

Практична робота №1. Визначення загальної маси викидів в атмосферу при роботі з матеріалами, що пилять

1.1. Теоретичні відомості

Практична робота присвячена визначенню викидів пилу та газоподібних забруднюючих речовин під час пересипання сипких матеріалів, їх перевантаження та транспортування, зберігання у відкритих складах і хвостосховищах, буріння та проведення масових вибухів у кар'єрах.

Пилоутворення як екологічний фактор відкритої розробки родовищ

Відкрита розробка родовищ характеризується значною кількістю неорганізованих джерел викидів. На відміну від організованого викиду, для якого забруднюючі речовини надходять до атмосфери через газохід, вентиляційну систему або трубу з визначеними геометричними параметрами, неорганізований викид формується безпосередньо над технологічним майданчиком, уступом, складом, транспортною трасою або поверхнею відвалу. Саме до цього типу належить переважна частина пилових викидів при відкритих гірничих роботах.

Основними механізмами утворення пилу є механічне руйнування гірських порід, ударне дроблення матеріалу під час його падіння, тертя частинок між собою, турбулізація повітря при переміщенні матеріалу та вітрова дефляція відкритих поверхонь. У кар'єрі ці механізми реалізуються під час буріння свердловин, вибухового руйнування масиву, екскавації, навантаження, розвантаження, транспортування, дроблення та складування гірничої маси.

Пил необхідно розглядати як полідисперсну аерозольну систему, тобто сукупність твердих частинок різного розміру, завислих у повітрі. Великі частинки мають значну швидкість гравітаційного осідання і переважно випадають поблизу джерела. Зі зменшенням розміру частинок тривалість їх перебування в атмосфері зростає, а потенційна відстань перенесення збільшується. Для оцінювання пилу використовується вагова частка пилової фракції, це коефіцієнт K_1 , що визначається для частинок розміром 0–200 мкм, а K_2 , характеризує частину цієї фракції, що переходить в аерозоль.

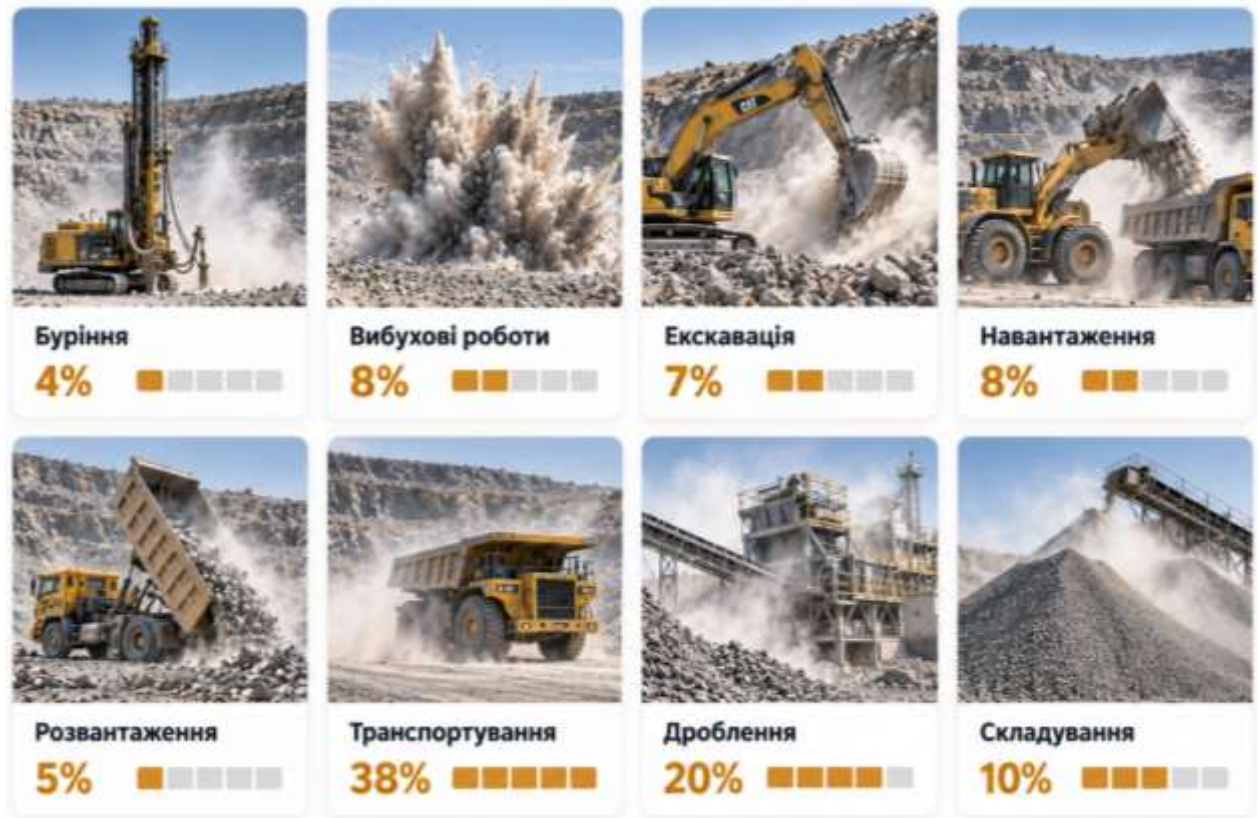


Рис.1.1. Основні чинники пилоутворення при відкритій розробці корисних копалин

У сучасній екологічній оцінці додатково виділяють фракції PM_{10} і $PM_{2.5}$. PM_{10} і $PM_{2.5}$ визначають за аеродинамічним діаметром частинок, тобто не просто за фактичним геометричним розміром, а за тим, як частинка поводить себе в повітрі. PM_{10} – частинки з аеродинамічним діаметром до 10 мкм, $PM_{2.5}$ – до 2,5 мкм. На практиці повітря пропускають через спеціальний пробовідбірник, який відсікає більші частинки, після чого масу уловленої фракції визначають гравіметрично або автоматичними оптичними/аерозольними аналізаторами.

Для екологічних розрахунків принципово важливо розрізняти потужність викиду, виражену у г/с, і валовий викид, виражений у т/рік або т за певний розрахунковий період. Перша величина характеризує інтенсивність надходження речовини до атмосфери і застосовується при розрахунках розсіювання та максимальних приземних концентрацій. Друга відображає загальне річне техногенне навантаження і використовується при інвентаризації викидів та порівнянні технологічних варіантів.

Для короткочасних процесів передбачено приведення маси викиду до 20-хвилинного інтервалу. Якщо тривалість викиду становить менше 1200 с, розрахункова потужність визначається як $M = Q/1200$, де Q – загальна маса речовини, що надійшла в атмосферу за час дії джерела. Це особливо суттєво для вибухових робіт, де фактичний викид має імпульсний характер.

Викиди при пересипанні сипких матеріалів

Пересипання є одним із найхарактерніших джерел вторинного пиловиділення. Під час падіння потоку матеріалу частинки взаємно ударяються, руйнуються, витісняють повітря з міжзернового простору та створюють локальні турбулентні потоки. Дрібні фракції захоплюються цими потоками і переходять у завислий стан. До типових операцій такого типу належать завантаження вагонів і автосамоскидів, перевантаження грейферами, подавання матеріалу до бункерів, пересипання між конвеєрами та формування штабелів.

