменный аппарат 4, где они дополнительно нагреваются, охлаждая жидкий хладон, засасываются компрессором, и цикл повторяется.

Главная особенность кондиционеров с пневматическим приводом компрессора заключается в том, что за счет использования отработанного в пневмодвигателе воздуха образуется некоторое дополнительное количество холода в кондиционере. При этом пользуется свойство воздуха понижать свою температуру и расширении.

Кондиционеры типа КПШ представляют собой агрегатированные передвижные холодильные установки, смонтированные на шасси вагонеток, которые могут перемещаться по колеям 600 и 900 мм. Кондиционер состоит из двух агрегатов – компрссорно-конденсаторного и воздухоохладительного.

Конструктивное отличие кондиционеров КПШ-90 и КП111 (рис. 59) заключается в том, что они имеют два самостоятельных агрегата - компрессорно-конденсаторный и воздухообрабатывающий, каждый из которых монтируется на отдельной колесной тележке.

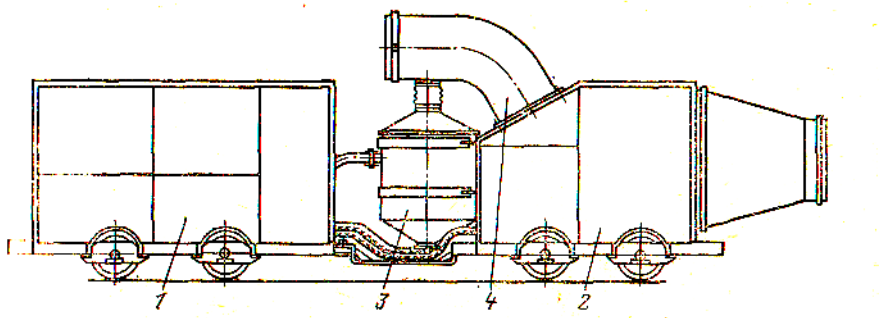


Рис. 59. Кондиционер КПШ-90П:
1 - компрессорно-конденсаторный агрегат; 2 - воздухоохладитель; 3 - маслоотделитель; 4 - отвод воздуха

2.6.6. Условия безопасной эксплуатации шахтного холодильного оборудования

Шахтные стационарные холодильные станции могут быть размещены на поверхности (в здании) или в подземной камере. На каждую холодильную установку должен иметься проект, выполненный в установленном порядке. Принимать в эксплуатацию холодильные установки должны рабочие комиссии, назначенные приказом по производственному объединению (комбинату). На шахте должна быть инструкция по безопасному обслуживанию холодильных машин и теплообменных аппаратов, утвержденная главным инженером шахты. Приказом по шахте должно быть назначено лицо, ответственное за безопасную эксплуатацию холодильной установки.

В здании (камере) стационарной холодильной станции должны быть вывешены на видном месте: инструкция по безопасной эксплуатации холодильного оборудования; инструкция по оказанию доврачебной помощи; номера телефонов учреждений и лиц, кому следует сообщить о возникшей аварии; технологическая схема холодильной установки; принципиальная схема холодильной станции; схема электроснабжения и автоматизации. У входной двери должен быть вывешен предупредительный плакат: «**Посторонним вход воспрещен».**

На холодильной станции должна находиться Книга учета работы холодильной установки, приема и сдачи смен, в которую дежурный персонал через каждые 2 ч должен записывать следующие данные: температурный режим холодильной машины; температуру подшипников компрессора, редуктора и электродвигателя; уровень хладагента в аппаратах; параметры хладоносителя; параметры конденсаторной воды. В эту же книгу записывают время пуска и остановки холодильных машин, количество отработанных машино-часов, неисправности оборудования, сведения об устранении неисправностей, распоряжения руководящего инженерно-технического персонала.

При приемке смены машинист шахтной холодильной установки обязан: проверить по журналу режим работы установки за прошедшую смену и

фактический режим в основных точках технологического цикла и убедиться в нормальной работе холодильного и вспомогательного оборудования; проверить наличие в машинном отделении и на рабочих местах противогазов, кислородных изолирующих приборов, резиновых перчаток, рукавиц, резиновых ковриков, аптечки и других средств индивидуальной защиты; убедиться в исправности действия приточно-вытяжной и аварийной вентиляции; проверить наличие и исправность инструмента, контрольно-измерительных приборов, запасных частей и эксплуатационных материалов; проверить исправность рабочего и аварийного освещения, а также чистоту на рабочих местах; проверить наличие и исправность заземлений, ограждений, свободных проходов и зазоров, средств пожаротушения; убедиться в исправности действия телефонной связи.

Машинисты, принимающие и сдающие смену, должны расписываться в Книге учета работы холодильной установки. В случае обнаружения каких-либо недостатков машинист, принимающий смену, обязан сделать об этом запись в книге, сообщить лицу ответственному за безопасную эксплуатацию холодильной установки, и принять возможные меры для устранения недостатков.

В течение рабочей смены машинист холодильной установки должен: строго поддерживать заданный технологический режим охлаждения; содержать в чистоте и порядке рабочее место и холодильное оборудование; через каждые 2 ч заносить в Книгу учета работы холодильной установки эксплуатационные параметры; следить за герметичностью системы хладагента и немедленно устранять выявленные утечки.

При эксплуатации холодильной установки необходимо следить, чтобы: перегрев пара хладагента, засасываемого компрессором, был не менее 5° С; температура кипения хладагента в испарителях, охлаждающих воду, была не ниже +2° С; температура замерзания рассола была на 8° С ниже рабочей температуры кипения хладагента; температура воды, поступающей в рубашку охлаждения компрессора, была не ниже 10° С, а выходящей из рубашки - не выше 45° С.

После ремонта и профилактического осмотра холодильного оборудования, а также после длительного (более суток) бездействия холодильной установки пуск компрессора разрешается только с письменного разрешения лица, ответственного за безопасную эксплуатацию холодильной установки.

Запрещается: обслуживать компрессоры, насосы, вентиляторы и другие механизмы при неисправном состоянии устройств, ограждающих приводные ремни и другие движущиеся части; эксплуатировать холодильное оборудование при неисправных контрольно-измерительных приборах и приборах автоматической защиты; хранить в камере (здании) холодильной станции баллоны с хладагентом, а также керосин, бензин и другие легковоспламеняющиеся жидкости; выполнять во время дежурства работу, не связанную с обслуживанием ходильной установки; обслуживать оборудование при недостаточном освещении, неисправном заземлении, неисправных площадках и лестницах, а также при загроможденных проходах; использовать неисправные защитные

средства, а также средства с просроченными сроками испытаний; прикасаться к подвижным частям машин (работающих или остановленных, если отключены устройства для автоматического пуска).

Холодильный компрессор должен быть немедленно остановлен при: внезапном появлении резких стуков, ударов в компрессоре или электродвигателе; прекращении протока воды через охлаждающую рубашку цилиндров или протока хладоносителя через испаритель; повышении уровня хладагента в испарителе или промсосуде выше допустимого предела; внезапном понижении давления или уровня масла; повышении температуры или давления "[нагнетания выше допустимого предела; пожаре или появлении запаха гари или дыма из компрессора или электродвигателя; внезапном прорыве из системы парообразного или жидкого хладагента; заметном увеличении вибрации компрессора или электродвигателя.

Пуск и остановку электродвигателей компрессоров и насосов необходимо производить с применением резиновых перчаток или других средств защиты от поражения электрическим током.

В зимнее время при перерывах в работе холодильной установки для предотвращения замерзания воды последнюю необходимо спустить из всех аппаратов, охлаждаемых водой.

