



**Негосударственное частное образовательное учреждение
высшего образования
«Технический университет УГМК»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К ВЫПОЛНЕНИЮ
ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

АЭРОЛОГИЯ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Специальность	<u>21.05.04 Горное дело</u>
Направленность (профиль)	<u>Подземная разработка рудных месторождений</u>
Уровень высшего образования	<u>Специалитет</u> <i>(бакалавриат, специалитет, магистратура)</i>

Автор - разработчик: Минин В.В., канд. техн. наук
Рассмотрено на заседании кафедры разработки месторождений полезных ископаемых
Одобрено Методическим советом университета 30 июня 2021 г., протокол № 4

г. Верхняя Пышма
2021

Практическая работа - средство, позволяющее оценить умение и владение обучающегося излагать суть поставленной задачи, самостоятельно применять стандартные методы решения поставленной задачи с использованием имеющейся лабораторной базы, проводить анализ полученного результата работы.

1. Общие указания.

Аудиторные (под руководством преподавателя) практические занятия посвящены расчетам нормализации атмосферы карьера и его рабочих мест в соответствии с требованиями нормативных документов по газовому и пылевому составу воздуха.

Технологическая эффективность принимаемых мероприятий по борьбе с пылью и газами при различных источниках их выделения должна быть обоснована расчетами пылегазодавления и улавливания при учете естественного воздухообмена.

Ниже приведены указания, необходимый аналитический и фактический материал для расчетов.

2. Оценка эффективности естественного проветривания.

Из многочисленных природных условий наибольшее влияние на проветривание оказывают климат в районе, орография и растительность в ближайшей местности. Орография в первую очередь определяет степень закрытости горизонта внешними неровностями рельефа. Степень закрытости определяют по отношению H/L (H – превышение неровностей над начальной отметкой карьера, м; L – расстояние от карьера до неровностей, м).

Скорость ветра на площадке будущего карьера

$$U_p = (1 - p_1) U_0, (2.1)$$

где U_p – скорость ветра над площадкой карьера, м/с;

U_0 – характерная скорость для рассматриваемого района, м/с;

p_1 – степень ослабления скорости.

Величину p_1 рекомендуется брать по таблице 2.1

Таблица 2.1

Степень ослабления ветра на поверхности в зависимости от закрытости горизонта

Параметры	Закрытость горизонта, град				
	0	5	10	15	> 15
1. Отношение H/L	0,0	0,09	0,18	0,27	> 0,27
2. Степень ослабления воздушного потока	0,0	0,10	0,20	0,30	Возникновение потоков обратного направления

Растительность в районе заложения карьера играет двоякую роль. Следует принимать во внимание, что она снижает запыленность поступающего в карьер воздуха, но в тоже время уменьшает скорости ветровых потоков. Из климатических факторов, принимаемых по данным местных метеорологических станций или климатологическому справочнику, должны учитываться сведения: о продолжительности теплого и холодного периодов, минимальной, максимальной и средней температурах, среднегодовых количествах осадков (с подразделением на периоды), толщине снежного покрова, глубине промерзания грунта, относительной влажности (по периодам), среднегодовой скорости ветров и средней по периодам с указанием преобладающих направлений, числе штилей (инверсий) и их продолжительности.

Природные условия являются основополагающими при определении схем естественного проветривания и оценке интенсивности загрязнения карьера.

Состав атмосферы карьера следует оценивать по схемами естественного проветривания, за счет ветровой энергии. Она является преобладающим вентиляционным фактором для подавляющей территории России. Ветровые схемы (рециркуляционная, прямоточная, рециркуляционно-прямоточная, прямоточно-рециркуляционная) и их эффективность зависят от геометрических параметров карьера, к которым относятся: L – ширина на уровне поверхности в направлении, перпендикулярном движению ветра; l – размер карьера в направлении движения ветра; H – глубина карьера; $\frac{l}{H}$ – относительная длина карьера в направлении движения ветра; $\beta_x, \beta_1, \beta_2$ – соответственно углы откосов подветренного борта карьера, верхней и нижней группы уступов при выпуклой конфигурации этого борта. Параметры карьера, определяющие схему проветривания, даны в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Ветровые схемы в зависимости от параметров карьера

Схема проветривания	Определяющие параметры
Рециркуляционная	При $\frac{l}{H} < 5+6$, но при $\beta > 15^\circ$
Прямоточная	При любых l и H , но при $\beta \leq 15^\circ$ и равномерной отработке уступов подветренного борта
Рециркуляционно-прямоточная	При $\frac{l}{H} \geq 8+10$, но при $\beta > 15^\circ$
Прямоточно-рециркуляционная	При любых l и H , но при $\beta > 15^\circ$ $\beta_1 \leq 15^\circ$ и $\beta_2 > 15^\circ$

Общее загрязнение в карьере возникает при наличии зоны рециркуляции. Поэтому при проработке этого раздела необходим расчет объемов загрязнения именно этой зоны.

Для внутренних источников (т. е. расположенных в карьере) общий баланс интенсивности рассчитывается

$$G_{\text{общ}} = \Sigma G_{\text{л}} + \Sigma G_{\text{т}} + \Sigma G_{\text{р}}, \quad (2.5)$$

где $G_{\text{л}}$, $G_{\text{т}}$, $G_{\text{р}}$ – суммарная интенсивность выделения одноименных газов или пыли, расположенных в зоне рециркуляции линейными, точечными и равномерно распределенными источниками, мг/с.

Суммарная интенсивность той или иной группы загрязнения может быть определена как, мг/с

$$\Sigma G = n_1 \cdot k_0' \cdot q_1 + n_2 \cdot k_0'' \cdot q_2 + \dots + n_n \cdot k_0^n \cdot q_n, \quad (2.6)$$

где n_1, n_2, \dots, n_n и т. д. – число расположенных в рециркуляционной зоне однотипных источников; q_1, q_2, \dots, q_n – интенсивность выделения вредных веществ однотипными источниками, мг/с; k_0, k_0', \dots, k_0^n – коэффициенты одновременности работы источников рассматриваемого типа.

Величина k_0 определяется:

- для источников с постоянной интенсивностью:

$$K_0 = \frac{n_p}{n_n}, \quad (2.7)$$

где n_p , n_n – число однотипных машин, работающих и находящихся в рециркуляционной зоне;

- для источников с интенсивностью, зависящей от режима работы (автосамосвалы, бульдозеры и т. д.).

$$k_0 = 1 - \frac{n_n(q_0 - q_r)}{q_0 n}, \quad (2.8)$$

где n_n , n – соответственно число машин, находящихся в рециркуляционной зоне под нагрузкой и работающих на холостом ходу; q_0 , q_r – интенсивность выделения вредных газов при работе под нагрузкой и на холостом ходу, мг/с.

Баланс поступления газов или пыли в рециркуляционную зону от внешних источников, мг/с

$$\sum G' = \sum m_1 G'_{л} + \sum m_2 G'_{т} + \sum m_3 G'_{тв}, \quad (2.9)$$

где $G'_{л}$, $G'_{т}$, $G'_{п}$ – интенсивность выделения одноименных газов или пыли линейными, точечными источниками у земли и точечными источниками на высоте, мг/с; $m_1 - m_3$ – коэффициенты, показывающие какая часть вредностей поступает в зону рециркуляции.

