

Е.А. КОСАРЕВА

АЭРОЛОГИЯ

Учебно-методическое пособие

Самара
Самарский государственный технический университет
2009



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Ка ф е д р а физики

Е.А. КОСАРЕВА

АЭРОЛОГИЯ

*Утверждено
редакционно-издательским советом университета
в качестве учебно-методического пособия*

Самара
Самарский государственный технический университет
2009

УДК 551.51
К 55

Рецензенты: канд. техн. наук, доцент М.Б. Ромейко,
ст. преподаватель И.П. Сербина

Косарева Е.А.

К 55 **Аэрология**: учеб.-метод. пособ. для расчетных работ / *Е.А. Косарева*. –
Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2009. – 30 с.

Приведены цели и порядок выполнения расчетных работ, даны пояснения и рекомендации по их выполнению, содержится необходимый теоретический и справочный материал, разработаны индивидуальные варианты заданий.

Для студентов 4 курса, обучающихся по специальности 130401 «Физические процессы горного или нефтегазового производства».

УДК 551.51
К 55

© Е.А. Косарева, 2009
© Самарский государственный
технический университет, 2009

ПРЕДИСЛОВИЕ

Дисциплина «Аэрология» предусмотрена Государственным Образовательным стандартом высшего профессионального образования для специальности 070600.02 "Физические процессы нефтегазового производства".

Цель изучения этой дисциплины – получение знаний о законах движения сжимаемых сред (газов, аэрозолей и т.д.), составе рудничной атмосферы, об аэродинамических сопротивлениях, особенностях вентиляционных схем горного производства и подземного строительства, способах контроля параметров атмосферы.

В процессе изучения курса «Аэрология» студенту необходимо выполнить контрольную работу – индивидуальное домашнее задание (ИДЗ). Срок получения задания к ИДЗ – 6-7 неделя семестра, сдача выполненной работы – 12-13 неделя. *Номер варианта* контрольной работы указывается преподавателем.

Контрольная работа выполняется в тетради объемом 18 страниц или на листах формата А4. Для оформления контрольной работы допускается использование компьютера. В этом случае текст должен быть набран в формате редактора Microsoft Word или Open Office.org. Страницы должны быть пронумерованы.

Образец оформления титульного листа приведен в приложении 2.

При выполнении контрольной работы сначала следует записать *полное условие* задания.

В конце работы следует перечислить учебные пособия, которыми студент пользовался при ее выполнении. Библиографические ссылки должны быть номерными и даваться в квадратных скобках (например, [1]).

Выполненную работу надо сдать преподавателю для проверки. После проверки необходимо устранить отмеченные ошибки и в исправленном виде представить контрольную работу не позднее 13 недели текущего семестра.

Задание 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЖИМА ДВИЖЕНИЯ ВОЗДУХА

Различают два режима движения воздуха: ламинарный и турбулентный.

При небольшой скорости частицы воздуха перемещаются по направлению движения без поперечного перемешивания. Это спокойное, упорядоченное течение, при котором отдельные струйки воздуха движутся параллельно друг другу. Такое движение называется **ламинарным (слоистым)**. Внешний слой воздуха, прилегающий к поверхности трубы, в которой он движется, из-за сил молекулярного сцепления прилипает к ней и остается неподвижным. Скорость последующих слоев тем больше, чем больше их расстояние до поверхности трубы, и максимальной скоростью обладает слой, движущийся вдоль оси трубы.

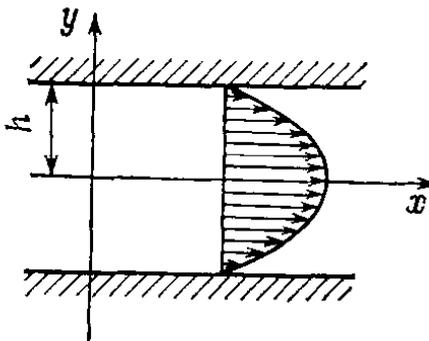


Рис. 1.1. Профиль скоростей при ламинарном режиме течения жидкости

Значение скорости при ламинарном режиме течения воздуха изменяется по параболическому закону:

$$v_x = v_0 \left(1 - \left(\frac{r}{R} \right)^2 \right),$$

где R – радиус трубы, r – расстояние от оси трубы до данной точки, v_0 – скорость на оси потока.

Профиль скоростей при ламинарном режиме течения воздуха показан на рис. 1.1.

