

## 7. РАСЧЕТ ВЕНТИЛЯЦИИ ТУПИКОВЫХ ВЫРАБОТОК

### 1.1. Методика расчета параметров проветривания тупиковой выработки

Расчет вентиляции тупиковых выработок включает расчет расхода воздуха и депрессии ВМП, а также выбор типа вентилятора, типа и диаметра вентиляционного трубопровода, схемы установки ВМП.

Расчет расхода воздуха при этом производится по основным определяющим факторам:

- по людям,
- вредным и опасным газам,
- по выхлопным газам от ДВС,
- по ВВ,

из которых к расчету принимается максимальное значение.

Расчет расхода воздуха по людям  $Q_{п.з.}^л$  осуществляется по следующей формуле:

$$Q_{п.з.}^л = 6N_{ч} , \text{ м}^3/\text{мин} ; \quad (1.1)$$

где  $N_{ч}$  - максимальное количество людей, одновременно работающих в забое (по нормам на одного человека для дыхания необходимо подавать не менее  $6 \text{ м}^3/\text{мин}$  воздуха).

Расчет расхода воздуха по вредным газам  $Q_{п.з.}^г$  осуществляется по следующей формуле:

$$Q_{п.з.}^г = \frac{I_2}{C_{доп} - C_0} \cdot 100 \quad (1.2)$$

где  $I_2$  – абсолютная газообильность,  $\text{м}^3/\text{мин}$ ;

$C_{доп}$  и  $C_0$  – концентрация метана, соответственно допустимая в исходящей струе и начальная в поступающей, %; принимаем  $C_0 = 0$ .

Расчет расхода воздуха по выхлопным газам от ДВС  $Q_{п.з.}^{ДВС}$  осуществляется по следующей формуле:

$$Q_{п.з.}^{ДВС} = nG_{y\partial}N_{ДВС} , \text{ м}^3/\text{мин} ; \quad (1.3)$$

где  $G_{y\partial}$  – удельный расход воздуха на единицу мощности ДВС: принимается равным 5 м<sup>3</sup>/мин на 1 л.с. мощности или 6,8 м<sup>3</sup>/мин на 1 кВт;

$N_{ДВС}$  – суммарная мощность одновременно работающих машин с ДВС, л.с. или кВт;

$n$  – коэффициент, учитывающий количество одновременно работающих машин с ДВС, ( $n=1$  при одной машине;  $n=0,85$  при двух машинах;  $n=0,6$  при трех машинах и более ).

Расчет расхода воздуха по взрывным газам  $Q_{п.з.}^{BB}$  осуществляется по следующей формуле:

$$Q_{п.з.}^{BB} = \frac{2.25}{T} \sqrt[3]{\frac{k^{обв}}{k_{ум.пр}^2} V_{BB} S^2 l_{кр}^2} , \text{ м}^3/\text{мин} ; \quad (1.4)$$

где  $V_{BB}$  – объем вредных газов, образующихся после взрыва, л, определяется по формуле:  $V_{BB} = 100 B_{y\partial} + 40 B_{пор}$ , соответственно масса одновременно взрываемого ВВ по углю и породе, кг; в расчете принимать проходку по породе;

$T$  – время проветривания выработки после взрывания, определяется в соответствии с требованиями ПБ (ЕПБ), мин;

$S$  – средняя площадь сечения выработки в свету, м<sup>2</sup>;

$l_{кр}$  – критическая длина, м; при длине тупиковой части выработки 500м и более принимается равной 500м, при меньшей длине - определяется по формуле [3]:  $l_{кр} = 12,5 V_{BB} k_m k_{гг} / S$ ;

$k_m$  - коэффициент турбулентной диффузии зависит от соотношения геометрических размеров трубопровода и принимает значения 0,3-0,9 (в расчетах принять среднее значение – 0,6);

$k_{гг}$  – коэффициент, учитывающий изменение температуры пород с глубиной и обводненность выработки, принимает значения 0,1-0,9 (в расчетах принять среднее значение – 0,5);

$k_{обв}$  – коэффициент, учитывающий обводненность выработки, зависит от притока воды:

$L, м^3/час$	< 1	1-6	6-15	$\geq 15$
$k_{обв}$	0,8	0,6	0,3	0,15

$k_{ут.пр.}$  – коэффициент утечек в трубопроводе.

