

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Кузбасский государственный технический университет
имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра аэрологии, охраны труда и природы

Составитель
А. А. Галлер

АЭРОЛОГИЯ КАРЬЕРОВ

**Методические указания к практическим работам
для студентов всех форм обучения**

Рекомендованы учебно-методической комиссией
направления подготовки 21.05.04 «Горное дело», специализации
«Технологическая безопасность и горноспасательное дело»,
в качестве электронного издания
для использования в учебном процессе

Кемерово 2017

Рецензенты:

Кроль Г. В. – кандидат технических наук, доцент кафедры аэрологии, охраны труда и природы

Шевченко Л. А. – доктор технических наук, профессор кафедры аэрологии, охраны труда и природы, председатель учебно-методической комиссии специализации «Технологическая безопасность и горноспасательное дело»

Галлер Александр Александрович

Аэрология карьеров [Электронный ресурс]: методические указания к практическим работам для студентов направления подготовки 21.05.04 «Горное дело», образовательная программа «Технологическая безопасность и горноспасательное дело», всех форм обучения / сост. А. А. Галлер; Кузбасс. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева. – Электрон. издан. – Кемерово, 2017. – Систем. требования : Pentium IV; ОЗУ 8 Мб ; Windows 2003; мышь. – Загл. с экрана.

Подготовлены по дисциплине «Аэрология карьеров», содержат темы практических работ, методику расчетов схем естественной и искусственной вентиляции карьеров, определения средств искусственной вентиляции, рекомендации по выполнению практических работ, контрольные вопросы.

© КузГТУ, 2017

© Галлер А. А.,
составление, 2017

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания к практическим работам предназначены для изучения и закрепления знаний по дисциплине «Аэрология карьеров» и составлены в соответствии с рабочей программой специализации 21.05.04.12 «Технологическая безопасность и горноспасательное дело» специальности «Горное дело».

Цель практических занятий состоит в том, чтобы студенты получили навыки, позволяющих принимать технические и технологические решения по проектированию проветривания карьеров, определять параметры схем естественного проветривания карьеров исходя из метеорологических условий, контуров на поверхности и глубины горных выработок, применяемой техники и технологии горных работ, выбирать способы искусственной вентиляции карьеров, рассчитывать требуемое количество воздуха для снижения концентрации вредных веществ до санитарно-гигиенических норм, выбирать схемы установки вентиляторов, определять тип и количество вентиляторов для проветривания карьеров.

Студенты в процессе практических занятий последовательно выполняют расчеты по этапам проектирования естественной и искусственной вентиляции карьера, определяют средства искусственной вентиляции.

Результаты выполненных расчетов оформляются в виде отчетов по практическим работам и сдаются преподавателю для проверки и допуска к защите.

Практическая работа № 1 Определение параметров естественного проветривания карьера

Цель работы: научить студентов определять схемы естественного проветривания карьера и параметры зоны рециркуляции.

Последовательность расчета естественного проветривания карьера:

- а) анализ исходных данных;

б) оценка технологии и механизации горных работ с точки зрения выделения вредностей и необходимости вентиляции карьера;

в) анализ схем естественного проветривания карьера для характерных периодов развития горных работ при различных направлениях ветра и его скорости;

г) установление расчетного направления ветра и соответствующей схемы проветривания карьера;

д) определение параметров зоны рециркуляции карьера.

Исходные данные к расчету проветривания карьера

Студент получает у преподавателя номер варианта для выполнения практической работы (приложение) и согласно полученному варианту выполняет расчеты по определению параметров зоны рециркуляции карьера.

Схема карьера, имеющего длину L , ширину B , глубину H , приведена на рис. 1. Карьер отрабатывается n уступами высотой h_y (на плане рекомендуется изображать сдвоенные уступы). Известно, что ветер i -го направления, имеющий скорость U_1 , характерен для K_1 дней в году. Около K_2 дней в году бывают штили продолжительностью t , а остальное время года для других направлений скорость ветра равна U_2 .

На подветренном борту на расстоянии x_T от бровки карьера расположена обогатительная фабрика (объект А) с трубой высотой H_T . Из трубы выбрасывается q_{T_1} пыли, содержащей более 10 % свободной двуокиси кремния и q_{T_2} окиси углерода. Около обогатительной фабрики экскаватор ЭКГ-5 отгружает в вагоны хвосты обогащения с интенсивностью пылевыведения $q_{Э_1}$.

Вдоль I борта на расстоянии x_A от борта карьера проходит автодорога, по которой двигаются n_{A_1} самосвалов БелАЗ-7514, из которых одновременно находятся в работе n_{A_1P} штук. Интенсивность пылеобразования для них равна q_{A_1} .

В карьере из n_b буровых станков СБШ-250, одновременно работает n_{bp} , с интенсивностью выделения пыли q_b . Экскаваторы ЭКГ-12 загружают самосвалы БелАЗ-7514, с интенсивностью

выделения пыли $q_{Э_2}$, из $n_{Э_2}$ экскаваторов одновременно в работе находятся $n_{Э_2P}$. Общая численность автосамосвалов в карьере составляет n_{A_2} , одновременно в работе находятся n_{A_2P} самосвалов. Самосвалы двигаются с интенсивностью пылевыведения q_{A_2} по дороге, находящейся на борту карьера.

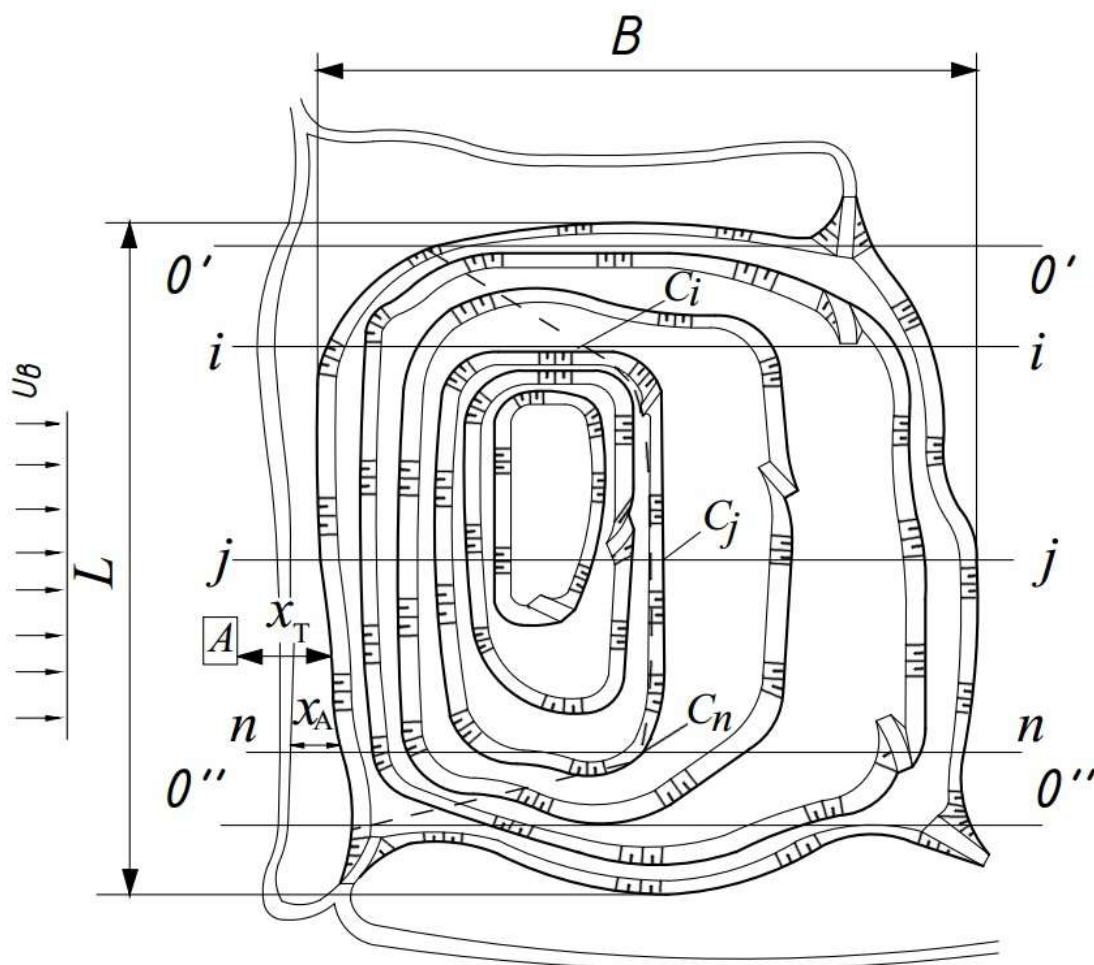


Рис. 1. Схема построения плана карьера

Карьер является частью земной поверхности, и воздухообмен в нем определяется скоростью ветра и распределением температуры в приземном слое воздуха.