Данное распределение скорости воздуха не всегда хорошо согласуется с экспериментом. Оказывается, что качественная картина течения существенно зависит от безразмерного параметра Re , называемого **числом Рейнольдса**:

$$Re = \frac{v_{cp} D}{\nu},$$

где v_{cp} – средняя скорость, D – характерный размер (гидравлический диаметр), ν – кинематическая вязкость.

Число Рейнольдса определяет относительную роль инерции и вязкости воздуха при течении. При малых Re основную роль играет вязкость, при больших – инерция. При небольших числах Рейнольдса каждая частица воздуха движется по прямой, движение слоистое, спокойное. При $1000 \leq Re \leq 2000$ происходит резкое изменение картины течения.

При $Re > 10^3$ течение перестает быть одномерным и стационарным. На среднюю скорость каждой частицы воздуха накладываются дополнительные составляющие, зависящие от времени и координат. Такое течение называется **турбулентным**. Турбулентное течение нестационарно. Число Рейнольдса, при котором происходит переход течения от ламинарного режима к турбулентному, называется **критическим числом Рейнольдса**. $Re_{крит}$ зависит от геометрии канала и начальных вихревых движений. В гладких трубах переход от ламинарного движения к турбулентному происходит при $Re_{крит} = 2300$ (табл. 1.1).

Таблица 1.1

Режимы течения воздуха

Режим движения воздуха	Число Рейнольдса Re	
	В гладких трубах	В выработках
Турбулентный	≥ 2300	> 1500
Ламинарный	< 2300	< 1500

Переход к турбулентному движению осуществляется быстро и характеризуется значительным возрастанием сопротивления выработок движению воздуха, которое выражается в увеличении коэффициента аэродинамического сопротивления трению.

Итак, с увеличением скорости ламинарное движение переходит в **турбулентное**, которое характеризуется беспорядочным, вихревым перемещением воздушных масс, пересекающих живое сечение потока в самых различных направлениях (частицы могут переходить из слоя в слой). На характер течения оказывает значительное влияние тонкий пристанный слой, называемый **пограничным слоем**. Поэтому шероховатость стенок играет существенную роль.

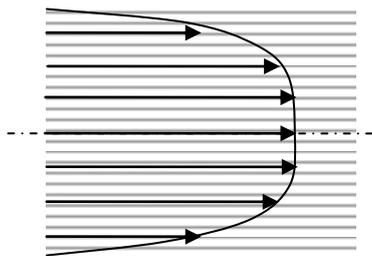


Рис. 1.2. Профиль скоростей при турбулентном режиме течения жидкости

Скорость частиц быстро возрастает по мере удаления от поверхности трубы, затем изменяется довольно незначительно. Так как частицы жидкости переходят из одного слоя в другой, то их скорости в различных слоях мало отличаются. Из-за большого градиента скоростей у поверхности трубы обычно происходит образование вихрей. Профиль усредненной скорости при турбулентном тече-

нии в трубах (см. рис. 1.2) отличается от параболического профиля при ламинарном течении более быстрым возрастанием скорости у стенок трубы и меньшей кривизной в центральной части течения.

В шахтах ламинарное движение наблюдается только при просачивании воздуха через узкие щели и мелкие отверстия, имеющиеся в вентиляционных сооружениях, через уплотнившееся выработанное пространство. В чистом виде ламинарное движение в горных выработках редко удается наблюдать даже при очень маленькой скорости движения воздуха, так как конвекционные воздушные токи, а также токи, возникающие за счет стремления легких газов (метан) подниматься вверх, нарушают спокойное слоистое движение воздуха. В выработках, проветриваемых деятельной вентиляционной струей, движение воздуха, как правило, турбулентное.

Цель работы – определить режим движения воздуха в выработке.

Исходные данные принять в соответствии с вариантом (см. табл. П1.1).

ЭТАПЫ ВЫЧИСЛЕНИЙ

1. Определить среднюю скорость $v_{\text{ср}}$ движения воздуха в выработке по формуле

$$v_{\text{ср}} = \frac{Q}{S_{\text{св}}},$$

где Q – количество воздуха, проходящего по выработке, $\text{м}^3/\text{с}$; $S_{\text{св}}$ – площадь поперечного сечения выработки в свету, м^2 .