Запорные вентили, не имеющие обратного затвора—сальника, во избежание заклинивания запрещается держать в открытом до конца положении. Если запорный вентиль необходимо поставить на максимальный проход, то вначале его следует открыть полностью, а затем повернуть маховичок обратно на 1/8 оборота.

Фланцевые, сварные и другие соединения трубопроводов не допускается размещать в стенах, перекрытиях и других неудобных для ремонта местах.

Вскрывать компрессоры, теплообменные аппараты, трубопроводы разрешается только после удаления из них хладагента и снижения давления до атмосферного. Подтягивание болтов фланцевых соединений, полную или частичную замену сальниковой набивки запорной арматуры необходимо производить после предварительного отсоса хладагента из поврежденного участка. Запорную арматуру необходимо устанавливать только по направлению движения хладагента с поступлением его под клапан. Запрещается устанавливать вентили маховичком вниз.

Работы по химической очистке теплообменных поверхностей и приготовлению рассола должны производиться в защитных очках, резиновых перчатках и фартуках. При осмотре внутренних частей компрессоров и аппаратов, расположенных на поверхности, разрешается пользоваться только переносными лампами напряжением не свыше 36 В или головными аккумуляторными светильниками. В подземных условиях для осмотра внутренних частей холодильного оборудования разрешается пользоваться только головными аккумуляторными светильниками.

Закрывать нагнетательный вентиль следует только после устранения возможности автоматического пуска компрессора. На маховичке вентиля должен быть помещен указатель «Вентиль закрыт».

Ремонт холодильного оборудования с применением сварки или пайки можно производить после удаления хладагена и с соблюдением правил производства огневых работ.

Аварийный выпуск фреона из подземных стационарных холодильных машин должен производиться в общешахтную исходящую струю (на которой в это время не должны находиться люди) по специально проложенному трубопроводу.

Манометры и мановакуумметры должны проверяться и пломбироваться в установленном порядке не реже одного раза в год, а также после каждого ремонта. Кроме того, не реже одного раза в 6 месяцев шахтой должна производиться дополнительная проверка рабочих манометров контрольным манометром с записью результатов в журнал.

Перед заполнением холодильной системы фреоном следует удостовериться по документации в том, что в баллоне содержится соответствующий фреон. Открывать колпачковую гайку на ниппеле вентиля баллона необходимо в защитных очках, выходное отверстие вентиля баллона должно быть направлено в сторону от людей. При заполнении холодильной системы фреоном последний должен подаваться на сторону низкого давления. Запрещается оставлять баллоны с фреоном, присоединенными к холодильной установке, за исключением времени, когда непосредственно производится заполнение системы либо удаление из нее фреона. Запрещается нагревать баллоны при заполнении холодильной машины фреоном, а также хранить их в горных выработках. На поверхности баллонов должна быть сделана надпись с указанием содержащегося в них газа и они должны иметь определенный цвет окраски.

Заполнение баллонов хладагентом на 1 л их емкости не должно превышать: для фреона-12 - 1,1 кг, для фреона-22 - 1 кг, для аммиака - 0,5 кг. Запрещается наполнять хладагентом баллоны: с истекшим сроком периодического освидетельствования; не имеющие установленных клейм; с неисправным вентилем; с поврежденным корпусом. Неисправные баллоны должны отправляться для ремонта на завод-наполнитель.

Наполненные хладагентом баллоны с насаженными на них башмаками должны храниться на специальных складах в вертикальном положении в специально оборудованных гнездах, клетках или за поддерживающей их оградой. Баллоны, не имеющие башмаков, можно хранить в горизонтальном положении на деревянных рамах или стеллажах. При хранении на открытых площадках разрешается укладывать баллоны с башмаками в штабели высотой не более 1,5 м с прокладками из веревки, деревянных брусков или резины между горизонтальными рядами баллонов. Все вентили должны быть обращены в одну сторону.

Перевозка баллонов может производиться в горизонтальном положении, обязательно с прокладками между ними. Все вентили должны быть по-

вернуты одну сторону. Запрещается переносить баллоны на руках без использования специальных носилок. В подземных выработках баллоны с фреоном должны транспортироваться в специально оборудованных вагонетках с применением мер, предохраняющих баллоны от ударов. Запрещается доставка по горным выработкам баллонов, не имеющих на вентилях колпаков.

При доставке передвижного кондиционера в шахту к месту его монтажа избыточное давление фреона или инертного газа в холодильной системе не должно превышать 0,7 кгс/см^2 системы хладагентом разрешается только после установки кондиционеров в горной выработке. Минимальное расстояние от кондиционера до забоя должно быть таким, чтобы исключалась возможность его повреждения при взрывных работах. Место установки кондиционера должно быть освещено, а кондиционер с электроприводом должен иметь заземление.

Величина зазора между передвижным кондиционером и крепью выработки должна быть не менее 500 мм. В выработках с локомотивным транспортом между кондиционером и движущимся составом необходимо предусматривать защитное ограждение (например, с помощью деревянных стоек, установленных через 0,7—1 м).

На каждую передвижную холодильную установку должна быть заведена Книга учета работы холодильной установки, приемки и сдачи смен. При эксплуатации неавтоматизированных холодильных установок эта книга должна находиться на рабочем месте дежурного машиниста.

Неавтоматизированные кондиционеры должны круглосуточно обслуживаться дежурными машинистами, имеющими соответствующее удостоверение на право обслуживания. Допускается эксплуатация передвижных кондиционеров без постоянного круглосуточного дежурства при условии ежесменного осмотра их сменным механиком по холодильному оборудованию и наличии следующих приборов защиты: от превышения давления нагнетания и всасывания; от перепада давления масла в системе смазки компрессоров; от перегрева компрессора со стороны нагнетания; от перегрева обмотки статора встроенного электродвигателя. Кроме того, кондиционеры должны быть снабжены приборами автоматического управления протоком воздуха через испаритель и протоком воды через конденсатор.

При обслуживании аммиачных холодильных машин выпускать масло из маслосборников необходимо в противогазах и резиновых перчатках. Воздух из аммиачной системы необходимо выпускать в сосуд с водой. Запрещается входить без противогаза в помещение, содержащее пары аммиака, а также выполнять аварийную работу в загазированном помещении одному человеку.

Вскрывать компрессоры, аппараты, трубопроводы аммиачных установок разрешается только после удаления из них аммиака и снижения давления до атмосферного. Запрещается выполнять эти работы без аммиачного противогаза марки К и резиновых перчаток. При осмотре внутренних частей компрессоров и аппаратов для освещения можно пользоваться только переносными лампами напряжением не выше 12 В во взрывозащищенном исполне-

нии. Проверка приборов автоматической защиты аммиачных установок должна производиться не реже одного раза в квартал с составлением акта.

Аммиачные баллоны при заполнении системы должны присоединяться к зарядному вентилю с помощью стальных трубок, к концам которых привариваются штуцеры с накидными гайками. Не допускается присоединение баллонов с помощью резиновых шлангов. Температура нагнетания для вертикальных У-образных и оппозитных компрессоров не должна превышать +150° С, а для горизонтальных тихоходных +135° С.

Дежурный персонал должен не реже одного раза в смену отбирать пробы на содержание аммиака в хладоносителе и конденсаторной воде для качественного анализа и не реже одного раза в неделю - для количественного анализа.

