



# СОСТАВ ШАХТНОГО

# ВОЗДУХА

Подготовил преподаватель Комсомольского индустриального техникума Ларионов О.Ф.

## Источники и образования и предел нормы концентрации углекислого газа

Углекислый газ ( $\text{CO}_2$ ) бесцветен, обладает слабокислым вкусом, не горит и не поддерживает горения, нормальная плотность —  $1,98 \text{ кг/м}^3$ . Из-за высокой плотности этот газ скапливается у почвы выработок, в нижней части шурфов, в уклонах и зумпфах, поэтому замеры содержания  $\text{CO}_2$  необходимо производить у почвы (особенно это касается старых заброшенных выработок). Сам по себе этот газ слабо ядовит и в небольших количествах он необходим для стимулирования дыхания.

При содержании в воздухе 3 %  $\text{CO}_2$  дыхание человека учащается в два раза, 5 % — учащается в три раза и становится тяжелым, 6 % — появляются сильная одышка и слабость, 10 % — наступает обморочное состояние, 20—25 % — возможно смертельное отравление.

По ПБ содержание  $\text{CO}_2$  в действующих выработках не должно превышать 0,5 %, в исходящей струе воздуха шахты — 0,75 %.

Углекислый газ в шахте обычно образуется при гниении крепежного леса, в результате медленного окисления угля; кроме того, он выделяется непосредственно из горных пород и угля. Второстепенные источники образования  $\text{CO}_2$  — дыхание людей, взрывные работы. Большое количество  $\text{CO}_2$  выделяется после взрывов рудничного газа и пыли, а также при пожарах.

Оксид углерода (CO) — ядовитый газ без цвета и запаха, нормальная плотность —  $1,25 \text{ кг/м}^3$ . Длительная работа человека в атмосфере, содержащей 0,01 % CO, вызывает хроническое заболевание с тяжелыми последствиями. Содержание в атмосфере 0,4 % CO считается смертельно опасным, при 1 % CO человек теряет сознание после нескольких вдохов. Оксид углерода горит и взрывается при концентрации его в воздухе 16,2—75 %, наиболее сильный взрыв возникает при концентрации 30 %, температура воспламенения газо-воздушной смеси в этом случае 630—810 °C. Согласно ПБ допускается содержание CO в рудничном воздухе не свыше 0,0017 %. Главные источники образования CO в шахтах — рудничные пожары, взрывы метана или угольной пыли (при взрыве 1 кг угольной пыли образуется  $1,5 \text{ м}^3$  CO), оксид углерода образуется также при взрывных работах.

## Требования ПБ к ограничению температуры, влажности и скорости движения воздуха

Климатические условия в горных выработках определяются температурой, влажностью и скоростью движения воздушной струи. Температура и влажность атмосферного воздуха изменяются в результате прохождения его по горным выработкам. На суточные и годовые колебания температуры воздуха в шахте влияют следующие факторы.

Нагревание воздуха в результате сжатия при его движении вниз по стволу. При этом на каждые 100 м происходит повышение температуры на  $1^{\circ}\text{C}$ . При движении воздуха вверх по стволу происходит его расширение, которое сопровождается поглощением тепла, причем на 100 м температура воздуха понижается на  $0,8\text{—}0,9^{\circ}\text{C}$ .

2. Температура горных пород и теплообмен между породами и воздухом. На расстоянии до 25—30 м от земной поверхности температура горных пород зависит от колебаний температуры атмосферного воздуха. На глубине 25—30 м температура пород остается в течение года постоянной, на  $1,5\text{—}2^{\circ}\text{C}$  превышающей среднегодовую температуру данной местности. При дальнейшем углублении под влиянием внутреннего тепла Земли температура горных пород повышается. Показателем интенсивности увеличения температуры с глубиной является геотермическая ступень, т. е. расстояние в метрах, при углублении на которое температура пород повышается на  $1^{\circ}\text{C}$ . Величину геотермической ступени для угленосных отложений принимают 35—45 м. Количество тепла, отдаваемое горными породами движущемуся воздуху, зависит от разности температур пород и воздуха, от коэффициента теплоотдачи пород, скорости воздуха и других факторов. Вследствие того, что воздух, проходя по выработкам, изменяет температуру горных пород, вокруг выработки с течением времени образуется зона, в пределах которой температура отличается от температуры пород в глубине массива. Эта зона называется «тепловыравнивающей рубашкой». Толщина этой зоны зависит от времени эксплуатации выработки и разности температур воздуха и пород, скорости и количества проходящего воздуха и теплопроводности пород.

