

УДК 622. 807: 622. 847

О.В. НЕСТЕРЕНКО, В.Н. НАЗАРЕНКО, кандидати технічних наук, доц.,
І.С. РАДЧЕНКО, канд. фіз.-мат. наук, доц., М.В. ДОМНІЧЕВ, канд. техн. наук, доц.,
І.А. НЕСТЕРЕНКО, студентка, Криворізький національний університет

ЗНЕПИЛЕННЯ ПОВІТРЯ В ЗАСТІЙНИХ ЗОНАХ НАД ТЕХНОЛОГІЧНИМИ АВТОДОРОГАМИ КАР'ЄРІВ

На ділянках щебеневих доріг, які прилягають до бортів кар'єрів, з'являються зони, де рух повітря призупиняється, утворюються застійні зони, в яких накопичуються частки дисперсією 50 мкм і менше. Для знепилення повітря в таких зонах запропоновано використання водного розчину бішофіта безпосередньо в щебеневій суміші полотна дороги. Це дозволяє небезпечні частки пилу від 50 до 10 мкм коагулювати в великі агрегати, зменшивши цим загрозу захворювань на пиловий бронхіт.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними задачами. У сучасних технологіях транспортування гірничої маси в карерах використовуються великовантажні автомобілі. Для них будуються тимчасові технологічні автодороги в основному із щебеневим покриттям. Широке застосування сипучого матеріалу пояснюється економічністю і простотою спорудження доріг. Однак рух автомобілів по таких дорогах супроводжується значним переміщенням та перетиранням щебеню конструктивного шару зносу полотна дороги і приводить до неорганізованих викидів пилу значно вище допустимої норми (табл. 1)

Таблиця

Результати вимірювань запилення повітря на сухих необроблених дорогах кар'єрах ІнГЗК

Горизонт, м	Температура повітря, °С	Відносна вологість повітря, %	Характер руху, маш/год	Запилення повітря на відстані 5-10 м, мг/м ³
-225	29	58	30-40	5,62; 4,97
-240	29	58	60-70	8,1; 8,62; 4,10
- 600	33	52	30-40	3,5; 3,6; 4,15
12	31	59	50-60	4,75; 4,68; 3,93; 4,67; 4,17; 4,19

Отже, в хмару пилу, яка утворюється за автомобілем, який рухається, викидається значна кількість твердих часток, що являють собою небезпеку для людей і механізмів тертя автомобілів.

За даними інституту УкрНДІпроммедіцини 16,4 % водів великовантажних автомобілів і 1,2 % робітників дорожньої служби хворіють пиловим і токсико-пиловим бронхітом.

Мета роботи. Оскільки хмара пилу являє собою аерозоль з різною фракцією твердих часток, то це дає можливість для спрощення розглянути рух окремої частки масою m , яка якщо викинута під кутом α колесом і рухається з початковою швидкістю V_0 .

Після цього ця частка самостійно рухається при одночасній на неї дії сил ваги і опору повітря R (рис. 1), яку у першому наближенні можна прийняти

$$R = kmgy, \quad (1)$$

де k - коефіцієнт, який залежить від форми частки пилу (табл. 2); g - прискорення сили ваги, м/с².

Таблиця 2

Значення коефіцієнта форми частки пилу [1,2]

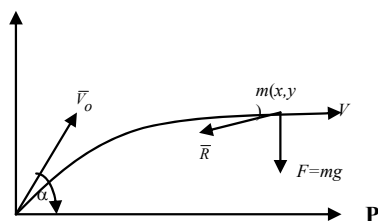


рис. 1. Схема руху частки пилу

Форма частки пилу	Поправочний коефіцієнт, k
Шарова	1
Квадратний поперечний переріз	1,1
Прямокутний переріз	0,9
Округла з нерівною поверхнею	2,4
Видовжена	3
Середня (для змішаних часток)	2,9

Диференціальне рівняння руху твердої частки в повітрі після її викиду з-під колеса автомобіля має вигляд

$$m\ddot{x} = -R_x, \quad (1)$$

$$m\ddot{y} = -R_y - mg, \quad (2)$$

де R_x, R_y - опір повітря руху частки пилу в горизонтальній та вертикальній площинах відповідно.