Из полученных значений по формулам (1.1)-(1.4) выбираем максимальное значение:  $Q_{р.п.з} = \max \{Q^i_{п.з.}\}$ .

Затем полученное расчетное значение  $Q_{р.п.з}$  проверяется по допустимым скоростям движения воздуха в выработках (расчетное значение должно обеспечивать скорость движения не менее минимально-допустимой и не более максимально-допустимой по ПБ или ЕПБ):

$$Q_{v \min.} \leq Q_{р.п.з.} \leq Q_{v \max.} \quad (1.5)$$

При этом

$$Q_{v \min.} = 60 S_v V_{\min.}; \quad Q_{v \max.} = 60 S_v V_{\max.}, \quad (1.6)$$

где  $S_v$  – площадь поперечного сечения выработки в свету,  $м^2$ ;

$V_{\min.}$ ,  $V_{\max.}$  – скорость движения воздуха, соответственно минимально-допустимая и максимально-допустимая по ПБ или ЕПБ, м/с.

В случае, если расчетный расход воздуха получился менее, чем обеспечивающий минимально-допустимую скорость движения, то к расчету принимается значение, соответствующее минимально-допустимой скорости воздуха  $Q_{v \min.}$ ; в том случае, если расчетный расход воздуха более, чем максимально-допустимый, то к расчету принимается значение, соответствующее максимально-допустимой скорости воздуха  $Q_{v \max.}$ .

Расчет требуемой депрессии ВМП осуществляется с учетом принятого способа проветривания забоя (в соответствии с требованиями ПБ или ЕПБ), типа и диаметра трубопровода. Характеристики аэродинамических сопротивлений трубопроводов приводятся в [3, 4, 5, 6 и др.].

$$h_{\text{вмп}} = h_{\text{тр}} + h_{\text{м}} + h_{\text{дин}} \quad (1.7)$$

где  $h_{\text{вмп}}$ ,  $h_{\text{тр}}$ ,  $h_{\text{м}}$  и  $h_{\text{дин}}$  - депрессия соответственно трения (статическая), местных сопротивлений и динамическая, Па.

Депрессия трения трубопровода рассчитывается по формуле:

$$h_{\text{тр}} = R Q_{\text{ВМП}}^2, \text{ Па}, \quad (1.8)$$

где  $R$  – аэродинамическое сопротивление трения выработки,  $\text{Н}\cdot\text{с}^2/\text{м}^8$ ;

$Q_{\text{ВМП}}$  - количество воздуха, проходящее через ВМП,  $\text{м}^3/\text{с}$ .

Аэродинамическое сопротивление трения  $R$  рассчитывается по формуле:

$$R = \alpha \frac{6,5L}{d^5}, \quad (1.9)$$

где  $\alpha$  - коэффициент аэродинамического сопротивления трубопровода,  $\text{Н}\cdot\text{с}^2/\text{м}^4$ ; в расчете принимаем  $\alpha = 0,0035\text{Н}\cdot\text{с}^2/\text{м}^4$ ;

$L$  – длина трубопровода, м;

$d$  – диаметр трубопровода, м; в расчете принимаем  $d = 0,6 \text{ м}$ , при использовании дизельного оборудования –  $0,8-1,0 \text{ м}$ .

Депрессию, затрачиваемую на преодоление местных сопротивлений, можно определить расчетом [6] с учетом количества поворотов трубопровода и величины углов поворота:

$$h_{\text{м}} = 0,035 n z^2 v_{\text{тр}}^2 \quad (1.10)$$

где  $n$  – число поворотов, ед.;

$z$  - угол поворота, радиан;

$v_{\text{тр}}$  – расчетная скорость движения воздуха на выходе из трубопровода, м/с.