3. Экзотермические (тепловыделяющие) и эндотермические (телопоглощающие) процессы в горных выработках. К экзотермическим процессам, в результате которых температура воздуха может значительно повыситься, относятся окисление угля и гниение дерева. Наряду с этим в шахте протекают и эндотермические процессы (испарение воды), они понижают температуру шахтного воздуха.

4. Температура воздуха на земной поверхности. Температура воздуха зимой в начале лавы на  $3\text{—}5^{\circ}\text{C}$  меньше, чем летом. На глубоких шахтах эта разница меньше.

5. Работа машин и механизмов, взрывные работы, тепловыделение людей. Влажность шахтного воздуха зависит от влажности поступающего атмосферного воздуха, обводненности выработок и от температурных условий. Различают абсолютную и относительную влажность воздуха. Абсолютная влажность  $f$  — количество водяных паров, г, содержащихся в  $1\text{ м}^3$  воздуха. При данной температуре в воздухе может содержаться только определенное количество  $F(t)$  водяного пара. Такой воздух называется насыщенным.

# Последовательная и параллельная работа вентиляторов, их одиночные и суммарные характеристики при последовательной и параллельной работе

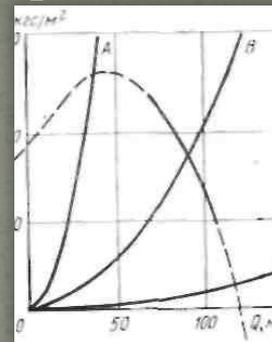
## Последовательная работа вентиляторов

Последовательной называют такую работу вентиляторов,

при которой воздушная струя поочередно и полностью проходит через все вентиляторы (рис).

При этом производительности вентиляторов равны:  $Q_1=Q_2=Q_3$  и т.д.

Общая депрессия складывается из депрессии всех вентиляторов: Чтобы установить производительность и общую депрессию последовательно работающих вентиляторов, необходимо по их индивидуальным рабочим характеристикам построить суммарную (общую) характеристику, которая будет отражать свойства последовательно соединенных вентиляторов. Для этого на график наносятся характеристики *I* и *II* вентиляторов и при каждой величине дебита складываются развиваемые вентиляторами депрессии (рис.). Например, при дебите  $Q_z$  вентилятор *I* развивает депрессию  $P_1$ . При том же дебите вентилятор *II* развивает депрессию  $P_2$ .



## Параллельная работа вентиляторов

Параллельной называют такую работу вентиляторов, при которой потоки воздуха от отдельных вентиляторов сливаются вместе и образуют один общий поток (рис.).

В этом случае общий дебит на участке *A B* равен сумме дебитов вентиляторов:

Параллельная работа на сети с характеристиками *A* и *C* не целесообразна:

соответствующие вентиляционные режимы или неустойчивы или менее

интенсивны (сеть *A*), чем режимы при одиночной работе вентилятора *II* на эти сети.

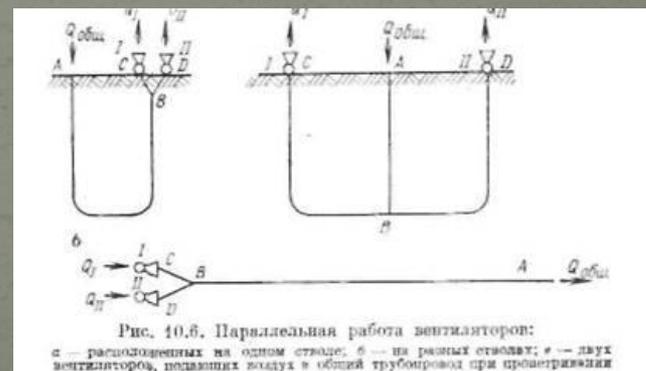


Рис. 10.6. Параллельная работа вентиляторов: а — расположенных на одном стояке; б — на разных стояках; в — двух вентиляторов, подающих воздух в общий трубопровод при проецировании

При совместной работе на сеть *A* вентилятор *I* имел бы отрицательный дебит (работал бы в режиме подсоса воздуха).