При ветре с достаточно высокими скоростями в приземном слое в карьере образуется либо свободная (рециркуляционная) (рис. 2а), либо полуограниченная (прямоточная) (рис. 2б) струя, которая обеспечивает эффективный вынос вредных веществ.

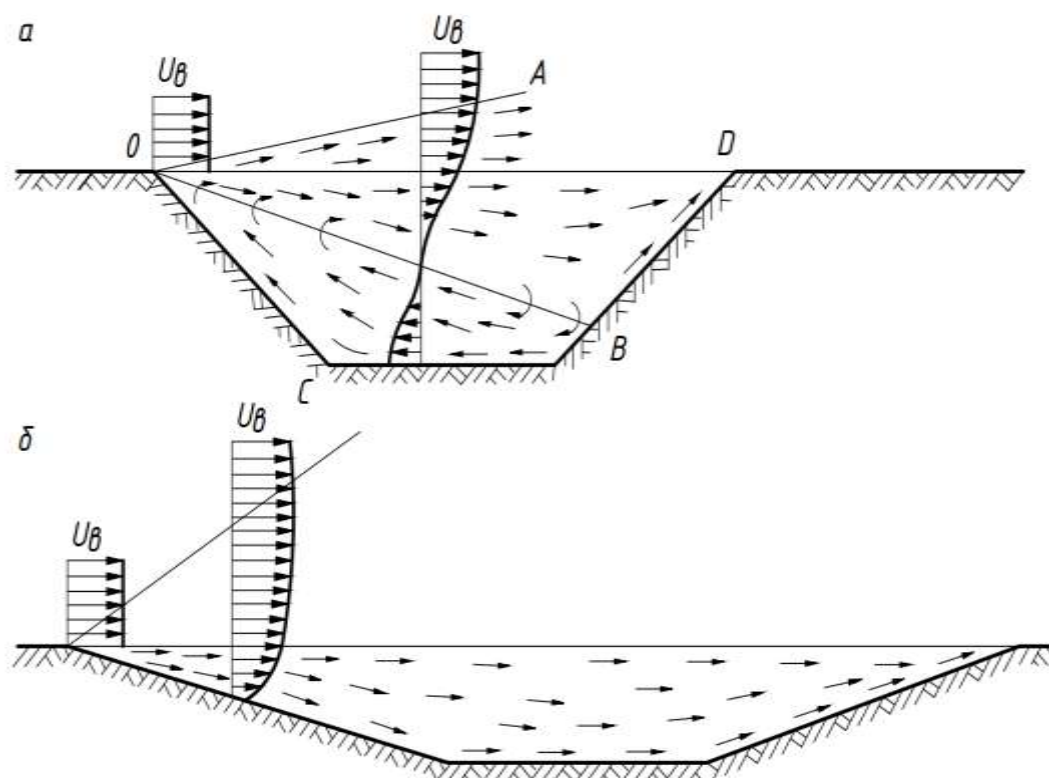


Рис. 2. Схемы проветривания карьера:
 а – рециркуляционная; б – прямоточная

Свободная или рециркуляционная струя образуется при большом угле откоса борта карьера при разработке крутопадающих и наклонных месторождений. Эта струя образует обратную струю второго рода в зоне ОБСО и приводит к многократной циркуляции части воздуха в объеме карьера. Эта зона ОБСО называется застойной или мертвой, т.к. часть вредных веществ при рециркуляции будет возвращаться обратно в эту зону и со временем накапливаться в ней.

Схема проветривания с полуограниченной струей называется прямоточной, т.к. воздух в карьере движется в одном направлении и не имеет застойных зон. Эта схема встречается при разработке пологих и горизонтальных месторождений. При отсутствии ветра или его малой скорости движение воздуха в карьере формируется под действием термических и объемных (тяжести, инерции и др.) сил.

Воздух в карьере подогревается дном, бортами под действием солнца, окислительных процессов, эндогенным теплом пород. Слои воздуха, прилегающие к подогреваемым поверхностям,

становятся более легкими и поднимаются вверх, вынося вредности. Такая схема проветривания называется конвективной или переносной.

При морозах воздух становится более тяжелым и опускается на дно карьера. Такая схема движения воздуха называется инверсионной или перестановочной и вынос вредностей из карьера практически не происходит. Периоды инверсии на карьерах могут быть значительны по времени.

Прямоточная схема возникает при скорости ветра на поверхности превышающей 0,8–1 м/с и угле откоса подветренного борта карьера $\alpha_1 \leq 15^\circ$. При прямоточной схеме ветровой поток на поверхности у верхней бровки подветренного борта карьера начинает расширяться в сторону карьера и омывает подветренный борт. Встретив наветренный борт карьера, поток воздуха поворачивает вверх и, двигаясь вдоль него, сужается (рис. 3).

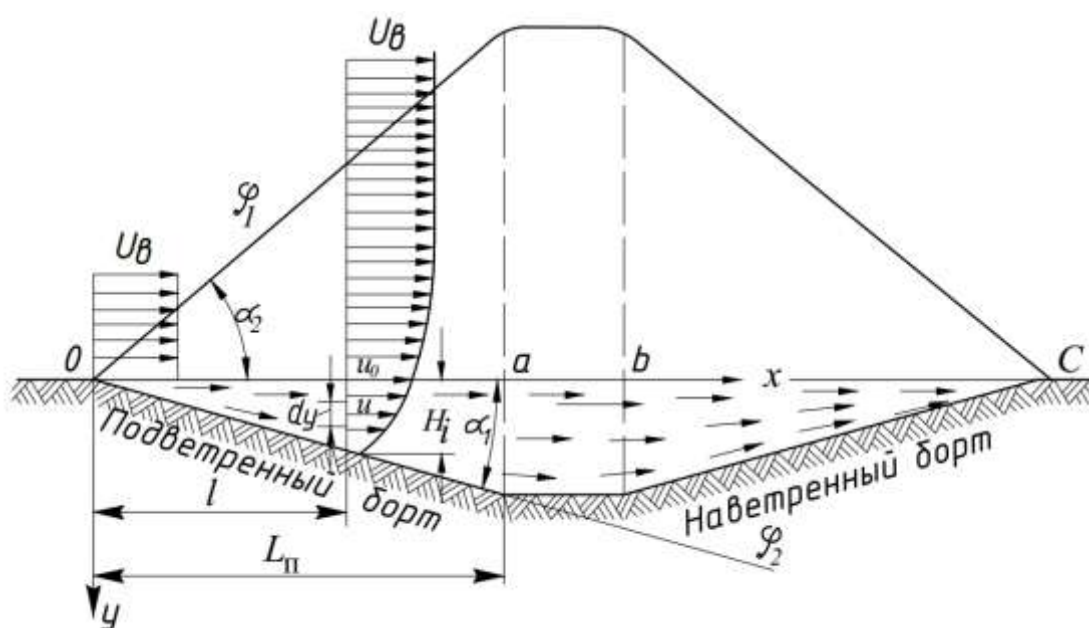


Рис. 3. Прямоточная схема движения воздуха в карьере

Рециркуляционная схема возникает при скорости ветра на поверхности более 1 м/с и углах откоса подветренного борта карьера $\alpha_1 > 15$ (рис. 4). Свободная струя при достижении точки В наветренного борта разделяется на две части. Верхняя часть, двигаясь вдоль борта вверх, выходит на поверхность (спутный поток

воздуха или свободная струя I рода). Вторая поворачивает вниз и, двигаясь в направлении, противоположном первоначальному направлению, образует также свободную струю II рода. При рециркуляционной схеме проветривания имеется 2 зоны с различным движением потока воздуха в них:

- зона спутного потока, совпадающего с направлением ветра;
- зона обратного потока, направление движения воздуха в которой противоположно направлению ветра.

Из зоны обратного потока воздух, поворачивая вверх, вновь поступает в зону спутного потока и таким образом происходит многократная рециркуляция воздуха одних и тех же объемов.

