

**Міністерство освіти і науки України  
Національний гірничий університет**



**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИКОНАННЯ КУРСОВОГО  
ПРОЕКТУ З ДИСЦИПЛІНИ «ПРОЕКТУВАННЯ ГІРНИЧОГО  
ВИРОБНИЦТВА» ДЛЯ СТУДЕНТІВ СПЕЦІАЛЬНОСТІ «РОЗРОБКА  
РОДОВИЩ КОРИСНИХ КОПАЛИН» ТА СПЕЦІАЛІЗАЦІЇ  
«ОХОРОНА ПРАЦІ В ГІРНИЧОМУ ВИРОБНИЦТВІ»**

**Дніпропетровськ  
2007**

Методичні рекомендації до виконання курсового проекту з дисципліни «Проектування гірничого виробництва» для студентів спеціальності «Розробка родовищ корисних копалин» та спеціалізації «Охорона праці в гірничому виробництві» / Упоряд.: М.Ф. Кременчуцький, О.А. Муха, І.І. Пугач, С.І. Пугач, О.В. Столбченко. – Д.: Національний гірничий університет, 2007. – 20 с.

Упорядники:

М.Ф. Кременчуцький, д-р техн. наук, проф. (розділ 1–4);

О.А. Муха, канд. техн. наук, доц. (розділ 2);

І.І. Пугач, канд. техн. наук, доц. (розділ 3);

С.І. Пугач, асп. (розділ 4);

О.В. Столбченко, асист. (розділ 4).

Затверджено методичною комісією зі спеціальності 7.0903.01 Розробка родовищ корисних копалин (протокол № 2 від 22.11.06) за поданням кафедри аерології та охорони праці (протокол № 3 від 20.11.06).

Відповідальний за випуск завідувач кафедри аерології та охорони праці  
д-р техн. наук, проф. В.І. Голінько.

## ВИХІДНІ ДАНІ ТА ЗАВДАННЯ

Курсовий проект складається з двох частин – креслень та пояснювальної записки. До початку виконання проекту студент повинен погоджувати з консультантом проекту зміст і обсяг проекту.

Відповідно до заданих умов за матеріалами виробничої практики у проекті вимагається:

а) у пояснювальній записці:

- 1) навести загальні відомості про кар'єр, його геологічну та техніко-економічну характеристики;
- 2) обґрунтувати схему природного провітрювання кар'єру та надати її опис;
- 3) виконати перевірку ефективності природного провітрювання кар'єру;
- 4) виконати перевірку ефективності провітрювання робочих місць (забруднених зон) у кар'єрі;
- 5) обґрунтувати параметри штучної вентиляції робочих місць (забруднених зон) у кар'єрі;

б) у графічній частині:

- 1) накреслити план гірничих робіт з розміщенням на ньому джерел виділення шкідливих речовин;
- 2) навести таблицю основних параметрів джерел виділення шкідливих речовин;
- 3) накреслити вертикальний розріз кар'єру в напрямку домінуючого вітру і схему вітрового потоку на ньому;
- 4) накреслити схеми штучної вентиляції робочих місць.

Пояснювальна записка до курсового проекту виконується на аркушах формату А4, графічна частина – формату А1. Оформлення курсового проекту виконується згідно з [7].

## **ВСТУП**

Методичні рекомендації розроблені з метою якісного інформаційно-методичного забезпечення навчального процесу студентів спеціальності «Розробка родовищ корисних копалин» та спеціалізацією «Охорона праці в гірничому виробництві» при виконанні ними курсового проекту з дисципліни «Проектування гірничого виробництва».

Дані методичні рекомендації визначають ряд питань з проектування вентиляції кар'єрів, яке здійснюється у тісному поєднанні з вирішенням питань технології видобувних робіт, вибору системи розробки та транспортування вантажів.

Цілі виконання курсового проекту:

- 1) закріпити та узагальнити знання, одержані за час навчання, при комплексному вирішенні конкретного фахового завдання;
- 2) застосувати знання, одержані при вивченні дисципліни «Проектування гірничого виробництва», для вирішення конкретних завдань з проектування вентиляції кар'єру;
- 3) набути навичок виконання технічних креслень.

У методичних рекомендаціях наводяться зміст і порядок виконання курсового проекту, приклади числового розв'язання основних задач, зміст графічної частини проекту, а також деякі довідкові матеріали.

## **1. ХАРАКТЕРИСТИКА ГІРНИЧОГО ПІДПРИЄМСТВА**

У цьому підрозділі наводять загальні відомості про умови видобутку корисних копалин, дані про склад і структуру корисних копалин і порід.

Геологічна характеристика дає уявлення про умови розробки корисних копалин. До неї включають:

а) дані про товщу гірських порід: їх потужність, умови залягання, тектонічні порушення (матеріал викладають у літологічній послідовності будови масиву);

б) водоносні горизонти, що впливають на гірничі роботи, очікуване надходження води в кар'єр при розвитку гірничих робіт на площі запасів, що залишилися.

## **2. ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРИРОДНОГО ПРОВІТРЮВАННЯ КАР'ЄРУ**

Для забезпечення нормальних санітарно-гігієнічних умов у кар'єрі необхідно, щоб середня концентрація шкідливих речовин (кожної з видів) не перевищувала  $1/3$  гранично допустимих (ГДК).

За такої концентрації штучна вентиляція робочих місць проводиться без виносу шкідливих речовин за межі кар'єру.

У курсовому проекті розглядається одна із схем природного провітрювання

кар'єрів: прямоточна або рециркуляційна. На початку виконання розділу проводиться визначення схеми природного провітрювання кар'єру в напрямку домінуючого вітру згідно з розою вітрів (загальний вигляд якої показано на рис. 2.3 [2]) для району розміщення кар'єру.

Прямоточна схема природного провітрювання кар'єру (рис. 1) формується при швидкості вітру на поверхні  $> (0,8-1,0)$  м/с і кути нахилу підвітряного борту кар'єру  $\alpha_1 \leq 15^\circ$ .

Рециркуляційна схема (рис. 2) формується при швидкості вітру на поверхні  $> (0,8-1,0)$  м/с і кути нахилу підвітряного борту кар'єру  $\alpha_1 > 15^\circ$ .

Середня концентрація шкідливих речовин у кар'єрі при прямоточній схемі визначається за формулою [1]

$$C_{i\delta} = \frac{\sum G + C_i Q_{i\delta}}{Q_{i\delta}}, \text{ мг/м}^3, \quad (1)$$

де  $C_{np}$  – середня концентрація шкідливих речовин при прямоточній схемі провітрювання кар'єру, мг/м<sup>3</sup>;  $\sum G$  – інтенсивність виділення шкідливих речовин у кар'єрі, мг/с;  $C_n$  – концентрація шкідливих речовин у повітрі, яке надходить у кар'єр, мг/м<sup>3</sup>;  $Q_{np}$  – витрати повітря, яке надходить у кар'єр, м<sup>3</sup>/с.