Потужність викиду при пересипанні визначається залежністю

$$M_{\text{гр}} = K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_7 K_8 K_9 B G_{\text{год}} \frac{10^6}{3600}, \text{ г/с},$$

а валовий викид

$$P_{\text{гр}} = K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_7 K_8 K_9 B G_{\text{рік}}, \text{ т/рік}.$$

де K_1 – вагова частка пилової фракції у матеріалі (таблиця 1.1). Визначається шляхом відмивання та просіву середньої проби з виділенням фракції пилу розміром від 0 до 200 мкм;

K_2 – частка пилу (від усього вагового пилу), що переходить в аерозоль (таблиця 1.1);

K_3 – коефіцієнт, що враховує місцеві метеоумови (таблиця 1.2);

K_4 – коефіцієнт, що враховує місцеві умови, ступінь захищеності вузла від зовнішніх впливів, умови пилоутворення (таблиця 1.3);

K_5 – коефіцієнт, що враховує вологість матеріалу, визначається відповідно до даних таблиці 1.4;

K_7 – коефіцієнт, що враховує крупність матеріалу, приймається відповідно до таблиці 1.5;

K_8 – поправочний коефіцієнт різних матеріалів залежно від типу грейфера (таблиця 1.6), з використанням інших типів перевантажувальних пристроїв K_8 буде рівний 1;

K_9 – поправочний коефіцієнт при потужному залповому скиданні матеріалу при розвантаженні автосамоскида (приймається рівним 0,2 при скиданні матеріалу вагою до 10 т, і 0,1 – понад 10 т, для інших неорганізованих джерел коефіцієнт K_9 приймається рівним 1);

B – коефіцієнт, що враховує висоту пересипки (таблиця 1.7);

$G_{\text{год}}$ – сумарна кількість матеріалу, що переробляється в годину, т/год;

$G_{\text{рік}}$ – сумарна кількість матеріалу, що переробляється протягом року, т/рік.

Фізично, наведена формула це мультиплікативна емпірична модель. Вихідною величиною є маса матеріалу, що проходить через технологічний вузол, а система коефіцієнтів послідовно визначає, яка частина цієї маси належить до пилової фракції, яка її частина здатна перейти в аерозоль та наскільки умови проведення операції посилюють або послаблюють фактичний викид.

Зокрема коефіцієнт K_1 тут характеризує масову частку пилової фракції в матеріалі, а K_2 ту частину пилу, яка може перейти у повітряний аерозоль. Тому однакова продуктивність перевантаження різних гірських порід не означає однакової величини викиду. Подрібнений, сухий і тонкодисперсний матеріал характеризується значно більшою емісійною здатністю, ніж крупнокускова гірнична маса.

Коефіцієнт K_3 враховує швидкість вітру. Його значення зростає від 1,0 при швидкості до 2 м/с до 3,0 при швидкості 18 м/с і більше. Підвищення швидкості повітряного потоку збільшує турбулентність і полегшує відрив дрібних частинок від поверхні та їх винесення за межі технологічного вузла.

Коефіцієнт K_4 характеризує ступінь захищеності джерела. Для повністю відкритого з чотирьох сторін складу він дорівнює 1,0, тоді як застосування конструктивного огородження або завантажувального рукава істотно знижує його величину. Таким чином, цей коефіцієнт фактично кількісно демонструє ефект одного з базових принципів чистих технологій – локалізації джерела забруднення.

Коефіцієнт K_5 враховує вологість дрібнодисперсної частини матеріалу. Вода формує капілярні сили між частинками та збільшує енергію, необхідну для їх відриву й переходу в аерозоль. Тому зі збільшенням вологості пиловиділення різко зменшується. Для звичайних сипких матеріалів K_5 зменшується від 1,0 при вологості 0–0,5 % до 0,01 при вологості понад 10 %. Це пояснює високу ефективність гідрозрошення, хоча на практиці оптимальна вологість повинна вибиратися з урахуванням технологічних властивостей продукції, можливості змерзання матеріалу, утворення налипань і збільшення витрат води.

Коефіцієнт K_7 враховує крупність. Для шматків понад 500 мм його значення становить лише 0,1, тоді як для матеріалу розміром близько 1 мм значення коефіцієнта приймається 1,0. Це відображає закономірність, що зі збільшенням частки дрібних фракцій питома поверхня матеріалу зростає, а його здатність до пиління посилюється.

Коефіцієнт B характеризує висоту падіння потоку, він збільшується від 0,4 при висоті 0,5 м до 2,5 при 10 м. Відповідно, скорочення висоти вільного падіння є одним із найпростіших і водночас ефективних технологічних способів зменшення пиловиділення. Саме на цьому принципі базуються телескопічні завантажувальні рукави, регульовані жолоби та системи формування штабелів зі змінною висотою скидання.

У контексті чистого виробництва параметри K_4 , K_5 , B та ефективність пилопригнічення η слід розглядати як керовані технологічні параметри, тоді як гранулометричний склад і властивості породи значною мірою є вихідними характеристиками сировини.

Таблиця 1.1

Значення коефіцієнтів K_1 , K_2 для визначення викидів пилу

Найменування матеріалу	Щільність матеріалу, г/см ³	Вагова частка пилової фракції у матеріалі, K_1	Частка пилу, що переходить в аерозоль, K_2
Аглопорит	2,5	0,06	0,04
Вапно комове	2,7	0,04	0,02
Вапно мелене	2,7	0,07	0,05
Вапняк кар'єрний	2,7	0,03	0,01

Найменування матеріалу	Щільність матеріалу, г/см ³	Вагова частка пилової фракції у матеріалі, К ₁	Частка пилу, що пере-ходить в аерозоль, К ₂
Вапняк подрібнений	2,7	0,04	0,02
Вермикуліт	2,6	0,06	0,04
Вугілля	1,3	0,03	0,02
Гіпс кар'єрний	2,6	0,03	0,02
Гіпс мелений	2,6	0,08	0,04
Глина	2,7	0,05	0,02
Гнейс	2,9	0,05	0,02
Гравій	*	0,01	0,001
Граніт кар'єрний	2,8	0,01	0,003
Граніт подрібнений	2,8	0,02	0,04
Графіт	2,2 - 2,7	0,03	0,04
Діатоміт	2,3	0,03	0,02
Діорит	2,8	0,03	0,06
Доломіт кар'єрний	2,7	0,03	0,01
Доломіт подрібнений	2,7	0,05	0,02
Зола	2,5	0,06	0,04
Каолін	2,7	0,06	0,04
Керамзит	2,5	0,06	0,02
Клінкер	3,2	0,01	0,003
Крейда	2,7	0,05	0,07
Мармур кар'єрний	2,8	0,02	0,01
Мармур подрібнений	2,8	0,04	0,06
Мергель кар'єрний	2,7	0,03	0,01
Мергель подрібнений	2,7	0,05	0,02
Мінеральна вата	*	0,05	0,01
Нефелін	2,7	0,06	0,02
Огарки	3,9	0,04	0,03
Опока	2,65	0,03	0,01
Пегматит	2,6	0,04	0,04
Пемза	2,5	0,03	0,06
Перліт готова продукція	2,4	0,04	0,06
Перліт кар'єрний	2,4	0,04	0,01
Пісок	2,6	0,05	0,03
Піщаник	2,65	0,04	0,01
Піщано-гравійна суміш (ПГС)	2,6	0,03	0,04