Противогазы, резиновые перчатки (в количестве, соответствующем числу занятых в одну смену рабочих машинного отделения) и аптечка должны храниться в компрессорном зале в специальном стеклянном шкафу у выхода. Снаружи компрессорного зала (рядом с входной дверью) в шкафу должны находиться запасные противогазы. Во время работы обслуживающий персонал машинного отделения должен иметь противогазы около своего рабочего места. Не реже одного раза в 6 месяцев они должны проверяться на газопроницаемость в отношении аммиака.

2.6.7. Калориферные установки

Калориферные установки предназначены для регулирования температуры воздуха, поступающего зимой в ствол шахты. Надобность в этих установках определяется необходимостью предохранить людей от простудных заболеваний при подъеме и спуске их по стволу и предотвратить обмерзание оборудования и крепления ствола. Регулирование в стволе температуры воздуха достигается его подогревом в калориферах, для чего используется водяной пар.

Нагрев воздуха производят до 60 ... 70 °С, чтобы смесь его с холодным воздухом, поступившим из атмосферы, имела температуру +2 °С.

Калориферная установка соединяется со стволом шахты каналом с уклоном 5 ... 10°.

Калориферные установки (рис. 60) бывают вентиляторные и безвентиляторные.

При вентиляторной калориферной установке воздух через жалюзи атмосферной будки 1 (рис. 60, а) поступает к калориферному вентилятору 2, который подает его через диффузор 3 на калориферы 4. Нагретый в калориферах воздух в камере 5 смешивается с основным потоком холодного воздуха, поступающего из воздухозаборной будки 6. Смесь воздуха по каналу 7 поступает в ствол. Вентилятор приводится во вращение двигателем 8. Пере-

становка ляд 9 и. 10 осуществляется лебедкой 11. Пар в калориферы подается по паропроводу 12.

При безвентиляторной калориферной установке (рис. 60, б) основная струя воздуха через жалюзи атмосферной будки 1 поступает в секцию 2 калориферного здания и через канал 3 - в ствол 4. Часть воздуха через атмосферную будку 5 попадает в секцию 6 и, пройдя через калориферную решетку 7, подогревается. Струя подогретого воздуха через окно 8 поступает в секцию 2, где смешивается с холодной струей. Регулирование лядой 9 обеспечивает возможность, благодаря окнам 10, частично или полностью пропустить воздушный поток через надшахтное здание 11 для его обогрева. Лядами 12 и 13 регулируют количество подогреваемого воздуха. В летнее время ляда 12 отсекает калориферную секцию здания.

Калориферы выпускаются чугунные пластинчатые и стальные оребренные. На шахтах наибольшее применение имеют пластинчатые калориферы, собранные из калориферных элементов. Элемент состоит из трубок, развальцованных концами в коллекторы и снабженных для увеличения поверхности нагрева пластинками, насаженными на расстоянии 5 мм друг от друга Коллекторы имеют патрубки для прохода пара. Пар протекает внутри трубок от коллектора к коллектору, а воздух омывает наружные поверхности трубок и пластинки.

Если общее количество подаваемого в шахту воздуха $m = Q\rho$ (кг/с), то для получения в стволе требуемой температуры смеси $t_{см}$ холодного и подогретого воздушных потоков, количество воздуха, которое необходимо подогреть от наружной температуры $t_н$ до заданной $t_п$:

$$m_п = m\frac{t_{см} - t_н}{t_п - t_н}. \qquad (74)$$

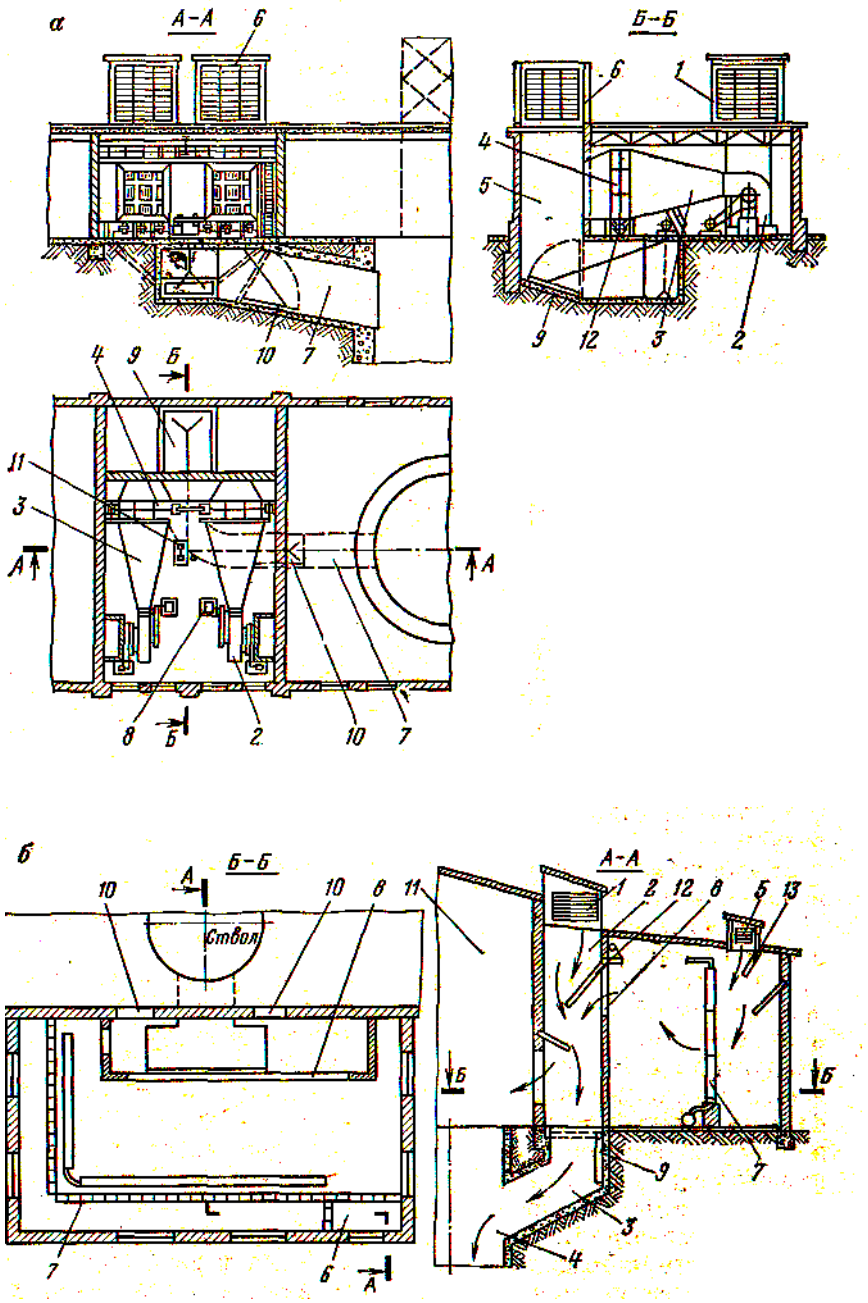


Рис. 60. Калориферные установки: а - вентиляторная; б - безвентиляторная

Расход тепла при подогреве воздуха (кДж/ч)

$$Q_{К.Т} = 3600 m c_р (t_{см} - t_н). \qquad (75)$$

где $c_р$ = 1,012 - массовая теплоемкость воздуха при постоянном давлении, кДж/(кг×К).