Суммарная интенсивность поступления одноименных газов или пыли в рециркуляционную зону от каждой группы

$$\sum G' = n'_1 \cdot k'_0 \cdot m'_1 q_1 + n'_2 \cdot k''_0 \cdot m''_2 q_2 + \dots + n'_n \cdot k^n_0 \cdot m^n \cdot q_n, \quad (2.10)$$

где $n'_1 - n'_3$ – число однотипных источников на поверхности карьера в пределах длины рециркуляционной зоны; m' , m'' , m^n – средние значения коэффициента заноса.

Коэффициенты m_1 и m_2 в зависимости от $\frac{x'_n}{H_{ср}} = \frac{X'_n}{H_{ср}}$ (X'_n – расстояние от источника до

верхней бровки подветренного борта; $H_{ср}$ – средняя глубина расположения точки встречи внешней границы струи с наветренным бортом, м) определяются по графику рис. 2.2,

величины m_3 – в зависимости от $\bar{H} = \frac{H'_т}{H_{ср}}$

($H'_т$ – высота точечного источника) из рис. 2.3.

Общий баланс поступления вредностей в зону рециркуляции от всех источников

$$G''_{общ} = G_{общ} + G'_{общ}. \quad (2.11)$$

Интенсивность выделения газов и пыли внутренних источников приведены в табл. 2.3 и 2.4.

Для внешних источников можно принимать:

- фабрики, котельные – до 44000 мг/с окиси углерода;
- автосамосвалы, движущиеся по внешним дорогам по пыли и газам, – в соответствии с табл. 2.3 и 2.4;
- разгрузка думпкаров на внешних отвалах (по пыли) – 250 мг/м³.

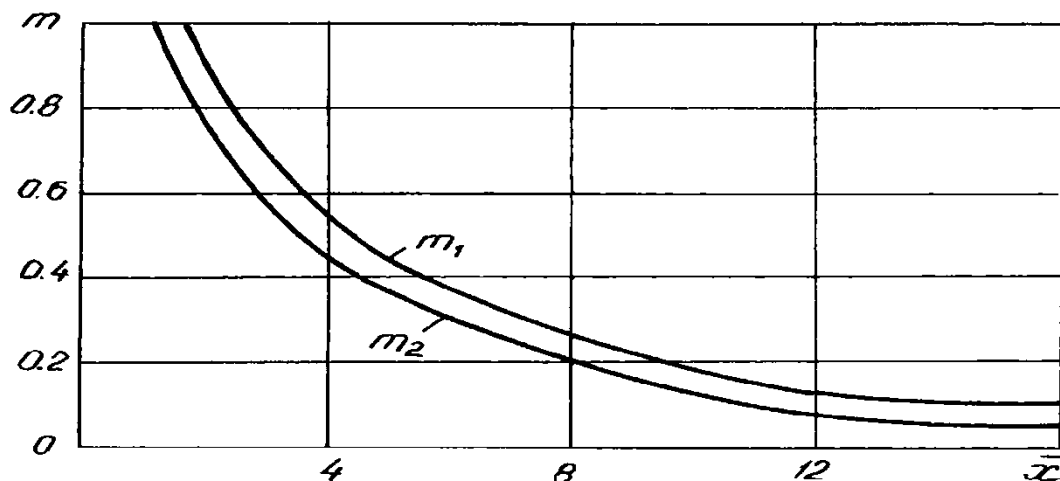


Рис. 2.2. Изменение коэффициентов m_1 и m_2
(для линейных и точечных источников)

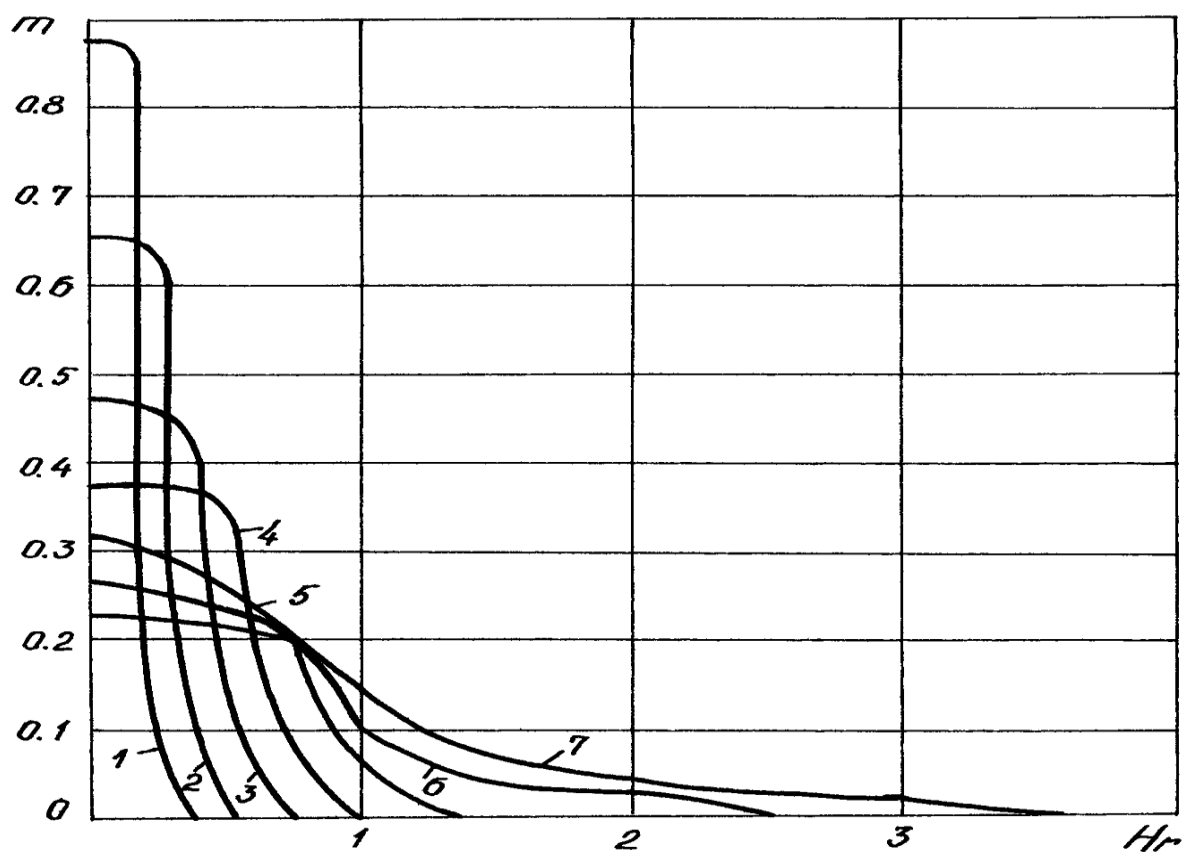


Рис. 2.3. Изменение m_3 в зависимости от X_u^1 и высоты источника
(1-7 при X_u^1 , равном $H_{Г}^1$, $2H_{Г}^1$, $3H_{Г}^1$, $4H_{Г}^1$, $5H_{Г}^1$, $10H_{Г}^1$, $15H_{Г}^1$)

Интенсивность выделения ядовитых газов и паров

Вид оборудования	Интенсивность поступления, мг/с					
	окиси углерода		окислов азота		акролеина	
	холостой ход	под нагрузкой	холостой ход	под нагрузкой	холостой ход	под нагрузкой
Автосамосвалы						
БелАЗ–540	132	264	31	39	2	18
БелАЗ–548	91	1156	117	1305	4	6
Станки огневого бурения					Альдегиды	
СБО–1, СБО–2	10000	496000	34	4640	180	2720
СБО–4	4000	58000	112	2400	42	2720
Ручной термобур ТБ	60	800	12	37	0,9	37

Примечание: Интенсивность выделения СО с заповаренных участков 350 мг/с·м².