Концентрація шкідливих речовин при рециркуляційній схемі провітрювання у зоні рециркуляції (з деяким наближенням) у кар'єрі при тривалому збереженні постійного режиму провітрювання ( $t \rightarrow \infty$ ) визначається за формулою [1]

$$C_p = \frac{1}{K_{\bar{a}} Q_{\bar{y}}} \{I + c_0 [Q_c + (1 - K_{\bar{a}}) Q_{\bar{y}}]\}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (2)$$

де  $K_{\delta}$  – коефіцієнт турбулентної дифузії вільного струменя;  $Q_{\bar{y}}$  – витрата повітря в ядрі постійної маси вільного струменя, м<sup>3</sup>/с;  $I$  – сумарна інтенсивність надходження шкідливих речовин у зону рециркуляції від внутрішніх і зовнішніх близько розташованих джерел, мг/с;  $c_0$  – концентрація шкідливих речовин у повітрі, яке надходить в зону рециркуляції при загальному забрудненні атмосфери, мг/м<sup>3</sup>;  $Q_c$  – витрата повітря у вільному струмені, м<sup>3</sup>/с.

$$\hat{E}_{\bar{a}} = \frac{\tilde{n}_{\bar{y}}}{\tilde{n}_{\bar{a}\delta}},$$

де  $c_n$  – концентрація домішок в ядрі постійної маси, мг/м<sup>3</sup>;  $c_{zp}$  – концентрація домішок на межі вільного струменя, мг/м<sup>3</sup>.

Нижче наводяться вихідні дані для визначення інтенсивності виділення шкідливих речовин.

У кар'єрі працює 15 екскаваторних вибоїв ( $n_3$ ). Кожний вибій обслуговує один екскаватор ЭКГ-84. Усього екскаваторів у кар'єрі  $n_e = 15$ .

Транспорт автомобільний, вантажопідйомність автосамоскида – 75 т.

Одночасно в екскаваторному вибої працюють два автосамоскиди (один – усередині кар'єру, другий – маневрує до навантаження), тобто  $n_a = 2$ , і бульдозер (близько 30 % робочого часу),  $n_b = 0,3$ .

Інтенсивність пилоутворення екскаватором  $G_e = 200$  мг/с, автосамоскидом  $G_a = 300$  мг/с, бульдозером  $G_b = 250$  мг/с.

Інтенсивність виділення СО автосамоскида  $G_a' = 1200$  мг/с, бульдозера  $G_b' = 320$  мг/с.

Сумарна інтенсивність виділення пилу у вибої

$$G_n = G_a'n_a + G_b'n_b + G_c'n_c = 200 \cdot 1 + 300 \cdot 2 + 250 \cdot 0,3 = 875 \text{ мг/с.}$$

Інтенсивність газовиділення (СО) у вибої

$$G_a = G_a'n_a + G_b'n_b = 1200 \cdot 2 + 320 \cdot 0,3 = 2496 \text{ мг/с.}$$

Оскільки  $G_a > G_n$ , то подальший розрахунок виконується за газом.

Інтенсивність виділення СО в кар'єрі

$$\sum G_k = G_a'n_c = 2496 \cdot 15 = 37440 \text{ мг/с.}$$

Витрати повітря, яке надходить до кар'єру при прямоочній схемі провітрювання, визначаються за формулою [1]

$$Q_{np} = 0,128 U_e L_n L, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (3)$$

де  $U_e$  – швидкість вітру на поверхні, м/с;  $L_n$  – довжина проекції підвітряного борту кар'єру на горизонтальну поверхню, м;  $L$  – розмір кар'єру на рівні земної поверхні у напрямку, перпендикулярному напрямку вітру, м.

$$L_i = \frac{H}{\sin \alpha_1}, \text{ м}, \quad (4)$$

де  $H$  – глибина кар'єру, м;  $\alpha_1$  – кут нахилу підвітряного борту кар'єру до горизонтальної поверхні, град.

При  $H = 100$  м;  $\alpha_1 = 15^\circ$

$$L_i = \frac{100}{\sin 15^\circ} = \frac{100}{0,26} = 385 \text{ м.}$$

При  $U_e = 3$  м/с і  $L = 500$  м

$$Q_{i\delta} = 0,128 \cdot 3 \cdot 385 \cdot 500 = 73920 \text{ м}^3/\text{с.}$$

При  $c_n = 7$  мг/м<sup>3</sup> середня концентрація СО в кар'єрі при прямоочній схемі

$$c_{i\delta} = \frac{37400 + 7 \cdot 73920}{73920} = 7,5 \text{ мг/м}^3;$$

$$7,5 > 1/3 \text{ ГДК (ГДК=20 мг/м}^3\text{)}.$$

Середня концентрація шкідливих речовин перевищує 1/3 ГДК і штучне провітрювання робочих місць доцільно проводити з виносом шкідливих речовин за межі кар'єру.

При рециркуляційній схемі витрати повітря, яке надходить в ядро постійної маси, визначаються за формулою [1]

$$Q_{\dot{y}} = 0,077 \tilde{\alpha}_{01n\delta} U_a L, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (5)$$

де  $x_{01cp}$  – середня довжина відрізка  $x_{01}$  (рис. 2) декількох характерних профілів кар'єру, які збігаються з напрямком вітру.

$$\tilde{\alpha}_{01n\delta} = \frac{\tilde{\alpha}_{01,1} + \tilde{\alpha}_{01,2} + \dots + \tilde{\alpha}_{01,n}}{n}, \text{ м.}$$

Якщо  $x_{01,1} = 450$  м;  $x_{01,2} = 550$  м;  $x_{01,3} = 650$  м;  $x_{01,4} = 750$  м:

$$\tilde{\alpha}_{01n\delta} = \frac{450 + 550 + 650 + 750}{4} = 600 \text{ м.}$$

При  $U_e = 4$  м/с,  $L = 500$  м:

$$Q_y = 0,077 \cdot 600 \cdot 4 \cdot 500 = 92400 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Витрата повітря у вільному струмені при рециркуляційній схемі визначається за формулою:

$$Q_c = 0,179 \tilde{\sigma}_{01\tilde{n}\delta} U_a L, \text{ м}^3/\text{с}. \quad (6)$$

$$Q_c = 0,179 \cdot 600 \cdot 4 \cdot 500 = 214800 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Концентрація оксиду вуглецю у кар'єрі при  $K_{\tilde{a}} = \frac{5}{10} = 0,5$ ;  $c_0 = 2$  мг/м<sup>3</sup>,