Объем воздуха ($м^3$/ч), подаваемый калориферным вентилятором при 0°С, 101,3 кПа и плотности $\rho_о$=1,293 кг/$м^3$,

$$V_o = \frac{3600 m_n}{\rho_o}. \qquad (76)$$

Тот же объем при t_n

$$V = V_o\left(1 + \frac{t_n}{273}\right). \qquad (77)$$

Требуемое количество пара (кг/ч) для калориферной установки с учетом 10% потерь в паропроводе

$$D_k = \frac{1{,}1 Q_{k.t}}{c_B\left(t_{nap} - t_{cp}\right)}. \qquad (78)$$

где $c_в$=4,19 кДж/(кг×К)—теплоемкость воды (конденсата); $t_{пар}$ - температура пара (см. ниже); t_{CP} - средняя температура воздуха в калориферах (полусумма температур наружного и подогретого воздуха).

Температура пара в зависимости от его избыточного давления

Избыточное давление пара, МПа	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,7
Температура пара, °С . . .	133,5	138,9	143,6	147,9	151,8	155,8	158,8	161,9	165,0	170,4

Тема 2.7. Электрооборудование вентиляторных установок

2.7.1. Электрооборудование вентиляторных установок. Аппаратура управления

Вентиляторы главного проветривания в большинстве случаев оснащаются нерегулируемым электроприводом с асинхронными или синхронными электродвигателями.

В электроприводах вентиляторов в зависимости от мощности используются различные типы электродвигателей: при потребляемой мощности до 100—150 кВт - низковольтные асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором; при мощности от 150 до 350 кВт - низковольтные синхронные двигатели напряжением 380 В; при мощности свыше 350 кВт - высоковольтные синхронные двигатели (напряжением 6.кВ) СД, СДС и СДВ и высоковольтные асинхронные с фазным ротором серий АКН и АКС мощностью от 400 до 1000 кВт на напряжение 3000/6000 В и частотой вращения от 290 до 490 мин$^{-1}$.

Вентиляторные установки с регулируемым приводом оснащаются: при ступенчатом регулировании - многоскоростными асинхронными электродвигателями, агрегатами из двух асинхронных двигателей или синхронного и асинхронного двигателей на разные частоты вращения; при бесступенчатом регулировании - двигателями постоянного тока, управляемыми по системам Г-Д (генератор-двигатель) и УПВ-Д (управляемый выпрямитель-двигатель); каскадными агрегатами трехфазного тока и другими системами.

При малом диапазоне регулирования и кратковременном использовании пониженной частоты вращения в вентиляторных установках применяют асинхронные электродвигатели с сопротивлениями в цепи ротора.

Вентиляторы ВЦД-32М и ВЦД-42 по требованию заказчика комплектуются регулируемым электроприводом по системе асинхронного вентильно-машинного каскада.

Вентилятор ВЦД-47 «Север» в настоящее время комплектуется только регулируемым электроприводом по системе асинхронного вентильно-машинного комбинированного каскада.

Аппаратура технологического контроля. Состояние вентиляторной установки характеризует большое число параметров: давление и производительность воздуха, температура подшипников вентилятора и его приводных двигателей, температура обмоток и масла в системе смазки подшипниковых опор, давление и проток масла и т.д. Примерная схема размещения датчиков контроля на вентиляторной установке показана на (рис. 61).

В соответствии с Правилами безопасности в угольных шахтах при эксплуатации главных вентиляторных установок должны измеряться их производительность и давление при прямой и реверсивной работе. Для этого главные вентиляторные установки негазовых шахт снабжаются депрессиометра-

ми, шахт III категории, сверхкатегорных и опасных по выбросам - самопишущим депрессиометром и расходомером.

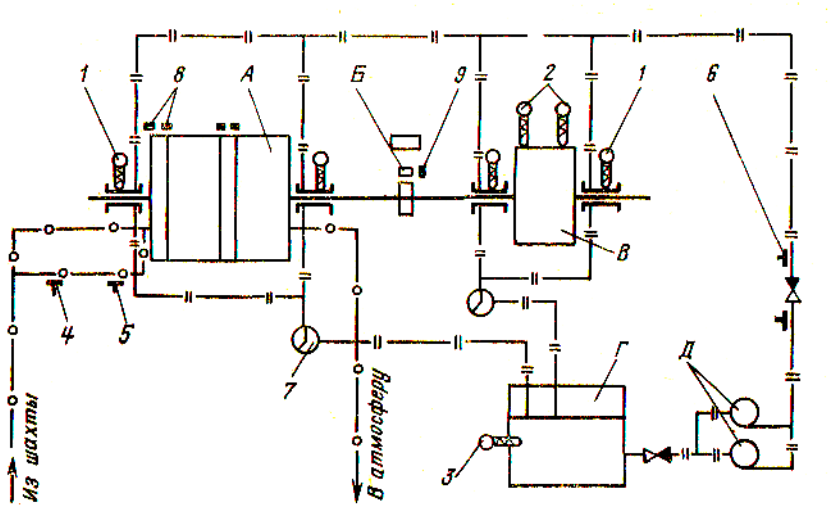


Рис. 61. Схема расположения датчиков контроля вентиляторной установки:
1 - температуры подшипников; 2 - температуры обмоток электродвигателя; 3 - температуры масла; 4 и 5 - давления и расхода воздуха; 6 - давления масла; 7 - протока масла; 8 - положения направляющего и спрямляющего аппаратов вентилятора; 9 - положения тормоза; А - вентилятор; Б - тормоз; В – электродвигатель; Г - маслобак; Д - маслонасосы

Работа вентиляторной установки без машиниста независимо от категории шахты по газу допускается. Только при оборудовании установки двумя самопишущими приборами (в машинном зале и в диспетчерской), постоянно регистрирующими производительность вентилятора и создаваемое им давление, и устройствами, сигнализирующими на пульт дистанционного управления об отклонениях работы вентиляторной установки от заданных параметров по производительности и давлению.

Для контроля давления и производительности применяется аппаратура, включающая датчики, первичные и вторичные приборы.

Датчики производительности и давления устанавливаются в контрольном сечении вентиляторной установки и предназначаются для получения пневмометрических импульсов, величина которых изменяется пропорционально измеряемому давлению (датчики давления) или пропорционально квадрату скорости воздушного потока (датчики производительности). Пневмометрический импульс, представляющий собой перепад давлений, пневмоимпульсными трубками подводится к первичному прибору.

Первичный прибор предназначается для непосредственного измерения расхода или давления воздуха и преобразования их значений в пропорциональный электрический сигнал с последующей его передачей на вторичный прибор. При установке двух вторичных приборов (одного - в здании вентиля-

торной установки и второго - на пульте диспетчера) электрический сигнал на второй вторичный прибор подается с выходного преобразователя первого вторичного прибора.

На рис. 62 показаны примеры подключения приборов и датчиков.

Для измерения давления и расхода воздуха в качестве первичных приборов применяются дифференциальные манометры. В настоящее время преимущественно используются дифманометры мембранные и сильфонные. Мембранные дифманометры с индукционным преобразователем ДМИ выпускаются двух модификаций: расходомеры ДМИ-Р и тягомеры (напоромеры) ДМИ-Т.

В качестве вторичных используются приборы, показывающие и самопишущие ДС-1, ДСРФ, ДСМР2 и ДСМ2 и самопишущие КСД-2 и КСД-Р. Они предназначены для измерения и записи производительности и давления воздуха.