Угольные склады, обогатительные фабрики (по пыли) – 23000 мг/с.

Сдуваемость пыли с площадок уступов, мг/с

$$\omega = a \cdot u^b$$

$$a = 0,137$$

$$b = 2,4$$

$$C_v = \frac{q}{r^2} 10$$

$$q = \omega \cdot F,$$

где ω – средневзвешенная удельная сдуваемость, мг/с м²; F – площадь карьера, на которой скорость потока превышает критическую, м².

Количество пыли от массовых взрывов рассчитывается как, г

$$P = q_n \cdot Q_1, \quad (2.12)$$

где q_n – удельное пылеобразование, г/м³; Q_1 – объем взрывающегося блока, м³.

Величину q_n можно принимать равной 35 г/м³.

Количество условной окиси углерода (СО_{усл}), поступающей в атмосферу карьера при массовых взрывах, кг

$$P_r = q_r \cdot A, \quad (2.13)$$

где q_r – количество СО_{усл}, приходящейся на 1 кг ВВ, дм³/кг; A – количество взрывающегося ВВ, кг. Величину q_r (газовость ВВ) ориентировочно (при отсутствии фактических данных) можно принимать 60 дм³/кг.

Таблица 2.4

Интенсивность выделения газов и пыли внутренних источников

Наименование и тип оборудования	Интенсивность поступления пыли, мг/с			Примечание
	угольные карьеры	рудные карьеры	карьеры стройматериа- лов	
Экскаваторы				
ЭКГ-8	10000 – 1200	300 – 400	–	Без орошения
	500 – 600	60 – 100	–	С орошением
ЭКГ-4	400 – 500	100 – 500	300 – 700	Без орошения
	150 – 250	30 – 150	80 – 120	С орошением
СЭ-3	1700 – 2000	700 – 800	1100 – 1400	Без орошения
	600 – 800	120 – 300	300 – 400	С орошением
ЭРГ-400Д	11000 – 12000	–	–	Без орошения
	1600 – 2000	–	–	С орошением
ЭШ-4/400	10000 – 11000	–	–	Без орошения
Автосамосвалы				
БелАЗ-540	3000 – 4000	6000 – 12000	12000 – 15000	Дороги без покрытия и обработки
	1000 – 2000	200 – 300	150 – 300	Дороги с обработкой
	–	80 – 150	–	Дороги со специальным покрытием
Бурстанки				
БМК, БА-100, СБО _т БАШ-250, СБВ и др.	600 – 1200	300 – 43000	–	Без средств борьбы с пылью
	50 – 80	20 250		Со средствами борьбы
Бульдозеры	1600 – 2000	200 – 250	1500 – 2500	Без орошения
	–	–	200 – 400	С орошением
Конвейеры (на 1 м)	35 – 50	–	–	Без орошения
	15 – 25	–	–	С орошением
Перегрузочные пункты конвейера	80 – 100	–	–	Без орошения
	45 – 60	–	–	С орошением
Дробильные установки				
Производительность 318 Т/2Г	–	80	–	Без орошения
1340 Т/г	–	300	–	То же
Камнерезные машины				

СМ–Б18, СМ–580 А	–	–	140 – 1200	Без орошения
НКМ–2 и др.	–	–	15 – 60	С орошением

Концентрации вредностей, поступающих в атмосферу зоны рециркуляции и за ее пределы в направлении движения ветра могут быть подсчитаны по формулам, сведенные в табл. 2.5.

Таблица 2.5

Определение уровня загрязнения отдельных рабочих мест при естественном проветривании

Схема проветривания	Место определения уровня загрязнения	Расчетные формулы для определения концентрации вредных веществ, мг/м ³
1. Рециркуляционная	В зоне рециркуляции	$C_h = \frac{33,3 \cdot G''_{\text{общ}}}{X_{\text{ср}} \cdot U_p \cdot L_1} + C_0'$
	За пределами зоны	$C = \frac{15 \cdot G''_{\text{общ}}}{X_{\text{ср}} \cdot U_p \cdot L_1} + C_0'$
2. Рециркуляционная-прямоточная	В зоне рециркуляции	$C_p = \frac{33,3 \cdot G''_{\text{общ}}}{x_{\text{ср}} \cdot U_p \cdot L_1} + C_0'$
	За ее пределами	$C = \frac{15 \cdot G''_{\text{общ}}}{(X_{\text{ср}} + X) \cdot U_p \cdot L_1} + C_0'$
3. Прямоточно-рециркуляционная	В зоне рециркуляции	$C_p = \frac{33,3 \cdot G'''_{\text{общ}}}{X_{1\text{ср}} \cdot U_{\text{ср}} \cdot L_1} + C_0'$
	За ее пределами	$C = \frac{15 \cdot G'''_{\text{общ}}}{X_{1\text{ср}} \cdot U_p \cdot L_1} + C_0'$
4. Прямоточная	В карьере при расположении внешнего или внутреннего источника около верхней бровки подветренного борта	$C_n = \frac{10 \cdot G_l}{X' \cdot U_p \cdot L_n} + C_0'$

Примечание. $X_{\text{ср}}$ – среднее значение абсцисс точки встречи внешней границы струи с наветренным бортом или дном карьера для ряда характерных вертикальных профилей, м; $X_{\text{ср}}$ – среднее значение абсцисс границы, разделяющей зоны прямого и обратного потоков, для ряда профилей, совпадающих с направлением ветра, м/с; X – расстояние от границы зоны рециркуляции в направлении движения ветра до точки, в которой определяется концентрация вредностей, м; U_p – расчетная скорость ветра, м/с; L_1 – длина зоны рециркуляции в направлении, перпендикулярном движению ветра, м; $G_{\text{общ}}$ – суммарная интенсивность поступления вредностей в рециркуляционную зону от источников, находящихся в этой зоне и на подветренном борту, проветриваемом по прямоточной схеме, мг/с; X – расстояние от линейного источника до точки, в которой определяются концентрация при прямоточной схеме, м; L_n – длина линейного источника, м.

Величина $G'''_{\text{общ}}$ определяется, мг/с

$$G'''_{\text{общ}} = m_1 G'_l + m_1 G_l + m_2 G'_T + m_2 G_T + m_B G_{\text{ТВ}}, \quad (2.14)$$

где G'_t, G'_l – интенсивность внутренних точечных и линейных источников, расположенных на подветренном борту, проветриваемом по прямоточному режиму, мг/с; G_t, G_l – интенсивность низких точечных и линейных внешних источников, мг/с; $G_{тв}$ – интенсивность внешних высоких точечных источников, мг/с.

Значение средней скорости U_{cp} подсчитывается как

$$U_{cp} = \frac{0,125U_0(1-p)q}{1,57 - J_H}, \text{ м/с,} \quad (2.15)$$

где q – безразмерная величина, равная $\int_{\varphi_H}^{\varphi_c} \cos \varphi d\varphi_H$, и определяемая по графику, рис. 2.4.