Найменування матеріалу	Щільність матеріалу, г/см ³	Вагова частка пилової фракції у матеріалі, К ₁	Частка пилу, що пере-ходить в аерозоль, К ₂
Польовий шпат	2,5	0,07	0,01
Порфіроїди	2,7	0,03	0,07
Слюда	2,8	0,02	0,01
Сульфат	2,7	0,05	0,02
Суміш піску та вапна	2,6	0,05	0,01
Тирса деревна	*	0,04	0,01
Туф	2,6	0,03	0,02
Цегла, бій	*	0,05	0,01
Цемент	3,1	0,04	0,03
Шамот	2,6	0,04	0,02
Шлак	2,5 - 3,0	0,05	0,02
Щебінь	*	0,04	0,02

Таблиця 1.2

Залежність величини К₃ від швидкості вітру

Швидкість вітру, м/с	Значення коефіцієнта К ₃
до 2	1,0
2-5	1,2
5-7	1,4
7-10	1,7
10-12	2,0
12-14	2,3
14-16	2,6
16-18	2,8
18 та більше	3,0

Таблиця 1.3

Залежність величини К₄ від місцевих умов

Місцеві умови:	Значення коефіцієнта К ₄
Склади, сховища відкриті з 4-х сторін цілком	1,0
Склади, сховища відкриті з 3-х сторін цілком	0,8
Склади, сховища відкриті з 2-х сторін цілком	0,6
Склади, сховища відкриті з 2-х сторін частково	0,5
Склади, сховища відкриті з 1-ї сторони	0,1
Використовується завантажувальний рукав	0,2
Склади, сховища відкриті закриті з 4-х сторін	0,1

Таблиця 1.4

Залежність величини K_5 від вологості матеріалів

Вологість матеріалів, % *	K_5	K_5 (для вугілля у кар'єрі)
0-0,5	1,0	2,0
до 1,0	0,9	1,5
до 3,0	0,8	1,3
до 5,0	0,7	1,2
до 7,0	0,6	1,0
до 8,0	0,4	0,7
до 9,0	0,2	0,3
до 10,0	0,1	0,2
Понад 10	0,01	0,1

**Примітка: при статичному зберіганні та пересипанні піску вологістю 3% і більше викиди вважати рівними 0. Для інших будівельних матеріалів викиди вважати рівними 0 при вологості понад 20 %.*

Таблиця 1.5

Залежність величини K_7 від крупності матеріалів

Розмір шматка, мм	K_7
500 и більше	0,1
500-100	0,2
100-50	0,4
50-10	0,5
10-5	0,6
5-3	0,7
3-1	0,8
1	1,0

Таблиця 1.6

Залежність величини K_8 від типу грейфера і роду матеріалу, що перевантажується

Вантажопідйомність крана, т	Тип грейфера	Величина коефіцієнта K_8 залежно від матеріалу, що перевантажується			
		Кам'яне вугілля	Щебінь	Пісок	ПГС
5	2592А	0,452			
5	2592Б	0,453			
5	2630А	0,474			
10	2871В	0,216			
10	3298А	0,199			
10	3298Б	0,21			
15	2586А	0,157			
16	3599А	0,134			

Вантажопідйомність крана, т	Тип грейфера	Величина коефіцієнта K_8 залежно від матеріалу, що перевантажується			
		Кам'яне вугілля	Щебінь	Пісок	ПГС
16	3748	0,13			
16	3899	0,123			
16	4127	0,13			
10	3829				
5	2583В		0,898	0,427	0,6
5	2583		0,898	0,427	0,6
5	3089А		0,744	0,338	0,52
10	2872В		0,41	0,21	0,3
10	3292В		0,41	0,21	0,3
10	3383Б		0,362	0,184	0,286
10	3555А		0,413	0,21	0,3
10	3555В		0,39	0,22	0,32
15	2374Г		0,292	0,14	0,21
15	2587Г		0,271	0,166	0,215
16	3319А		0,231	0,14	0,182
16	3445А		0,245	0,15	0,193
16	3830		0,216	0,15	

Пилові викиди під час перевантаження і конвеєрного транспортування

При транспортуванні матеріалів за допомогою конвеєру доречно окремо розглядати два механізми: пиловиділення безпосередньо у вузлі навантаження або пересипання та здування пилу з поверхні матеріалу, який транспортується відкритою конвеєрною стрічкою.

Річна маса пилу при вантажно-розвантажувальних операціях становитиме:

$$M_{\text{п}} = K_3 K_4 K_5 B q_{\text{пит}} P_{\text{п}} (1 - \eta) 10^{-6}, \text{ т/рік}$$

де $q_{\text{пит}}$ – питоме виділення твердих частинок на одну тонну матеріалу (для вугілля прийнято 3,0 г/т;

$P_{\text{п}}$ – максимальна інтенсивність, приймається виходячи з погодинної продуктивності $P_{\text{год}}$, а результат виражають у г/с;

$1 - \eta$ – показує частку забруднення, яка залишається після застосування пилопригнічення (при $\eta = 0,75$ в атмосферу надходить 25 % потенційного викиду, при збільшенні ефективності з 50 до 75 % залишкова емісія зменшується не на 25 %, а вдвічі, з 0,50 до 0,25 початкового викиду, це необхідно враховувати при техніко-екологічному порівнянні різних систем очищення).

Під час конвеєрного транспортування джерелом забруднення є не лише місця пересипання. Відкрита поверхня матеріалу на стрічці постійно взаємодіє з атмосферним потоком. Якщо аеродинамічне зусилля перевищує сили тяжіння та зчеплення для дрібної частинки, вона відривається і переходить у повітряний потік. Для встановлення річного викиду використовується залежність:

$$M_k = 3,6K_3K_5W_kLl\gamma T(1 - \eta), \text{ т/рік}$$

де W_k – питоме здування;

L – ширина стрічки;

l – довжина стрічки;

γ – коефіцієнт подрібнення гірничої маси;

T – тривалість експлуатації.

Зменшення таких викидів досягається укриттям стрічки, застосуванням закритих галерей, мінімізацією швидкості зустрічного повітряного потоку, зволоженням поверхні, очищенням неробочої гілки конвеєра та герметизацією перевантажувальних пунктів. При цьому укриття конвеєра є більш технологічно стабільним рішенням, ніж постійне збільшення витрати води, оскільки воно усуває сам механізм вітрового відриву частинок.

Викиди при зберіганні матеріалів на відкритих складах і хвостосховищах

Відкритий склад або хвостосховище є площинним неорганізованим джерелом викиду пилу. На відміну від пересипання, де пил утворюється переважно в момент механічного переміщення матеріалу, при зберіганні основним довготривалим механізмом є вітрова дефляція.