$I = 37500$  мг/с

$$C_p = \frac{1}{0,5 \cdot 92400} \cdot \{37500 + 2 \cdot [214800 + (1 - 0,5) \cdot 92400]\} = 12 \text{ мг/м}^3.$$

### 3. ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРИРОДНОГО ПРОВІТРЮВАННЯ РОБОЧИХ МІСЦЬ (ЗАБРУДНЕНИХ ЗОН) У КАР'ЄРІ

Для забезпечення нормальних санітарно-гігієнічних умов на робочих місцях достатньо наявності мінімальної швидкості руху повітря  $U_{\min}$ , яка необхідна для виносу шкідливих речовин. Мінімальна швидкість руху повітря приймається рівною 0,15 – 0,25 м/с – для виносу газоподібних шкідливих речовин; 0,6 м/с – для виносу пилу.

При прямокутній схемі провітрювання кар'єру швидкість повітря в точці з координатами  $(x; y)$  (початок системи координат знаходиться в точці 0, рис. 1) визначається за формулою

$$U_e = 0,725 U_{np} \cos(\varphi), \quad (7)$$

де  $\varphi = 5,85y/x$ , ( $\varphi$  в радіанах);  $y, x$  – координати точки, в якій визначається швидкість руху повітря.

Область існування формули (7)

$$y \leq x \cdot \operatorname{tg} \alpha_1.$$

Швидкість повітря в кар'єрі з координатами  $x = 400$  м;  $y = 80$  м при прямокутній схемі провітрювання з кутом нахилу підвітряного борту кар'єру  $\alpha_1 = 14^\circ$  і швидкості вітру на поверхні  $U_e = 1$  м/с

$$U_{np} = 0,725 \cdot 1 \cdot \cos[5,85 \cdot (80/400)] = 0,28 \text{ м/с}.$$

Швидкість достатня для виносу газоподібних шкідливих речовин ( $0,28 > 0,25$ ) і недостатня для виносу пилу ( $0,28 < 0,6$ ).

Формулу (7) можливо використовувати для визначення критичної швидкості вітру на поверхні, при якій швидкість повітря у заданій точці дорівнює мінімально необхідній.

Критична швидкість вітру на поверхні визначається за формулою:

$$U_{\tilde{a}\delta} = \frac{U_{\min}}{0,725 \cos \varphi}, \text{ м/с}. \quad (8)$$

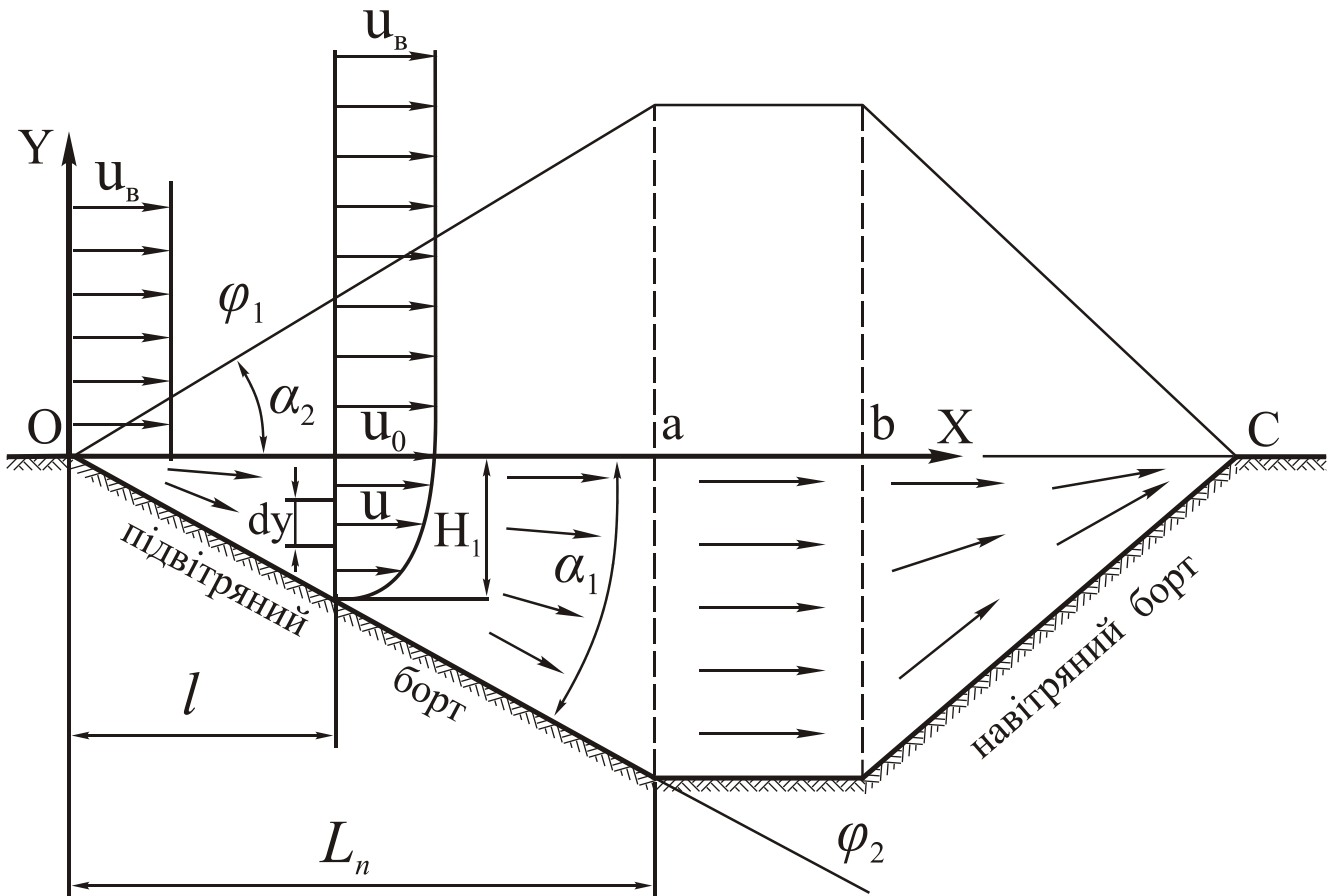


Рис. 1. Прямоточна схема руху повітря в кар'єрі

Для точки з координатами (400; 80) критична швидкість вітру на поверхні при  $\alpha = 15^\circ$  для газоподібних шкідливих речовин

$$U_{\text{гд}} = \frac{0,25}{0,725 \cdot 0,39} = 0,88 \text{ м/с};$$

для пилу  $U_{\text{гд}} = \frac{0,6}{0,725 \cdot 0,39} = 2,32 \text{ м/с}.$

При рециркуляційній схемі провітрювання кар'єру швидкість повітря в точці  $(x, y)$  струменя I роду (початок координат системи в точці 0, рис. 2) визначається за формулою

$$U_I = U_g F(\varphi), \text{ м/с}, \quad (9)$$

де  $U_I$  – швидкість руху повітря в струмені I роду [1];  $\varphi = 7,64 \cdot y/x$ .