В зоне спутного потока с глубиной скорости воздуха уменьшаются, а в зоне обратного потока, наоборот, возрастают и достигают максимума U_B (скорости ветра на поверхности), приближаясь к поверхности карьера. На дне карьера скорость движения воздуха, в зависимости от его глубины, находится в пределах $(0,1-0,5)U_B$.

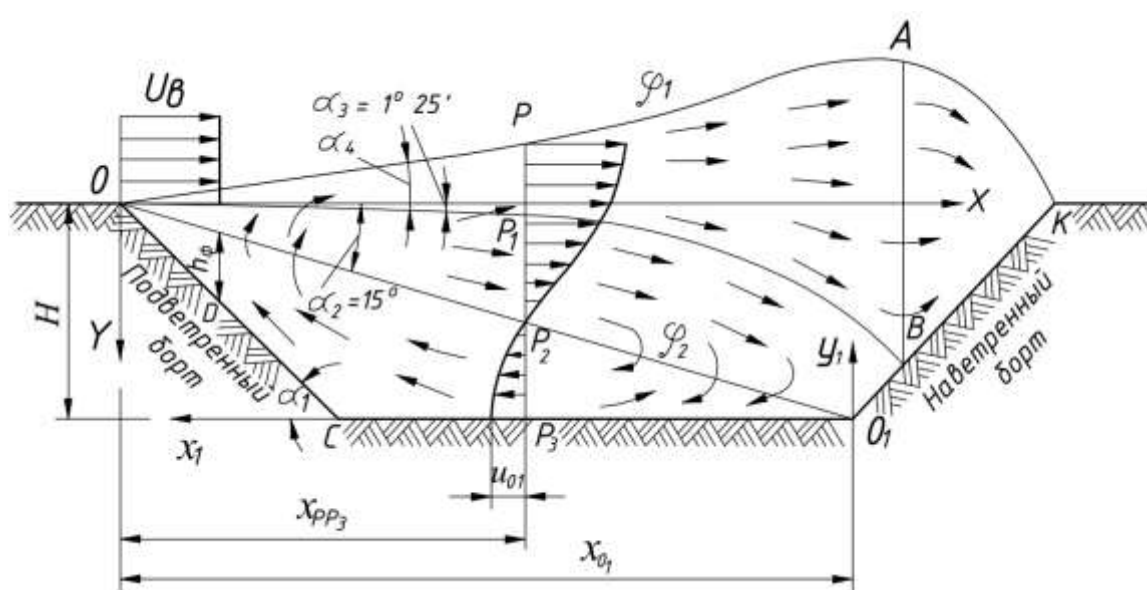


Рис. 4. Рециркуляционная схема движения воздуха в карьере

Методика расчета естественного проветривания карьера

1. Построение плана карьера в масштабе 1:10000 (рис. 1).
2. Определение расчетного направления ветра.

За расчетное направление ветра принимают ветер i -го направления со средней скоростью U_1 , так как он повторяется чаще других и с минимальной скоростью.

3. Определение параметров естественного проветривания:

а) строят характерные сечения (рис. 5), совпадающие с расчетным направлением ветра ($0' - 0'$; $i - i$; $j - j$; $n - n$; $0'' - 0''$);

б) на каждом сечении под углом $\alpha = 15^\circ$ проводят линию внешней границы свободной турбулентной струи, возникающей в i -м направлении ветра. Определяют точки встречи границы струи с соответствующим бортом или дном карьера (точки C_i, C_j, C_n);

в) определяют среднюю глубину карьера, когда возникает зона рециркуляции

$$H_{cp} = \frac{1}{n}(H_{ГР_i} + H_{ГР_j} + H_{ГР_n}), \quad (1)$$

где $H_{ГР_i}, H_{ГР_j}, H_{ГР_n}$ – значения глубины расположения точки встречи внешней границы струи с бортом или дном карьера, м (рис. 2);

г) определяют среднее значение абсциссы точки встречи внешней границы струи i -го направления с дном или бортом карьера

$$x_{cp} = \frac{0 + x_{C_1} + x_{C_2} + \dots + x_{C_n} + 0}{n}, \quad (2)$$

где $0, x_{C_1}, x_{C_2}, x_{C_n}$ – значения длины зоны рециркуляции соответственно 0-го, i -го, j -го, ..., n -го сечений, м; n – число сечений, включая нулевые.

Нулевое сечение – сечение, где нет рециркуляции. Нулевым является сечение с одним уступом;

д) по точкам $0, x_{C_1}, x_{C_2}, x_{C_n}, 0$ строится на плане карьера зона рециркуляции, ширина которой L_1 (рис. 1).

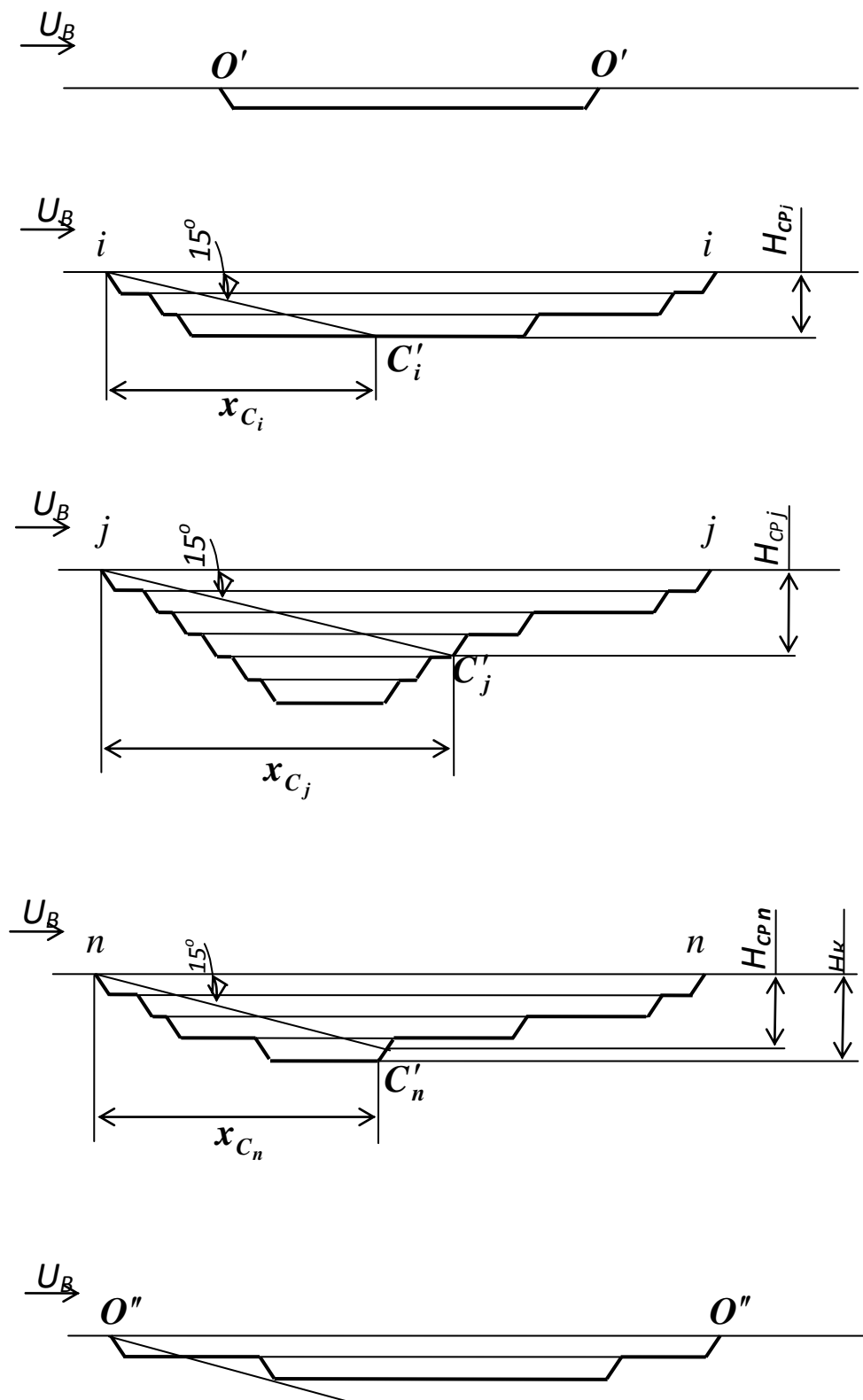


Рис. 5. Характерные профили в направлении, совпадающем с расчетным направлением ветра

Отчет по практической работе оформляется в виде пояснительной записки, содержащей расчеты по определению параметров зоны рециркуляции, и графической части, включающей план и профили карьера. После защиты выполненной практической работы студент допускается к выполнению следующей работы.