Методика розділяє поверхню складу на ділянку активних робіт $F_{\text{роб}}$, де систематично здійснюються навантажувально-розвантажувальні операції, та відносно стабільну частину $F_{\text{пл}} - F_{\text{роб}}$. Потужність викиду визначається за формулою:

$$M_{36} = K_4K_5K_6K_7qF_{\text{роб}} + K_4K_5K_6K_7 \cdot 0,11q(F_{\text{пл}} - F_{\text{роб}})(1 - \eta), \text{ г/с}$$

для розрахунку валових викидів:

$$П_{36} = 0,11 \cdot 86400 \cdot K_4K_5K_6K_7 \cdot q \cdot F_{\text{пл}} \cdot (1 - \eta) \cdot (T - T_d - T_c) \cdot 10^{-6}, \text{ т}$$

де M_{36} – питомий викид шкідливої речовини (пилу) у процесі зберігання матеріалу, г/с;

P_{36} – валовий викид шкідливих речовин (пилу) у процесі зберігання матеріалу, т;

K_4 – коефіцієнт, що враховує місцеві умови, ступінь захищеності вузла від зовнішніх впливів, умови пилоутворення (таблиця 1.1);

K_5 – коефіцієнт, що враховує вологість матеріалу, визначається відповідно до даних таблиці 1.4. Під вологістю матеріалу розуміється вологість його пилової та дрібнозернистої фракції ($d \leq 1$ мм);

K_6 – коефіцієнт, що враховує профіль поверхні матеріалу, що складається, визначається як відношення (1.9):

$$K_6 = \frac{F_{\max}}{F_{\text{пл}}}$$

K_7 – коефіцієнт, що враховує крупність матеріалу, приймається відповідно до таблиці 1.5;

$F_{\text{пл}}$ – поверхня пиління в плані, м^2 , визначається головним технологом з генплану підприємства;

$F_{\max}$ – фактична площа поверхні матеріалу, що складається при максимальному заповненні складу, м^2 , визначається головним технологом підприємства на основі характеристик матеріалу;

$F_{\text{роб}}$ – площа в плані, на якій систематично виробляються вантажно-розвантажувальні роботи (не рідше одного разу на тиждень), м^2 , визначається головним технологом підприємства;

T – загальний час зберігання матеріалу за аналізований період, доба;

T_c – число днів із стійким сніговим покривом;

T_d – число днів з дощем (кількість днів зі снігом та годин з дощем запитується в територіальному органі Держкомітету з гідрометеорології або визначається згідно з довідниками з клімату).

η – ступінь уловлювання твердих частинок в пиловловлюючій установці, частка одиниці (визначається за даними фактичних вимірювань, якщо засоби пилопригнічення не використовуються, то коефіцієнт η слід вибрати рівним 0);

q – максимальна питома здуваність пилу, $г/(м^2 \cdot с)$, підпорядковується ступеневому закону (1.10):

$$q = a \cdot u^b, \text{ мг/м}^2 \cdot \text{с}$$

де q – питома здуваність пилу, $мг/(м^2 \cdot с)$;

u – швидкість вітру, $м/с$;

a і b – емпіричні коефіцієнти, що залежать від типу матеріалу, що перевантажується (таблиця 1.8).

0,11 – поправочний коефіцієнт зменшення питомої здуваності з часом, оскільки питома здуваність з плином часу знижується через збіднення поверхневого шару матеріалу пиловою фракцією, що природно з плином часу, і призводить до зменшення пилоуносу;

86400 – кількість секунд у добі;

10^{-6} – переводний коефіцієнт грамів у тонну.

Таблиця 4.7

Залежність величини B від висоти пересипання

Висота падіння матеріалу, м	B
0,5	0,4
1,0	0,5
1,5	0,6
2,0	0,7
4,0	1,0
6,0	1,5
8,0	2,0
10,0	2,5

Таблиця 4.8

Параметри, що визначають питому здуваність з поверхні складів

№ пп	Найменування матеріалу, що перевантажується	Параметри	
		a	b
1	Скельні (роговики, сланці, окислені руди) змішані	0,0097	2,887
2	Крейда	0,00580	3,488
3	Пісок	0,00087	4,199
4	Суміш порід (глини, пісок, крейда)	0,01370	2,328
5	Окислені руди	0,02370	2,356
6	Кам'яне вугілля	0,10850	2,9195
7	Щебінь	0,01350	2,987
8	Піщано-гравійна суміш	0,00120	3,97

Фізично це пов'язано зі збідненням верхнього шару дрібною фракцією, найбільш мобільні частинки видаляються першими, після чого поверхня стає більш стійкою до дефляції. На хвостосховищах додатковим стабілізуючим фактором може бути формування кірки після висихання, хоча її руйнування транспортом або вітром може повторно активізувати пиління.

Викиди пилу під час бурових робіт

Буріння супроводжується механічним руйнуванням породи на вибої свердловини та утворенням бурового дріб'язку. Частина дрібнодисперсного матеріалу видаляється зі свердловини потоком стисненого повітря або продуктами промивання і переходить в атмосферу.

Розрахункова модель має чітке фізичне походження. Об'єм породи, що руйнується за одиницю часу, визначається як площа поперечного перерізу свердловини, помножена на швидкість буріння:

$$Q_v = \frac{\pi d^2}{4} v_6 \approx 0,785 d^2 v_6$$

Після множення на густину ρ отримують масову продуктивність руйнування породи. Далі враховуються частка пилової фракції K_1 , частка пилу, що переходить у повітряний аерозоль K_2 , і ефективність пиловловлення.

Тому річний викид доцільно записувати у фізично коректному вигляді:

$$M_6 = 0,785 d^2 v_6 \rho T K_1 K_2 (1 - \eta), \text{ т/рік.}$$

Сумарна маса твердих частинок (г/с), що виділяються під час роботи бурових верстатів, оснащених системами пиловловлення, визначається за формулою:

$$M_6 = 0,785 \cdot d^2 \cdot v_6 \cdot \rho \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot (1 - \eta) \cdot 10^3 / 3,6, \text{ г/с}$$

де d – діаметр бурових свердловин, м;

v_6 – швидкість буріння, м/год;

ρ – щільність породи або вугілля, т/м³;

T – річна кількість робочих годин, год/рік;

η – ефективність засобів пиловловлення, частка одиниці;

K_1 – вміст пилової фракції у буровому дріб'язку, частка одиниці (приймається рівним 0,1);

K_2 – частка пилу (від усієї маси пилової фракції), що переходить в аерозоль (приймається рівною 0,02).

Для бурового дріб'язку прийнято $K_1 = 0,10$, а частку аерозолізації $K_2 = 0,02$. Це свідчить, що викид прямо пропорційний квадрату діаметра свердловини. Отже, збільшення діаметра на 20 % за незмінних інших параметрів теоретично збільшує масу зруйнованої породи та потенційний пиловий викид приблизно на 44 %. Аналогічно збільшення механічної швидкості буріння без удосконалення аспірації підвищує інтенсивність пилоутворення.

З позицій чистих технологій зменшення бурового пилу забезпечується застосуванням сухого пиловловлення з локальним укриттям устя свердловини, рукавними фільтрами або іншими пиловловлювачами, а також мокрим бурінням і пилопригніченням. Принципово важливо не лише встановити систему очищення, а й забезпечити герметизацію зони відсмоктування: значна частина втрат ефективності промислових систем пов'язана саме з підсмоктуванням зовнішнього повітря та виходом пилу поза межами захисного кожуха.

Утворення пилогазових викидів при масових вибухах

Вибухові роботи формують найбільш виражений залповий викид у технологічному циклі кар'єру. Розрізняють два джерела забруднення: пилогазову хмару, яка формується безпосередньо після вибуху, та підірвану гірську масу, з якої після завершення вибуху продовжує виділятися оксид вуглецю. Пилогазова хмара визначається як миттєвий неорганізований викид твердих частинок і нагрітих газів, у тому числі оксидів вуглецю та азоту.

Фізичне формування хмари пов'язане одночасно з руйнуванням масиву та швидким розширенням газоподібних продуктів детонації. Газовий потік захоплює тонкодисперсні продукти руйнування, піднімає їх над блоком і формує термічно підняту аерозольну хмару.

Об'єм пилогазової хмари в момент максимального розвитку визначається залежністю:

$$V_x = 44000A^{1,08}, \text{ м}^3$$

де A – маса вибухової речовини, т.