Площадь поперечного сечения выработки в свету рассчитывают по одной из нижеследующих формул в зависимости от формы поперечного сечения выработки:

– для выработок с круглым поперечным сечением

$$S_{\text{св}} = \frac{\pi D_{\text{св}}^2}{4},$$

где $D_{\text{св}}$ – диаметр выработки в свету;

– для выработок с поперечным сечением арочной формы

$$S_{\text{св}} = B_{\text{н}} h_{\text{пр}} + \frac{\pi B_{\text{н}}^2}{8},$$

где $h_{\text{пр}}$ – высота прямолинейной части выработки, $B_{\text{н}}$ – ширина нижнего и верхнего оснований выработки;

– для выработок с поперечным сечением трапециевидной формы

$$S_{\text{св}} = \frac{H(B_{\text{н}} + B_{\text{в}})}{2},$$

где H – высота выработки; $B_{\text{н}}$, $B_{\text{в}}$ – соответственно ширина нижнего и верхнего оснований выработки;

– для выработок с поперечным сечением прямоугольной формы

$$S_{\text{св}} = HB,$$

где H – высота выработки; B – ширина выработки.

2. Определить гидравлический диаметр выработки:

– для выработок круглого сечения

$$D = D_{\text{св}};$$

– для некруглых выработок

$$D = \frac{4S_{\text{св}}}{P},$$

где P – периметр выработки, м.

3. Рассчитать число Рейнольдса:

$$\text{Re} = \frac{v_{\text{ср}} D}{\nu},$$

где $v_{\text{ср}}$ – средняя скорость движения воздуха в выработке, м/с; D – гидравлический диаметр выработки, м; ν – кинематическая вязкость воздуха, равная $\nu = 1,5 \cdot 10^{-5}$ м/с².

4. По числу Рейнольдса определить режим движения воздуха в выработке (см. табл. 1.1).

Задание 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА ВОЗДУХА, НЕОБХОДИМОГО ДЛЯ ПРОВЕТРИВАНИЯ СТВОЛА

Подземные выработки являются местом интенсивного выделения вредных газов (из полезного ископаемого, горных пород, в результате взрывных работ), а также тепла и пыли. Для создания нормальных условий труда на местах необходимо постоянно подавать в выработки свежий воздух. Причем количество и скорость движения воздуха должны обеспечивать минимальную запыленность, допустимую температуру рудничной атмосферы, поддерживать концентрацию вредных веществ в пределах норм Правил безопасности.

В настоящее время для проветривания шахт, рудников и подземных помещений применяют осевые вентиляторы и центробежные вентиляторы. Различают вентиляторы главного проветривания и вспомогательные. К первым относят вентиляторы, проветривающие всю шахту (рудник, подземное сооружение), ко вторым – вентиляторы, обслуживающие один или группу участков и периодически переносимые по мере продвижения горных работ.

Выбор вентилятора осуществляется при помощи индивидуальных характеристик, вид которых показан на рис. 2.1. Предварительно рассчитывается количество воздуха, которое необходимо подать в забой, и напор, который необходимо создать для подачи расчётного количества воздуха в забой ствола по принятой схеме проветривания.

жде
необ-
опре-
тре-
ся ко-
возду-
чет

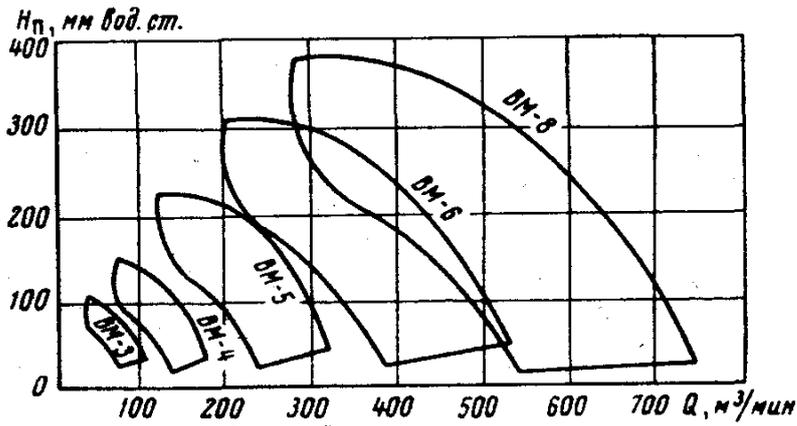


Рис. 2.1. Рабочие зоны одноступенчатых проходческих вентиляторов с электрическим приводом

Пре-
всего
ходимо
делить
будущее-
личество
ха. Рас-
произ-

водится по следующим основным факторам: наибольшему количеству людей, занятых одновременно на подземных работах; условию разжижения до безопасных концентраций ядовитых газов, образующихся при взрывных работах, и выделяющегося метана; углекислому газу; пыли; соблюдению установленной ПБ скорости движения воздуха. Окончательно принимается максимальное количество воздуха из полученных. После этого выбирается ориентировочно диаметр и тип труб, определяются утечки, подсчитывается депрессия и выбирается вентилятор.