## Влияние утечки воздуха на проветривание шахты, и какие мероприятия должны проводиться на шахтах для уменьшения утечек воздуха?

Утечки воздуха делятся на поверхностные и подземные. Поверхностные утечки или подсосы воздуха происходят в канале вентилятора через не плотности в сооружениях, закрывающих устье вентиляционного ствола. Подземные утечки происходят вследствие просачивания воздуха через вентиляционные устройства (перемычки, двери, кроссинги), через закладочный массив или обрушение породы в выработанном пространстве, через нарушенные целики угля. Утечки нарушают проветривание забоев, вызывают самовозгорание угля при просачивании воздуха через выработанное пространство или нарушенные целики угля. Подсос воздуха с поверхности вызывает совершенно бесполезный расход энергии при работе вентилятора и приводит к уменьшению количества воздуха, поступающего в шахту. Однако в некоторых случаях утечки воздуха являются полезными. Например, утечки с откаточного штрека на вентиляционный через завал препятствуют опасному скоплению метана в выработанном пространстве.

Утечки через выработанное пространство зависят от системы разработки, схемы проветривания и способа управления кровлей. Значение их при возвратноточной схеме проветривания для сплошных систем разработок можно принимать следующее: на пологих пластах при разработке с полным обрушением, но с оставлением угольных целиков над откаточными или под вентиляционным штреками, или с выкладыванием породных и чураковых стенок — 30—70 % от  $Q_3$ ; при разработке с частичной закладкой — 20—35 % от  $Q_3$ ; на крутых пластах при разработке с поддержанием кровли на кострах, при оставлении целиков над откаточными или под вентиляционным штреками — 35% от  $Q_3$ ; при разработке с плавным опусканием кровли — 45 % от  $Q_3$ .

При возвратноточной схеме проветривания для системы разработки длинными столбами по простиранию при управлении кровлей обрушением утечки можно принимать равными 15—20 % от  $Q_3$ ; для щитовой системы -30 % от  $Q_3$ ; для наклонных слоев — 25 % от  $Q_3$ . Для этих же систем разработки при прямоточных схема проветривания участка утечки через выработанное пространство можно принимать равным 25 - 50% от  $Q_3$ .

Утечки в параллельных выработках зависят от числа и качества перемычек в печах и просеках, соединяющих эти выработки. Если целики угля не трещиноваты, то утечки, отнесенные к одной шлакобетонной, шлакоблочной или каменной перемычке площадью 5 м<sup>2</sup>, равны 0,8 %; к чураковой перемычке — 1 % и к двойной дощатой с засыпкой — 1,2 % от  $Q_3$ . Если породы трещиноватые, то утечки увеличиваются в 1,75 раза.

Мероприятия по снижению утечек воздуха сводятся к следующему: снижение общешахтной депрессии, которой пропорциональны общешахтные утечки воздуха; применение фланговой схемы проветривания, создание вентиляционных горизонтов, обособленных от откаточных; контроль и ремонт вентиляционных сооружений, использование полимеров, герметизирующих бока выработок.

## Цель и задачи работы

Целью данной работы является разработка реверсивной вентиляционной установки, с помощью которой появятся новые возможности радикального решения проблемы реализации рациональной технологической схемы и экономичного конструктивного исполнения вентиляторной установки для главного проветривания шахт и рудников.

Основными задачами работы являются:

провести анализ технологического процесса проветривания как объекта автоматизации;

провести анализ радиальных (центробежных) вентиляторов;

сформулировать критерии, методы анализа и выбора вентиляторов главного проветривания шахт;

рассмотреть явление реверсирования вентиляторов;

обосновать и разработать реверсивную вентиляционную установку.