Температуру хмари визначають як:

$$T_x = T_{\text{п}} + \Delta T$$

де $T_{\text{п}}$ – температура навколишнього повітря, °С;

ΔT – перегрів пилогазової хмари щодо навколишнього повітря, °С (визначається за таблицею 1.9). Якщо кількість вибухової речовини становить менше 2,5 т, $\Delta T = 0$.

Маса твердих частинок за один вибух визначається як:

$$M_{\text{в}}^{\text{ТВ}} = K_{\text{т}} q_{\text{пит}}^{\text{ТВ}} A (1 - \eta_{\text{ТВ}})$$

де $K_{\text{т}}$ – безрозмірний коефіцієнт, що враховує гравітаційне осідання шкідливих речовин у межах розрізу, для твердих частинок приймається 0,16;

$q_{\text{пит}}^{\text{ТВ}}$ – виділення твердих частинок під час вибуху 1 т ВР, т/т;

A – кількість підірваної ВР, т;

$\eta_{\text{ТВ}}$ – ефективність засобів пилопригнічення, частка одиниці.

Значення $q_{\text{пит}}^{\text{В}}$ визначаються по таблиці 1.11 через показник питомої витрати ВР на 1 м³ підірваної маси за формулою:

$$A_{\text{пит}} = \frac{1000A}{V_{\text{ГМ}}}, \text{ кг/м}^3$$

При застосуванні декількох типів вибухових речовин їх внесок визначається окремо, після чого підсумовується.

Аналогічний принцип застосовується до газоподібних продуктів:

$$M_{\text{в}}^{\text{газ}} = K_{\text{т}} q_{\text{пит}}^{\text{газ}} A (1 - \eta_{\text{газ}})$$

де для газів $K_{\text{т}} = 1,0$.

В разі, коли застосовується декілька вибухових речовин, визначаються значення $q_{\text{пит}}^{\text{В}^n}$ для кожного виду ВР, де n – позначення вибухової речовини в переліку. В такому випадку:

$$M_{\text{в}}^{\text{ТВ}} = K_{\text{т}} \cdot \sum_{1}^n (q_{\text{пит}}^{\text{В}^n} \cdot A^n) \cdot (1 - \eta_{\text{ТВ}}), \text{ т}$$

Розрахунок маси газів, що викидаються з пилогазовою хмарою за межі розрізу при виробництві одного вибуху визначається за формулою:

$$M_B^{\text{газ}} = K_r \cdot q_{\text{пит}}^{\text{газ}} \cdot A \cdot (1 - \eta_{\text{ТВ}}), \text{ т}$$

де K_r – безрозмірний коефіцієнт, що враховує гравітаційне осідання шкідливих речовин у межах розрізу, для газів приймається рівним 1,0;28

$q_{\text{пит}}^{\text{газ}}$ – виділення газів під час вибуху 1 т вибухових речовин (ВР), т/т, розраховується для кожного виду ВР;

A – кількість підірваної ВР, т;

$\eta_{\text{газ}}$ – ефективність засобів газопригнічення, частка одиниці.

Значення $q_{\text{пит}}^{\text{газ}}$ визначаються по таблиці 1.10 через показник питомої витрати ВР на 1 м³ підірваної маси.

В разі, коли застосовується декілька вибухових речовин, визначаються значення $q_{\text{пит}}^{\text{газ}}$ для кожного виду ВР, де n – позначення вибухової речовини в переліку. В такому випадку:

$$M_B^{\text{газ}} = K_r \cdot \sum_{n=1}^n (q_{\text{пит}}^{\text{газ}n} \cdot A^n) \cdot (1 - \eta_{\text{газ}}), \text{ т}$$

При проведенні підричних робіт із застосуванням засобів пилогазопригнічення можуть бути прийняті наступні значення η :

- при гідронабивці свердловин $\eta_{\text{ТВ}} = 0,60$ для твердих частинок і $\eta_{\text{газ}} = 0,85$ для газів;

- при гідрогелевій набивці $\eta_{\text{ТВ}} = 0,50$ для твердих частинок і $\eta_{\text{газ}} = 0,85$ для газів;

- для обводнених свердловин $\eta_{\text{ТВ}} = 0,50$ для твердих частинок і $\eta_{\text{газ}} = 0,00$ для газів.

Значення $q_{\text{пит}}^{\text{В}}$ оксиду вуглецю і твердих частинок для різних видів ВР з урахуванням їх питомої витрати наведено в таблицях 1.10 та 1.11. Для оксидів азоту $q_{\text{пит}}^{\text{В}}$ приймається рівним 0,0025 т/т. Кількість оксиду вуглецю, що виділяється з гірничої маси після вибуху, слід приймати рівним 50% від його викиду з пилогазовою хмарою:

$$M_{\text{ГМ}}^{\text{CO}} = 0,5 \cdot M_B^{\text{CO}}, \text{ т}$$

Сумарна маса твердих частинок і оксидів азоту що виділяються після вибуху гірничих мас, приймається рівною 0.

Враховуються передусім CO та NO_x. Утворення CO є наслідком неповного окиснення вуглецевмісних компонентів вибухової речовини, тоді як NO_x утворюються внаслідок високотемпературних реакцій та особливостей детонаційного перетворення азотовмісних компонентів. Фактичне співвідношення газів залежить від кисневого балансу ВР, щільності заряджання, ступеня обводнення свердловин, якості набійки, умов детонації та фактичної питомої витрати вибухової речовини.

Для оксидів азоту приймають питоме виділення 0,0025 т/т ВР. Крім первинної пилогазової хмари, після вибуху передбачено додаткове виділення CO з підірваної гірничої маси у кількості 50 % від його викиду з хмарою. Для твердих частинок і NO_x вторинний після-вибуховий викид у цій розрахунковій схемі приймається рівним нулю. Ці величини необхідно розглядати саме як розрахункові припущення прийнятої методики, а не як універсальні фізичні константи для будь-якого кар'єру та будь-яких вибухових речовин.

Існує можливість кількісно оцінювати пилогозапргнічення. Для гідронабивки свердловин прийнято $\eta_{\text{тв}} = 0,60$ і $\eta_{\text{газ}} = 0,85$, для гідрогелевої набивки – відповідно 0,50 і 0,85. Таким чином, вибір технології набивки прямо трансформується у кількісний екологічний ефект.

Для сучасних чистих технологій важливими є також оптимізація питомої витрати ВР, забезпечення рівномірного розподілу енергії заряду в масиві, точність буріння, контроль довжини набивки, використання електронних систем ініціювання та мінімізація переподрібнення. Метою є не механічне скорочення кількості вибухової речовини, а досягнення необхідного ступеня руйнування породи при мінімальній питомій енергоємності та мінімальному утворенні надлишкової дрібної фракції.