Цель работы – определить количество воздуха, которое надо подать в забой ствола по принятой схеме проветривания.

Исходные данные принять в соответствии с вариантом (см. табл. П1.2).

ЭТАПЫ ВЫЧИСЛЕНИЙ

1. Рассчитать количество воздуха для проветривания ствола по следующим факторам:

– по наибольшему числу людей n занятых в выработке людей и нормы подачи $6 \text{ м}^3/\text{мин}$ воздуха на человека:

$$Q_{\text{л}} = 6n, \text{ м}^3/\text{мин};$$

– по минимальной скорости движения воздуха по выработке:

$$Q_B = 60v_{min}S_{св}, \text{ м}^3/\text{мин},$$

где v_{min} – минимально допустимая скорость движения воздуха, принимаемая равной 0,15 м/с, $S_{св}$ – площадь поперечного сечения выработки в свету, м^2 ;

– по расходу взрывчатых веществ:

$$Q_{ВВ} = \frac{2,25 \cdot S_{св}}{t} \sqrt[3]{\frac{A \cdot b \cdot \varphi \cdot L^2}{\rho^2 S_{св}}}, \text{ м}^3/\text{мин}.$$

Здесь t – максимальное время проветривания, мин (во всех вариантах принять $t = 30$ мин); A – количество одновременно взрываваемых ВВ, кг; b – газоносность ВВ, л/кг, принимаемая при взрывании по породе 40 л/кг; φ – коэффициент обводненности ствола; L – длина выработки (ствола), на которой происходит разжижение ядовитых газов от ВВ до допустимых по ПБ концентраций, м; ρ – коэффициент утечек воздуха.

Величину L определяют по формуле

$$L = \frac{12,5 \cdot A \cdot b \cdot k_T}{S_{св}}.$$

Здесь k_T – коэффициент турбулентной диффузии (принять $k_T = 0,3$).

Величина коэффициента утечек из трубопровода определяется как

$$\rho = \left(\frac{d_T \cdot k_{yc} \cdot H_c \sqrt{R}}{3l_T} + 1 \right)^2,$$

где d_T – диаметр вентиляционного трубопровода, м; k_{yc} – коэффициент удельной стыковой воздухопроницаемости, равный при резиновых прокладках 0,0006; H_c – полная длина трубопровода, м; l_T – длина звена трубопровода (одной трубы), м (равная 2,5 м при $d_T \leq 0,7$ м и 3,5 м при применении труб больших диаметров); R – аэродинамическое сопротивление трубопровода, равное

$$R = \frac{6,5 \cdot \alpha \cdot H_c}{d_T^5}, \text{ км},$$

где α – коэффициент аэродинамического сопротивления труб.

2. Выбрать из трех полученных значений $Q_{\text{л}}$, $Q_{\text{в}}$, $Q_{\text{вв}}$ наибольшую величину Q_{max} количества воздуха, которое надо подать в забой.

3. Определить производительность вентилятора:

$$Q_{\text{вент}} = \rho \cdot Q_{\text{max}}, \text{ м}^3/\text{мин}.$$

4. Определить напор вентилятора:

$$h_{\text{вент}} = 9,8 \cdot R \cdot Q_{\text{вент}} \cdot Q_{\text{max}}, \text{ Па}.$$

При этом $Q_{\text{вент}}$ и Q_{max} подставляются в $\text{м}^3/\text{с}$.

Задание 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕПРЕССИИ ГОРНОЙ ВЫРАБОТКИ

Для правильной организации проветривания необходимо знать депрессию горной выработки, подлежащей проветриванию.

Депрессия h – разность давлений между двумя сечениями в выработке, по которой идет воздух, необходимая для преодоления сопротивления движения воздуха.

Движение воздуха всегда сопровождается потерей напора на гидравлических сопротивлениях. Причиной гидравлического сопротивления является вязкость воздуха, шероховатость стенок трубопровода или поверхностей выработки, резкое изменение величины и направления скорости на местных сопротивлениях.