$$F(\varphi) = 0,0176e^{-\varphi} + 0,6623e^{\varphi/2} \cos\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\varphi\right) + 0,228a^{\varphi/2} \sin\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\varphi\right). \quad (10)$$

В точці з координатами (400; 80) при рециркуляційній схемі у струмені I роду:

$$\varphi = 7,64 \cdot (80/400) = 1,528;$$

$$F(\varphi) = 0,176a^{-1,528} + 0,6623a^{0,764} \cos\left(\frac{\sqrt{3}}{2}1,528\right) + 0,228a^{0,764} \sin\left(\frac{\sqrt{3}}{2}1,528\right) = 0,65.$$

При  $U_g = 1 \text{ м/с}$

$$U_I = U_g F(\varphi) = 1 \cdot 0,65 = 0,65 \text{ м/с}.$$





де  $\varphi_1 = 7,64y_1/x_1$

Швидкість руху повітря в нижній частині кар'єру при рециркуляційній схемі не перевищує  $0,3U_6$ , а при збільшенні глибини може зменшитись до  $0,15U_6$  [2].

Для кар'єрів України можливо прийняти  $U_{01}=0,3U_6$ , тоді

$$F(\varphi_1) = U_{II} / 0,3U_6, \quad (14)$$

і критична швидкість руху на поверхні

$$U_{\hat{e}\hat{d}} = \frac{U_{\min}}{0,3F(\varphi_1)}, \text{ м/с.} \quad (15)$$

Якщо  $y_1 = 100$  м,  $x_1 = 800$  м, то

$$\varphi_1 = 7,64 \frac{100}{800} = 0,955;$$

$$F(\varphi_1) = 0,0176\hat{a}^{-0,955} + 0,6623\hat{a}^{0,476} \cos\left(\frac{\sqrt{3}}{2} 0,955\right) + 0,228\hat{a}^{0,476} \sin\left(\frac{\sqrt{3}}{2} 0,955\right) = 0,999.$$

Для газоподібних шкідливих речовин

$$U_{\hat{e}\hat{d}} = \frac{0,25}{0,3 \cdot 0,999} = 0,83 \text{ м/с.}$$

Для пилу

$$U_{\hat{e}\hat{d}} = \frac{0,6}{0,3 \cdot 0,999} = 2 \text{ м/с.}$$

На ділянці ВК навітряного борту кар'єру (рис. 2) швидкість руху повітря визначається за формулою

$$U_{\hat{a}\hat{e}} = U_{\hat{a}}(1 + 1,14\varphi + 0,35\varphi^2), \text{ м/с,} \quad (16)$$

де  $\varphi = 7,64 y/x$ .

Для точки  $x = 1000$  м,  $y = 80$  м і швидкості вітру на поверхні  $U_6 = 2$  м/с

$$U_{\hat{a}\hat{e}} = 2 \left( 1 + 1,14 \cdot 7,64 \frac{80}{1000} + 0,35 \left( 7,64 \frac{80}{1000} \right)^2 \right) = 3,65 \text{ м/с.}$$

Така швидкість руху повітря в точці (1000; 80) достатня для виносу газоподібних шкідливих речовин ( $3,65 > 0,25$ ) і для виносу пилу ( $3,65 > 0,6$ ).

На поверхні підвітряного борту кар'єру в деякій точці  $D$  (рис. 2) швидкість руху повітря визначається за формулою

$$U_D = 0,38 \frac{U_{\hat{a}}}{h_{\hat{\phi}}} (H - 0,27\hat{\alpha}_1), \text{ м/с,} \quad (17)$$

де  $h_{cp}$  – висота поперечного перерізу струменя II роду, який проходить через точку  $D$ , м;  $H$  – відстань по вертикалі від земної поверхні до осі  $0_1X_1$  струменя II роду, м (рис. 2);  $x_1$  – абсциса даної точки в системі координат  $(x_1, y_1)$ , м.

При  $x_1 = 500$  м;  $U_6 = 4$  м/с;  $x_1 = 500$  м;  $H = 150$  м,  $h_{\hat{\phi}} = 50$  м

$$U_{\hat{A}} = 0,38 \frac{4}{50} (150 - 0,27 \cdot 500) = 0,46 \text{ м/с.}$$

Така швидкість повітря достатня для виносу газоподібних домішок з точки  $D$  ( $0,46 > 0,25$ ) і недостатня для виносу пилу ( $0,46 < 0,6$ ).

Для виносу пилу з цієї точки необхідно використання вентиляційної установки ВУ.

Витрати повітря у вітровому потоці у кар'єрі, при якому середня концентрація шкідливих речовин у кар'єрі не перевищує гранично допустиму концентрацію визначається за формулою

$$Q_{\hat{e}} = \frac{\sum G}{c_{\hat{a}} - \tilde{n}_t}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (18)$$

де  $c_{\hat{a}}$  – ГДК шкідливої речовини, мг/м<sup>3</sup>;  $c_n$  – концентрація шкідливої речовини у повітрі, яке надходить у кар'єр, мг/м<sup>3</sup>,  $\sum G$  – сумарна інтенсивність виділення шкідливих речовин у кар'єрі, мг/с.

Отже, повинні виконуватись нерівності

$$Q_k < Q_{np}, \quad Q_k < Q_p, \quad (19)$$

де  $Q_{np}$  визначається за формулою (3), а  $Q_p$  – за формулою (5).

Якщо нерівності (19) не виконуються, виникає необхідність застосування штучного загальнокар'єрного провітрювання.

#### 4. ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ШТУЧНОГО ПРОВІТРЮВАННЯ РОБОЧИХ МІСЦЬ

Для місцевого провітрювання на кар'єрах використовують серійні зрошувально-вентиляційні установки (ВУ) УМП-1.

Параметри вільного струменя цієї установки приведені в таблиці.