Таблиця 1.9

Значення ΔT в залежності від кількості вибухової речовини (A), що вибухнула

A, тонн	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
ΔT , °C	0,40	0,60	0,97	1,40	1,79	2,24	2,82	3,44	4,09	4,80

Питоме виділення оксиду вуглецю на 1 т ВР під час вибухових робіт

Питома витрата ВР, $A_{\text{пит}}$, кг/м ³	Питоме виділення $q_{\text{пит}}^B$ для різних ВР, т/т			
	Грамоніт 79/21	Грамоніт 30/70	Ігданіт	Інші
0,05	0,104	0,040	0,009	0,037
0,10	0,076	0,037	0,007	0,032
0,15	0,056	0,034	0,006	0,028
0,20	0,040	0,032	0,005	0,024
0,25	0,030	0,029	0,004	0,021
0,30	0,022	0,027	0,004	0,018
0,35	0,016	0,025	0,003	0,016
0,40	0,012	0,023	0,002	0,014
0,45	0,008	0,021	0,002	0,012
0,50	0,006	0,020	0,002	0,010
0,55	0,004	0,018	0,001	0,009
0,60	0,003	0,017	0,001	0,008
0,65	0,002	0,015	0,001	0,007
0,70	0,002	0,014	0,001	0,006
0,75	0,001	0,013	0,001	0,005
0,80	0,001	0,012	0,001	0,005
0,85	0,001	0,011	0,001	0,004
0,90	0,001	0,010	0,001	0,003
0,95	0,001	0,010	0,001	0,003
1,00	0,001	0,009	0,001	0,003

Таблиця 1.11

Питоме виділення твердих часток на 1 тону вибухової речовини при вибухових роботах

Питома витрата ВР, кг/м³, $A_{\text{пит}}$	Питоме виділення $q_{\text{пит}}^B$ для різних ВР, т/т										
	Грамоніт 9/21 Амоніт №6 ЖВ	Ігданіт Грануліт М	Грамоніт 30/70-В	Грамоніт 50/50-В	Гранулотол	Грамонал А-45	Грамонал А-8	Грануліт АСБ-8	Амонал водостійкий	Грануліт АС-4	Грамонал А-50
0,05	0,148	0,151	0,155	0,148	0,153	0,143	0,143	0,145	0,146	0,147	0,150
0,10	0,088	0,092	0,096	0,088	0,094	0,082	0,082	0,084	0,085	0,087	0,090
0,15	0,069	0,074	0,079	0,069	0,076	0,062	0,062	0,065	0,066	0,068	0,072
0,20	0,061	0,067	0,073	0,062	0,070	0,053	0,054	0,057	0,057	0,060	0,065
0,25	0,058	0,065	0,072	0,058	0,069	0,049	0,049	0,053	0,053	0,057	0,062
0,30	0,057	0,065	0,074	0,058	0,070	0,046	0,047	0,051	0,052	0,056	0,062
0,35	0,058	0,068	0,079	0,059	0,074	0,045	0,046	0,051	0,052	0,057	0,064
0,40	0,060	0,072	0,085	0,061	0,079	0,045	0,046	0,052	0,053	0,059	0,067
0,45	0,063	0,077	0,094	0,064	0,086	0,046	0,047	0,054	0,054	0,061	0,071
0,50	0,067	0,084	0,104	0,069	0,094	0,047	0,048	0,056	0,057	0,065	0,077
0,55	0,072	0,092	0,117	0,074	0,105	0,049	0,050	0,059	0,060	0,070	0,084
0,60	0,079	0,102	0,133	0,080	0,118	0,052	0,052	0,063	0,064	0,076	0,092
0,65	0,086	0,114	0,152	0,088	0,133	0,054	0,056	0,068	0,069	0,082	0,102
0,70	0,094	0,128	0,174	0,097	0,151	0,058	0,059	0,073	0,075	0,090	0,114
0,75	0,104	0,145	0,201	0,107	0,173	0,061	0,063	0,079	0,081	0,099	0,128
0,80	0,116	0,164	0,233	0,119	0,198	0,066	0,068	0,086	0,088	0,110	0,144
0,85	0,129	0,187	0,272	0,133	0,229	0,071	0,073	0,094	0,097	0,122	0,162
0,90	0,144	0,214	0,317	0,149	0,264	0,076	0,079	0,103	0,106	0,136	0,184
0,95	0,162	0,245	0,372	0,167	0,307	0,083	0,085	0,114	0,117	0,152	0,209
1,00	0,182	0,282	0,436	0,188	0,357	0,090	0,093	0,125	0,130	0,170	0,238

Найменування вихідних даних	Варіант						
	7	8	9	10	11	12	13
Середня швидкість вітру, м/с	3,5	3,3	3,2	2,9	3,1	3,0	3,0
Ступінь захищеності вузла пересипання: відкритий з ... боків	3-х	4-х	2-х	3-х	4-х	2-х	3-х
Вологість матеріалу, %	8	9	5	10	7	7	88
Крупність матеріалу, мм	50	10	50	10	50	10	50
Нерівномірність вивантаження матеріалу за типом грейфера	3445 А	2592 А	3089 А	3445 А	3089 А	2871 В	2872 В
Висота матеріалу, що перевантажується, м	6	2	4	2	8	4	8
Залповий викид при розвантаженні самоскида	1	1	1	1	1	1	1

Найменування вихідних даних	Варіант						
	14	15	16	17	18	19	20
Матеріал, що пересипається	Вугілля	ПГС	Щебінь	ПГС	Пісок	Щебінь	Вугілля
Паспортна продуктивність грейфера:							
а) тонн на годину	350	120	90	160	100	105	350
б) тис. тонн на рік	150	120	110	97	75	140	130
Коефіцієнт завантаження грейфера	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36
Продуктивність грейферного крана							
Вміст пилу, мкм	0 - 200	0 - 200	0 - 200	0 - 200	0 - 200	0 - 200	0 - 200
Вміст пилу, що переходить в аерозоль, мкм	0-10	0-10	0-10	0-10	0-10	0-10	0-10
Середня швидкість вітру, м/с	3,0	3,4	3,5	3,1	2,8	2,7	3,0
Ступінь захищеності вузла пересипання: відкритий з ... боків	3-х	4-х	2-х	4-х	3-х	4-х	2-х
Вологість матеріалу, %	8	9	8	7	6	8	8
Крупність матеріалу, мм	50	10	50	10	50	10	50
Нерівномірність вивантаження матеріалу за типом грейфера	2586 А	3445 А	3089 А	3445 А	2872 В	3089 А	2592 А
Висота матеріалу, що перевантажується, м	2	6	4	8	6	4	2
Залповий викид при розвантаженні самоскида	1	1	1	1	1	1	1

Приклад розв'язку завдання 1.

Найменування вихідних даних	Вихідні дані	Параметри		
		Позначення	Значення	Джерело
Паспортна продуктивність грейфера: а) тонн на годину б) тонн на рік	350 126000	$G_{\text{рік}}$	126000 т/рік	Вих. дані
Коефіцієнт завантаження грейфера	0,36			
Продуктивність грейферного крана	$0,36 \cdot 350$	$G_{\text{год}}$	126	Розрах.
Вміст пилу	0 - 200 мкм	K_1	0,03	Табл. 1.1
Вміст пилу, що переходить в аерозоль	0-10 мкм	K_2	0,02	Табл. 1.1
Місцеві метеоумови	3,4 м/с	K_3	1,2	Табл. 1.2
Ступінь захищеності вузла пересипання	відкритий з 4-х боків	K_4	1,0	Табл. 1.3
Вологість матеріалу	8 %	K_5	0,7	Табл. 1.4
Врахування крупності матеріалу	50-10 мм	K_7	0,5	Табл. 1.5
Врахування нерівномірності вивантаження матеріалу	Грейфер 2586 А	K_8	0,157	Табл. 1.6
Висота матеріалу, що перевантажується	0,5 м	B	0,4	Табл. 1.7
Коефіцієнт, що враховує потужний залповий викид при розвантаженні самоскида		K_9	1,0	Довідн.