## Состояние вопроса на сегодняшний день

Шахтная вентиляционная сеть испытывает непрерывные возмущения расхода воздуха, которые имеют сложное строение, обусловленное наличием разных источников возмущения. Исследование показывает, что общешахтный расход воздуха в основном испытывает возмущения трёх типов:

высокочастотные стационарные возмущения расхода (пульсации тока), вызванные турбулентным течением воздуха по горным выработкам. Частота пульсации турбулентного потока находится в пределах 0,25-4 Гц, амплитуда пульсации скоростного потока не превышает 25Па;

низкочастотные квазистационарные аэродинамические возмущения расхода воздуха, обусловлены стохастичным изменением общешахтного аэродинамического сопротивления из-за движения подземного транспорта, подъёмных сосудов, открывания и закрывания вентиляционных дверей. Амплитуда данных колебания может достигать нескольких сотен Па, а продолжительность 10-20 минут;

нестационарные инфранизкочастотные возмущения расхода, вызванные годовым изменением аэродинамического возмущения расхода, вызванные годовым изменением аэродинамического сопротивления шахты, развитием вентиляционной сети и изменением коэффициентов трения воздуха о стенки выработок. Математическое ожидание годовых колебаний вентиляторного режима от среднего значения составляет  $\approx 18\%$  от математического ожидания.

На основании этого можно сделать вывод, что при разработке системы регулирования необходимо осуществлять управление по возмущающему воздействию третьего типа, при этом для повышения качества управления учитывать наличие возмущений первого и второго типа

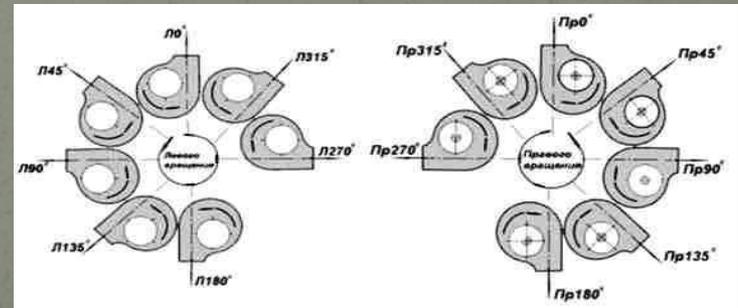
## Общие сведения о центробежных вентиляторах

Радиальные вентиляторы представляют собой спиральный кожух с расположенном внутри рабочим колесом, при вращении которого, воздух, попадающий в канал между его лопатками, двигается в радиальном направлении к периферии колеса, сжимается и под действием центробежной силы отбрасывается в спиральный кожух и далее направляется в выходное отверстие. Они способны перемещать воздух по воздуховодам на значительные расстояния и развивают давление до 12кПа. В зависимости от назначения вентилятора, лопатки рабочего колеса изготавливают загнутыми вперед или назад. Количество лопаток бывает различным. Применение радиальных вентиляторов с лопатками, загнутыми назад позволяет экономить электроэнергию на 20%, а вентиляторы с лопатками загнутыми вперед достигают требуемого результата по расходу и напору воздуха, занимая меньше места и создавая меньше шума. Радиальные вентиляторы выпускаются с восемью положениями кожуха. Могут иметь правое и левое вращение, одностороннее и двухстороннее всасывание. Радиальные вентиляторы производятся на одном валу с электродвигателем или с клиноременной передачей. Применяют вентиляторы низкого (до 1кПа), среднего (до 3кПа) и высокого (до 12кПа) давления. Радиальные вентиляторы общего назначения, низкого и среднего давления применяются в стационарных системах вентиляции, кондиционирования, воздушного отопления, технологических установках и т.д. Они предназначены для перемещения невзрывоопасных газовых сред с содержанием пыли и других твердых примесей не более 0,1 г/м<sup>3</sup>, не содержащих липких веществ и волокнистых материалов. Для вентиляторов двухстороннего всасывания (двухсторонних) с расположением ременной передачи в перемещаемой среде температура перемещаемой среды не должна превышать 600 С. Между выходным патрубком вентилятора и воздуховодом, всегда рекомендуется помещать антивибрационную прокладку (гибкую вставку). Она предотвращает передачу вибрации от вентилятора к каналу.

Рекомендуется также предусматривать прямой участок воздуховода сразу же после места его подсоединения к вентилятору.

Длина этого участка должна быть, по крайней мере,

в 1,5 раза больше максимального диаметра выходного патрубка вентилятора и внутри его должна быть звукоизоляция толщиной не менее 25 мм. Прямой участок воздуховода позволяет снизить турбулентность и связанные с ней шум и вибрации.