Контрольные вопросы к практической работе № 1

1. Понятия об атмосфере карьера.
2. Допустимое содержание кислорода и углекислого газа в атмосфере.
3. Свойства ядовитых газов: окиси углерода, окиси азота, сероводорода, сернистого газа, формальдегида, акролеина.
4. Физиологическое действие ядовитых газов на организм человека и их допустимое содержание в атмосфере.
5. Способы контроля метеорологических условий.

Практическая работа № 2

Определение баланса вредностей в атмосфере карьера от внутренних источников загрязнения воздуха

Цель работы: научить студентов определять количество вредностей, поступающих в атмосферу карьера от внутренних источников загрязнения воздуха.

Определение баланса вредностей в атмосфере разреза

Загрязнение атмосферы карьеров пылью и вредными газами происходит от ряда источников. Интенсивность источников загрязнения зависит от свойств и состояния горных пород, климатических и погодных условий, техники и технологии разработки, эффективности способов подавления пыли и вредных газов.

По месту расположения источники разделяются на внешние и внутренние.

Внешние располагаются за пределами верхнего контура карьера (дробильные, обогатительные фабрики, отвалы, дороги, котельные).

Внутренние – в пределах контура карьера (буровые станки, экскаваторы, автосамосвалы, бульдозеры, пожары, газовыделения из обнаженных пород и подземных вод).

По рассредоточению источники вредностей делятся на точечные (бурстанки, экскаваторы), объемные (пылегазовое облако взрыва), линейные (автодороги, пластовые газы) и равномерно распределенные (выветривание бортов, почвы).

По времени действия источники разделяются на непрерывные (горные машины) и периодические (взрывы).

По положению в карьере они могут быть стационарные (дробилки, грохота, конвейера), полустационарные (буровые станки, экскаваторы) и перемещающиеся (транспортные сосуды). Интенсивность выделения вредностей определяется содержанием пыли или ядовитых газов в единице объема воздуха и его количеством, проходящим через источник их выделения.

Баланс поступления вредностей от внутренних источников:

$$G_{\text{общ}} = \sum G_{\text{Л}} + \sum G_{\text{Т}}, \quad (3)$$

где $G_{\text{Л}}, G_{\text{Т}}$ – интенсивность выделения одноименных вредностей линейными (автосамосвалами на дорогах) и точечными источниками (буровыми станками и экскаваторами), расположенными в зоне рециркуляции, то есть работающими на I борту карьера, мг/с.

Определение каждого из слагаемых в формуле (3).

$$\sum G = n_1 K_0^1 q_1 + \dots + n_n K_0^n q_n, \quad (4)$$

где n_1, \dots, n_n – число источников соответствующего типа, шт.; q_1, \dots, q_n – интенсивности выделения вредностей разными источниками, мг/с; K_0^1, \dots, K_0^n – коэффициенты одновременности работы разных источников данного типа.

Интенсивность выделения пыли каждым типом источников (буровыми станками $G_{\text{Б}_n}$, экскаваторами $G_{\text{Э}2_n}$ и автомобилями $G_{\text{А}2_n}$) определяют:

$$G_n = nK_0q, \quad (5)$$

где n – число горных машин одного типа (буровых станков, экскаваторов и автосамосвалов), находящихся в зоне рециркуляции, шт.; q – интенсивность выделения пыли горными машинами одного типа, мг/с; K_0 – коэффициент одновременности работы горных машин одного типа с постоянной интенсивностью выделения пыли:

$$K_0 = \frac{n_p}{n}, \quad (6)$$

где n_p – число работающих горных машин одного типа, шт.

Суммарная интенсивность поступления пыли от внутренних источников определится:

$$G_{общн} = G_{Бн} + G_{Э2н} + G_{A2н}. \quad (7)$$

Интенсивность поступления вредных газов от автосамосвалов (окись углерода, окись азота, акролеин) в зону рециркуляции карьера

$$G_{A2r} = n_{A2}K_{0r}^{A2}q_0, \quad (8)$$

где q_0 – интенсивность выделения вредных газов автосамосвалами, работающими под нагрузкой, мг/с;

$$K_{0r}^{A2} = 1 - \frac{n_{A2p}(q_0 - q_x)}{n_{A2}q_0}, \quad (9)$$

где K_{0r}^{A2} – коэффициент одновременности работы автосамосвалов с переменной интенсивностью выделения вредных газов; q_x – интенсивность выделения вредных газов автосамосвалами,

работающими на холостом ходу, мг/с; q_0, q_x – определяются по табл. 1.

Таблица 1

Автосамосвал	Интенсивность выделения, мг/с					
	окись углерода		окись азота		акролеин	
	q_0	q_x	q_0	q_x	q_0	q_x
БелАЗ-7514	264	132	39	31	18	11

Если других внутренних источников выделения вредных газов нет, то суммарная интенсивность вредных газов составит:

$$G_{общCO} = G_{A2CO} ; G_{общNO} = G_{A2NO} ; G_{общAKP} = G_{A2AKP}$$

При выполнении расчетов студенты используют исходные данные варианта, выданного преподавателем, и результаты расчетов предыдущих практических работ. Результаты выполненных расчетов оформляются в виде отчета по практической работе и сдаются преподавателю для проверки и допуска к защите. После защиты выполненной практической работы студент допускается к выполнению следующей работы.

Контрольные вопросы к практической работе № 2

1. Источники пылеобразования в карьерах.
2. Деление пыли по тонкости ее частиц, какая пыль представляет наибольшую вредность для организма человека.
3. Виды заболеваний от пыли.
4. Нормы запыленности, принцип действия и устройство приборов для определения запыленности воздуха.

Практическая работа № 3

Определение баланса вредностей в атмосфере карьера от внешних источников загрязнения воздуха

Цель работы: научить студентов определять количество вредностей, поступающих в атмосферу карьера от внешних источников загрязнения воздуха.

Баланс поступления вредностей от внешних источников:

$$G'_{общ} = \sum m_1 G'_{Л} + \sum m_2 G'_{Т} + \sum m_3 G'_{ТВ}, \quad (10)$$

где $G'_{Л}, G'_{Т}, G'_{ТВ}$ – интенсивность выделения вредностей линейными (автосамосвалами), точечными (экскаваторами) и точечными на высоте (труба) внешними источниками, мг/с;

$$G'_{общ} = n_1 K_0^1 m_1 q_1 + \dots + n_n K_0^n m_n q_n,$$

где m_1, m_2, m_3 – коэффициенты, показывающие, какая часть примесей заносится в зону рециркуляции карьера.

Интенсивность поступления в карьер пыли:

$$G_n = n_1 K_0^1 m_i q_1, \quad (11)$$

где n_1 – количество источников пылевыведения отдельно по каждому виду (автосамосвалов, экскаваторов, труб), шт.; K_0^1 – коэффициент одновременности работы; q_1 – интенсивность выделения пыли (автосамосвалом / экскаватором / трубой), мг/с; m_i – коэффициент заноса пыли.