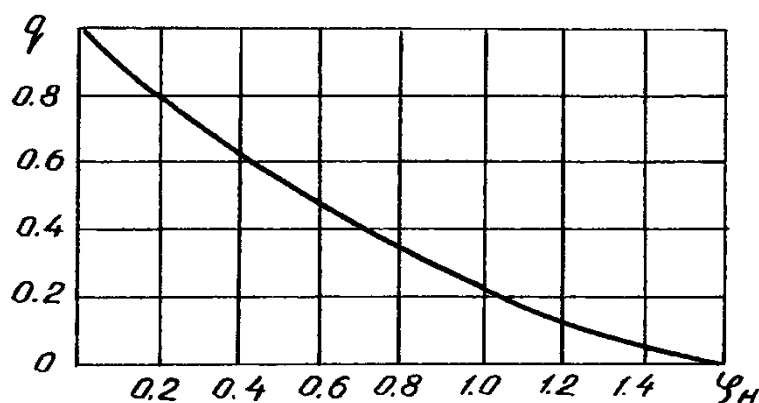


Рис. 2.4. График определения величины q

$$J_H = 5,85 \frac{y_H}{X_1}, \quad (2.16)$$

$$y_H = 0,27X' - h', \quad (2.17)$$

где x' – абсцисса токи начала рециркуляции, м; h' – высота максимальной деформации внутренней границы пограничного слоя, образующего зону рециркуляции, м (возможно принятие $U_{cp} = \frac{1}{3}U_p$).

Уровень загрязнения рассматривается:

- для рабочих мест в кабинах карьерного оборудования (экскаваторы, бурстанки, автосамосвалы, бульдозеры и т. д.);
- рабочих мест стационарного оборудования без кабин (перфораторы, конвейеры и т. д.);
- рабочих мест, не связанных с выделением вредных веществ, но попадающих в факел распределения вредных веществ от другого оборудования;
- забоев траншей.

Расчет уровня загрязнения производится по формулам:

1. В кабинах оборудования:

а) стационарного (экскаваторы, бурстанки), мг/м³

$$C = \frac{0_1 B \cdot k' \cdot q'}{U_n \cdot h_0 \cdot b_0} + C_n \quad (2.18)$$

б) мобильного (автосамосвалы, бульдозеры), мг/м³

$$C = \frac{0,8 \cdot k'q}{(U_T \pm U_n) \cdot h_0 b} + C_p, \quad (2.19)$$

(U_n имеет знак + при направлении воздушного потока, противоположном движению машины, – при совпадении этих направлений)

2. На рабочих местах стационарного оборудования без кабин:

а) точечные источники, выделяющие вредности в неразбавленном виде, мг/м³

$$C = \frac{kq}{X^2 \Psi_{гр}^2 \cdot U_n} + C_p, \quad (2.20)$$

б) то же, но разбавленные воздухом или газами, мг/м³

$$C = \frac{kq}{X^2 \Psi_{гр}^2 \cdot U_n + kQ_n} + C_1, \quad (2.21)$$

в) линейные источники, мг/м³

$$C = \frac{kq_n}{X \Psi_{гр} \cdot L_n U_n} + C_p. \quad (2.22)$$

3. На рабочих местах, расположенных в зоне факела от других источников:

а) точечный источник, выделяющий примеси в неразбавленном виде, мг/м³

$$C = \left(\frac{kq}{X^2 \Psi_{гр}^2 \cdot U_n} \exp \frac{-6,3 \sqrt{y^{3,3}}}{\Psi_{гр} \cdot X^{1,3}} \right) + C_p, \quad (2.23)$$

б) то же в разбавленном виде, мг/м³

$$C = \left(\frac{kq}{X^2 \Psi_{гр}^2 \cdot U_n + kQ_n} \exp \frac{-6,3 \sqrt{y^{3,3}}}{\Psi_{гр} \cdot X^{1,3}} \right) + C_p, \quad (2.24)$$

в) линейный источник, мг/м³

$$C = \frac{kq_n}{X \Psi_{гр} L_n U_n} + C_p, \quad (2.25)$$

где K' – коэффициент, зависящий от места расположения источника в карьере ($K' = 1$ – для зоны рециркуляции, $K' = 1,5$ – для прямоточной зоны); K – коэффициент, зависящий от вида источника ($K = 5,6$ – для точечного, $K = 3$ – для линейного); X, Y – координаты точки, в которой определяется концентрация (начало координат в источнике), м; Q_n – количество воздуха, выбрасываемого источником вредных веществ, м³/с; $\Psi_{гр}$ – параметр, характеризующий турбулентность потока у источника (определяется по рис. 2.5); L_n – длина линейного источника, м; U_n – скорость на площадке, где располагается источник вредностей, м/с.

Величина U_n на различных участках определяется:

1. При рециркуляционной схеме:

а) на наветренном борту, проветриваемом потоками, совпадающими с направлением ветра, м/с

$$U_n = \frac{U_p}{X_n} (X_n + 8,1H_n + Q_n H_n^2), \quad (2.26)$$

(X_n, H_n – абсцисса и глубина расположения точки, в которой определяется U_n)

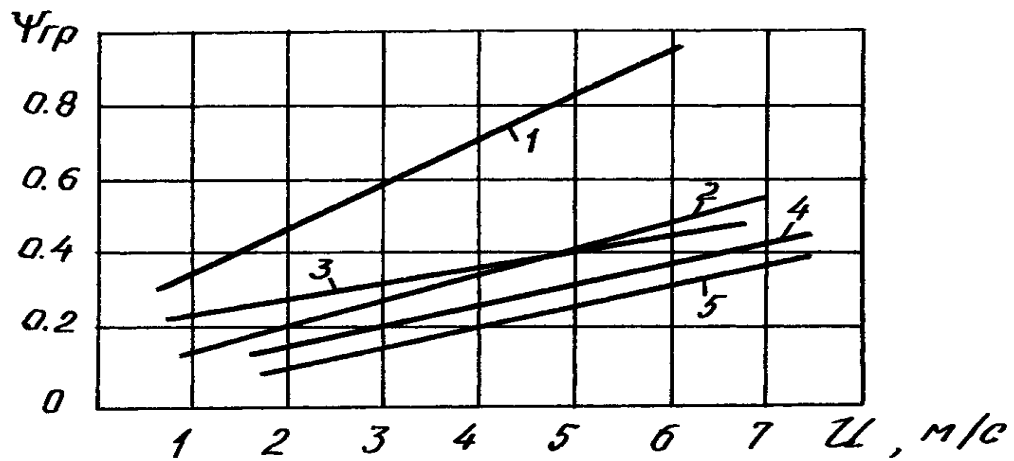


Рис. 2.5. Изменение $\psi_{гр}$ в зависимости от скорости потока:
 (1 – у поверхность уступа; 2 – над поверхностью рабочей площадки уступа
 (рециркуляционная схема); 3, 4 – то же для прямоточных; 5 – на поверхности карьера)

б) на горизонтальных участках уступов и дна карьера, проветриваемых потоками, противоположными направлению ветра, при $H = H_{гр}$, м/с

$$U_n = \frac{0,1 \cdot X_n U_p}{H_{гр}}, \quad (2.27)$$

в) на подветренном борту карьера при $H = H_{гр}$, м/с

$$U_n = \frac{0,38 \cdot U_p (0,73 \cdot H_{гр} + 0,073 \cdot X_n)}{H_{гр} - 0,27 X_n}, \quad (2.28)$$

г) на подветренном борту и в глубокой части карьера при $H > H_{гр}$, м/с

$$U_n = \frac{0,35 X_n U_p (H_{гр} - 0,27 X_n)}{(H_n - 0,27 X_n)(3,73 H_{гр} - X_n)}, \quad (2.29)$$

2. При прямоточной схеме:

а) на наветренном борту, м/с

$$U_n = \frac{U_p}{X_n} (X_n + 2,1 H_n - 6 H_n^2), \quad (2.30)$$

б) на подветренном борту, м/с

$$U_n = 0,725 U_p \cos \cdot \frac{5,85 \cdot H_n}{X_n}. \quad (2.31)$$

Значения \cos определяются по рис. 2.6.