Комплектная аппаратура автоматизации. Для автоматизации вентиляторных установок главного проветривания выпускается комплектная аппаратура автоматизации. Современная аппаратура автоматизации обеспечивает работу вентиляторной установки без постоянного присутствия обслуживающего персонала и возможность оперативного регулирования режима работы вентилятора для под-

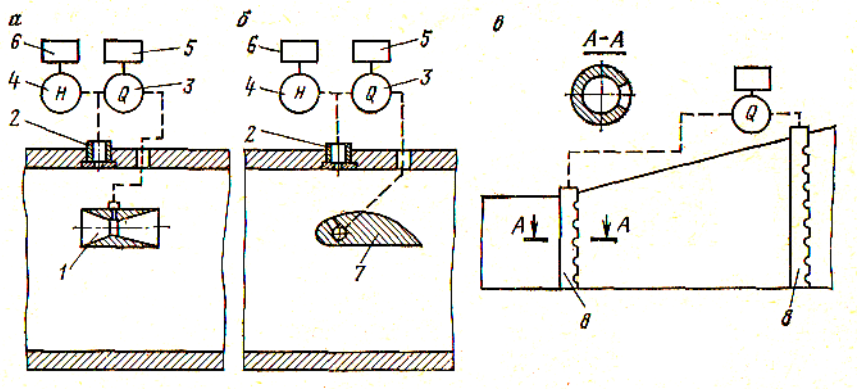


Рис. 62. Схемы контроля производительности и давления вентиляторов:
с датчиком типа сужающее устройство (а), с датчиком типа «крыло» (б), с интегральными трубками (в); 1 - датчик типа сужающая вставка; 2 - приемник статического давления; 3 и 4 - первичные приборы регистрации расхода воздуха и давления; 5 и 6 - вторичные записывающие приборы; 7 - датчик типа «крыло», 8 - трубки с отверстиями держания оптимальных параметров проветривания.

На действующих шахтах эксплуатируется аппаратура автоматизации вентиляторов главного проветривания УКВГ и ЭРВГП-2, а также аппаратура автоматизации шурфовых вентиляторов АДШВ. Комплекты аппаратуры обеспечивают автоматическое управление и контроль состояния вентиляторной установки из машинного зала с диспетчерского пульта.

Эта аппаратура снята с производства и заменяется более совершенной серийно выпускаемой заводом ХЭМЗ унифицированной аппаратурой автоматизации шахтных вентиляторов УКАВ-2.

Аппаратура УКАВ-2 предназначается для автоматизации установок, оснащенных одним или двумя осевыми (нереверсивными или реверсивными) или центробежными вентиляторами (одностороннего или двустороннего всасывания) с электроприводом от синхронных (асинхронных) двигателей высокого и низкого напряжения, а также двухдвигательным реверсивным электроприводом вентиляторов встречного вращения.

Целесообразность применения той или иной системы электропривода и аппаратуры автоматизации определяется их технико-экономическими показателями, из которых основными являются экономическая эффективность и окупаемость дополнительных капитальных затрат.

Тема урока 2.8. Ремонт и эксплуатация и вентиляторных установок. Охрана окружающей среды при эксплуатации вентиляторных установок

2.8.1. Ремонт, эксплуатация и техническое обслуживание вентиляторных установок

Долговечность, надежность и экономичность работы вентиляторных установок определяются как их конструкцией, так и качеством монтажных работ и условиями эксплуатации.

Основные работы по монтажу вентиляторных установок заключаются в разбивке осей для вентиляторов и двигателей, устройстве фундаментов, установке и сборке этих машин и аппаратуры.

Фундаменты изготовляют из бетона, причем укладываться они должны на твердый грунт, обычно на глубине не менее 1 м. Удельное давление на грунт от машины и фундамента должно быть не более 25 Па. Фундаменты не должны быть связаны с полом и стенами здания.

На фундаменте горизонтально по уровню сначала устанавливают фундаментную раму, затем машину и производят выверку: основание машины должно быть расположено строго горизонтально в продольном и поперечном направлениях, а оси вентилятора и двигателя при непосредственном их соединении должны совпадать.

По окончании монтажа ротор вентилятора прокручивают вручную, и если рабочее колесо не задевает о корпус, валы вентилятора и двигателя соединяют муфтой, после чего производят несколько пусков продолжительностью 1 ... 2 мин. Если при этом не было замечено никаких отклонений, то последовательно производят пробные пуски продолжительностью 10 мин, 1 ч, 3 ч и 24 ч при небольшой нагрузке вентилятора. После пробных пусков вентилятор включают в работу на вентиляционную сеть. По истечении 700 ч работы осуществляют ревизию вентилятора и сдают в эксплуатацию.

В здании вентиляторной установки должны быть вывешены; схема реверсирования воздушной струи, индивидуальные характеристики вентиляторов с нанесенными на них рабочими режимами, электрические схемы и инструкции для; обслуживающего персонала.

Для смазки узлов вентиляторов применяют минеральные масла, сорта которых указаны в инструкциях заводов-изготовителей.

Вентиляторная установка находится в ведении главного механика шахты. При местном управлении установку обслуживают машинисты, прошедшие специальный курс обучения. Машинист в работе руководствуется инструкцией, в которой указаны его обязанности (прием-сдача смены, пуск и остановка вентиляторов, наблюдение за работой установки и т.д.). Машинист (или оператор при дистанционном управлении) должен вести «Книгу учета работы вентиляторной установки» и записывать в нее часы работы вентиля-

торных агрегатов, показания измерительных приборов, причины и продолжительность остановок вентиляторов, замечания надзора.

При эксплуатации вентиляторных установок их осмотр, ревизию, ремонт и наладку производят в установленные нормативами сроки.

Текущий ремонт заключается в промывке подшипников, замене в них смазки, подтяжке соединений, осмотре и подтяжке контактов двигателей и электроаппаратуры, очистке аппаратуры управления от пыли и т. д.

Капитальный ремонт включает все операции текущего ремонта и (при необходимости) замену износившихся лопастей на рабочем колесе осевого вентилятора, отдельных лопаток и других узлов и деталей в направляющих аппаратах, вкладышей подшипников или целиком самих подшипников и муфт, а также балансировку рабочих колес, перемотку секций статора и ротора, замену роторных бандажей двигателя и т. д.

Наладочные бригады в отчетах о выполненной работе приводят результаты ревизии и наладки всего комплекса вентиляторной установки, перечень дефектов, устраненных при наладке и подлежащих устранению при капитальном ремонте, рекомендации по улучшению работы вентиляторов.

Испытание вентиляторов проводят для выяснения основных показателей их работы и, если необходимо, для получения характеристики вентиляторов. При испытании вентиляторов измеряют производительность, давление, мощность, частоту вращения рабочего колеса и определяют к.п.д.

Производительность Q вентилятора может быть определена на подводящей или напорной его стороне как произведение средней скорости $V_{ср}$ движения воздуха и площади поперечного сечения вентилян,ионного канала $F_{В.К}$ или диффузора вентилятора $F_{Д}$, где замерена скорость $V_{ср}$.

При прямоугольном сечении выхода диффузора или канала его разбивают тонкой проволокой на клетки. Рекомендуется иметь не менее девяти клеток площадью не более 0,5 м^2 каждая. В каждой из клеток анемометром производят пять-шесть замеров скорости продолжительностью 0,5 ... 2 мин и определяют среднюю скорость в клетке. Скорость в точке замера можно вычислить по формуле (73) исходя из замеренного динамического давления. Сложением средних скоростей в клетках и делением суммы на число клеток находят среднюю скорость воздушного потока в канале или диффузоре. Давление вентиляторов измеряют депрессиометрами или микроманометрами с использованием пневмометрической трубки.