Интенсивность поступления в карьер пыли, выделяемой автосамосвалами, движущимися по дороге вдоль I борта карьера, рассчитывается по формуле (11). Для определения m_1 используется кривая 1 графика (рис. 6). Для этого необходимо найти от-

ношение расстояния от дороги x_A до бровки карьера к H_{cp} ,

$$\bar{x}_H = \frac{x_A}{H_{cp}}.$$

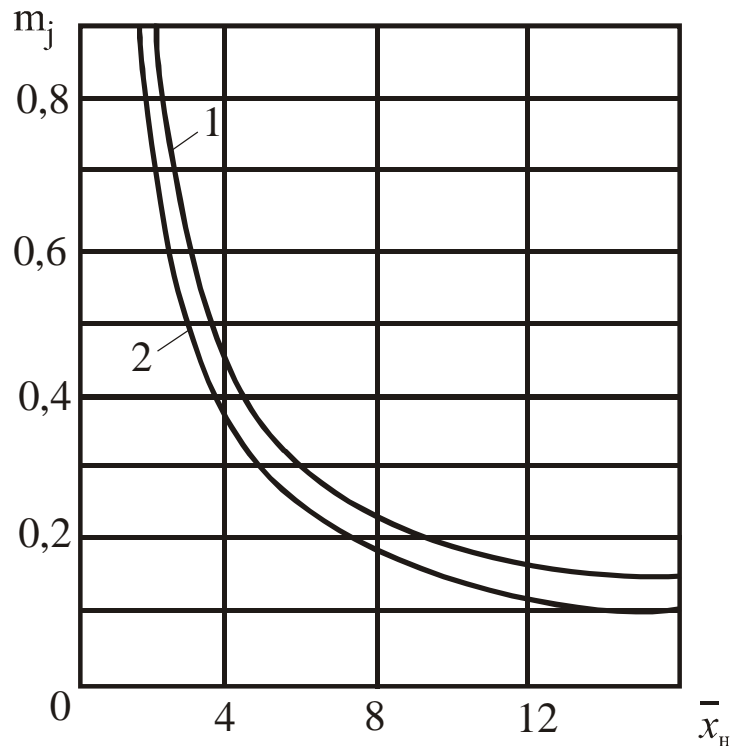


Рис. 6. График определения коэффициента m_1, m_2

Интенсивность поступления в карьер пыли от экскаватора, отгружающего хвосты обогатительной фабрики, рассчитывается по формуле (11). Для определения m_2 используется кривая 2 графика (рис. 6). Для этого необходимо найти отношение расстояния от экскаватора x_T до бровки карьера к H_{cp} ,

$$\bar{x}_H = \frac{x_T}{H_{cp}}.$$

Интенсивность поступления пыли из трубы обогатительной фабрики рассчитывается по формуле (11). Для определения m_3 используется график (рис. 7). Для этого необходимо найти отношение расстояния x_T от трубы обогатительной фабрики до бров-

ки борта карьера к средней глубине карьера H_{cp} , $\overline{x_n} = \frac{x_T}{H_{cp}}$, затем определить отношение высоты трубы H_T к H_{cp} , $\overline{H_T} = \frac{H_T}{H_{cp}}$, отложить $\overline{H_T}$ на оси абсцисс, восстановить перпендикуляр до одной из кривых 1–7, соответствующих $\overline{x_n} = 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15$. При $\overline{x_n}$, равном дробному числу, значение двух соседних кривых можно интерполировать. Затем на оси ординат найти значение m_3 .

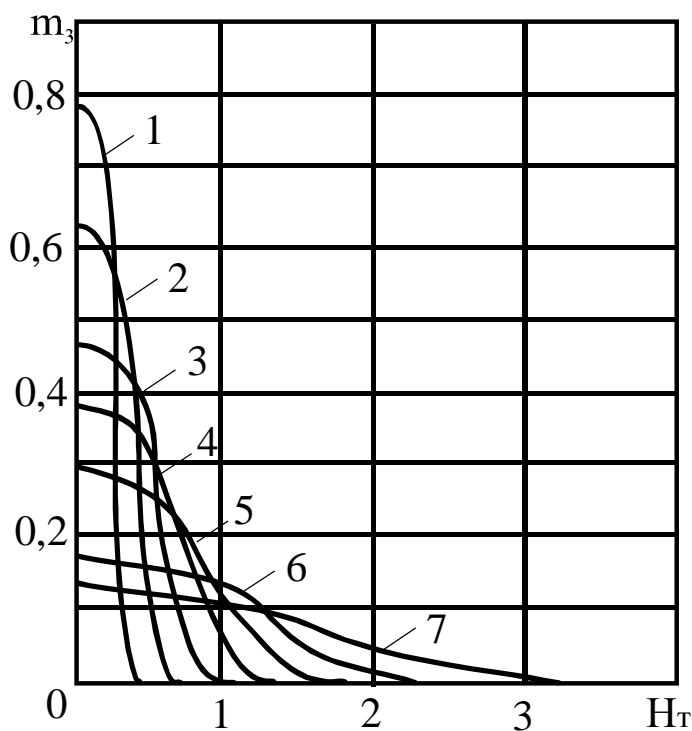


Рис. 7. График для определения коэффициента m_3 . Кривые 1–7 соответствуют отношению $\frac{x_T}{H_{cp}}$, равному 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15

Суммарная интенсивность источников поступления пыли:

$$G'_{общ,n} = G'_{A1n} + G'_{Э1n} + G'_{ТВn}. \quad (12)$$

Интенсивность поступления в зону рециркуляции карьера вредных газов от автосамосвалов:

$$G'_{A1\Gamma} = n_{A1} K_0^{A1} m_1 q_0.$$

Интенсивность поступления в атмосферу карьера:
окси углерода

$$G'_{A1CO} = n_{A1} K_0^{A1} m_1 q_{0CO};$$

окси азота

$$G'_{A1NO} = n_{A1} K_0^{A1} m_1 q_{0NO};$$

акролеина

$$G'_{A1AKP} = n_{A1} K_0^{A1} m_1 q_{0AKP}.$$

Интенсивность поступления в зону рециркуляции карьера
вредных газов, выделяющихся из трубы обогатительной фабрики:

$$G'_{TB_{CO}} = n_{TB} K_0^{TB} m_3 q_{TB_2},$$

где q_{TB_2} – интенсивность выделения из трубы фабрики окиси уг-
лерода, мг/с.

Суммарная интенсивность вредных газов, поступающих в
зону рециркуляции карьера от внешних источников:
по окиси углерода

$$G'_{общCO} = G'_{A1CO} + G'_{TB_{CO}}; \quad (13)$$

по окислам азота

$$G'_{общNO} = G'_{A1NO};$$

по акролеину

$$G'_{общFRH} = G'_{A1FRH} \cdot$$

При выполнении расчетов студенты используют исходные данные варианта, выданного преподавателем, и результаты расчетов предыдущих практических работ. Результаты выполненных расчетов оформляются в виде отчета по практической работе и сдаются преподавателю для проверки и допуска к защите. После защиты выполненной практической работы студент допускается к выполнению следующей работы.

Контрольные вопросы к практической работе № 3

1. Пылеподавление и пылеулавливание при бурении скважин.
2. Борьба с пылью при выемочно-погрузочных работах. Снижение запыленности при работе одноковшовых экскаваторов.
3. Снижение выделения пыли при транспортировании горной массы. Борьба с пылью на автодорогах.
4. Борьба с пылью при применении железнодорожного транспорта.

Практическая работа № 4

Определение уровня загрязнения атмосферы карьера

Цель работы: научить студентов определять количество вредностей, поступающих в зону рециркуляции карьера от внутренних и внешних источников загрязнения воздуха

При выполнении расчетов студенты используют исходные данные варианта, выданного преподавателем, и результаты расчетов предыдущих лабораторных работ.

Баланс поступления примесей в зону рециркуляции карьера от внутренних и внешних источников:

$$G''_{общ} = G_{общ} + G'_{общ}; \quad (14)$$

ПО ПЫЛИ

$$G_{общ,n}^{//} = G_{общ,n} + G_{общ,n}'$$

где $G_{общ,n}, G_{общ,n}'$ – суммарная интенсивность поступления пыли от внутренних и внешних источников, мг/с;
по окиси углерода

$$G_{общ,CO}^{//} = G_{общ,CO} + G_{общ,CO}'$$

где $G_{общ,CO}, G_{общ,CO}'$ – суммарная интенсивность поступления окиси углерода от внутренних и внешних источников, мг/с;
по окислам азота

$$G_{общ,NO}^{//} = G_{общ,NO} + G_{общ,NO}'$$

где $G_{общ,NO}, G_{общ,NO}'$ – суммарная интенсивность поступления окисла азота от внутренних и внешних источников, мг/с;
по акролеину

$$G_{общ,АКР}^{//} = G_{общ,АКР} + G_{общ,АКР}'$$

где $G_{общ,АКР}, G_{общ,АКР}'$ – суммарная интенсивность поступления акролеина от внутренних и внешних источников, мг/с.

Исходя из анализа характерных профилей при расчетном направлении ветра определяют, по какой схеме (прямоточной или рециркуляционной) проветривается глубокая часть карьера. В соответствии со схемой проветривания определяют концентрацию каждой вредной примеси в зоне рециркуляции и за ее пределами.

Концентрация пыли в зоне рециркуляции (C_p^n , мг/м³)

$$C_p^n = \frac{33,3G_{общ,n}^{//}}{x_{cp}U_1L_1}, \quad (15)$$

Концентрация пыли за пределами зоны рециркуляции (C^n , мг/м³)

$$C^n = \frac{15G_{общ,n}^{//}}{x_{cp}U_1L_1}, \quad (16)$$

где U_1 – скорость ветра в расчетном направлении, м/с; L_1 – длина зоны рециркуляции, м.