Для розрахунку питомого викиду пилу в процесі навантаження вугілля використовується формула:

$$M_{\text{гр}} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_7 \cdot K_8 \cdot K_9 \cdot B \cdot G_{\text{год}} \cdot 10^6 / 3600, \text{ г/с}$$

$$M_{\text{гр}} = 0,03 \cdot 0,02 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 0,7 \cdot 0,5 \cdot 0,157 \cdot 1,0 \cdot 0,4 \cdot 126 \cdot 10^6 / 3600 = 0,55 \text{ г/с}$$

Для розрахунку валового викиду пилу в процесі навантаження вугілля використовується формула:

$$P_{\text{гр}} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_7 \cdot K_8 \cdot K_9 \cdot B \cdot G_{\text{рік}}, \text{ т/рік}$$

$$P_{\text{гр}} = 0,03 \cdot 0,02 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 0,7 \cdot 0,5 \cdot 0,157 \cdot 1,0 \cdot 0,4 \cdot 126000 = 1,99 \text{ т/рік}$$

Завдання 2. Розрахувати викиди у атмосферу під час пересипання вугілля за наведеними вихідними даними.

Вихідні дані

Найменування вихідних даних	Варіант					
	1	2	3	4	5	6
Вологість породи, %	9	7	7	10	8	9
Максимальна повторювана швидкість вітру, м/с	3,0	3,4	3,5	3,1	2,8	2,7
Ступінь захищеності вузла пересипання: відкритий з ... боків	1-го	3-х	4-х	2-х	4-х	3-х
Висота пересипання матеріалу, м	2	6	4	8	6	4
Питоме виділення твердих частинок з тонни вугілля, що перевантажується, г/т	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Питома здуваність твердих частинок з стрічкового конвеєра, кг/(м ² ·с)	3·10 ⁻⁵	3·10 ⁻⁵	3·10 ⁻⁵	3·10 ⁻⁵	3·10 ⁻⁵	3·10 ⁻⁵
Ефективність застосовуваних засобів пилопригнічення	0,75	0,65	0,60	0,75	0	0,55
Кількість вугілля, що перевантажується, тис. т/рік	100	120	110	95	90	90
Максимальна кількість вугілля, що перевантажується, т/год	200	200	300	100	100	200
Коефіцієнт подрібнення гірничої маси	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Ширина конвеєрної стрічки, м	1,8	1,5	1,8	1,5	1,8	1,8
Довжина конвеєра, м	150	200	150	200	150	150
Річна кількість робочих годин	480	480	500	550	600	600

Найменування вихідних даних	Варіант						
	7	8	9	10	11	12	13
Вологість породи, %	8	9	8	7	6	8	8
Максимальна повторювана швидкість вітру, м/с	3,4	3,3	3,0	3,2	2,9	3,3	3,3
Ступінь захищеності вузла пересипання: відкритий з ... боків	4-х	2-х	4-х	3-х	3-х	4-х	1-го
Висота пересипання матеріалу, м	6	2	4	2	8	4	8
Питоме виділення твердих частинок з тонни вугілля, що перевантажується, г/т	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Питома здуваність твердих частинок з стрічкового конвеєра, кг/(м ² ·с)	3·10 ⁻⁵	3·10 ⁻⁵	3·10 ⁻⁵	3·10 ⁻⁵	3·10 ⁻⁵	3·10 ⁻⁵	3·10 ⁻⁵
Ефективність застосовуваних засобів пилопригнічення	0,55	0	0,75	0,65	0	0,75	0,60

Найменування вихідних даних	Варіант						
	7	8	9	10	11	12	13
Кількість вугілля, що перевантажується, тис. т/рік	110	97	94	120	110	105	95
Максимальна кількість вугілля, що перевантажується, т/год	300	100	100	300	300	300	100
Коефіцієнт подрібнення гірничої маси	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Ширина конвеєрної стрічки, м	1,8	1,5	1,8	1,8	1,5	1,8	1,5
Довжина конвеєра, м	200	200	150	150	200	150	200
Річна кількість робочих годин	500	650	500	550	700	750	500

Найменування вихідних даних	Варіант						
	14	15	16	17	18	19	20
Вологість породи, %	9	7	7	10	8	9	9
Максимальна повторювана швидкість вітру, м/с	4,5	3,3	3,0	3,2	2,9	3,3	3,3
Ступінь захищеності вузла пересипання: відкритий з ... боків	4-х	2-х	3-х	2-х	3-х	4-х	1-го
Висота пересипання матеріалу, м	2	2	4	2	6	2	8
Питоме виділення твердих частинок з тонни вугілля, що перевантажується, г/т	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Питома здуваність твердих частинок з стрічкового конвеєра, $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$	$3 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-5}$
Ефективність застосовуваних засобів пилопригнічення	0,75	0,55	0	0,65	0,75	0,60	0
Кількість вугілля, що перевантажується, тис. т/рік	110	80	75	110	100	125	90
Максимальна кількість вугілля, що перевантажується, т/год	300	100	100	300	200	300	100
Коефіцієнт подрібнення гірничої маси	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Ширина конвеєрної стрічки, м	1,8	1,8	1,5	1,8	1,5	1,8	1,5
Довжина конвеєра, м	200	150	200	150	200	150	200
Річна кількість робочих годин	500	750	600	600	500	550	800

Приклад розв'язку завдання 2.

Навантаження вугілля здійснюється відкритим стрічковим конвеєром, ширина якого 1,8 м, довжина 200 м, річна кількість робочих годин 500, висота пересипання 2 м. Кількість вугілля, що відвантажується, вологістю 7% становить 110000 т/рік, максимальна кількість вугілля, що відвантажується протягом

години 300 т. Пилопригнічення при навантаженні вугілля не застосовується (ефективність = 0). Для місцевості, де розташований пункт навантаження, характерна швидкість вітру, що часто повторюється, 4,5 м/с.

Найменування вихідних даних	Вихідні дані	Параметри		
		Позначення	Значення	Джерело
Вологість породи	7%	K_5	1,0	Табл. 1.4
Максимальна повторювана швидкість вітру	4,5 м/с	K_3	1,2	Табл. 1.2
Ступінь захищеності вузла пересипання	Відкрито повністю	K_4	1,0	Табл. 1.3
Висота пересипання матеріалу	2 м	B	0,7	Табл. 1.7
Питоме виділення твердих частинок з тонни перевантажуваного вугілля	3,0 г/т	$q^{n_{\text{пит}}}$	3,0	Довідн.
Питома здуваність твердих частинок з стрічкового конвеєра	$3 \cdot 10^{-5}$ кг/(м ² ·с)	W_k	$3 \cdot 10^{-5}$	Довідн.
Ефективність застосовуваних засобів пилопригнічення	Не застосовується	η	0	Довідн.
Кількість вугілля, що перевантажується	110000 т/рік	P_p	110000	Вих. дані
Максимальна кількість вугілля, що перевантажується	300 т/год	$P_{\text{год}}$	300	Вих. дані
Коефіцієнт подрібнення гірничої маси		γ	0,1	Довідн.
Ширина конвеєрної стрічки	1,8 м	L	1,8	Вих. дані
Довжина конвеєра	200 м	l	200	Вих. дані
Річна кількість робочих годин	500 годин	T	500	Вих. дані

Маса твердих частинок, що виділяються при вантажно-розвантажувальних роботах, розраховується за формулою:

$$M_{\text{п}} = K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot B \cdot q^{n_{\text{пит}}} \cdot P_{\text{п}} \cdot (1 - \eta) \cdot 10^{-6}, \text{ т/рік}$$

$$M_{\text{п}} = 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,7 \cdot 3,0 \cdot 110000 \cdot (1 - 0) \cdot 10^{-6} = 0,277 \text{ т/рік}$$