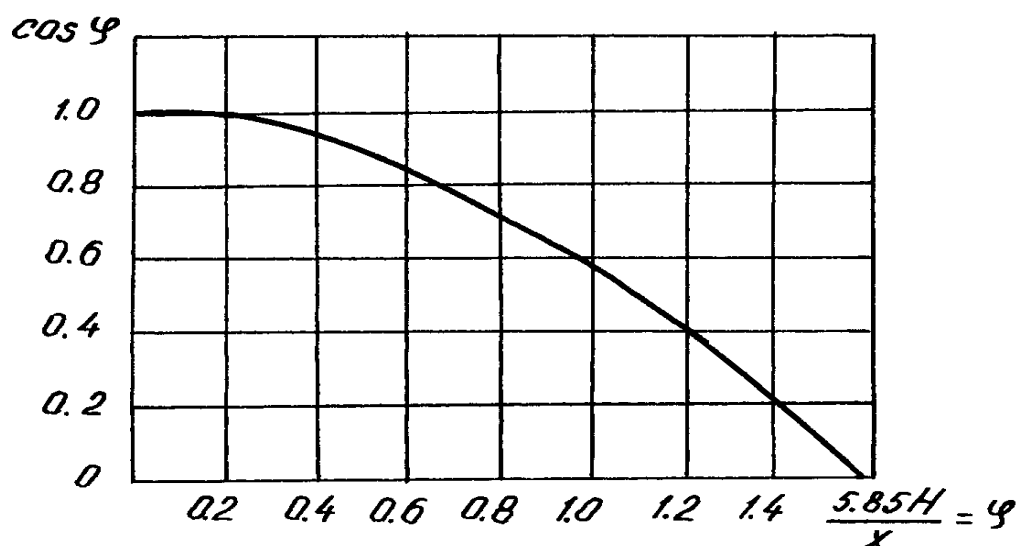


Рис. 2.6. График для определения значений $\cos \frac{5,85H_0}{x_1}$

3. При рециркуляционно–прямоточной схеме:
- а) в прямоточной зоне по формуле (2.30);
 - б) в рециркуляционной зоне по формулам (2.27) и (2.28).
4. При прямоточно–рециркуляционной:
- а) на подветренном и наветренном бортах в прямоточной зоне по формуле (2.30);
 - б) там же в рециркуляционной зоне по формулам (2.26) – (2.28). Вместо U_p подставляется U_{cp} , рассчитанное по формуле (2.15).

Загрязнение атмосферы в призабойной части разрезной траншеи зависит от направления проветривающего их воздушного потока. При направлении потока, перпендикулярного к продольной оси траншеи, загрязнение значительно выше по сравнению с потоком со стороны забоя. Наиболее благоприятные условия возникают при потоке со стороны съезда на забой.

Концентрации вредностей определяются:

1. При потоке воздуха со стороны забоя, мг/м^3

$$C_T = \frac{0,8q}{U_T h_0 b_0} + \frac{8,7q}{U h_T b_T} + C_p, \quad (2.32)$$

2. При потоке перпендикулярном продольной оси, мг/м^3

$$C_T = \frac{0,8 \cdot q}{U_T \cdot h_0 \cdot b_0} + \frac{20,1 \cdot q}{U \cdot b_T^2} + C_p, \quad (2.33)$$

где q – интенсивность источника, расположенного в траншее, мг/с ; h_0, b_0 – высота и ширина корпуса источника, м; h_T, b_T – высота и ширина траншеи, м; C – концентрация загрязнения потока (определяется по формуле (2.25) или принимается по C_p табл. 2.5)); U – скорость потока воздуха, подходящего к траншее, м/с ; U_T – скорость воздуха в забое траншеи, м/с .

Величина U определяется по формулам (2.26)–(2.31), U_T берется в первом случае равной U , во втором – $0,5U$.

Уровень загрязнения воздуха в карьере и на рабочих местах сопоставляется с предельно допустимыми концентрациями вредностей для наиболее неблагоприятных условий проветривания на конец отработки каждого этапа для каждого вида оборудования (экскаваторы, автосамосвалы, бурстанки и т. д.) на нижних площадках уступов, в траншеях, съездах; на верхних площадках при работе в глубокой части карьера в зоне

рециркуляции с минимальными скоростями движения воздуха. Следует иметь в виду, что для обеспечения разжижения вредностей на рабочих местах их концентрации в общей атмосфере не должны превышать 1/3 соответствующих значений ПДК. Предельно допустимые концентрации (ПДК) в соответствии с санитарными нормами приведены в табл. 2.6.

При оценке эффективности естественного проветривания на каждом этапе должна быть установлена скорость ветра, при которой достигается величина ПДК, а также определены значения вредных веществ при минимальной скорости (1 м/с). Пересчет концентрации на указанные скорости производится, мг/м³

$$C'_p = \frac{C_p \cdot U_p}{U'_0(1 - p_1)}, \quad (2.34)$$

где C_p – концентрация в общей атмосфере при скорости ветра.

Если в результате расчетов величина C_p в общей атмосфере будет меньше 1/3 ПДК, а на рабочих местах с оборудованием меньше ПДК, то делается вывод о достаточной эффективности естественного проветривания ветровыми потоками. В этом случае вопрос о необходимости искусственной вентиляции (как общеобменной так и местной) решается только для условий штилей, инверсий и массовых взрывов. Когда C_p больше 1/3 ПДК, рассматривается возможность интенсификации естественного проветривания. Если принимается решение о внедрении того или иного мероприятия, делается степень увеличения скорости потоков. По формуле (2.34) подсчитываются концентрации (C_p) при увеличенной скорости (U'_0). В случае $C'_p > 1/3$ ПДК должна быть определена необходимая эффективность дополнительных мероприятий по нормализации состава атмосферы.

Предельно допустимые концентрации (ПДК) в соответствии с санитарными нормами

Вещество	Химическая формула	Величина ПДК	
		мг/м ³	% по объему
Акролеин	CH ₂ CHCHO	0,2	0,000009
Окислы азота (в пересчете на NO ₂)	NO ₂	5,0	0,00026
Окись углерода	CO	20,0	0,0017
Сернистый ангидрид	SO ₂	10,0	0,00038
Тринитротолуол	C ₆ H ² (NO ₂)CH ₃	1,0	
Сероводород	H ₂ S	10,0	0,00071
Формальдегид	HCHO	0,5	0,00004
Пыль, содержащая более 70 %	SiO ₂	1,0	
Пыль, содержащая 10–70 %	SiO ₂	2,0	
Асбестовая пыль и пыль смешанная, содержащая SiO ₂ менее 10 %		2,0	
Пыль силикатов (тальк, оливин и т. д.) с менее 10 %		4,0	
Пыль барита, фосфорита, апатита с SiO ₂ менее 10 %		5,0	
Пыль угольная и угольно-породная с SiO ₂ более 10 %		2,0	
Пыль глин, минералов и их смесей без SiO ₂		6,0	
Пыль угольная с SiO ₂ до 10 %		4,0	
Пыль угольная без SiO ₂		10,0	
Пыль свинца и его неорганических соединений		0,01	
Пыль марганца		0,3	

Определение необходимой эффективности комплекса, обеспечивающего при данном общем балансе поступления вредностей в зону рециркуляции их содержания на уровне ПДК, выполняется с учетом удельного значения каждой группы источников, участвующих в загрязнении.