Для предварительного расчета (при отсутствии решения по схеме установки вентилятора) можно принимать

$$h_m = 0, 1h_{mp} \quad (1.11)$$

Динамическая депрессия, обеспечивающая создание активной напорной струи на выходе из трубопровода при нагнетательном способе проветривания, определяется по формуле:

$$h_{дин} = \rho \frac{v_{mp}^2}{2}, \quad (1.12)$$

$$v_{mp} = Q_{p.n.z.}/S_{mp} \quad (1.13)$$

где  $\rho$  – плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>; в расчете принимаем  $\rho = 1,2$  кг/м<sup>3</sup>;

$v_{mp}$  – скорость движения воздуха на выходе из трубопровода, м/с;

$S_{mp}$  – площадь поперечного сечения трубопровода, м<sup>2</sup>.

Расход воздуха  $Q_{ВМП}$ , проходящего через вентилятор, определяется с учетом утечек в трубопроводе:

$$Q_{ВМП} = k_{ут.тп.} Q_{п.з.} \quad (1.14)$$

Выбор способа проветривания и типа ВМП осуществляется для полученных расчетных параметров - требуемых расхода воздуха и депрессии вентилятора, - по аэродинамическим характеристикам вентиляторов (заводским паспортам) с учетом опасности шахты (рудника) по выделению горючих газов. Характеристики основных типов вентиляторов приведены в [3, 4, 5, 6 и др.], а также в Приложении данного методического пособия..

Схема установки ВМП (последовательная или параллельная установка нескольких вентиляторов) выбирается в зависимости от конкретных условий и требуемых расходов и депрессий.

Место установки определяется в соответствии с требованиями ПБ (ЕПБ) по недопущению рециркуляции воздуха – на свежей струе, на ближе 10 м от сопряжения (устья) тупиковой выработки.

В отчете требуется привести чертеж с изображением схемы установки ВМП.

## 1.2. Пример выполнения задания

2.1. Выполняем расчет расхода воздуха для проветривания тупикового забоя при проходке выработки длиной 600 м, с поперечным сечением 12,4 м<sup>2</sup>, проводимой комбайном без применения буровзрывных работ. Самоходное оборудование с ДВС не применяется. Газообильность выработки по метану составляет 3 м<sup>3</sup>/мин. В забое одновременно работает 4 человека.

Расход воздуха по лимитирующим факторам:

- по людям  $Q_{п.з.}^l = 6N_{ч} = 6 \cdot 4 = 24 \text{ м}^3/\text{мин} = 0,4 \text{ м}^3/\text{с};$

- по горючим газам  $Q_{п.з.}^g = \frac{I_2}{C_{доп} - C_0} \cdot 100 = 3 \cdot 100 / (1 - 0) = 300 \text{ м}^3/\text{мин} = 5 \text{ м}^3/\text{с};$

- по выхлопным газам - нет;

- по газам от взрывных работ – нет;

к расчету принимаем наибольшее из полученных значений –  $Q_{п.з.}^{\max} = 5 \text{ м}^3/\text{с}.$

2.2. Полученное значение проверяем по допустимой скорости движения воз-

духа:  $Q_{v \min.} \leq Q_{п.з.}^{\max} \leq Q_{v \max}$

$$Q_{v \min.} = 0,5 \cdot 12,4 = 6,2 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$Q_{v \max.} = 4,0 \cdot 12,4 = 49,6 \text{ м}^3/\text{с};$$

таким образом, полученное значение расхода воздуха не удовлетворяет требованиям безопасности по минимально-допустимой скорости движения воздуха в подготовительных забоях газовых шахт; следовательно, принимаем  $Q_{п.з.}^p = 6,2 \text{ м}^3/\text{с}.$