Параметри вільного струменя установки УМП-1

Параметри струменя	Відстань від установки, м					
	0	50	100	200	300	350
Швидкість на осі струменя, м/с	22	9,5	5	2,6	1,7	1,5
Середня швидкість на перерізі струменя, м/с	22	1,85	1	0,5	0,35	0,3
Витрати повітря у струмені, м <sup>3</sup> /с	225	1370	2500	5000	7500	8700
Діаметр струменя, м	3,6	34	65	125	185	220

При провітрюванні робочих місць можливо використання одного з двох способів провітрювання:

- з активним виносом шкідливих речовин за межі зони забруднення (кар'єру);
- без виносу шкідливих речовин за межі забрудненої зони.

ВУ повинні розміщуватись за межами зони забруднення на рівні робочої площадки або на один уступ вище її (рис. 3, а, б).

Можливо використати спеціальну ферму, на якій укріпляється ВУ (рис. 3,в).

У курсовому проекті необхідно обґрунтувати декілька різних об'єктів місцевого провітрювання. Якщо при місцевому провітрюванні проводиться винос шкідливих речовин за межі провітрюваної зони, то необхідно забезпечити існування нерівності

$$U_{cp} \geq U_{min}, \quad (20)$$

де  $U_{cp}$  – величина середньої швидкості повітряного потоку, який створюється ВУ в забрудненій зоні, м/с.

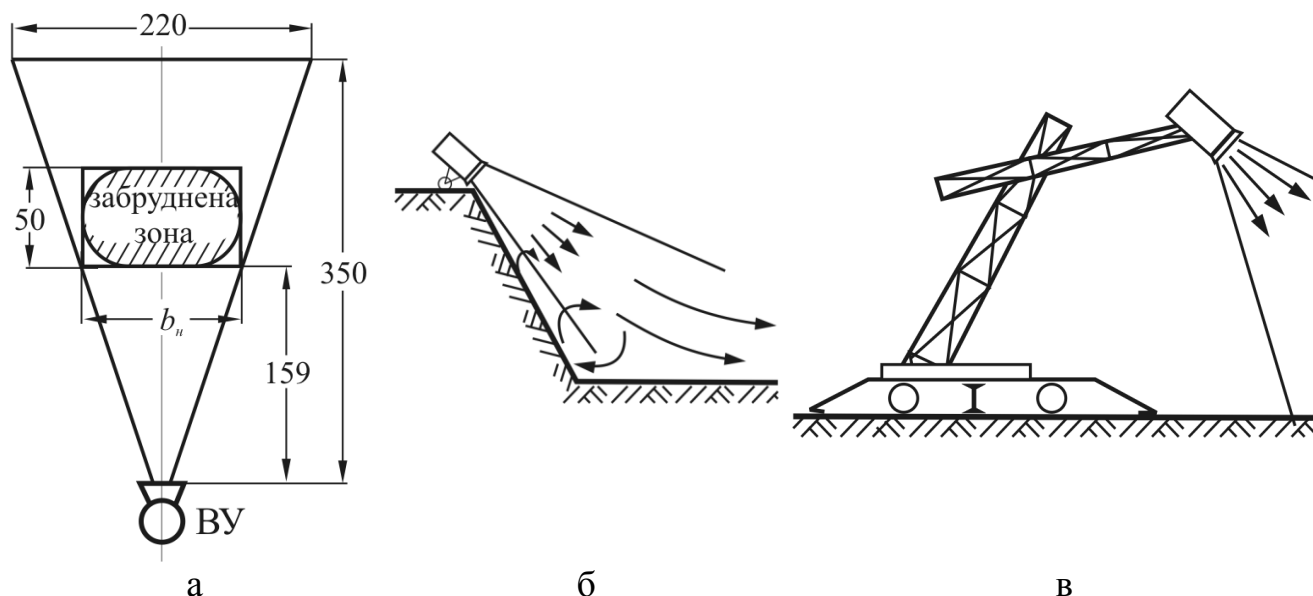


Рис. 3. Схема розміщення вентилятора місцевого провітрювання: на рівні робочої площини (а); на верхньому уступі (б); на спеціальній фермі (в)

При використанні ВУ УМП-1 для провітрювання і виносу газових шкідливих речовин із забрудненої зони її описують чотирикутником, який, у свою чергу, розміщують у трикутнику (рис. 3,а). Сторони чотирикутника повинні бути перпендикулярними висоті трикутника.

Для газоподібних шкідливих речовин основа трикутника повинна бути рівною 220, а висота – 350 м.

У кожній точці трикутника швидкість повітря дорівнює 0,3 м/с (таблиця), що забезпечує винос газоподібних шкідливих речовин ( $0,3 > 0,25$  м/с).

Відстань ВУ від нижньої межі забрудненої зони (нижньої сторони чотирикутника) визначається формулою

$$l_i = \frac{350 \hat{a}_i}{220}, \text{ м}, \quad (21)$$

де  $v_n$  – ширина нижньої сторони чотирикутника, м.

При  $v_n = 100$  м відстань ВУ від нижньої межі забрудненої зони

$$l_i = \frac{350 \cdot 100}{220} = 159 \text{ м}.$$

Якщо ширина нижньої сторони забрудненої зони 50 м, то відстань ВУ від нижньої межі зони 79,5 м.

При виносу пилу із забрудненої зони необхідно зону вписувати в чотирикутник з основою 105 і висотою 180 м.

У кожній точці такого трикутника ВУ створює потік зі швидкістю 0,6 м/с (таблиця), що забезпечує виніс пилу.

Аналогічна відстань ВУ від нижньої межі забрудненої зони визначається за формулою

$$l_i = \frac{180\hat{a}_i}{105}, \text{ м.} \quad (22)$$

При  $v_n = 50$  м

$$l_i = \frac{180 \cdot 50}{105} = 85,7 \text{ м.}$$

Якщо висота забрудненої зони 25 м, то відстань ВУ від нижньої межі забрудненої зони – 42,9 м.

Для провітрювання застійних зон може використовуватись вентиляційна установка НК-12КВ, яка створює ізотермічні струмені. Параметри вільного струменя цієї ВУ наведені у підручнику [1].

При застосуванні НК-12КВ: початковий діаметр струменя – 5,6 м; початкові витрати повітря в струмені – 1300 м<sup>3</sup>/с; витрати повітря в кінцевому перерізі – 89000 м<sup>3</sup>/с.