Удельное значение внутренних и внешних источников в загрязнении рециркуляционной зоны подсчитывается, %

внутренних источников

$$P = \frac{G_{\text{общ}}}{0,01G_{\text{общ}}}, \quad (2.35)$$

внешних источников

$$P = \frac{G'_{\text{общ}}}{0,01G''_{\text{общ}}}. \quad (2.36)$$

Удельное значение каждой одноименной группы источников подсчитывается по этим же формулам, но в числителе принимается $\sum G$ или $\sum G'$. Значения указанных величин принимаются по (2.5), (2.6), (2.9), (2.10).

Значения P для каждого типа источника, %

$$P_{\tau} = \frac{\sum g}{0,01 \sum G}, \% \quad (2.37)$$

и

$$P'_{\tau} = \frac{\sum g'}{0,01 \sum G'}, \% \quad (2.38)$$

На основе анализа величины P определяются основные группы и типы источников, для которых в первую очередь должны предусматриваться мероприятия по снижению интенсивности поступления вредностей.

Общая требуемая эффективность мероприятий для групп источников определяется, %

$$\eta_{\tau} = \frac{C_p - 0,3C_{\text{ПДК}}}{0,01C_p}. \quad (2.39)$$

Необходимая эффективность у отдельной машины, %

$$\eta_m = \frac{C_m - C_{\text{ПДК}}}{0,1 \cdot C_m}, \quad (2.40)$$

где C_m – максимальная концентрация, мг/м

Общая фактическая эффективность для типа источников и для карьера в целом, %

$$\eta_{\text{ср}} = 100 [1 - (1 - \eta_1)(1 - \eta_2) \dots (1 - \eta_n)], \quad (2.41)$$

($\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_n$) принимается по формуле (2.39).

Если фактическая эффективность ниже требуемой по расчету, то принимаются мероприятия технологического характера. При этом степень снижения общего поступления вредностей подсчитывается

$$k_c = \frac{1 > \eta_{\tau}}{1 - \eta_{\text{ср}}}, \quad (2.42)$$

а допустимая интенсивность поступления, мг/с

$$G_{\text{н-общ}} = k_c G_{\text{общ}}. \quad (2.43)$$

Для обеспыливания воздуха при работе экскаваторов, бульдозеров, конвейеров и т. д. в основном используется гидрообеспыливание. Оно позволяет снизить уровень загрязнения пылью до ПДК при условии увлажнения горной массы до оптимальной влажности ($\varphi_{\text{опт}}$). Значения $\varphi_{\text{опт}}$ подсчитываются, %

$$\varphi_{\text{опт}} = \varphi_e + \frac{1}{a} \ln \frac{C_p}{C_{\text{ПДК}}}, \quad (2.44)$$

где φ_e – естественная влажность горной массы, %; a – безразмерный коэффициент, характеризующий способность пыли пород и руд к смачиванию; C_p – запыленность воздуха на рабочем месте при естественной влажности, мг/м³.

Значения коэффициента « a » составляют:

Уголь	– 0,33 – 0,42	Калийные руды	– 0,75
Медносерные руды	– 0,35 – 0,40	Известняки	– 0,26 – 0,41
Железные руды	– 0,40 – 0,46	Супесчаные породы	– 0,60 – 0,66
Сульфидные руды	– 0,40 – 0,50	Глинистые породы	– 0,30 – 0,35

При обеспыливании взорванной массы, переэкскавации внутренних отвалов наименьшим удельным расходом воды характеризуется увлажнение гидромониторами. Производительность гидромониторов в экскаваторном забое определяется, м³/ч

$$Q_1 = 0,01 \cdot K' \cdot Q_3 \cdot (\varphi_{\text{отт}} - \varphi_e), \quad (2.45)$$

где K' – безразмерный коэффициент, учитывающий изменение во времени влажности вследствие испарения ($K' = 0,3-0,4$); Q_3 – производительность экскаватора, м³/ч.

Тип гидромонитора в зависимости от насадки, давления воды и дальности принимается по табл. 2.7.

Таблица 2.7

Технические параметры гидромониторов

Давление воды, кПа	Диаметр насадки, мм					
	15		20		25	
	расход воды, м ³ /ч	дальность, м	расход воды, м ³ /ч	дальность, м	расход воды, м ³ /ч	дальность, м
400	16	30	29	30	101	30
600	20	45	36	45	124	45
800	25	60	41	60	144	60

Если производительность гидромонитора меньше, определенной по формуле (2.45), следует устанавливать несколько гидромониторов. Число их

$$N = \frac{Q_r}{Q'_r}, \quad (2.46)$$

где Q'_r – производительность гидромонитора, м³/ч (из табл. 2.7).

При установке гидромониторов на автомобилях число машин определяется следующим образом

1. Продолжительность рейса одной машины, мин

$$t_p = t_{\text{дв}} + t_{\text{запр}} + t_{\text{ож}} + t_{\text{ор}}, \quad (2.47)$$

где $t_{\text{дв}}$, $t_{\text{запр}}$, $t_{\text{ож}}$, $t_{\text{ор}}$ – соответственно время движения машины с водой и без нее, заправки, ожидания в забое перед орошением, увлажнения, мин.

$$t_{\text{дв}} = 60 \left(\frac{L_{\text{ср}}}{V_1} + \frac{L_{\text{ср}}}{V_2} \right), \quad (2.48)$$

где $L_{\text{ср}}$ – среднее значение от заправочного пункта до забоя, км; V_1 , V_2 – средние скорости движения машины с водой и без нее, км/ч

$$t_{\text{запр}} = \frac{60 \cdot V_M}{Q_H}, \quad (2.49)$$

где V_M – емкость цистерны, м³; Q_H – производительность заправочного насоса, м³/ч

$$t_{\text{оп}} = \frac{60 \cdot P_{\text{в}}}{Q_{\text{г}}}, \quad (2.50)$$

где $P_{\text{в}}$ – количество воды для увлажнения забоя, т.

2. Производительность одной машины в течение смены, м³/см

$$Q_{\text{м}} = V_{\text{м}} \frac{60 \cdot TK_{\text{и}}}{t_{\text{п}}}, \quad (2.51)$$

где T – продолжительность смены, ч; $K_{\text{и}}$ – коэффициент использования машины в течение смены ($K_{\text{и}} = 0,7$).