Величина потерь напора зависит от скорости движения воздуха:

$$h = cV^n,$$

где c – коэффициент, характеризующий аэродинамические свойства выработки, величина показателя степени n зависит от режима течения жидкости и характера сопротивления.

Поскольку скорость движения воздуха пропорциональна его расходу и обратно пропорциональна площади сечения выработки

($v \sim \frac{Q}{S}$), то предыдущее выражение можно представить в виде **за-**

кона сопротивления:

$$h = R \cdot Q^n,$$

где R – коэффициент пропорциональности, имеющий при турбулентном движении смысл **аэродинамического сопротивления**, кц; Q – количество (расход) воздуха в выработке, м³/с, n – показатель степени, зависящий от режима движения, для турбулентного режима:

- при $Re > 30000$ $n = 2$;
- при $20000 < Re < 30000$ $n = 1,8$,

для ламинарного режима $n = 1$.

Аэродинамическое сопротивление R выработок зависит от геометрических размеров, длины выработки, шероховатости крепи, загроможденности поперечного сечения оборудованием, извилистости выработок и т.д. и определяется по формуле

$$R = \frac{\alpha_3 \cdot P \cdot L}{S_{св}},$$

где P – периметр выработки, м; L – длина выработки, м; $S_{св}$ – площадь сечения выработки в свету, м²; α_3 – коэффициент аэродинамического сопротивления трения, Н·с²/м⁴, величина которого зависит от типа и материала крепи, формы выработки, захламленности выработки, наличия крупногабаритного оборудования.

Различают три основных вида аэродинамического сопротивления выработок: сопротивление трения (рассредоточенные сопротивления), местные и лобовые сопротивления.

Рассредоточенные сопротивления. Из-за наличия сил вязкости воздух как бы прилипает к стенкам выработок, вызывая торможение прилегающих к стенкам слоев воздуха. Для преодоления сил трения расходуется сообщаемая воздуху извне энергия, которая рассеивается в виде тепла и потерь. Величина сил трения (а следовательно, и аэродинамического сопротивления, обусловленного этими силами) зависит от вязкости воздуха, шероховатости стенок выработок, поперечного сечения и длины выработки. Потеря напора на рассредоточенном сопротивлении пропорциональна длине выработки, поэтому такие сопротивления называют также гидравлическими сопротивлениями по длине.

Местные сопротивления, вызываемые резкими (местными) изменениями формы внешних границ потока, представляют собой дополнительные сопротивления, приводящие к изменению скорости потока воздуха по величине или направлению.

Местные сопротивления в горных выработках могут быть вызваны любым искажением сечения потока: внезапным расширением и сужением (например, в вентиляционном окне); поворотом потока; разделением или слиянием потока; обтеканием потоком крапов, вентиляй, задвижек, клапанов и т.д. Их рассматривают как сопротивления без длины.

Лобовым называется сопротивление, оказываемое потоку находящимся в нем телом. Лобовое сопротивление вызывают элементы армировки, стойки, используемое в шахте оборудование и т.п.

Все гидравлические сопротивления обладают свойством аддитивности.

Цель работы – освоить методику расчета сопротивления и депрессии горных выработок.

Исходные данные принять в соответствии с вариантом (см. табл. П1.2 и П1.3).

ЭТАПЫ ВЫЧИСЛЕНИЙ

1. Определить коэффициент аэродинамического сопротивления воздуха. При этом используются следующие формулы.

Для выработок, закрепленных монолитным бетоном, бетоном, кирпичом:

– при круглом поперечном сечении

$$\alpha = \frac{0,14715}{\left[1,74 + 2 \cdot \lg \left(\frac{D}{d_0} \right) \right]^2};$$

– при некруглом поперечном сечении выработки

$$\alpha = \frac{0,14715}{\left[1,74 + 16,3 \cdot \lg \left(\frac{4,8\sqrt{S}}{d_0} \right) \right]^2},$$

где D – диаметр выработки, м; d_0 – высота выступа шероховатости поверхности крепи, принимаемая равной для монолитного бетона $d_0 = 0,004$ м, для бутовой кладки (бетонита) $d_0 = 0,02$ м, для кирпичной кладки $d_0 = 0,0013$ м; S – площадь поперечного сечения выработки, м², ее значение возьмите как $S_{св}$ из табл. П2.1 (см. приложение 2).