Швидкість руху повітря на осі струменя на відстані  $x$  від початкового перерізу визначається за формулою [1]

$$U_m = 0,48U_{0cp} \sqrt{\beta_0} / (a\delta / D + 0,145), \text{ м/с,} \quad (23)$$

де  $U_{0cp}$  – середня швидкість у початковому перерізі струменя, м/с;  $\beta_0$  – коефіцієнт, який ураховує нерівномірність розподілу швидкостей повітря в початковому перерізі;  $a$  – коефіцієнт структури струменя ( $a = 0,06-0,08$ );  $D$  – діаметр гвинта, м.

$$U_{0\bar{n}\delta} = \frac{4Q_0}{\pi D^2}, \text{ м/с,}$$

де  $Q_0$  – витрата повітря в початковому перерізі, м<sup>3</sup>/с.

$$U_{0\bar{n}\delta} = \frac{4 \cdot 1300}{3,14 \cdot 5,6^2} = 52,81 \text{ м/с.}$$

Швидкість руху повітря на осі потоку на відстані  $x = 500$  м від початкового перерізу при  $\beta = 0,85$ :

$$U_m = 0,48 \cdot 52,81 \cdot \sqrt{0,85} / (0,075 \cdot 500 / 5,6 + 0,145) = 3,42 \text{ м/с.}$$

Середня швидкість повітря в поперечному перерізі струменя

$$U_{\bar{n}\delta} = 0,2U_m = 0,2 \cdot 3,42 = 0,68 \text{ м/с.}$$

Швидкість руху повітря в струмені достатня для виносу ВУ НК-12КВ газоподібних шкідливих речовин ( $0,682 > 0,25$ ) і для виносу пилу ( $0,682 > 0,6$ ) на відстані 500 м.

Витрата повітря в перерізі потоку на відстані  $x$  від початкового перерізу визначається за формулою

$$Q = 4,36Q_0(a\delta / D + 0,145), \text{ м/с.} \quad (24)$$

При  $x = 500$  м

$$Q = 4,36 \cdot 1300 [(0,075 \cdot 500) / 5,6 + 0,145] = 38777 \text{ м}^3/\text{с.}$$

Штучне провітрювання кар'єрів (застійних зон) частіше використовується як тимчасовий захід, коли під час природного провітрювання концентрація шкідливих домішок перевищує ГДК або швидкість вітрового потоку на робочих місцях менше мінімальної швидкості, що забезпечує винос шкідливих речовин.

У цьому випадку визначення параметрів штучного провітрювання

проводиться без урахування вітрового потоку (при штилі або при незначній величині вітрового потоку, коли можливо ним знехтувати).

Допустима величина продовження штильового періоду, при якому не виникає простій кар'єру, визначається за формулою [6]

$$t = \frac{V_{\max}(c_{\text{дн}} - c_0)}{\sum F}, \text{ с}, \quad (25)$$

де  $V_{\max}$  – максимально допустимий об'єм зони забруднення, без виносу шкідливих домішок,  $\text{м}^3$ ;  $\sum F$  – сумарна інтенсивність виділення шкідливих домішок в об'ємі, який провітрюється,  $\text{мг/с}$ ;  $c_{\text{дон}}$  – допустима концентрація домішок,  $\text{мг/м}^3$ ;  $c_0$  – початкова концентрація шкідливих домішок,  $\text{мг/м}^3$ .

При одиночних розрахунках  $V_{\max}$  можливо приймати рівним 0,5 об'єму кар'єру, що відповідає 2/3 глибини кар'єру [6].

При  $V_{\max} = 6000000 \text{ м}^3$ ;  $c_{\text{дон}} = 20 \text{ мг/м}^3$ ;  $c_0 = 5 \text{ мг/м}^3$ ;  $\sum F = 35000 \text{ мг/с}$

$$t = \frac{6000000 \cdot (20 - 5)}{35000} = 2571 \text{ с (42 хв)}.$$

Цей алгебраїчний вираз дозволяє визначити можливу тривалість роботи кар'єрного устаткування між періодами загальнообмінної штучної вентиляції.

Під час штилю подача вентиляційного струменя здійснюється зверху вниз (вертикально або похило).

При місцевому провітрюванні без виносу шкідливих речовин із забрудненої зони у разі надходження свіжого повітря в зону об'єму її збільшується, а середня концентрація шкідливих домішок буде визначатись співвідношенням кількості свіжого повітря, яке подається в зону, та інтенсивності виділення шкідливих домішок.

Об'єм зони забруднення є змінною величиною і визначається за формулою

$$V = V_0 + Qt, \text{ м}^3, \quad (26)$$

де  $V_0$  – початковий об'єм забрудненої зони,  $\text{м}^3$ ;  $Q$  – витрати повітря, що надходить до зони,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $t$  – тривалість провітрювання зони, с.

Концентрація шкідливих речовин у кар'єрі (застійній зоні) після закінчення відрізка часу  $t$  штучного провітрювання (при  $c_0 > c_d$ ) визначається за формулою

$$c_{\text{з}} = \bar{n}_0 - \frac{\sum G + Qkc_n}{Qk} \ln(V_0 + Qkt), \text{ мг/м}^3, \quad (27)$$

де  $c_0$  – концентрація шкідливої речовини на момент початку провітрювання,  $\text{мг/м}^3$ ;  $V_0$  – об'єм кар'єру (зони, що провітрюється),  $\text{м}^3$ ;  $Q$  – витрата повітря, що надходить до кар'єру (застійної зони) за рахунок штучного провітрювання,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $k$  – коефіцієнт ефективності провітрювання;  $c_n$  – концентрація шкідливих речовин в повітрі, яке надходить у провітрювану зону,  $\text{мг/м}^3$ ;  $\sum G$  – сумарна інтенсивність виділення шкідливих речовин,  $\text{мг/с}$ .

$$k = \begin{cases} 0,80 - \text{äëü ïðíá³ðððáà íü ñðððíáíáì ô³ëñíâááíã î íàüðüìéó; \\ 0,95 - 1,00 - \text{äëü äèíàìè÷íã î ðãæèó ïðíá³ðððáà íü.} \end{cases}$$

При  $c_0 = 19 \text{ мг/м}^3$ ;  $\sum G = 1520 \text{ мг/с}$ ;  $Q = 2500 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $c_n = 0,5 \text{ мг/м}^3$ ;  
 $V_0 = 5000 \text{ м}^3$ ;  $t = 300 \text{ с}$ ;  $k = 1$

$$c_{\hat{e}} = 19 - \frac{1520 - 2500 \cdot 1 \cdot 0,5}{2500} \ln(5000 + 2500 \cdot 1 \cdot 300) = 4 \text{ мг/м}^3.$$

Час, після закінчення якого концентрація шкідливих речовин при заданих витратах повітря знижується до ГДК (тобто  $c_{\kappa} = c_{\delta}$ ), визначається за формулою

$$t = \frac{1}{kQ} \left( e^{\frac{(c_0 - c_{\delta})Qk}{\sum G + Qkc_n}} - V_0 \right), \text{ с}, \quad (28)$$