Сравниваем уровень загрязнения C_p^n , C^n с ПДК пыли при содержании в ней SiO₂ 10–70 % ($C_q^{//} = 2$ мг/м³);

Концентрация окиси углерода

$$C_p^{CO} = \frac{33,3G_{общCO}^{//}}{x_{cp}U_1L_1}, \quad C^{CO} = \frac{15G_{общCO}^{//}}{x_{cp}U_1L_1},$$

сравниваем уровень загрязнения атмосферы C_p^{CO} , C^{CO} с ПДК окиси углерода ($C_q^{CO} = 20$ мг/м³);

Концентрация окислов азота

$$C_p^{NO} = \frac{33,3G_{общNO}^{//}}{x_{cp}U_1L_1}, \quad C^{NO} = \frac{15G_{общNO}^{//}}{x_{cp}U_1L_1}$$

сравниваем уровень загрязнения атмосферы C_p^{NO} , C^{NO} с ПДК окислов азота ($C_q^{NO} = 5$ мг/м³);

Концентрация акролеина

$$C_p^{AKP} = \frac{33,3G_{общ,AKP}^{//}}{x_{cp}U_1L_1}, \quad C_p^{AKP} = \frac{15G_{общ,AKP}^{//}}{x_{cp}U_1L_1}$$

сравниваем уровень загрязнения атмосферы C_p^{AKP} , C_q^{AKP} с ПДК акролеина ($C_q^{AKP} = 0,2 \text{ мг/м}^3$).

Если уровень загрязнения атмосферы по какой-либо из вредностей превышает ПДК, то необходимо оценить удельное значение источников в загрязнении атмосферы данной вредной примесью, выраженное в процентах.

Доля внутренних источников в загрязнении атмосферы какой-либо вредной примесью

$$\rho = \frac{G_{общ}}{0,01G_{общ}^{//}}. \quad (17)$$

Доля внешних источников в загрязнении атмосферы какой-либо вредной примесью

$$\rho' = \frac{G'_{общ}}{0,01G_{общ}^{//}}. \quad (18)$$

Доля одного из видов внутренних или внешних источников в загрязнении атмосферы

$$\rho = \frac{G'}{0,01G_{общ}^{//}}. \quad (19)$$

Выявив вид источника, оказывающего основное влияние на загрязнение атмосферы, необходимо принять организационные или технические меры к снижению интенсивности выделения вредных примесей. Расчет баланса вредностей и уровня загрязнения атмосферы повторять до тех пор, пока концентрация вредно-

стей в зоне рециркуляции C_p и за ее пределами C не станет меньше C_q .

Ориентировочное снижение интенсивности выделения пыли за счет применения средств пылеподавления можно определить из табл. 2.

Таблица 2

Интенсивность выделения пыли в карьере
различными источниками

Наименование оборудования	Интенсивность выделения, мг/с		Примечание
	угольные	рудные	
1. ЭКГ-12	1000–1200	300–400	без орошения
	500–600	60–100	с орошением
2. ЭКГ-5	400–500	100–500	без орошения
	150–250	30–150	с орошением
3. БелАЗ-7514	3000–4000	6000–12000	дороги без покрытия и обработки
	1000–2000	200–300	дороги с обработанной поверхностью
4. СБШ-250	600–1200	300–4300	без улавливания пыли
	50–80	50–80	с улавливанием пыли

При выполнении расчетов студенты используют исходные данные варианта, выданного преподавателем, и результаты расчетов предыдущих практических работ. Результаты выполненных расчетов оформляются в виде отчета по практической работе и сдаются преподавателю для проверки и допуска к защите. После защиты выполненной практической работы студент допускается к выполнению следующей работы.

Контрольные вопросы к практической работе № 4

1. Снижение загазованности при взрывных работах.

2. Нейтрализация вредных газов при работе двигателей внутреннего сгорания (ДВС).
3. Борьба с пожарами.
4. Предотвращение газовыделения из грунтовых вод и горных пород.
5. Снижение интенсивности выделения вредностей от внешних источников.

Практическая работа № 5

Расчет искусственного проветривания карьера

Цель работы: научить студентов определять объем накопления вредностей в атмосфере карьера при штилевой погоде, количество воздуха, необходимого для проветривания карьера.

Проектирование искусственной вентиляции карьеров проводится в следующей последовательности:

а) оценивается возможность интенсификации естественного воздухообмена или нормализации атмосферы за счет изменения параметров карьера, механизации и технологии;

б) определяют периоды, требующие применения искусственной вентиляции;

в) определяют параметры, характеризующие требования к средствам искусственной вентиляции (количество воздуха, скорость движения воздуха, требуемая производительность вентиляционной установки и их ориентировочные значения).

Искусственная вентиляция необходима, если естественная интенсивность воздухообмена в карьере недостаточна для поддержания нормального санитарно-гигиенического состояния атмосферы в местах ведения горных работ.

К способам искусственной вентиляции относятся:

- вентиляция с помощью труб и выработок;
- вентиляция свободными струями с помощью специальных вентиляторных установок.

Способы искусственной вентиляции делятся на способы местной и общеобменной вентиляции.

Местная вентиляция используется для очистки небольших объемов карьерного пространства (забоев, перегрузочных пунктов и др.).

Общеобменная вентиляция применяется для очистки значительных пространств или карьера. При общеобменной вентиляции применяются схемы, обеспечивающие вынос загрязнений из карьера за счет дальноточности струи вентиляторов.

При больших объемах зон загрязнения требуется применять последовательную, параллельную или параллельно-веерную схемы работы вентиляторных установок (рис. 8).

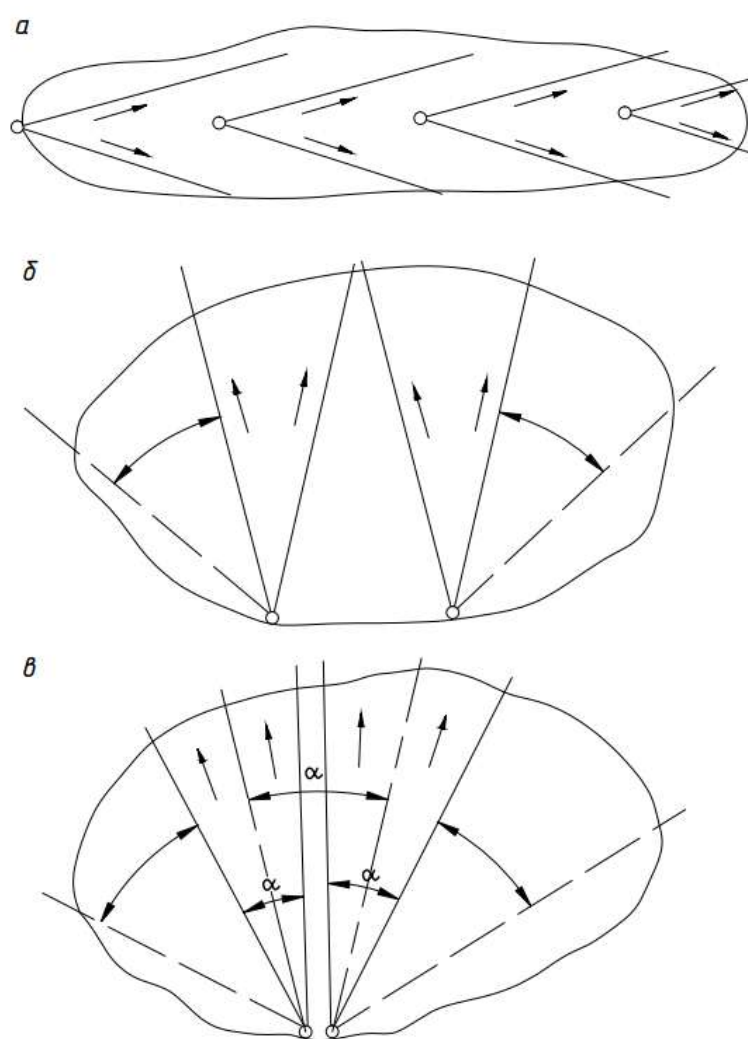


Рис. 8. Схемы совместной работы вентиляторных установок:
а – последовательная; б – параллельная;
в – параллельно-веерная

При выборе схем вентиляции учитываются направление и скорость ветра на поверхности. Вентиляторные установки должны работать по направлению ветра или под небольшими углами к нему. В любом случае угол между направлением ветра и вентиляционной струи не должен превышать 120° .