Для выработок, закрепленных рамной крепью:

– арочной металлической крепью из СВП (рис. 3.1)

$$\alpha = \frac{1,08 \cdot 10^{-3}}{\left[0,175 + 0,06 \cdot \lg \left(\frac{\varepsilon \cdot \Delta}{5 \cdot m'_1 \cdot m_2} \right) \right]^2},$$

где ε – поперечный калибр крепи, м; Δ – продольный калибр крепи, м; m'_1 – параметр, характеризующий распределение шероховатости; m_2 – коэффициент, равный отношению периметра p_k (м) крепи к периметру P выработки (м): $m_2 = \frac{p_k}{P} = \frac{3}{4}$ (периметр крепи равен 3/4 общего периметра).

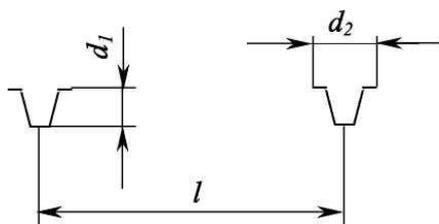


Рис. 3.1. Схема к определению параметров арочной металлической крепи из СВП

Поперечный ε и продольный Δ калибр крепи, а также величину параметра m'_1 определяют по формулам

$$\varepsilon = \frac{0,48 \sqrt{S_{св}}}{d_1}, \quad \Delta = \frac{5d_2}{l}, \quad m'_1 = 1 - \frac{d_2}{l},$$

где l – шаг крепи, м; d_1 и d_2 – параметры сечений СВП (табл. 3.1).

Таблица 3.1

Параметры сечений СВП

	СВП-22	СВП-27	СВП-33
d_1 , м	0,11	0,123	0,137
d_2 , м	0,1455	0,1495	0,1663

– для арочной крепи из двутавра

$$\alpha = \frac{9,81 \cdot 10^{-4}}{\left[0,135 + 0,2 \cdot \lg \left(\frac{2S_{\text{CB}}}{p_{\text{к}} \cdot \ell} \right) \right]^2},$$

где $p_{\text{к}}$ – периметр крепи, м ($p_{\text{к}} = \frac{3}{4}P$, где P – периметр выработки);

ℓ – шаг крепи, м (здесь и далее принять $\ell = 1$ м).

– для трапециевидной и прямоугольной крепи из железобетонных стоек и металлических двутавровых балок

$$\alpha = \frac{9,81 \cdot 10^{-4}}{\left[0,2 + 0,2 \cdot \lg \left(\frac{2S_{\text{CB}}}{p_{\text{к}} \cdot \ell} \right) \right]^2};$$

– для трапециевидной и прямоугольной крепи из стоек и верхняков прямоугольного сечения

$$\alpha = \frac{9,81 \cdot 10^{-4}}{\left[0,2 - 0,222 \cdot \lg \left(\frac{2S_{\text{CB}}}{p_{\text{к}} \cdot \ell} \right) \right]^2}.$$

2. Необходимо скорректировать найденное значение аэродинамического сопротивления α до значения $\alpha_{\text{к}}$ в зависимости от загромождения выработки. При установке в выработке конвейеров

$$\alpha_{\text{к}} = \alpha \cdot \frac{S_{\text{CB}}^2}{S_1^2},$$

где S_1 – площадь (м^2) выработки в свету, уменьшенная на площадь, занимаемую конвейером:

$$S_1 = S_{\text{CB}} - B \cdot H,$$

где B, H – габариты конвейера, м (см. табл. 3.2).

3. Необходимо скорректировать найденное значение $\alpha_{\text{к}}$ с учетом направления воздушной струи:

– если конвейер работает навстречу воздушному потоку, то

$$\alpha_{к1} = 1,2 \alpha_{к};$$

– если конвейер работает по направлению воздушного потока,

$$\alpha_{к1} = \alpha_{к}.$$

Таблица 3.2

Габариты наиболее распространенных конвейеров

Тип конвейера	Высота H , м	Ширина B , м
1Л 100, 1ЛУ 100, 2ЛУ 100	0,925	1,4
1Л80, 1ЛТ80, 2Л-80	0,93	1,108
1ЛТ 100	0,950	1,3
2ЛУ 120 А 2ЛУ 120 Б 2ЛУ 120 В	1,087	1,63
1ЛТ 120	1,18	1,7

4. Необходимо скорректировать величину $\alpha_{к1}$ с учетом расположение конвейера:

– если используется подвесной конвейер, то

$$\alpha_{к2} = 0,8 \alpha_{к1};$$

– если конвейер закреплен на лежнях, то

$$\alpha_{к2} = \alpha_{к1}.$$

5. Необходимо скорректировать величину $\alpha_{к2}$ с учетом загроможденности выработки:

– при сильном загромождении

$$\alpha_{к3} = \alpha_{к2} + 0,01;$$

– при среднем загромождении

$$\alpha_{к3} = \alpha_{к2} + 0,003;$$

– при умеренном загромождении

$$\alpha_{к3} = \alpha_{к2} + 0,001.$$

6. Необходимо скорректировать величину $\alpha_{к3}$ с учетом извилистости выработки. Это значение и будет равно коэффициенту аэродинамического сопротивления трения $\alpha_{э}$:

– при умеренной извилистости

$$\alpha_{э} = \alpha_{к3} + 0,002;$$

– при средней извилистости

$$\alpha_э = \alpha_{кз} + 0,003;$$

– при сильной извилистости

$$\alpha_э = \alpha_{кз} + 0,005.$$

7. Определить аэродинамическое сопротивление выработки по формуле

$$R = \frac{\alpha_э \cdot P \cdot L}{S_{св}}.$$

8. Рассчитать депрессию горной выработки по формуле

$$h = R \cdot Q^2.$$

Величину расхода воздуха Q возьмите из табл. П.1.1 приложения 1.

Задание 4. АНАЛИТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СЕТЕЙ

Современные подземные сооружения представляют собой сложную сеть подземных коммуникаций, выработок и пр., имеющих неодинаковые площади поперечного сечения, разную протяженность, различную шероховатость. Они могут соединяться между собой последовательно и параллельно.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ СОЕДИНЕНИЕ

Последовательное соединение (см. рис. 4.1) характеризуется тем, что через каждую из выработок с сопротивлением $R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$ проходит одно и то же количество воздуха. Одна и та же воздушная струя, не разветвляясь, омывает одну выработку за другой:

$$Q_{\text{общ}} = Q_1 = Q_2 = Q_3 \dots = Q_n.$$

Общая депрессия всего соединения равна

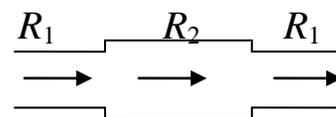


Рис. 4.1. Последовательное соединение выработок

$$h_{\text{общ}} = h_1 + h_2 + h_3 + \dots + h_n.$$

Заменив $h = R \cdot Q^2$, получим

$$R_{\text{общ}} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n.$$

Общее сопротивление последовательно соединенных выработок равно сумме сопротивлений отдельных выработок.

ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ СОЕДИНЕНИЕ

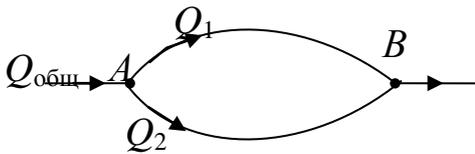


Рис. 4.2. Параллельное соединение выработок

Параллельное соединение представляет собой вентиляционную сеть, в которой струя воздуха, имеющая общий дебит в какой-либо точке A расходится на несколько ветвей, в простейшем случае на две (см. рис. 4.2), которые затем вновь соединяются в одну.

Характерная особенность параллельных соединений заключается в том, что депрессии параллельных выработок, если в них не установлены дополнительные вентиляторы, всегда равны между собой независимо от сопротивления:

$$h_{\text{общ}} = h_1 = h_2 = \dots = h_n.$$

Общий дебит (расход воздуха)

$$Q_{\text{общ}} = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n.$$

Поскольку $H = R_1 \cdot Q_1^2 = R_2 \cdot Q_2^2$, то

$$Q_1 = Q_2 \sqrt{\frac{R_2}{R_1}}.$$

С учетом предыдущей формулы, получим

$$Q_1 = \frac{Q_{\text{общ}}}{1 + \sqrt{\frac{R_1}{R_2}}}, \quad Q_2 = \frac{Q_{\text{общ}}}{1 + \sqrt{\frac{R_2}{R_1}}}.$$

Общее сопротивление параллельного соединения

$$H = R_{\text{общ}} \cdot Q_{\text{общ}}^2.$$

Отсюда

$$R_{\text{общ}} = R_2 \cdot \frac{Q_2^2}{Q_{\text{общ}}^2} = \frac{R_2}{\left(\sqrt{\frac{R_2}{R_1}} + 1\right)^2} = \frac{R_1}{\left(\sqrt{\frac{R_1}{R_2}} + 1\right)^2},$$

или

$$R_{\text{общ}} = \frac{R_1 R_2}{\left(\sqrt{R_1} + \sqrt{R_2}\right)^2}.$$

Если несколько ветвей с одинаковым сопротивлением R_1 соединены параллельно, то

$$R_{\text{общ}} = \frac{R_1}{n^2},$$

где n – количество параллельно соединенных выработок.