При  $Q = 2500 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $k = 1$ ;  $c_{\delta} = 20 \text{ мг/м}^3$ ;  $c_0 = 34 \text{ мг/м}^3$ ;  $V_0 = 5000 \text{ м}^3$ ;  
 $\sum G = 1520 \text{ мг/с}$ ;  $c_n = 0,5 \text{ мг/м}^3$

$$t = \frac{1}{2500 \cdot 1} \left( e^{\frac{(34-20)2500 \cdot 1}{1520+2500 \cdot 1 \cdot 0,5}} - 5000 \right) = 121 \text{ с}.$$

Формула для визначення кількості повітря, яке необхідно подати в зону забруднення для зниження концентрації шкідливих домішок до ГДК [6],

$$Q = \frac{V_0(c_0 - c_{\text{дон}}) + \sum Gt}{t(c_{\text{дон}} - c_n)}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (29)$$

де  $V_0$  – об'єм зони забруднення,  $\text{м}^3$ ;  $c_0$  – концентрація пилу в зоні забруднення в початковий момент,  $\text{мг/м}^3$ ;  $c_{\text{дон}}$  – ГДК пилу,  $\text{мг/м}^3$ ;  $\sum G$  – сумарна інтенсивність утворення пилу,  $\text{мг/с}$ ;  $t$  – тривалість часу провітрювання,  $\text{с}$ ;  $c_n$  – концентрація пилу в повітрі, яке надходить у забруднену зону,  $\text{мг/м}^3$ .

При  $V_0 = 300000 \text{ м}^3$ ;  $c_0 = 22 \text{ мг/м}^3$ ;  $c_{\text{дон}} = 2 \text{ мг/м}^3$ ;  $\sum G = 5000 \text{ мг/с}$ ;  $t = 1800 \text{ с}$ ;  
 $c_n = 1 \text{ мг/м}^3$

$$Q = \frac{300000(22 - 2) + 5000 \cdot 1800}{1800(2 - 1)} = 8333 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Витрати повітря  $8333 \text{ м}^3/\text{с}$  можливо забезпечити вентилятором УПМ-1 у разі установки його на відстані 350 м від межі провітрюваної зони.

Під час тривалого штучного провітрювання ( $t \rightarrow \infty$ ) витрата повітря може визначатись за формулою

$$Q = \frac{\sum G}{k(c_{\delta} - c_0)}, \text{ м}^3/\text{с}. \quad (30)$$

З урахуванням раніше прийнятих вихідних даних

$$Q = \frac{5000}{1 \cdot (2 - 1)} = 5000 \text{ м}^3/\text{с}.$$

## 5. ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ НАКЛАДЕНИХ ПОТОКІВ

Під час вітрових потоків у кар'єрі, які недостатні для ефективного провітрювання, можливо застосування штучного провітрювання з урахуванням існуючого вітрового потоку шляхом накладання потоків. Якщо вибрана вентиляційна установка і відома швидкість руху вітрового потоку в кар'єрі, швидкість накладеного потоку визначається за формулою

$$U_{\text{накл}} = \sqrt{U_a^2 + 2U_a U_{\text{вент}} \cos \beta + U_{\text{вент}}^2}, \text{ м/с}, \quad (31)$$

де  $U_a$  – швидкість вітрового потоку в точці, де визначається швидкість накладеного потоку, м/с;  $U_{\text{вент}}$  – швидкість на осі повітряного потоку, створеного вентиляційною установкою у тій же точці, м/с;  $\beta$  – кут між напрямками вітру і потоку, що створюється вентиляційною установкою, град.

Величина  $\beta$  не повинна перевищувати  $90^\circ$  ( $\beta \leq 90^\circ$ ). Залежно від виду природного провітрювання кар'єру визначається  $U_a$  за формулою (7) або (9),  $U_{\text{вент}}$  – за формулою (23).

При  $U_a = 0,5$  м/с,  $U_{\text{вент}} = 1,7$  м/с,  $\beta = 30^\circ$

$$U_{\text{накл}} = \sqrt{0,5^2 + 2 \cdot 0,5 \cdot 1,7 \cdot 0,866 + 1,7^2} = 2,15 \text{ м/с}.$$

Швидкість руху повітря у накладеному потоці, яка визначається за формулою (31), повинна бути не менше швидкості, необхідної для виносу шкідливих домішок. У наведеному прикладі швидкість ( $2,15 > 0,6$ ) достатня для виносу пилу.

У разі значної ширини забрудненої зони накладений потік необхідно визначати за середньою швидкістю потоку, який створюється ВУ.

$$U_{\text{ср}} = 0,2 U_{\text{вент}}, \text{ м/с}. \quad (32)$$

$$U_{\text{ср}} = 0,2 \cdot 1,7 = 0,34 \text{ м/с}.$$

$$U_{\text{накл}} = \sqrt{U_a^2 + 2U_a U_{\text{ср}} \cos \beta + U_{\text{ср}}^2}, \text{ м/с}. \quad (33)$$

При режимі прийнятих вихідних даних

$$U_{\text{накл}} = \sqrt{0,5^2 + 2 \cdot 0,5 \cdot 0,34 \cdot 0,866 + 0,34^2} = 0,81 \text{ м/с}.$$

Швидкість достатня для виносу пилу ( $0,81 > 0,6$ ).

### Список літератури

1. Ушаков К.З., Михайлов В.А. Аэрология карьеров. – М.: Недра, 1985. – 272 с.
2. Бересневич П.В., Михайлов В.А., Филатов С.С. Аэрология карьеров: Справочник. – М.: Недра, 1990. – 280 с.
3. Битколов Н.З., Медведев И.И. Аэрология карьеров. – М.: Недра, 1992. – 264 с.
4. Никитин В.С., Битколов Н.З. Проектирование вентиляции в карьерах. – М.: Недра, 1980. – 171 с.
5. Методичні вказівки до самостійної роботи та виконання індивідуальних завдань з дисципліни “Аерологія гірничих підприємств” для студентів усіх форм навчання за спеціальністю 090301 «Розробка родовищ корисних копалин» зі спеціалізацією «Відкриті гірничі роботи» / Уклад.: В.І. Голінько, М.Ф. Кременчуцький, О.А. Муха, І.І. Пугач. – Д.: Національний гірничий університет, 2003. – 28 с.
6. Филатов С.С. Вентиляция карьеров. – М.: Недра, 1981. – 206 с.
7. Стандарт вищого навчального закладу. Кваліфікаційні роботи випускників. Загальні вимоги до дипломних проектів і дипломних робіт / Упоряд.: В.О. Салов, О.М. Кузьменко, В.І. Прокопенко. – Д.: Національний гірничий університет, 2002. – 52 с.



