

ЗНЕПИЛЕННЯ ПОВІТРЯ У ЦЕХАХ ПЕРЕРОБКИ МІНЕРАЛЬНОЇ СИРОВИНИ НА ЗБАГАЧУВАЛЬНИХ ФАБРИКАХ

О. Є. Лапшин, докт. техн. наук (Криворізький технічний університет)

Определены значения концентрации пыли в цехах переработки минерального сырья. Получены результаты исследований влияния условий перегрузки сырья на интенсивность выделения пыли. Установлено оптимальное количество воздуха при отсасывании его на узлах перегрузки.

Переробка мінеральної сировини на збагачувальних фабриках Кривбасу супроводжується інтенсивним виділенням пилу в повітря промислового цеху. Найбільша інтенсивність пиловиділення спостерігається при проведенні технологічних операцій подрібнення, грохочення, сухого здрібнення, при перевантаженні і транспортуванні гірничої маси. В атмосферу цеху виділяється найбільш небезпечний дрібнодисперсний пил, який погіршує умови праці і приводить до професійних захворювань працюючих на пиловий бронхіт. При обстеженні робочих місць у цехах подрібнення залізної руди було виявлено, що концентрація пилу становить 2,8...28,2 мг/м³, що значно перевищує допустимі величини. Тому розроблення засобів знепилювання повітря у цехах переробки мінеральної сировини є актуальним завданням.

Особливості технологічних процесів переробки мінеральної сировини та підготовки її до збагачення полягають у тому, що залізна руда (часто значної крупності), яка надходить з кар'єру, проходить кілька стадій подрібнення. Пил, який виділяється при подрібненні руди, забруднює атмосферу не тільки на робочих місцях машиністів технологічного обладнання, а й усього цеху фабрики. Величини концентрації пилу на робочих місцях регламентуються санітарно-гігієнічними вимогами [1].

Для дотримання цих вимог технологічне обладнання переробки мінеральної сировини забезпечується засобами знепилювання, серед яких найбільшого застосування знайшло аспіраційне укриття джерел виділення пилу з подальшим всмоктуванням забрудненого повітря вентиляторними установками.

При розробленні конструкції укриття для технологічного обладнання слід виходити з таких міркувань:

- забезпечення оптимального внутрішнього об'єму;
- відсмоктувальний патрубок встановлюється у зоні підвищеного тиску;
- укриття має бути легким, міцним, транспортабельним і повинне забезпечувати можливість доступу до рухомих вузлів працюючого устаткування.

Швидкість відсмоктування пилу приймається: при крупному подрібненні 2...3 м/с; при середньому – 1...2 м/с; при дрібному подрібненні – 0,4...0,6 м/с [2].

На рис. 1 наведено схему укриття вузла перевантаження мінеральної сировини з конвеєра на конвеєр. Інтенсивність виділення пилу при перевантаженні значною мірою залежить від швидкості руху матеріалу по жолобу. Для її зменшення запропоновано обладнати укриття лобовою стінкою AB довжиною l з кутом нахилу, що дорівнює α . Тоді початкова швидкість руху матеріалу після зустрічі із стінкою