2.3. Определяем параметры вентилятора местного проветривания для вентиляции тупикового забоя:

- расход воздуха, проходящего через вентилятор

$$Q_{ВМП} = k_{ут.пр.} Q_{п.з.}^p = 1,08 \cdot 6,2 = 6,7 \text{ м}^3/\text{с};$$

- депрессия вентилятора:  $h_{вмп} = h_{тр} + h_{м} + h_{дин}$  ,

где  $h_{тр} = RQ_{ВМП}^2 = 63,2 \cdot 6,7^2 = 2836,8 \text{ Па};$

$$R = 0,0035 \cdot 600 \cdot 6,5/0,6^5 = 63,2 \text{ Нс}^2/\text{м}^8 ;$$

$$h_m =$$

$$h_{дин} = 1,2 \cdot 23,9^2 / 2 = 343,1 \text{ Па}$$

Следует отметить, что скорость движения воздуха для гибкого трубопровода велика, поэтому следует принимать трубопровод большего диаметра.

2.4. По полученным параметрам – необходимому расходу воздуха и депрессии – выбираем вентилятор местного проветривания (паспортные характеристики – у преподавателя): вентилятор СВМ-6, т.к. выработка опасна по газу, то способ проветривания – нагнетательный. Схема установки вентилятора приведена на рис.1.