При смешанном соединении выработок одни выработки соединены параллельно, другие – последовательно. В этом случае находятся эквивалентные характеристики отдельных участков, а затем общие характеристики.

Цель работы – освоить методику аналитического расчета вентиляционных сетей.

Исходные данные: принять согласно варианту (см. табл. П1.4).

ЭТАПЫ ВЫЧИСЛЕНИЙ

1. Разбить заданную вентиляционную сеть шахты на участки простых соединений (параллельных или последовательных) из двух выработок.

2. Рассчитать эквивалентные аэродинамические сопротивления для полученных участков вентиляционной сети, а затем суммарное аэродинамическое сопротивление сети выработок.

3. Рассчитать депрессию каждого участка и суммарную депрессию вентиляционной сети.

4. Рассчитать количество воздуха, проходящего по каждому участку, а затем – по каждой выработке.

5. Определить средние скорости движения воздуха в каждой выработке по формуле

$$v_{\text{ср}} = \frac{Q}{S},$$

где Q – количество воздуха, проходящего по выработке, м³/с; S – площадь поперечного сечения выработки в свету, м².

6. Полученные скорости движения воздуха в выработках сравнить с допустимыми по Правилам Безопасности (табл. 4.1) и сделать выводы.

Таблица 4.1

Допустимые скорости движения воздуха

Температура воздуха, °С	Скорость воздушной струи, м/с		
	Максимальная, не зависящая от температуры	Минимальная при температуре	
		В очистных забоях	В подготовит. выработках
До 15	4,0	0,25	0,15
15-20		0,6	0,3
20-22		1,0	1,0
22-24		1,5	1,5
24-26		2,0	2,0

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кирин, Б.Ф., Ушаков, К.З. Рудничная и промышленная аэрология / Б.Ф. Кирин, К.З. Ушаков. – М.: Недра, 1983. – 319 с.
2. Мустель, П.И. Рудничная аэрология / П.И. Мустель. – М.: Недра, 1970.
3. Вентиляторы главного и местного проветривания: отраслевой каталог. – М., 1995.
4. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Аэрология подземных сооружений». / Сост. А.Ю. Прокопов, М.В. Прокопова и др. – Новочеркасск: ЮРГТУ, Донецк: ДонНТУ, Днепротровск: НГУ. 2006. – 28 с.
5. Методические указания к выполнению курсового проекта по дисциплине «Технология сооружения вертикальных стволов в обычных горно-геологических условиях» / Сост. Ю.А. Пшеничный, В.Ф. Формос. – Донецк: ДонГТУ, 1999. – 35 с.

Образец оформления титульного листа

<p style="text-align: center;">Контрольная работа по аэрологии</p> <p>ВЫПОЛНИЛ: студент IV-НТФ- курс - факультет - группа</p> <p style="text-align: center;">Иванов И.И. Ф.И.О в именительном падеже</p> <p style="text-align: center;">Вариант № ____</p> <p>зачетная книжка № _____</p> <p>ПРОВЕРИЛ _____ Ф.И.О. преподавателя</p>
--

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
Задание 1. Определение режима движения воздуха.....	4
Задание 2. Определение количества воздуха, необходимого для проветривания ствола	8
Задание 3. Определение депрессии горной выработки	11
Задание 4. Аналитический расчет вентиляционных сетей	17
Библиографический список.....	20

Учебное издание

КОСАРЕВА Евгения Александровна

Аэрология

Редактор *С.В. Савельева*
Верстка *Е.Э. Парсаданян*
Выпускающий редактор *Н.В. Беганова*

Подп. в печать 28.07.09. Формат 60x84 ¹/₁₆.
Усл. п. л. 1,86. Уч.-изд. л. 1,68.
Тираж 100 экз. Рег. №. 51/09.

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Самарский государственный технический университет»
443100, г. Самара, Молодогвардейская, 244. Главный корпус

Отпечатано в типографии Самарского
государственного технического университета
443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244. Корпус № 8