$$V_{\text{пс}} = KV_c, \quad (1)$$

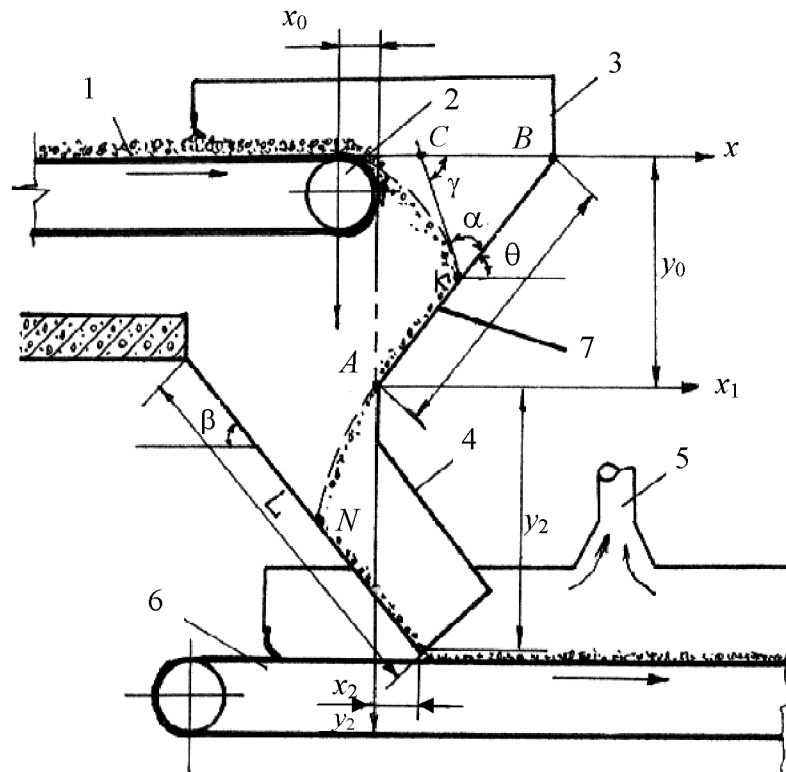


Рис. 1. Схема взаємодії падаючої мінеральної сировини з конструкцією укриття: 1 – конвеєр; 2 – розвантажувальна головка конвеєра; 3 – укриття; 4 – жолоб; 5 – аспіраційний трубопровід; 6 – конвеєр; 7 – лобова стінка укриття

де V_c – швидкість руху матеріалу у момент зустрічі зі стінкою AB , м/с; K – коефіцієнт, який враховує зменшення швидкості при зустрічі матеріалу зі стінкою AB . Величина цього коефіцієнта залежить від кута α між дотичною до траєкторії струменя і площиною лобової стінки AB , який становить [3]

α , град	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
K	1	0,97	0,93	0,85	0,75	0,63	0,45	0,25	0,10	0

Отже, збільшивши кут, можна зменшити швидкість руху матеріалу в укритті і тим самим зменшити інтенсивність виділення пилу при перевантаженні мінеральної сировини. Однак виділення пилу при перевантаженні сировини, крім конструктивних характеристик укриттів, залежить функціонально від інших факторів, а саме:

$$q = \alpha(M_{\text{ж}}, K_{\text{п}}, K_{\text{в}}\beta, V_{\text{п}}), \quad (2)$$

де $M_{\text{ж}}$ – кількість матеріалу, що надходить до перевантаження, кг/с; $K_{\text{п}}$ – коефіцієнт, що враховує вміст пилу в мінеральній сировині; $K_{\text{в}}$ – коефіцієнт, що враховує вологість сировини; β – відносна величина об'ємної концентрації матеріалу, який рухається в укритті; $V_{\text{п}}$ – швидкість руху матеріалу в жолобі, м/с.

Концентрація матеріалу і швидкість його руху взаємопов'язані, і цей зв'язок характеризується числом Фруда

$$F_r = gD_e/V_n^2, \quad (3)$$

де g – прискорення вільного падіння матеріалу, м/с²; D_e – еквівалентний діаметр потоку матеріалу у жолобі, м.

На рис. 2 наведено залежність відносної величини об'ємної концентрації $\beta = \beta_p/\beta_n$ від числа F_r , де β_p , β_n – об'ємна концентрація рухомого і насипного матеріалу відповідно, кг/м³. З графіка випливає, що рух мінеральної сировини по жолобах має три режими, які відповідають критичному числу $F_{r\text{кр}}$. Більшу концентрацію мають потоки з числом $F_r > 3$, вони характеризуються спокійним суцільним рухом і незначним виділенням пилу. Потоки з числом $F_r < 1,5$ мають мінімальну концентрацію матеріалу, характеризуються несучільним рухом і більш інтенсивним виділенням пилу.