Так як $R_x = kmgV_x = kmg\dot{x}$, а $R_y = kmgV_y = kmg\dot{y}$, то

$$\ddot{x} = -kg\dot{x}, \quad (3)$$

$$\ddot{y} = -g(1 + k\dot{y}), \quad (4)$$

тут x, y - відповідно максимальна відстань, яку може подолати частка пилу в горизонтальному та вертикальному напрямку, що знаходяться з рівнянь (3) та (4), м

$$x = \frac{V_o \cos \alpha}{kg} (1 - e^{-kgx}), \quad (5)$$

$$y = \frac{1}{k^2 g} (1 + kV_o \sin \alpha) (1 - e^{-kgx}) - \frac{t}{k}, \quad (6)$$

Викладення матеріала та результати. Оцінюючи результати, отримані в (5) та (6) можна стверджувати, що: спочатку з полотна дороги в напрямку x та y пил викидається на незначну відстань; після того як пил відкинутий на максимальну відстань у горизонтальному і вертикальному напрямках, за автомобілем утворюються зони 1-2 пилоутворювань, схематично які виглядають, як показано на рис. 2.

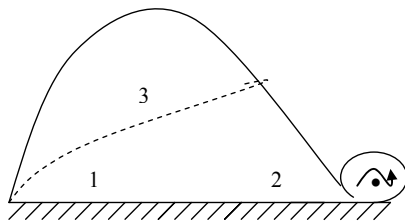


Рис. 2. Спрощена схема утворення пилового факела за автомобілем

У подальшому, в результаті лобового обтікання автомобіля повітряним потоком, на зворотній стороні кузова утворюється зона його низького тиску, а з другої сторони - турбулентним потоком, який утворюється між дном кузова автомобіля і дорожнім полотном, неоднорідний аерозоль 1-2 змішується в загальну зону 1-3. Такий процес перемішування приводить до вирівнювання концентрації часток

пилу в усьому факелі.

Після проходження автомобіля відбувається новий етап - осідання часток пилу на поверхню полотна дороги. З фізичних міркувань зрозуміло, що в повітряно-пиловій аерозолі кожна частка пилу осідає з власною стаціонарною швидкістю, яка в великій мірі залежить від дії її форми.

Як відомо [3], повітря в кар'єрі під дією різних природних факторів постійно переміщується, що сприяє виносу пилу за межі простору над автодорогою і разом з тим знижує його концентрацію в зоні.

Проте, існують значні ділянки простору кар'єру, де рух повітря незначний, що приводить до утворення квазістаціонарних явищ і, як наслідок, - до уповільнення осідання пилу.

Для дослідження процесу осідання пилу у таких зонах розглянемо схему, яка являє собою циліндр висотою h (рис. 3) постійного перерізу і площиною A . В циліндрі очевидно намічається n_0 монодисперсних часток. При перемішуванні часток пилу в умовах відсутності зовнішніх сил (дії повітряного потоку) одні з них рухаються вниз і пересікають площину N , у той час як інші частки піднімаються вгору і теж пересікають цю площину. Загалом число часток, які рухаються вгору-вниз на рівні площини N буде дорівнювати нулю, тобто

$$dn = \frac{1}{2} CA V_g dt - \frac{1}{2} CA V_n dt = 0, \quad (7)$$

де C - концентрація частинок пилу в пилоповітряній суміші, $\text{кг}/\text{м}^3$; V_g, V_n - відповідно швидкість, з якою рухаються частки пилу вгору і вниз, $\text{м}/\text{с}$.

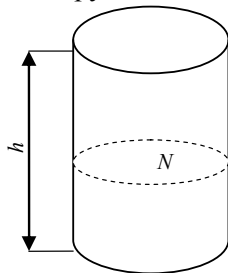


Рис. 3. Схема факелу пилоповітряної суміші

Якщо допустити, що в системі повітря-частки пилу останні знаходяться під дією сил гравітації, які додають їм додаткову швидкість V_g при русі вниз, тоді рівняння (7) буде мати вигляд

$$dn = \frac{1}{2} CA (V_g - V_n) dt - \frac{1}{2} CA (V_n - V_g) dt, \quad (8)$$