3. Число машин, необходимых для увлажнения всех экскаваторных забоев в течение смены, шт.

$$N_{\text{а}} = \frac{t_{\text{п}} \cdot a_{\text{н}} \sum_{i=1}^{\delta} V_i g_i}{60 \cdot V_{\text{м}} K_{\text{п}} K_{\text{в}}}, \quad (2.52)$$

где $a_{\text{н}}$ – коэффициент неравномерности увлажнения ($a_{\text{н}} = 1,3$); V_i – объем увлажняемой горной массы, м³; δ – число типовых горных пород; $K_{\text{п}}$ – коэффициент технической гарантийности автопарка ($K_{\text{п}} = 0,9 \div 1,0$); $K_{\text{в}}$ – коэффициент использования машины во времени ($K_{\text{в}} = 0,6 \div 0,8$).

При использовании гидропоездов расчет аналогичен расчету при автомашинах.

При использовании оросителей для увлажнения горной массы в экскаваторных забоях требуемое количество воды определяется, м³/ч

$$Q = 0,01 \cdot a_{\text{н}} \cdot Q_{\text{з}} (J_{\text{опт}} - J_{\text{е}}), \quad (2.53)$$

где $a_{\text{н}}$ – безразмерный коэффициент, учитывающий степень измельчения горной массы. Значения его составляют:

1. Породы, разрыхленные взрывным способом: крепкие – $0,15 \div 0,18$, слабые – $0,18 \div 0,22$.

2. Уголь, разрыхленный взрывным способом – $0,20 \div 0,25$.

3. Породно–угольные навалы: перегоревшие – $0,40 \div 0,90$, свежееобразованные – $0,20 \div 0,60$.

Производительность оросителя в зависимости от давления, дм³/мин

$$q_0 = q_{\text{т}} \sqrt{\frac{P}{P_{\text{т}}}}, \quad (2.54)$$

где $q_{\text{т}}$ – производительность оросителя по технической характеристике (табл. 2.8); P , $P_{\text{т}}$ – давление воды расчетное и соответствующее характеристике.

Таблица 2.8

Технические параметры оросителей

Ороситель	Производительность при давлении 400 кПа, дм ³ /мин	Форма факела	Угол раствора, град	Дальнобойность, м
РС-Б	200-290	Полный конус	0-120	13-32
ОК-1	310	Плоская	60	16-20
ОК-2	200	Сплошной конус	60	20

Число оросителей, шт.

$$N_{\text{op}} = \frac{16,7 \cdot Q}{q_0} . \quad (2.55)$$

При использовании оросителей на конвейерах расход воды принимается 10–30 $\text{дм}^3/\text{м}^3$ транспортируемой горной массы. Расчеты аналогичны приведенным выше.

Эффективность гидрообеспыливания при достижении оптимальной влажности, %

$$\eta_t = 100(1 - \exp[-a(J_{\text{опт}} - Je)]) . \quad (2.56)$$

В случае, если величина $\eta_{\text{д}}$ будет меньше значений, рассчитанных в формуле (2.39), рассматриваются дополнительные мероприятия по изоляции и герметизации рабочих мест или применения индивидуальных средств защиты. При невозможности достижения санитарных нормативов должен быть рассмотрен вопрос о необходимости постоянной искусственной вентиляции. Для пылеподавления водой при бурении ручными перфораторами рекомендуется принимать 3,5 $\text{дм}^3/\text{мин}$, колонковыми – 5 $\text{дм}^3/\text{мин}$, бурстанками с подачей воздушно–водяной смеси до 60 $\text{дм}^3/\text{мин}$.

В холодный период года необходимо использовать в качестве добавки к воде растворы хлористого магния, хлористого калия, хлористого кальция.

Общий расход этих солей, т

$$P = k_1 \sum Q_c \cdot q_c \cdot n_t , \quad (2.57)$$

где k_1 – безразмерный коэффициент, учитывающей непроизводительные потери ($k_1 = 1,2$);

Q_c – объем воды, необходимый для обеспыливания всех источников, м^3 ; q_c – удельный расход соли, кг, на 1 м^3 воды (среднее значение $q_c = 140 \text{ кг}/\text{м}^3$); n_t – продолжительность периода с отрицательными температурами, сут.

Способ подавления пыли на автодорогах выбирается в зависимости от требуемой эффективности, покрытия дороги и климатических условий.

Характеристика способов и условий их применения приведены в табл. 2.9.

При применении для полива дорог воды число поливочных машин определяется, шт

$$N = \frac{1,25 \cdot LBqn}{Q_m} , \quad (2.58)$$

где L – протяженность карьерных дорог, м; B – ширина проезжей части дороги, м; q – удельный расход воды, $\text{м}^3/\text{м}^2$; n – частота орошения в течение 1 часа. (q и n берутся из табл. 2.9).

**Характеристика средств подавления пыли
при обработке автомобильных дорог**

Время года	Средство подавления пыли	Способ применения	Расход на 1 м ² проезжей части, кг	Срок службы одинарной обработки, сут	Эффективность к концу срока службы, %
Зима					
Малоснежная	Сланцевое масло	Разлив по полотну гудронаторами	0,8-1,2	30-35	84,2-86,0
	Гудрон Л, Т	То же	1,3-1,5	35-40	–
	Битум жидкий А, Б	-«-	1,6	40-45	88,4-91,2
	Нефтяное топливо	-«-	0,9-1,2	20-25	–
	Мазуты М-80, М-100	-«-	1,5-2,0	20-30	–
Снежная	Хлористый кальций	Посыпание дороги	0,25	5-8	80,0-84,0
	Уборка снега	Вынесение в верхний слой дороги с последующей укаткой	2,5-3,5	60-90	82,0-86,6
Лето					
Сухое или умеренно-влажное	Сульфат магния	Внесение в разрыхленную поверхность с последующей укаткой	0,4	30-35	85,0-93,6
	Хлористый кальций	То же	0,6	16-32	84,0-92,6
Влажное	Сланцевое масло	То же	1,5-2,0	40-50	86,0-88,0
	Гудрон Л, Т	То же	2,5-3,0	45-60	–
	Битум жидкий А, Б	То же	3,5	60	92,0-96,5
	Битумные эмульсии на сульфатно-спиртовой барде	Полив дороги в сухое время	3,0-4,0	35-45	95,0-96,5
	25 % растворы хлористого кальция	Орошение машинами	1,5-2,0	2-5	82,0-91,1
	Вода	То же	1,5-2,0	10-15 мин	86,7-97,5
		Непрерывное орошение оросителями	–	–	87,5-97,5

При выборе средств борьбы с газами рекомендуется использование серийно выпускаемых нейтрализаторов как для автомобилей, так и для станков огневого бурения. Для отечественных нейтрализаторов всех видов можно принимать долговечность при пробеге 20,0 тыс. км.

2.8. Определение времени проветривания после массовых взрывов и штилей

Время проветривания после взрыва при расположении взрываемого блока в зоне рециркуляции при рециркуляционной, рециркуляционно–прямоточной, прямоточно–рециркуляционной схемах подсчитывается, с

$$t = t_0 + \frac{V}{K_1 F U'_p} \left[\left(\frac{C_0}{C_{\text{ПДК}}} \right)^{\frac{1}{a}} - 1 \right], \quad (2.59)$$

где t_0 – время формирования газопылевого облака (30+40 с); V – начальный объем газопылевого облака, м³; K_1 – коэффициент, учитывающий приращение объема облака за счет турбулентности воздушного потока; F – площадь облака в направлении, перпендикулярном к движению ветра, м²; U'_p – расчетная скорость движения воздуха в зоне рециркуляции, м/с; $C_0, C_{\text{ПДК}}$ – начальная и предельно допустимая концентрация вредностей, мг/м³; a – безразмерный коэффициент.