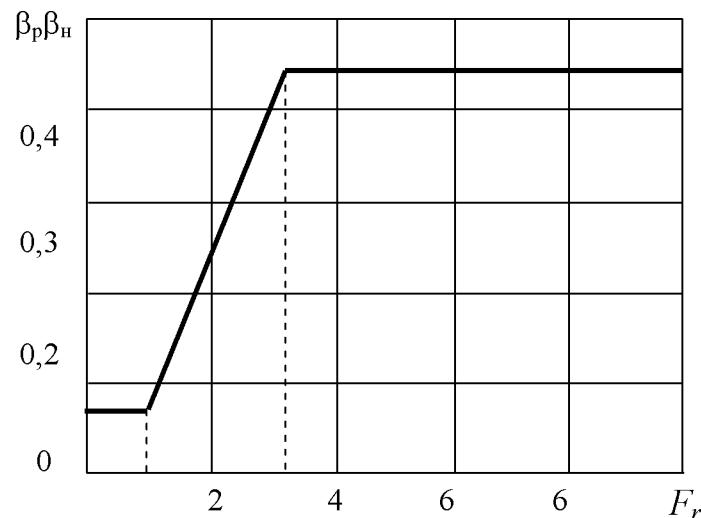


Рис. 2. Залежність об'ємної концентрації матеріалу в жолобі від швидкості його руху

При зменшенні кута нахилу лобової стінки початок руху матеріалу обумовлюється рівняннями [4]

$$\left. \begin{aligned} f < \operatorname{tg} \alpha \\ f < \cos \alpha < G \sin \alpha \\ \beta_p < \beta_n \end{aligned} \right\}, \quad (4)$$

де f – коефіцієнт тертя матеріалу об стінки жолоба; G – вага елемента матеріалу, кг.

Враховуючи (4), рух матеріалу по похилій поверхні AB описується рівнянням

$$G(\sin\alpha - f\cos\alpha) = 0. \quad (5)$$

З урахуванням опору, що утворюється повітрям в укритті, і прискорення руху матеріалу, а також приймаючи до уваги, що $G \neq 0$, рівняння (5) матиме вигляд

$$\sin\alpha - f\cos\alpha - \frac{K_T V_n^2}{g} + \frac{V_{II}^2 - V_0^2}{2gl_{CT}}, \quad (6)$$

де K_T – коефіцієнт тертя повітря об стінки укриття, $1/m^2$; V_0 – швидкість матеріалу, що надходить до лобової стінки, м/с; l_{CT} – довжина лобової стінки, м.

Рішення рівняння (6) відносно V_{II} дозволяє отримати формулу для розрахунку швидкості потоку в кінці лобової стінки АБ:

$$V_n = \sqrt{\frac{2gl_{ж}(\sin\alpha - f\cos\alpha) + V_0^2}{1 + 2l_{ж}K_T}}. \quad (7)$$

Приймаючи $f = 0,65$ для умов тертя залізної руди об металеву лобову стінку і V_{II} у межах $F_r > 3$ (найменше виділення пилу), за формулою (7) визначимо критичний кут нахилу лобової стінки AB , починаючи з якого спостерігатиметься збільшення інтенсивності виділення пилу. Розрахунки свідчать, що критичний кут $\alpha_{кр} = 35^\circ$, але для вологої руди $f > 65^\circ$, тоді кут нахилу слід приймати у межах $\alpha = 40...45^\circ$. Дослідження показали, що завдяки лобовій стінці швидкість руху матеріалу у жолобі зменшується майже на 25...30%, що обумовлює зменшення виділення пилу при перевантаженні гірської маси по жолобах.

Виходячи з того, що масова кількість матеріалу у жолобі визначається параметрами $M_{ж} = b_{ж}h_{ш}V_{II}\beta_p$, об'ємна концентрація на кожній ділянці жолоба визначається за формулою

$$\beta_p = \frac{M_{ж}}{b_{ж}h_{ш}\sqrt{\frac{(\sin\beta - \cos\beta)2gl_{ж}}{1 + 2l_{ж}K_T}}}, \quad (8)$$

де $b_{ж}$ – ширина жолоба, м; $h_{ш}$ – висота шару матеріалу у жолобі, м; $l_{ж}$ – довжина жолоба.