Методика расчета искусственного проветривания карьера

1. Определение времени накопления вредностей в атмосфере карьера при штилевой погоде

Из условия задачи число случаев штилевой погоды в течение года составляет K_2 дней в году средней продолжительности t часов.

Промежуток времени, за который накапливается концентрация вредностей, равная ПДК, определяется

$$\tau = \frac{C_q V_k}{G_{общ}}, \quad (20)$$

где τ – время, с; C_q – ПДК, мг/м³; $G_{общ}$ – баланс поступления вредностей в атмосферу карьера во время штиля, т.е. от внутренних источников, мг/с; V_k – объем карьера, м³.

$$V_k = \sum_{i=1}^n L_{cpi} B_{cpi} h_i, \quad (21)$$

где L_{cpi} – длина среднего сечения i -го горизонта, м; B_{cpi} – ширина среднего сечения i -го горизонта, м; h_i – высота уступа, м; n – число горизонтов в карьере.

Время накопления вредностей по пыли, окиси углерода, окислам азота, акролеину определяют по формуле (20), подставляя соответствующие значения. Если время накопления какой-либо вредной примеси до опасной концентрации C_n больше средней продолжительности штиля t , значит, искусственное проветривание не потребуется, если же τ_i меньше t , необходимо ис-

кусственное проветривание, так как в атмосфере карьера концентрация вредной примеси составит

$$C_n = \frac{G_{\text{общ.}i} 3600t}{V_k}, \quad (22)$$

где C_n – концентрация вредной примеси; $G_{\text{общ.}i}$ – суммарная интенсивность поступления вредной примеси в атмосферу карьера, мг/с; t – среднее время штиля, ч.

2. Определение количества воздуха, необходимого для проветривания карьера

Наиболее эффективным видом проветривания считают свободные турбулентные струи. Количество воздуха, необходимого для проветривания свободной турбулентной струей:

$$Q = V_k b \sqrt{\ln(C_n / C_q)} / t, \quad (23)$$

где Q – количество воздуха в струе, м³/с; b – коэффициент структуры струи (0,1); t – время проветривания, с; C_n, C_q – концентрация примесей в начале и в конце проветривания, мг/м³.

3. Ориентировочный выбор схемы установки вентиляторов и оценка ее параметров

Исходя из геометрии карьера, необходимой дальностью струи, выбираемой по длине зоны проветривания L' , выбирают необходимую (последовательную, параллельную или веерную) схему установки вентиляторов (рис. 9).

4. Определение скорости движения воздуха на выходе струи из вентилятора

Исходя из условия, что на оси струи в сечении, прилегающем к подошве карьера, скорость воздуха не должна превышать $U_{\text{min}} = 2,5$ м/с, скорость воздуха на выходе из вентилятора ориентировочно составит

$$U_0 = 1,04U_{\min} \left(\frac{aL}{R_0} + 0,29 \right), \quad (24)$$

где U_0 – скорость на выходе струи, м/с; a – коэффициент структуры турбулентной струи (0,07); R_0 – принятый ориентировочно в расчете начальный радиус струи (1,0), м; L – рабочая дальность вентиллятора, м.

5. Определение ориентировочной производительности вентиллятора

$$g_0 = \pi R_0^2 U_0, \quad (25)$$

где g_0 – производительность установки, м³/с.

6. Определение ориентировочного количества вентилляторов, которые обеспечат подачу в карьер необходимого для проветривания количества воздуха:

$$n = \frac{Q}{g_0}, \quad (26)$$

где n – количество вентилляторов, шт.

7. Определение диаметра струи

$$D_c = 6,8aL + D_0, \quad (27)$$

где D_c – диаметр струи в сечении, прилегающем ко дну карьера, м; D_0 – начальный диаметр струи, м; L – рабочая дальность вентиллятора, м.

При выполнении расчетов студенты используют исходные данные варианта, выданного преподавателем, и результаты расчетов предыдущих практических работ. Результаты выполненных

расчетов оформляются в виде отчета по практической работе и сдаются преподавателю для проверки и допуска к защите. После защиты выполненной практической работы студент допускается к выполнению следующей работы.

Контрольные вопросы к практической работе № 5

1. Законы естественного воздухообмена в карьерах. Основные законы аэростатики.

2. Основные законы аэродинамики. Закон сохранения массы, закон сохранения энергии и закон сохранения количества движения.

3. Сущность закона Паскаля и Архимеда в аэростатике.

4. Зависимость нарастания давления воздуха с глубиной

Практическая работа № 6

Выбор схемы установки вентиляторов для искусственной вентиляции карьера. Определение количества вентиляторов

Цель работы: научить студентов выбирать вентиляторы и схемы их установки в карьере.

Выбор средств искусственной вентиляции карьера проводится в следующем порядке:

а) анализируются технические характеристики имеющихся вентиляционных установок и сравниваются с теми параметрами, которые необходимо обеспечить;

б) уточняется схема установки вентиляторов;

в) определяется необходимое количество вентиляторов.

1. Анализ технических характеристик средств вентиляции карьеров

Для сравнения параметров вентиляции, рассчитанных ранее, строится таблица сравнения (табл. 3).

Из анализа параметров, которые необходимо обеспечить, выбираются наиболее подходящие средства проветривания. Приняв параметры этих средств, проводят проверочный расчет.

Таблица 3

Параметры установок	Типы установок					Необходимые расчетные параметры
	ДП-20	НК-8	4 ДП-20	АИ-20	НК-12 КВ	
1. Начальный расход воздуха в струе, м ³ /с	123	173	420	640	1300	Q
2. Начальный диаметр струи, м	0,07	1,04	1,75	4,0	5,0	D_0
3. Рабочая дальность, м	520	630	1050	300	500	L

2. Определение количества вентиляторов

Определение количества выбранных вентиляторов, которые необходимы для проветривания карьера:

$$n = \frac{Q}{g_b}, \quad (28)$$

где n – количество вентиляторов, шт.; Q – количество воздуха в струе, м³/с; g_b – начальный расход воздуха в струе выбранного вентилятора, м³/с.

При параллельной работе нескольких стационарных вентиляторных установок, создающих горизонтальные или наклонные струи, их число, необходимое для проветривания загрязняющей зоны, определяется по формуле

$$n = B/(kb), \quad (29)$$

где n – количество вентиляторов, шт.; B – ширина загрязненной зоны в плоскости, перпендикулярной к действию вентиляционных струй, м; k – коэффициент, учитывающий зону действия струи в пределах проветриваемого участка: для двух $k = 1,6$; для трех и более струй $k = 1,2 \div 1,3$; b – ширина вентиляционной струи на границе загрязненной зоны, м;

$$b = 6,8aL + D, \quad (30)$$

где D – начальный диаметр струи вентилятора, м; L – расстояние от вентиляторной установки до границы загрязненной зоны, м; a – коэффициент структуры турбулентной струи (0,07).