## Реверсированные вентиляторы

Необходимо отметить, что, согласно действующих ПБ, 60 % реверсивной производительности должно обеспечиваться в каждой из подземных выработок (согласно ПЛА); следовательно, с учётом специфики воздухораспределения в шахтах вентиляторы, для выполнения указанных требований в реверсивном режиме, должны давать 100 и более процентов от прямого режима, что могут обеспечить только осевые вентиляторы, реверсируемые поворотом лопаток рабочего колеса на угол 120 от минимального.

Реверсирование осевых вентиляторов, как известно, возможно двумя основными способами: 1 без изменения направления вращения; 2 с изменением направления вращения. При реверсировании с изменением направления вращения (без поворота лопаток рабочего колеса) диффузорная решётка вентилятора становится конфузорной лопатка рабочего колеса (РК) работает задней кромкой вперёд, кривизна профиля лопатки становится обратной (противоестественной) поэтому резко падает коэффициент полезного действия решётки РК и вентилятор в реверсивном режиме может обеспечить не более 75% прямого режима. При реверсировании осевых вентиляторов без изменения направления вращения путём поворота лопаток РК до угла 1350 (т. е. на 1200 от минимального, что реализовано в наших разработках по вентиляторам серии ВО), вентилятор может обеспечить 100% и более от производительности прямого режима.

При реверсировании одного из опытно-промышленных вентиляторов ВО-21К (первая из работающих машин нового ряда серии ВО) нами получена производительность реверсивного режима в пределах 94-96 % от прямого режима за 40 с без остановки вентилятора. Следует учитывать не только глубину, но и надёжность реверсирования производительности, пути повышения которой специалистами определены как: 1 обеспечение возможности включения устройств реверсирования струи на ходу вентилятора; 2 возможность опробования устройств реверсирования многократным включением при проверке; 3 сокращение числа последовательно соединённых элементов в устройстве реверсирования и т. п. Указанные пути повышения надёжности реверсирования полностью реализованы в установках с вентиляторами серии ВО, которые дополнительно содержат ручной привод, позволяющий оператору при отказе электрооборудования 0,4 кВт с реверсировать вентилятор вручную за 60-90 с. Необходимо также иметь в виду, что надёжность, в значительной мере, обеспечивается ремонтпригодностью изделия, которая, в свою очередь, предопределяется степенью доступности при осмотре (ремонте), взаимозаменяемостью, размещением сервисных служб и т. п.

*ТЕСТЫ*

По правилам безопасности углекислый газ не должен превышать нормы  
???

1) 1-2 %

2) 0.5-0.75 %

3) 3-4 %

## Оксид углерода – это?

- 1) Неядовитый газ имеющий цвет и запах
- 2) Ядовитый газ без цвета и запаха
- 3) Ядовитый газ имеющий запах

## Последовательная работа вентиляторов ?

- 1) При которой воздушная струя проходит полностью и поочередно проходит через вентиляторы
- 2) При которой струя проходит не полностью
- 3) При которой потоки воздуха сливаются вместе

## Параллельная работа вентиляторов

- 1) При которой потоки воздуха идут параллельно
- 2) При котором воздух идет поочередно друг другу
- 3) При котором потоки воздуха от отдельных вентиляторов сливаются вместе

## Утечки воздуха делятся на...

- 1) Подземные и поверхностные
- 2) Внешние и внутренние
- 3) Дневные и ночные

## Целью работы является??

- 1) Разработка реверсивной вентиляционной установки
- 2) Изучения воздушной оболочки в шахтных зонах
- 3) Очистка шахтного воздуха

## Представления о центробежном вентиляторе

- 1) Кожух с расположенным внутри рабочим колесом
- 2) Обычный двигатель с лопостями
- 3) Воздушная система с сложным строением

Сколько % согласно правилам безопасности должны обеспечивать реверсивной производительности??

1) 30%

2) 80%

3) 60%

## Способы работы реверсированных вентиляторов

- 1) Без изменения и с изменением направления
- 2) С изменением мощности
- 3) Движение в одну сторону

**Верно**



**Не Верно**