При круглом канале его сечение разбивают на пять-шесть равновеликих концентрических колец и замеры скорости или динамического давления производят на средней линии каждого кольца. Диаметр окружности $D_З$, на которой должна лежать точка замера, в зависимости от диаметра круглого канала $D_{К.В}$, порядкового номера кольца $n_{п.к}$ и числа колец $n_З$ определяют по формуле

$$D_З = D_{К.В}\sqrt{\frac{2n_{п.к}-1}{2n_З}}. \qquad (79)$$

В связи с большими завихрениями потока на выходе из диффузора следует отдавать предпочтение замеру в вентиляционном канале.

Сечение для измерения скорости или динамического давления воздушного потока выбирают на прямом участке постоянного сечения на расстоянии, по возможности удаленном от поворотов. Длина этого участка должна быть такой, чтобы расстояние до точки замера составляло не менее трех диаметров или высот канала, а после нее - не менее двух диаметров или высот.

Производительность вентилятора можно установить с помощью измерительного коллектора, через который при испытаниях воздух входит в вентиляционный канал. Радиус закругления образующей на входе коллектора принимают 0,1 ... 0,5 диаметра его цилиндрической части. Штуцер для ввода пневмометрической трубки располагают на расстоянии 0,2 ... 1 этого же диаметра от начала цилиндрической части коллектора. По измеренному в коллекторе динамическому давлению $H_д$ скорость движения воздуха:

$$v = \alpha_k \sqrt{\frac{2H_Д}{\rho}} . \qquad (80)$$

где α - коэффициент расхода коллектора, устанавливаемый при его тарировке и равный в среднем 0,97 ... 0,98.

Потребляемая мощность $N_В$ - мощность на валу вентилятора определяется измерением мощности $N_{З.Д}$ на зажимах двигателя вентилятора

$$N_В = N_{З.Д}\eta_Д\eta_П . \qquad (81)$$

где $\eta_д$ - к. п. д. двигателя, принимаемый по его характеристике; $\eta_п$ - к. п. д. передачи (при наличии) между валами двигателя и вентилятора.

К. п. д. вентилятора вычисляют по формуле:

$$\eta = \frac{N_П}{N_В} . \qquad (82)$$

где $N_П$ - полезная мощность вентилятора.

Для получения характеристики вентилятора надо иметь восемь - десять точек, полученных замером, для кривых давления, мощности и к.п.д. при различных производительностях и постоянной частоте вращения рабочего колеса.

Тема урока 2.9 Проектирование вентиляторных установок

2.9.1. Основные положения проектирования вентиляторных установок

Исходными данными для выбора вентилятора главного проветривания являются необходимый расход воздуха Q_B (м^3/с) и расчетная депрессия h (Па) внешней вентиляционной сети. Эти величины определяют при проектировании схем проветривания горных выработок. Если характеристики внешней сети вентиляторной установки изменяются в процессе разработки месторождения, что практически всегда имеет место, то задают величины минимальной h_{min} и максимальной h_{max} депрессий, характерных для начала и конца эксплуатации вентилятора.

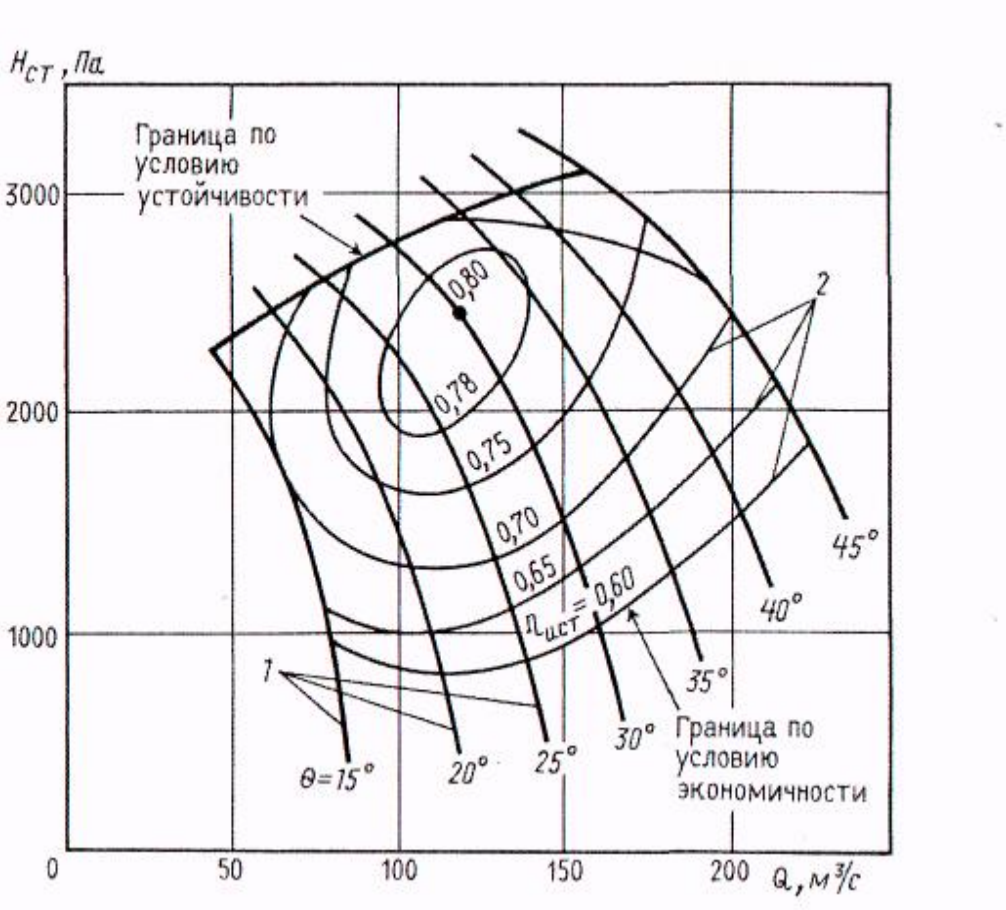


Рис. 63. Аэродинамическая характеристика осевого вентилятора:

1 - напорные характеристики вентилятора при различных углах установки Θ лопастей рабочего колеса; 2- линии одинаковых КПД

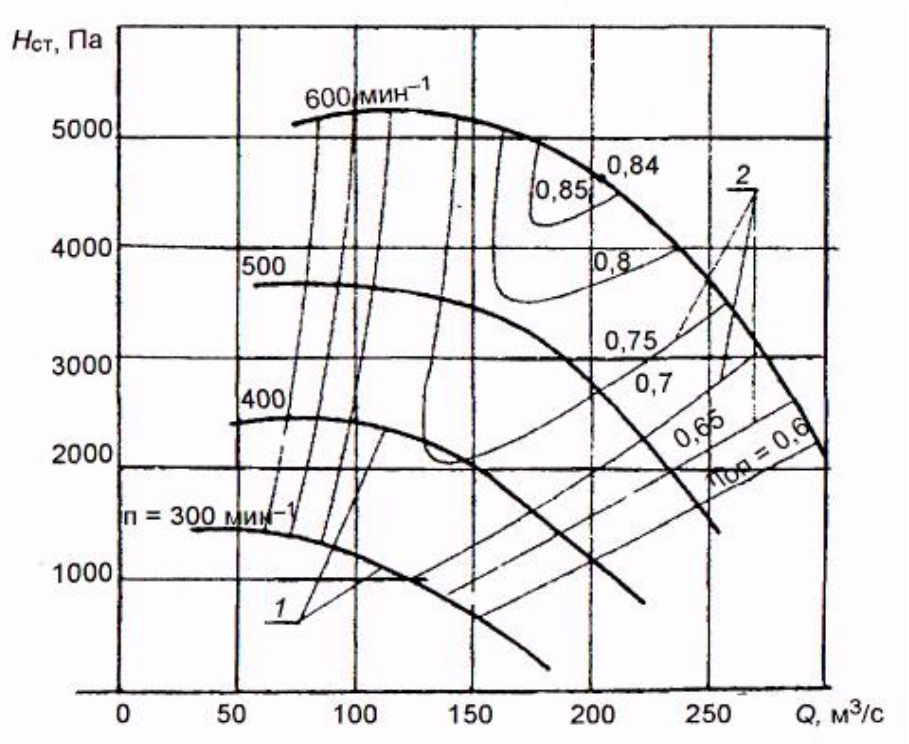


Рис. 64. Аэродинамическая характеристика центробежного вентилятора при регулировании режима работы изменением частоты вращения n рабочего колеса: 1 - напорные характеристики вентилятора при различных частотах вращения рабочего колеса; 2 - линии одинаковых КПД