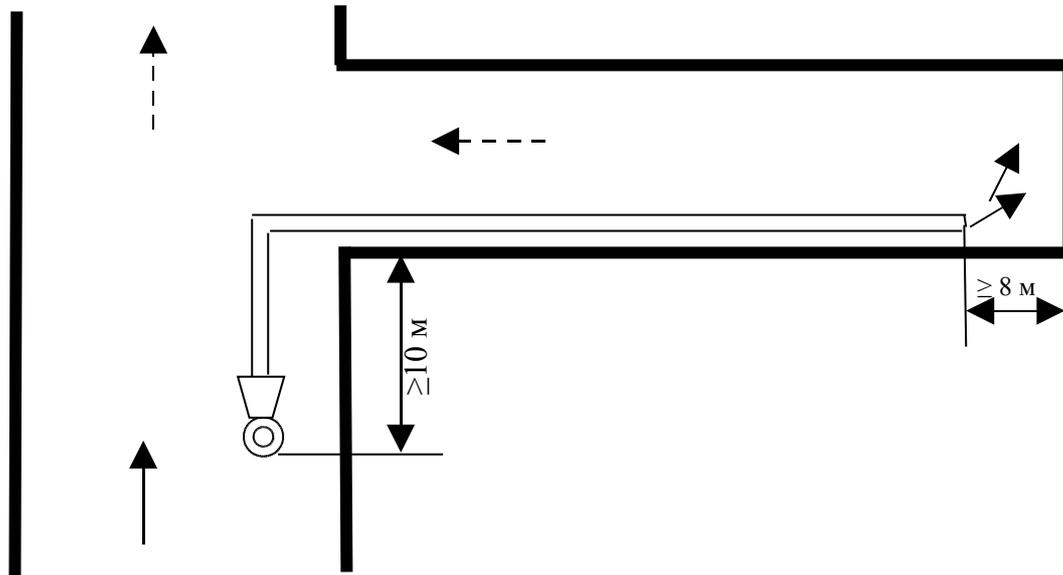


Рис. 1.1. Схема установки вентилятора местного проветривания

### 1.3. Варианты заданий

№№ п/п	Кол-во одно- вре- менно рабо- таю- щих в забое лю- дей, $N_{ч}$ , чел	Абсо- лют- ная га- зообиль- ность забоя, $I_{г}$ , $м^3/мин$	Сум- мар- ная мощ- ность машин с ДВС, $N_{двс}$ , л.с.	Кол-во одно- вре- менно рабо- таю- щих в забое машин с ДВС, $n$ , шт.	Кол-во одно- вре- менно взры- ваемо- го ВВ, $B$ , кг	Пло- щадь попе- речно- го се- чения выра- ботки в све- ту, $S$ , $м^2$	Длина выра- ботки, $L$ , м	Кэф- фици- ент утечек в тру- бопро- воде, $K_{ут.пр}$	Кэф- фици- ент обвод- ненно- сти, $K_{обв}$	Условия проведе- ния выра- ботки
<b>1.</b>	<b>6</b>	<b>0,2</b>	<b>120</b>	<b>1</b>	<b>60</b>	<b>18,2</b>	<b>600</b>	<b>1,2</b>	<b>0,8</b>	По породе
<b>2.</b>	<b>6</b>	<b>0,3</b>	<b>60</b>	<b>1</b>	<b>-</b>	<b>16,8</b>	<b>600</b>	<b>1,2</b>	<b>-</b>	По углю
<b>3.</b>	<b>6</b>	<b>0,5</b>	<b>96</b>	<b>1</b>	<b>60</b>	<b>16,2</b>	<b>300</b>	<b>1,2</b>	<b>0,3</b>	По породе
<b>4.</b>	<b>6</b>	<b>0,3</b>	<b>90</b>	<b>1</b>	<b>45</b>	<b>16,8</b>	<b>300</b>	<b>1,12</b>	<b>0,15</b>	По породе
<b>5.</b>	<b>6</b>	<b>1,0</b>	<b>60</b>	<b>1</b>	<b>45</b>	<b>16,2</b>	<b>150</b>	<b>1,12</b>	<b>0,8</b>	По углю
<b>6.</b>	<b>6</b>	<b>3,0</b>	<b>60</b>	<b>1</b>	<b>45</b>	<b>15,6</b>	<b>150</b>	<b>1,12</b>	<b>0,6</b>	По углю
<b>7.</b>	<b>6</b>	<b>0,5</b>	<b>60</b>	<b>1</b>	<b>-</b>	<b>16,2</b>	<b>500</b>	<b>1,06</b>	<b>-</b>	По породе
<b>8.</b>	<b>6</b>	<b>3,5</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>12,0</b>	<b>12,8</b>	<b>300</b>	<b>1,06</b>	<b>0,15</b>	По углю
<b>9.</b>	<b>6</b>	<b>3,0</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>15,0</b>	<b>12,8</b>	<b>500</b>	<b>1,06</b>	<b>0,3</b>	По углю
<b>10.</b>	<b>6</b>	<b>5,0</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>8,0</b>	<b>16,2</b>	<b>150</b>	<b>1,06</b>	<b>0,8</b>	По углю

#### **1.4. Вопросы для самоконтроля (требуются письменные ответы)**

1. Характеристика атмосферного воздуха и его составных частей.
2. Характеристика шахтного воздуха и его составных частей.
3. Предельно допустимые концентрации вредных и ядовитых газов в рудничном воздухе.
4. Пределы взрывчатости метана и водорода.
5. Допустимое содержание метана в горных выработках.
6. Абсолютная и относительная газообильность шахт.
7. Категории угольных шахт по газообильности.
8. Допустимые скорости движения воздуха в горных выработках.
9. Виды давления в движущемся воздухе.
10. Понятие депрессии.
11. Закон сопротивления, аэродинамическая характеристика шахты.
12. Режим работы вентилятора на сеть. Условия устойчивой работы вентилятора на сеть.
13. Совместная работа вентиляторов при их параллельной установке: условия эффективного применения.

14. Совместная работа вентиляторов при их последовательной установке: условия эффективного применения.

### **1.5. Задание для самостоятельной работы**

Изучение отраслевых правил безопасности ([1] или [2]) – раздел «Проветривание»: требования к составу атмосферы (ПДК вредных и опасных газов), требования к скорости движения воздуха в выработках; требования к организации проветривания тупиковых выработок, трубопроводам и вентиляторным установкам.