## ДОДАТОК

Таблиця Д.1

Джерела виділення газів і парів у кар'єрі

Устаткування	Марка	Інтенсивність газовиділення, м <sup>3</sup> /с	Об'ємна частка газів, %		
			Оксид вуглецю	Двооксид азоту	Альдегиди
Верстат вогневого буріння з кисневим окисненням пального	СБО 160/200	0,8	1 – 16,9	0,0043 – 0,0048	0,0089 – 0,132
Верстат вогневого буріння з повітряним окисненням пального	СБТМ 20	0,8	0,4 – 9	0,00104 – 0,0035	0,0021 – 0,132
Тепловоз	ТЭ-3	6,5	0,0013 – 0,006	0,00043 – 0,018	0,0022 – 0,012
Автосамоскид	КрАЗ-256	0,34	0,33 – 0,584	0,008 – 0,069	0,00134 – 0,042
Автосамоскид	БелАЗ 540	0,66	0,012 – 1,32	0,006 – 0,96	0,0019 – 0,05
Автосамоскид	БелАЗ 548	0,88	0,05 – 0,2	0,094 – 0,31	0,00024 – 0,001
Автосамоскид	БелАЗ	1,25	0,104 – 0,39	0,0003 – 0,42	0,0048 – 0,0164
Трактор	Т-18	0,33	0,0221 – 0,136	0,0013 – 0,0062	0,00024 – 0,046
Трактор	ДЭТ-250	0,53	0,036 – 0,057	0,0004 – 0,011	0,00024 – 0,042

1. Маса 1 л оксиду вуглецю (СО) при нормальних умовах дорівнює 1,25 г.
2. Двооксид азоту (NO<sub>2</sub>) в 1,59 разів важче повітря. Маса 1 л повітря в нормальних умовах 1,32 г (t = 0°C, P = 101,3 кПа).
3. До альдегідів належать акролеїн (СН<sub>2</sub>СНСОН)<sub>4</sub>, формальдегід (СН<sub>2</sub>О). Пари акролеїну в 1,9 рази важче повітря. Маса 1 л формальдегіду в 1,04 рази важче повітря.

Таблиця Д.2

## Інтенсивність пиловиділення при роботі свердлильних верстатів

Тип верстата	Умови роботи верстата	Інтенсивність пиловиділення, мг/с
СБШ-200	Без засобів боротьби з пилом	54 – 25100
	З використанням повітряно-водної суміші	41 – 720
СБШ-250 МН	Без засобів боротьби з пилом	96 – 29800
	З використанням повітряно-водної суміші	86 – 940
СБШ-320	Без засобів боротьби з пилом	19 – 60200
	З використанням повітряно-водної суміші	17 – 1900
СБО-1,2	Без засобів боротьби з пилом	500 – 36400
	З використанням вугільного фільтра з пінного апарату	98 – 390
СБТМ-20	Без засобів боротьби з пилом	1260 – 31400
	З використанням гідрознепилювання	26 – 1960

Таблиця Д.3

## Інтенсивність пиловиділення екскаваторів на виймально-навантажуваних роботах при сухій масі, мг/с

Екскаватор	Кар'єр	
	вугільний	рудний
ЭКГ-4	400 – 500/150 – 250	100 – 500/30 – 120
ЭКГ-4,6		150 – 500/50 – 120
ЭКГ-8	1000 – 1200/500 – 600	300 – 800/60 – 200
ЭШ-4/40	1000 – 11000/1400 – 1800	
ЭРГ-400Д	11000 – 12000/1600 – 2000	
ЭРГ-1600 породи – суглинки – глини		6000 – 7000/1300 – 2500

Інтенсивність пиловиділення при роботі бульдозера ДЭТ-250 з сухою гірничою масою складає на вугільних кар'єрах 1600 – 2000 мг/с, на рудних – 200 – 250 мг/с, на кар'єрах будівельних матеріалів – 1500 – 2500 мг/с, при зволоженій гірничій масі на кар'єрах будівельних матеріалів – 200 – 400 мг/с.

Інтенсивність пиловиділення при транспортуванні гірничої маси в кар'єрах, мг/с

Найменування устаткування	Характеристика автодоріг	Кар'єр	
		вугільний	рудний
БелАЗ-540	Без покриття і обробки	3000 – 4000	60 – 12000
	З обробкою поверхні	1000 – 2000	200 – 300
БелАЗ-548	Без покриття і обробки		5000 – 6080
	З обробкою поверхні		200 – 300
Конвеєр (1 – 2М)	Без засобів боротьби з пилом	35 – 50	100 – 400
	З обробкою поверхні	15 – 25	20 – 50
Перевантажний пункт конвеєра	Без засобів боротьби з пилом	80 – 100	400 – 3000
	З використанням системи аспірації		30 – 1800
	Зі зрошування гірничої маси	45 – 60	

При розрахунках користуються залежностями:

$$1 \text{ радіан} = 57,32^\circ;$$

$$1^\circ = 0,00175 \text{ радіана.}$$

## ЗМІСТ

ВИХІДНІ ДАНІ ТА ЗАВДАННЯ .....	3
ВСТУП .....	4
1. Характеристика гірничого підприємства .....	4
2. Визначення ефективності природного провітрювання кар'єру .....	4
3. Визначення ефективності природного провітрювання робочих місць (забруднених зон) у кар'єрі .....	7
4. Обґрунтування параметрів штучного провітрювання робочих місць .....	11
5. Визначення параметрів накладених потоків .....	15
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ .....	16
ДОДАТОК .....	17

Упорядники:  
Кременчуцький Микола Феофанович  
Муха Олег Анатолійович  
Пугач Іван Іванович  
Пугач Сергій Іванович  
Столбченко Олена Володимирівна

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИКОНАННЯ КУРСОВОГО  
ПРОЕКТУ З ДИСЦИПЛІНИ «ПРОЕКТУВАННЯ ГІРНИЧОГО  
ВИРОБНИЦТВА» ДЛЯ СТУДЕНТІВ СПЕЦІАЛЬНОСТІ «РОЗРОБКА  
РОДОВИЩ КОРИСНИХ КОПАЛИН» ТА СПЕЦІАЛІЗАЦІЇ  
«ОХОРОНА ПРАЦІ В ГІРНИЧОМУ ВИРОБНИЦТВІ»**

Редактор Ю.В. Рачковська

Підписано до друку 15.02.07. Формат 30x42/4.  
Папір офсетний. Ризографія. Ум. друк. арк. 1,2.  
Обл.-вид. арк. 1,2. Тираж 100 прим. Зам. №

Національний гірничий університет  
49005, м. Дніпропетровськ, просп. К.Маркса, 19.