Оскільки кількість часток пилу в суміші циліндра $n = CAh$ і швидкість часток однакова, $V_n = V_g$, тоді з (8) випливає, що

$$\frac{dc}{c} = -\frac{V_g}{h} dt, \quad (9)$$

Інтегруючи ліву частину цього рівняння від C_0 до C , а праву - від 0 до t_0 , отримуємо

$$\ln C - \ln C_0 = -\frac{V_g}{h} t, \quad (10)$$

звідки знаходимо зміну концентрації пилу в повітряній суміші в часі на заданій висоті, мг/м^3

$$C = C_0 e^{-\frac{V_g t_0}{h}}, \quad (11)$$

де C_0 - початкова концентрація пилу в повітрі, кг/м^3 ; t_0 - час осідання частки пилу, який визначається з (9)

$$t_0 = \frac{(\ln C - \ln C_0)h}{V_g}. \quad (12)$$

При інтегруванні (9) рахували, що V_g не залежать від концентрації пилу в повітрі і зміни часу.

Рівняння (11) показує, що концентрація часток пилу в повітрі в застійних зонах часом зменшується за експонентою і триває довго.

Для зменшення концентрації пилу загалом в просторі над дорогою, треба в першу чергу в конструктивному шарі зносу, з яким відбувається активний контакт колес автомобіля, відповідно знизити концентрацію пиловидних часток шляхом їх коагуляції, або покриттям щебеневого матеріалу бетоном, асфальтом і т.ін.

У зв'язку з тим, що в кар'єрах будуються тимчасові технологічні дороги щебеневого типу, то найбільш доцільним є коагуляція пилових часток у дорожньому одязі хімічними матеріалами.

До таких найбільш ефективних розчинів відноситься водний розчин природного бішофіту ($\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) густиною 1,2-1,26 кг/м^3 .

Оскільки цей розчин має фобію до сухої поверхні щебеню, то ефективність адсорбції MgCl_2 залежить у значній мірі від температурного фактора.

З урахуванням наведеного розроблено метод знепилювання полотна дороги в літній період, коли процес пиловиділення найбільший і включає декілька етапів:

попереднє змочування водою полотна автодороги з розрахунку 2,2,5 л/м^2 з метою модифікації поверхні пилових часток;

обробка автодороги розчином бішофіту в денний час при максимальній температурі повітря з витратою 1,2-1,3 л/м^2 (70 % витрат);

повторна обробка автодороги розчином бішофіту в нічний час при мінімальній температурі повітря з витратою бішофіту 0,8-1,0 л/м^2 .

Для повного розтікання розчину по шару щебеневої суміші і адсорбції катіонів MgCl_2 бішофіту на поверхні кам'яних часток пилу після кожної обробки розчином полотна дороги робиться витримка між операціями на дорозі.

Результати знепилення щебеневої дороги, в одязі якої використано кристалічні сланці, введено в табл. 3.

Таблиця 3

Дисперсний вміст пилу									
Розмір фракцій, мкм	50	40	25	16	10	6,3	4,0	2,5	1,6
Сланці $f=6-8^*$	2,40	5,25	39,75	3,75	2,25	17,25	5,25	2,75	10,75
Сланці $f=14-16$	-	-	-	-	1,0	7,0	39	-	<2 мкм 53

* Результати вимірювань використані з [5]

Висновки. Аналіз даних табл. 3 свідчить, що не дивлячись на те, що в застійних зонах повітря над дорогою накопичується пил небезпечних фракцій, завдяки використанню водного розчину природного бішофіту частки розміром від 50 до 16 мкм вдається коагулювати в більш крупні агрегати, які не здатні планувати в повітрі.

Список літератури

1. Гордон Г.М., Пейсахов И.Л. Пылеулавливание и очистка газов, - М.: Металлургиздат, 1968. - 499 с.
2. Апостолюк С.О., Джерегей В.С., Апостолюк В.С. Промислова екологія. - К.: Знання, 2005. - 474 с.
3. Бересневич П.В., Михайлов В.А., Филатов С.С. Аэрология карьеров. Справочник. - М.: Недра, 1990. - 180 с.
4. ТУ 25. Украина. 22529511-003-97 Раствор природного бишофита. Бишофит. - К.: Бінау, 1995. - 11 с.
5. Бересневич П.В., Борисов В.Г., Коменик И.Я., Коваленко Е.А. Исследование аутогезии пыли горных дорог карьеров // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. - Новосибирск. - № 2. - 1977. - С. 115-118.
6. Нестеренко О.В. Смачивание пыли водными рас творами на основе некоторых хлоридов / Разраб. рудн. месторожд. - Кривой Рог, 2001. - С. 170-172.

Рукопис подано до редакції 07.03.14