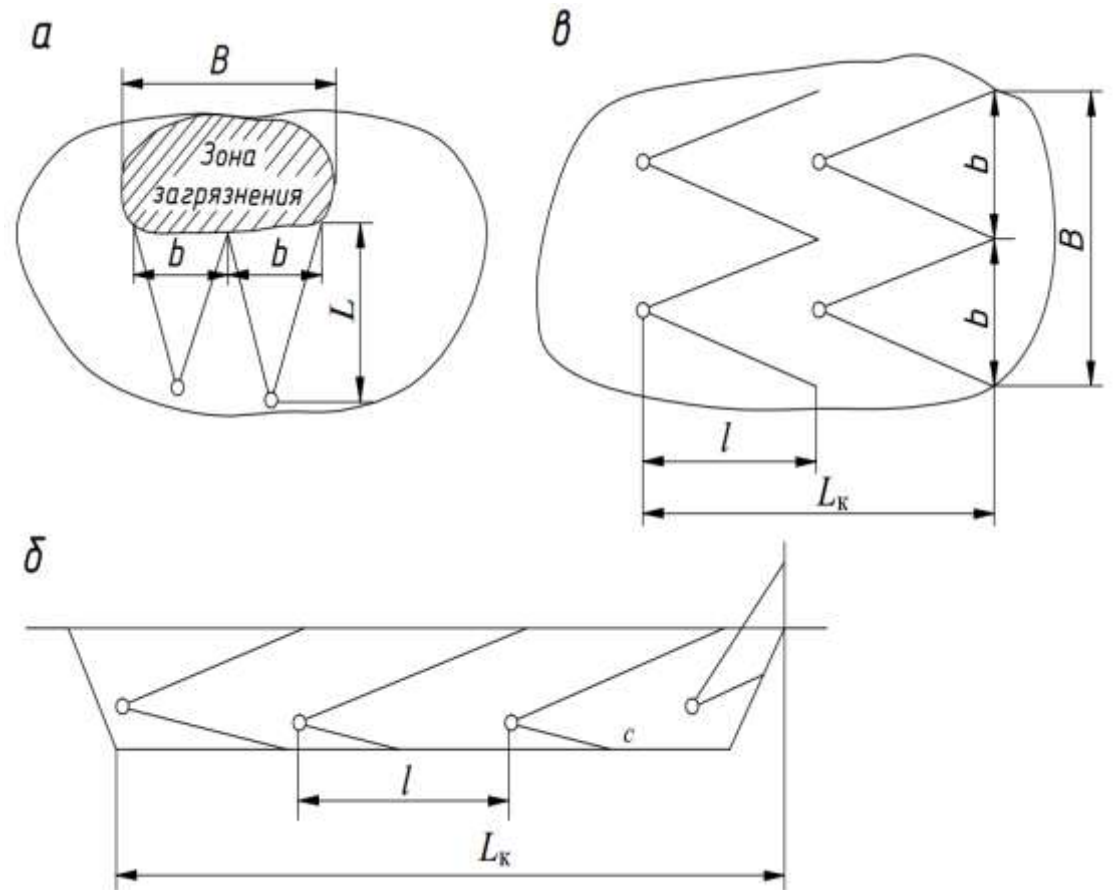


Рис. 9. Схемы к расчету вентиляторных установок, работающих:
 а – параллельно; б – последовательно;
 в – параллельно-последовательно

При последовательной (каскадной) работе необходимое число вентиляторных установок определяется по формуле

$$n = \frac{L_K}{l}, \quad (31)$$

где L_K – длина каскада, м; l – рабочая дальность струи одной вентиляторной установки, м.

При параллельно-последовательной работе вентиляторных установок их общее число определяется по формуле

$$n = BL_K / (kbl) \quad (32)$$

При динамической работе вентиляторной установки, когда установка в процессе работы перемещается, число установок определяется по формуле

$$n = Q / q, \quad (33)$$

где Q – расход воздуха, необходимый для проветривания загрязненной зоны, м³/с; q – подача вентиляторной установки, м³/с.

Сравнив в соответствии с геометрическими параметрами карьера возможности вентиляторных установок, уточняют схему проветривания и определяют количество установок по условию размещения в карьере.

На плане карьера (рис. 1) располагают места вентиляторных установок с нанесением границ струй.

После выполнения расчетов по определению схемы искусственного проветривания, выбора средств вентиляции карьера и оформления отчета по практической работе проводится собеседование с преподавателем. Положительным результатом защиты практической работы является допуск к экзамену по курсу.

Контрольные вопросы к практической работе № 6

1. Схемы проветривания карьеров за счет энергии ветра.
2. Способы интенсификации естественного проветривания карьеров.
3. Способы искусственного проветривания карьеров.
4. Установки для искусственной вентиляции карьеров.

Список рекомендуемой литературы

1. Каледина, Н. О. Вентиляция производственных объектов: учеб. пособие. – 4-е изд., – М.: Изд-во Моск. гос. горн. ун-та, 2008. – 193 с.

http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view&book_id=79175

2. Ковалев, В. А. Аэрология горных предприятий : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлениям подготовки (специальностям) "Горное дело" и "Физические процессы горного производства" / В. А. Ковалев, В. Н. Пузырев, Л. А. Шевченко; ФГБОУ ВПО "Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева" . – Кемерово, 2013. – 170 с.

<http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=91180&type=utchposob:common>

3. Вентиляция шахт [Электронный ресурс] : учеб. пособие / сост.: В. Н. Пузырев, Л. А. Шевченко; ФГБОУ ВПО «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева», Каф. аэрологии, охраны труда и природы. – Кемерово, 2012. – 165 с.

<http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=90598&type=utchposob:common>

4. Битколов, Н. З. Аэрология карьеров : учебник по специальности "Открытые горные работы" / Н. З. Битколов, И. И. Медведев. – М.: Недра, 1992. – 263 с.

5. Правила безопасности при разработке угольных месторождений открытым способом: ПБ 05-619-03 / Федер. горн. и пром. надзор России (Госгортехнадзор). – М.: Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России, 2003. – 144 с.

6. Типовые технологические схемы ведения горных работ на угольных разрезах. – М.: Недра, 1982. – 405 с.

Приложение

Исходные данные для контрольных работ

Показатели	В а р и а н т ы									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$B, \text{ м}$	800	900	1000	1200	1400	1600	1700	1600	1200	1800
$L, \text{ м}$	1600	700	1800	1700	1600	1200	1000	1000	1000	1500
$n, \text{ шт.}$	10	8	14	10	18	12	16	18	14	12
$h_y, \text{ м}$	15	20	15	25	15	25	20	15	20	20
i	3	3	3	С	3	Ю	С	Ю	С	Ю
$U_1, \text{ м/с}$	2	3	2	3	2	2	3	2	3	2
$K_1, \text{ дней}$	240	250	260	270	230	240	250	260	270	280
$K_2, \text{ дней}$	90	70	80	50	60	80	80	60	60	50
$t, \text{ ч}$	3	3	4	5	5	5	5	4	3	3
$U_2, \text{ м/с}$	5	6	7	4	6	5	8	7	9	4
$x_T, \text{ м}$	250	300	240	200	350	400	380	300	280	320
$H_T \text{ м}$	25	30	28	32	35	30	30	28	28	32
$q_{T1}, \text{ г/с}$	15	18	20	25	20	28	18	20	22	25
$q_{T2}, \text{ г/с}$	36	40	32	45	30	32	44	43	38	48
$q_{Э1}, \text{ г/с}$	0,4	0,5	0,4	0,4	0,5	0,5	0,4	0,4	0,5	0,5
$x_A, \text{ м}$	200	250	200	150	250	200	180	150	180	200
$n_{A1}, \text{ шт.}$	20	22	25	23	28	30	35	26	24	32
$n_{A1P}, \text{ шт.}$	15	17	20	19	23	25	29	21	20	27
$q_{A1}, \text{ г/с}$	3	3	4	4	3	3	4	3	3	4
$n_{\delta}, \text{ шт.}$	5	6	7	6	5	8	7	7	6	8
$n_{\delta p}, \text{ шт.}$	3	4	5	5	4	7	5	6	4	6

Показатели	В а р и а н т ы									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$q_{\text{б}}, \text{г/с}$	0,08	0,07	0,05	0,06	0,08	0,08	0,08	0,05	0,06	0,08
$n_{\text{Э}_2}, \text{шт.}$	6	7	8	7	6	9	8	8	7	7
$n_{\text{Э}_2P}, \text{шт.}$	5	6	7	6	5	8	7	7	6	6
$q_{\text{Э}_2}, \text{г/с}$	1	1,2	1,2	1,1	1,2	1,2	1,3	1,3	1,2	1,5
$n_{\text{A}_2}, \text{шт.}$	10	12	14	12	10	16	14	14	12	16
$n_{\text{A}_2P}, \text{шт.}$	8	10	12	10	8	13	12	11	10	13
$q_{\text{A}_2}, \text{г/с}$	3,5	3,5	3,0	4,0	3,5	3,0	4,0	3,5	3,5	3,0

Содержание

Введение	1
Практическая работа № 1. Определение параметров естественного проветривания карьера	1-9
Практическая работа № 2. Определение баланса вредностей в атмосфере карьера от внутренних источников загрязнения воздуха	9-12
Практическая работа № 3. Определение баланса вредностей в атмосфере карьера от внешних источников загрязнения воздуха	12-17
Практическая работа № 4. Определение уровня загрязнения атмосферы карьера	17-22
Практическая работа № 5. Расчет искусственного проветривания карьера	22-27
Практическая работа № 6. Выбор схемы установки вентиляторов для искусственной вентиляции карьера. Определение количества вентиляторов	27-31
Список рекомендуемой литературы	32
Приложение	33-34