Вентиляторные установки с осевыми вентиляторами имеют более простую конструкцию и проще центробежных вентиляторов в обслуживании. Поэтому их применение более предпочтительно. Однако осевые вентиляторы являются низконапорными машинами. Поэтому область их применения ограничивается необходимыми депрессиями до 2500 - 3000 Па. При больших депрессиях применяют центробежные вентиляторы.

Если области промышленного использования всех вентиляторов одного типа нанести на одну координатную сетку, то получим поля режимов работы вентиляторов этого типа.

Выбор типоразмера вентилятора удобно производить с помощью полей режимов их работы (см. рис. 65 и 66) путем нанесения на них двух точек с координатами (Q_p и h_{min}). При этом расчетная подача вентилятора Q_p (м^3/с) определяется из следующего условия:

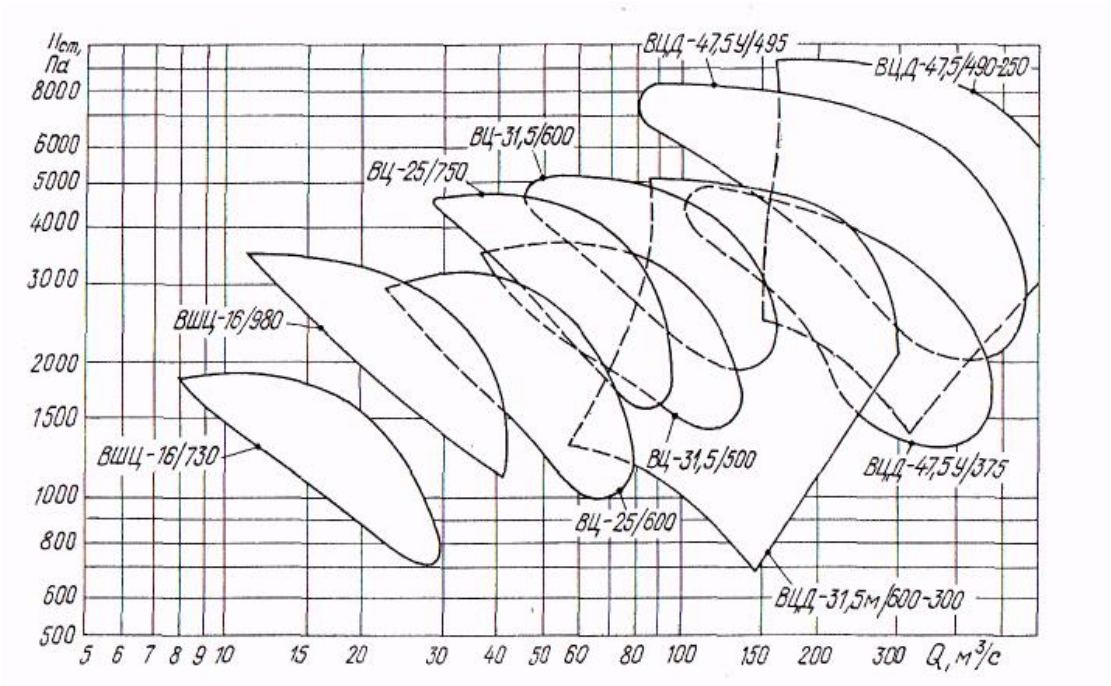


Рис. 65. Сводные графики областей промышленного использования центробежных вентиляторов главного проветривания

$$Q_p = k_y Q_B \,, \qquad (83)$$

где k_y - коэффициент, учитывающий утечки воздуха через надшахтные сооружения и каналы вентиляторов, который равен: 1,25 - при расположении вентиляторов на скиповом стволе; 1,20 - на клетевом; 1,10 - на стволах и шурфах, не используемых для подъема; 1,30 - на шурфах, используемых для подъема и спуска материалов.

Если обе точки попадают в области промышленного использования двух или более вентиляторов, то выбирают тот, который обеспечивает необходимые параметры при большей величине к.п.д.

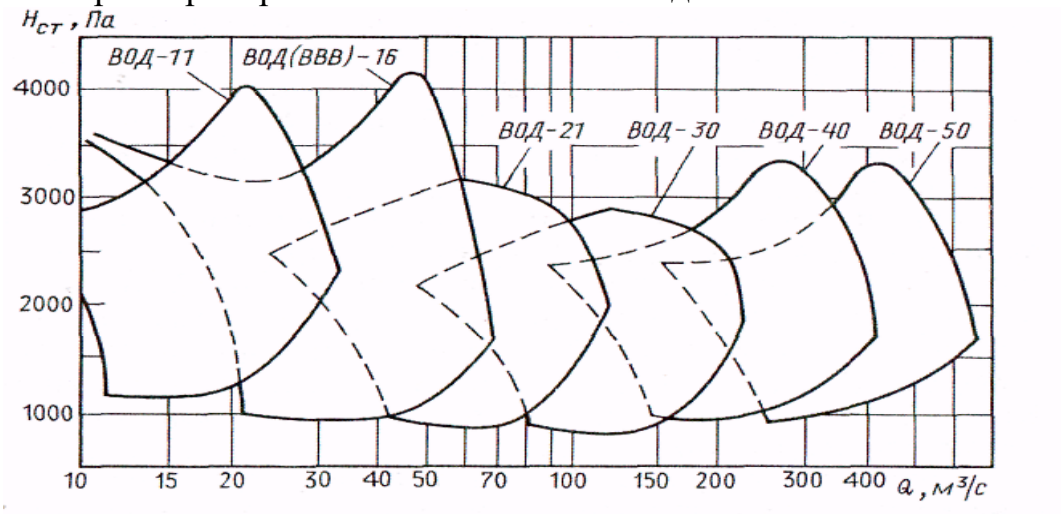


Рис. 66. Сводные графики областей промышленного использования осевых вентиляторов главного проветривания типа ВОД

2.9.2.Определение действительного режима работы вентилятора главного проветривания

В процессе определения действительного режима работы вентилятора в первую очередь необходимо установить: численное значение параметра регулирования угла установки Θ лопастей направляющего аппарата для центробежных вентиляторов, или лопастей рабочего колеса для осевых вентиляторов, или частоты n вращения рабочего колеса, которые обеспечат расчетную подачу Q_p при минимальной h_{min} и максимальной h_{max} депрессиях, а также соответствующие к.п.д.