При расположении взрываемого блока в прямоточной зоне при рециркуляционно–прямоточной и прямоточно–рециркуляционной схемах, с

$$t = \frac{1,4 \cdot L_b}{U_p \cdot \cos \left[\frac{H_u - (a2 \cdot A + 139) \cdot b \exp A \cdot 10^{-3} (41 + 0,04 A)}{X_u} \right]}, \quad (2.60)$$

где L_b – расстояние от места взрыва до верхней бровки наветренного борта, м; H_u – глубина расположения взрываемого блока, м; A – количество одновременно взрываемого ВВ, т; B – коэффициент, учитывающий изменение высоты подъема облака в зависимости от глубины взрываемых скважин (при глубине скважин до 15 м $b = 1$; более 15 м – $b = 0,8$); X_u – расстояние от верхней бровки подветренного борта до места взрыва, м.

Высота подъема пылегазового облака принимается 200–250 м.

Начальный объем облака, м³

$$V = m \cdot A \cdot b' \cdot 1000, \quad (2.61)$$

где b' – объем всех газов, образующихся при разложении 1 кг ВВ ($b' = 0,75$ м³/кг); m – коэффициент, показывающий какая часть газов попала в атмосферу; $m = 0,6-0,75$.

Площадь поперечного сечения облака, м²

$$F = 1,21 \cdot V^{\frac{2}{3}}. \quad (2.62)$$

Величину U'_p в зоне рециркуляции принимают $\frac{1}{3} U_p$, в прямоточной – $U'_p = U_p$

Значение

$$a = 1 + \frac{K}{K_1}, \quad (2.63)$$

где $K = 0,4$; $K_1 = 1 + 0,1 \frac{U'_p}{r}$; r – радиус облака, $r = 0,622 V^{1/3}$.

Время проветривания загрязненного во время шторма карьера появившимся ветром определяется для зон рециркуляции по условию разбавления вредностей до ПДК, для прямоточных зон – по выносу их за пределы карьера.

Время проветривания после шторма, с

1) при рециркуляционной схеме

$$t_1 = \frac{78,5 \cdot V_p}{X_{\text{ср}} \cdot U_p L} \lg \frac{C_0}{C_{\text{ПДК}}}; \quad (2.64)$$

2) *прямоточной схеме*

$$t_{\text{шт}} = \frac{X_1''}{0,725 \cdot \cos\beta \cos \frac{335}{H}} + \frac{2(l - X_1'')}{\cos\beta' U_p \left(0,725 \cos \frac{335 H}{X_1''} + 1 \right)}; \quad (2.65)$$

3) *рециркуляционно-прямоточной схеме:*

зоны рециркуляции

$$t_1 = \frac{78,5 \cdot H_{\text{ср}} (X_{\text{ср}} - 0,5 H_{\text{ср}} \text{ctg} \cdot \beta_{\text{ср}})}{X_{\text{ср}} \cdot U_p} \lg \frac{C_0}{C_{\text{ПДК}}}, \quad (2.66)$$

зоны с прямоточным режимом

$$t_2 = \frac{1,8}{U_p} \left(X_2 - X_1 + \frac{l - X_1}{\cos\beta'} \right); \quad (2.67)$$

4) *прямоточно-рециркуляционной схеме*

$$t_{\text{шт}} = \frac{X_1''}{0,725 U_p \cos\beta_1 \cos \frac{335 H}{X_1''}} + \frac{78,5 (H_{\text{ср}} - h) \left[X_{\text{л}} - 0,5 (H_{\text{ср}} - h) \text{ctg}\beta_2 \right]}{X_{\text{лср}} \cdot U_{\text{ср}}} \lg \frac{C_0}{C_{\text{пок}}}, \quad (2.68)$$

где V_p – объем зоны рециркуляции, м^3 ; X_1'' – абсцисса нижней бровки подветренного борта в профиле карьера, совпадающим с направлением ветра и с наибольшей протяженностью, м; l – длина этого профиля на уровне поверхности, м; H – глубина карьера в этом профиле, м; X_1, X_2 – соответственно, абсциссы точки, разделяющей прямой и обратный потоки при рециркуляционно-прямоточной схеме и нижней бровке наветренного борта в профиле, совпадающим с направлением ветра и имеющим небольшую протяженность, м; β' – угол откоса наветренного борта и карьера в этом профиле, град; $X_{\text{ср}}$ – среднее значение абсцисс точки встречи внешней границы струи с наветренным бортом или дном карьера, м; $X_{\text{ор}}$ – среднее значение абсцисс границы, разделяющей зоны прямого и обратного потоков, м; β – угол откоса подветренного борта, град; β_1, β_2 – средние углы откоса наветренного и подветренного бортов, град.

В случае, если время накопления вредных веществ будет меньше продолжительности штормового периода, рассматривается вопрос о необходимости проектирования искусственной вентиляции.

Варианты задания приведены в таблице

Исходные данные для расчета оценки эффективности проветривания

Исходные данные	Варианты																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Содержание SiO_2 в руде, %	5	8	10	12	12	12	14	80	75	60	30	32	38	16	12	9	8	15	18	16	20	24	20	11
Глубина карьера, м	200	210	180	150	160	220	300	310	315	110	90	100	200	250	250	400	80	250	280	315	300	310	320	140
Скорость ветрового потока на поверхности (м/с): Западные ветра Восточные ветра	1,2 3,0	4,0 3,2	3,2 3,6	2,8 3,8	2,8 4,0	2,5 5,0	3,5 4,2	4,2 4,6	1,8 4,0	2,2 4,0	2,4 4,0	3,2 3,2	3,6 3,1	3,8 3,4	2,0 3,2	2,0 3,6	3,2 4,1	3,3 3,0	4,0 2,8	4,2 2,8	2,6 2,8	2,7 3,0	2,6 3,2	2,8 3,0
Углы откоса бортов: Западного Восточного	20 30	25 30	30 30	15 35	12 45	14 50	35 60	40 60	41 50	22 60	26 40	30 45	30 48	30 50	24 70	40 72	40 68	35 60	37 50	38 55	40 45	41 40	41 47	45 50
На Западном борту расположен отвал высотой 40 м на расстоянии от карьера (м)	200	200	400	500	450	300	310	210	320	220	240	340	500	400	450	480	380	390	300	210	220	150	250	300
На Восточном борту лес с деревьями высотой 25м на расстоянии от карьера (м)...	150	200	250	300	180	190	200	160	165	170	170	175	180	205	130	135	137	140	141	145	160	165	159	110
Вдоль западного и восточного борта проходит автомобильная трасса без	16	18	2	22	26	14	12	16	16	18	12	14	13	15	15	13	15	20	18	19	17	21	24	22

покрытия на расстоянии 100м (в обе стороны движутся ... автомобилей)																									
Автомобильный транспорт с автомобильным парком ... машин типа БЕЛАЗ-549 с нейтрализаторами	60	62	61	64	63	65	66	65	66	70	71	68	67	66	66	65	70	71	72	76	80	80	74	65	
Экскаваторы ЭКГ-8 (работает без орошения)	0	10	11	10	11	1	11	11	11	12	12	11	10	10	10	10	12	12	12	13	15	16	13	11	
Буровые станки СБШ-320	8	8	8	9	8	9	9	9	9	10	10	9	9	8	8	8	10	10	12	12	15	15	12	9	