З урахуванням фізичних і аеродинамічних параметрів руху мінеральної сировини (рис. 2) для визначення питомих величин виділення пилу на перевантажувальних вузлах, обладнаних жолобами, буде справедлива формула

$$q_{ж} = \frac{M_{ж}K_{II}K_TK_B}{F_r\beta}, \quad (9)$$

а загальна кількість пилу, що надходить в атмосферу від вузла перевантаження за проміжок часу t_n , дорівнює

$$M_{\Pi} = K_{\Pi} q_{\text{ж}} S_{\text{ж}} t_n, \quad (10)$$

де K_{Π} – коефіцієнт нестационарної роботи вузла перевантаження; $S_{\text{ж}}$ – площа матеріалу у жолобі, м^2 .

Так, для вузла перевантаження мінеральної сировини по жолобу ($M_{\text{ж}} = 200$ кг/с; $K_{\Pi} = 0,02$; $K_{\Gamma} = 0,05$; $K_{\text{в}} = 0,03$; $K_{\Pi} = 0,6$; $F_r = 2,5$; $\beta = 0,4$; $S_{\text{ж}} = 3,75$ м^2) кількість виділеного пилу за 7 годин роботи становить $M_{\Pi} = 340,2$ кг.

При тих самих умовах, але при $F_r = 3$; $\beta = 0,55$ кількість виділеного пилу за 7 годин роботи вузла перевантаження становитиме 206,2 кг.

Таким чином, зменшення швидкості руху матеріалу у жолобі ($F_r = 3$ і $\beta = 0,55$) дає можливість зменшити виділення пилу майже на 40%.

Для знепилювання вузлів перевантаження використовуються аспіраційні системи, які складаються з відсмоктувальних трубопроводів, фільтрів та вентиляторних установок.

Загальна кількість повітря, що відсмоктується від технологічного обладнання, складається з повітря, що ежектується перевантажувальним матеріалом $Q_{\text{еж}}$, і повітря, що надходить в укриття через щілини Q_{Π} . Ці складові відсмоктуючого повітря можна визначити за формулами

$$Q_{\text{еж}} = 1,414 S_{\text{ж}} \sqrt{(P_e + P_a) / (\rho_{\Pi} \sum \xi_i)}, \quad (11)$$

$$Q_{\Pi} = \sum_{i=1}^n S_{0i} \mu_i \sqrt{2P_a / \rho_{\Pi}}, \quad (12)$$

де $S_{\text{ж}}$ – площа перерізу жолоба, м^2 ; P_e – тиск, викликаний падаючим матеріалом, Па; P_a – оптимальне розрідження в укритті, Па; ρ_{Π} – щільність повітря, $\text{кг}/\text{м}^3$; ξ_i – коефіцієнт гідравлічного опору в отворах; S_{0i} – площа i -го отвору, м^2 .

В кінцевому вигляді кількість відсмоктуючого повітря можна визначається за формулою

$$Q_a = 0,919 \sqrt{\frac{P_a}{\rho_{\Pi}}} \left(\sqrt{\frac{P_e}{P_a} + 1} S_{\text{ж}} + S_0 \right), \quad (13)$$

де S_0 – загальна площа отворів в укритті, м^2 .

Значення P_a для кускових матеріалів слід приймати у межах 10...12 Па [3].

Висновки

1. Розрахункові значення кількості повітря для аспірації перевантажувальних вузлів свідчать про те, що збільшення нахилу лобової стінки укриття від 40 до 75° приводить до збільшення кількості відсмоктуючого повітря від $0,38$ до $0,52$ $\text{м}^3/\text{с}$.

2. Практика експлуатації вузлів перевантаження показує, що недоцільно приймати кут нахилу лобової стінки укриття меншим, ніж 40° , оскільки можливе налипання матеріалу і зупинка перевантажувального вузла.

3. Розглянута методика розрахунку дозволяє визначити кількість повітря при аспірації будь-якого перевантажувального вузла.

1. *Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий*. СН 245-71. – М.: Стройиздат, 1972. – 96 с.

2. *Руденко К. Г., Калмыков А. В.* Обеспыливание и пылеулавливание при обработке полезных ископаемых. – М.: Недра, 1984. – С. 171–179.

3. *Калмыков А. В., Журбинский Л. Ф.* Борьба с пылью и шумом на обогатительных фабриках. – М.: Недра, 1984. – С. 171–179.

4. *Зенков Р. Л.* Механика насыпных грузов. – М.: Машгиз. – 1952. – С. 180–190.