Для этого на аэродинамическую характеристику выбранного вентилятора (рис. 67) наносят точки 1 и 2 с координатами ($Q_р$, h_{min}) и (Q_p, h_{max}). Если регулирование режима работы производится непрерывно (регулирование частотой вращения рабочего колеса или изменением угла установки лопастей направляющих аппаратов), то вентилятор может работать непосредственно в режимах, определяемых точками 1 и 2. В этом случае углы установки лопастей или частоты вращения, необходимые для обеспечения подачи Q_p, определяют в этих точках. Так, например, для случая, показанного на рис. 67: $\Theta_1 = \Theta_{\min} = 28{,}5^0$, $\Theta_2 = \Theta_{\max} = 31{,}5^0$.При этом действительные подачи будут равны: $Q_{д.min} = Q_{д.max} = Q_p$ а действительные статические давления $H_{д.min} = h_{min}$ и $H_{д.max} = h_{max}$. Значения к.п.д. при этом составят: $\eta_1 = \eta_{Д.\min} = 0{,}635$, а $\eta_2 = \eta_{Д.\max} = 0{,}71$. ($\Theta_{\min}$ и $\Theta_{\max}$ - углы, под которыми необходимо установить лопасти направляющих аппаратов, соответственно при минимальной и максимальной депрессиях вентиляционной сети; $Q_{д.min}$, $H_{д.min}$ и $\eta_{Д.\min}$ - соответственно подача, статическое давление и к.п.д. в действительном режиме работы вентилятора при минимальной депрессии; $Q_{д.max}$, $H_{д.max}$ и $\eta_{Д.\max}$ - соответственно подача, напор и к.п.д. в действительном режиме работы вентилятора при максимальной депрессии).

Если вентилятор имеет ступенчатое регулирование, то действительный режим его работы будет определяться точками 3 и 4 пересечения характеристик внешней сети с ближайшими верхними от точек 1 и 2 ветвями характеристик H_{CT} -Q вентилятора. Характеристика внешней сети при этом рассчитывается для минимальной и максимальной депрессий по общему уравнению

$$H_c = R_c Q^2, \qquad (84)$$

где H_c - сопротивление внешней сети вентиляторной установки, Па;

Q - расход воздуха, м^3/с;

R_c - обобщенный коэффициент сопротивления внешней сети, определяемый следующим образом:

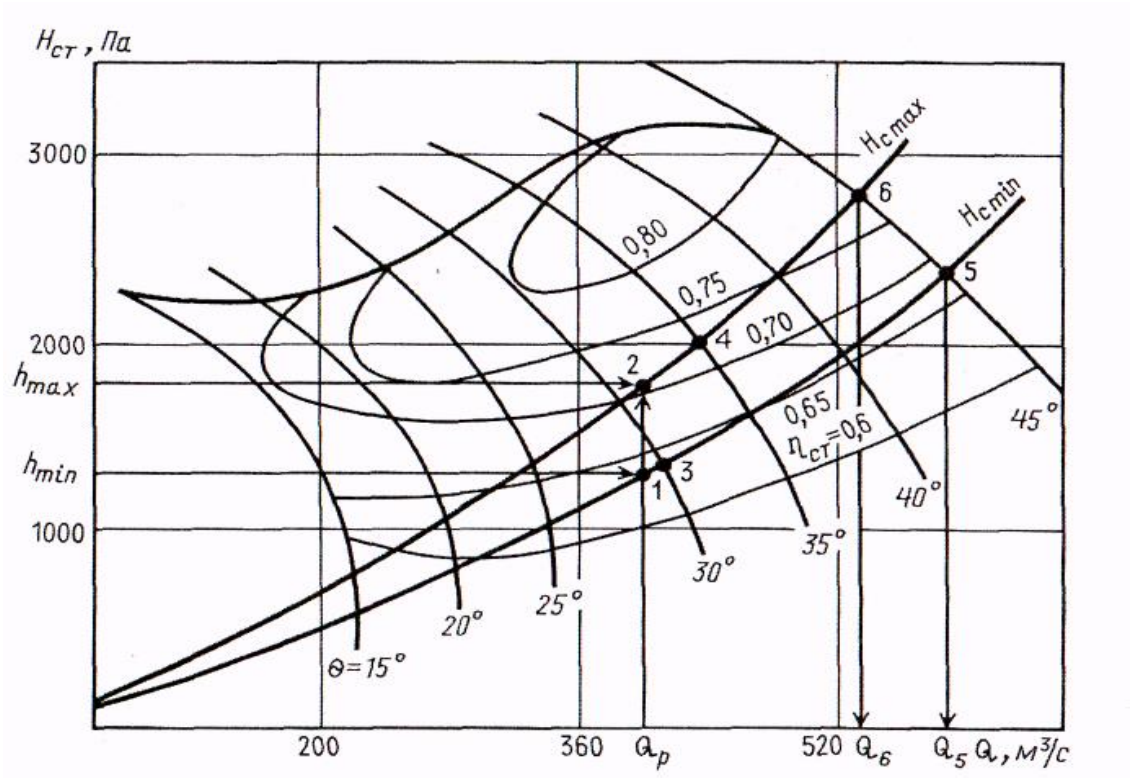


Рис. 67. Определение режимов работы вентилятора главного проветривания

а) при минимальной депрессии

$$R_c = R_{c\min} = \frac{h_{\min}}{Q_p^2}; \qquad (85)$$

б) при максимальной депрессии

$$R_c = R_{c\max} = \frac{h_{\max}}{Q_p^2}. \qquad (86)$$

Задаваясь несколькими (6-8) значениями Q из интервала от 0 до $(1{,}5 \div 1{,}6)\ Q_p$, определяют значения H_c для каждого из них, и результаты расчета оформляют в виде таблицы.

Таблица 1

$Q, м^3/с$	$Q_1\ Q_2$	Q_n
$H_{c\ min}$, Па	$H_{c\ min1}$ $H_{c\ min2}$	$H_{c\ min\ n}$
$H_{c\ max}$, Па	$H_{c\ max1} H_{c\ max2}$	$H_{c\ max}$
	n	

Для удобства построений значения подач Q рекомендуется выбирать в виде круглых чисел. Например: 0, 10, 20, 30 и т.д., или 0, 50, 100, 150 и т.д., ориентируясь на параметры и индивидуальную аэродинамическую характеристику выбранного вентилятора. По данным таблицы строятся характеристики внешних сетей при минимальной H_{cmin} максимальной H_{cmax} депрессиях (см. рис. 67). Действительный режим работы вентилятора для примера, показанного на рис. 67, будет характеризоваться следующими параметрами:

а) при минимальной депрессии

$\Theta_{\min}$=30 град.; $Q_{д.min}=Q_3$; $H_{д.min}=H_3$; $\eta_{Д.\min}=\eta_3$;

б) при максимальной депрессии

$\Theta_{\max}$ =35 град.; $Q_{д.max}=Q_4$; $H_{д.max}=H_4=\eta_4$;

Максимально возможные подачи вентилятора при минимальной и максимальной депрессиях определяются по точкам 5 и 6 пересечения соответствующих характеристик внешней сети с верхней ветвью аэродинамической характеристики H_{CT} - Q вентилятора. Тогда резерв производительности $\Delta Q(\%)$ составит:

а) при минимальной депрессии

$$\Delta Q_{\min}=100\cdot(\frac{Q_5}{Q_p}-1); \quad (87)$$

б) при максимальной депрессии

$$\Delta Q_{\max}=100\cdot(\frac{Q_6}{Q_p}-1); \quad (88)$$

Для вентиляторов главного проветривания рекомендуется иметь резерв производительности по отношению к расчетной подаче не менее 20 %.