Маса твердих частинок, що здуваються при транспортуванні гірничої маси відкритим стрічковим конвеєром, визначається:

$$M_{\text{к}} = 3,6 \cdot K_3 \cdot K_5 \cdot W_k \cdot L \cdot l \cdot \gamma \cdot T \cdot (1 - \eta), \text{ т/рік}$$

$$M_{\text{к}} = 3,6 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 3,0 \cdot 10^{-5} \cdot 1,8 \cdot 200 \cdot 0,1 \cdot 500 \cdot (1 - 0) = 2,333 \text{ т/рік}$$

Сумарна маса твердих частинок, що виділяються при вантажно-перевантажувальних роботах, становить:

$$M_{\text{с}} = M_{\text{п}} + M_{\text{к}} = 0,227 + 2,333 = 2,61 \text{ т/рік.}$$

Завдання 3. Розрахувати об'єм питомого та валового викиду пилу в процесі зберігання вугілля у відкритому складі за вихідними даними.

Вихідні дані

Найменування вихідних даних	Варіант					
	1	2	3	4	5	6
Склад відкритий з ... боків	2	3	2	3	4	1
Вологість матеріалу, %	7	7	10	8	9	9
Врахування крупності матеріалу, мм	50 - 10	50 - 10	50 - 10	50 - 10	50 - 10	50 - 10
Площа поверхні, м*м	40*150	60*120	40*140	40*150	40*140	50*120
Площа поверхні складу при його максимальному заповненні, м ²	7300	7500	7100	7300	7100	7200
Площа у плані, на якій здійснюються систематичні роботи, м ²	3100	3300	2900	3100	2900	3000
Врахування профілю поверхні						
Висота складу, м	8	10	6	8	10	8
Швидкість вітру (середньорічна), м/с	3,3	3,0	3,2	2,9	3,3	3,3
Здуваність матеріалу, г/(м ² ·с)						
Ефективність застосовуваних засобів пилопригнічення	0,75	0,50	0,75	0,35	0,50	0,75
Час зберігання вугілля на складі, днів	250	300	270	300	300	250
Число днів зі стійким сніговим покривом	135	120	110	135	120	110
Кількість днів з дощем	13	15	22	10	8	9

Найменування вихідних даних	Варіант						
	7	8	9	10	11	12	13
Склад відкритий з ... боків	3	4	2	4	2	1	1
Вологість матеріалу, %	7	8	8	9	10	8	6
Врахування крупності матеріалу, мм	50 - 10	50 - 10	50 - 10	50 - 10	50 - 10	50 - 10	50 - 10
Площа поверхні, м*м	40*150	40*140	50*120	60*120	40*150	40*140	50*120
Площа поверхні складу при його максимальному заповненні, м ²	7300	7100	7200	7500	7300	7100	7200
Площа у плані, на якій здійснюються систематичні роботи, м ²	3100	2900	3000	3300	3100	2900	3000
Врахування профілю поверхні							
Висота складу, м	10	8	6	10	8	10	6
Швидкість вітру (середньорічна), м/с	3,4	3,0	3,4	3,5	3,1	2,8	2,7
Здуваність матеріалу, г/(м ² ·с)							
Ефективність застосовуваних засобів пилопригнічення	0	0,35	0	0,75	0	0,50	0,35

Найменування вихідних даних	Варіант						
	7	8	9	10	11	12	13
Час зберігання вугілля на складі, днів	250	300	280	300	270	280	250
Число днів зі стійким сніговим покривом	135	110	110	120	135	110	120
Кількість днів з дощем	8	10	10	15	8	15	16

Найменування вихідних даних	Варіант						
	14	15	16	17	18	19	20
Склад відкритий з ... боків	2	3	3	4	2	1	3
Вологість матеріалу, %	7	6	9	10	7	8	8
Врахування крупності матеріалу, мм	50 - 10	50 - 10	50 - 10	50 - 10	50 - 10	50 - 10	50 - 10
Площа поверхні, м*м	60*120	50*120	40*140	40*150	60*120	40*140	50*120
Площа поверхні складу при його максимальному заповненні, м²	7500	7200	7100	7300	7500	7100	7200
Площа у плані, на якій здійснюються систематичні роботи, м²	3300	3000	2900	3100	3300	2900	3000
Врахування профілю поверхні							
Висота складу, м	10	6	10	10	8	8	6
Швидкість вітру (середньорічна), м/с	3,4	3,3	3,0	3,2	2,9	3,3	3,3
Здуваність матеріалу, г/(м²·с)							
Ефективність застосовуваних засобів пилопригнічення	0	0,75	0	0,50	0,50	0	0,75
Час зберігання вугілля на складі, днів	300	250	270	280	250	270	300
Число днів зі стійким сніговим покривом	110	135	110	135	110	110	110
Кількість днів з дощем	10	12	11	20	24	10	8

Приклад розв'язку завдання 3.

Найменування вихідних даних	Вихідні дані	Параметри		
		Позначення	Значення	Джерело
Ступінь захищеності складу	Відкритий з 4-х боків	K ₄	1,0	Табл. 1.3
Вологість матеріалу	7%	K ₅	0,6	Табл. 1.4
Врахування крупності матеріалу	50 - 10 мм	K ₇	0,5	Табл. 1.5
Площа поверхні	50 м × 120 м	F _{пл}	6000 м²	Розрах.
Площа поверхні складу при його максимальному заповненні	7200 м²	F _{макс}	7200 м²	Вих. дані
Площа у плані, на якій здійснюються систематичні роботи	3000 м²	F _{роб}	3000 м²	Вих. дані

Найменування вихідних даних	Вихідні дані	Параметри		
		Позначення	Значення	Джерело
Врахування профілю поверхні		K_6	1,2	Розрах.
Висота складу	10 м	B	2,5	Табл. 1.7
Швидкість вітру (середня протягом року)	3,4 м/с			Вих. дані
Здуваність матеріалу	г/(м ² ·с)	q	$4,2 \cdot 10^{-3}$	Розрах.
Ефективність застосовуваних засобів пилопригнічення	Не застосовується	η	0	Вих. дані
Загальний час зберігання вугілля на складі	270	T	270	Вих. дані
Число днів зі стійким сніговим покривом	120	T_c	120	Вих. дані
Кількість днів з дощем	8	T_d	8	Вих. дані

Необхідно визначити необхідні параметри для розрахунків та занесення їх до таблиці вихідних даних.

– визначення площі поверхні складу:

$$F_{\text{пл}} = 50 \text{ м} \cdot 120 \text{ м} = 6000 \text{ м}^2$$

– визначення коефіцієнту, що враховує профіль поверхні складу:

$$K_6 = F_{\text{макс}}/F_{\text{пл}} = 7200 \text{ м}^2/6000 \text{ м}^2 = 1,2$$

– визначення величини здування матеріалу:

$$q = a \cdot v^b, \text{ мг/м}^2 \cdot \text{с}$$

За таблицею 1.8 для вугілля коефіцієнт $a = 0,1085$, коефіцієнт $b = 2,9195$, тоді:

$$q = 0,1085 \cdot 3,4^{2,9195} = 4,2 \text{ мг/м}^2 \cdot \text{с} = 4,2 \cdot 10^{-3} \text{ г/м}^2 \cdot \text{с}$$

Завдання 4. Розрахувати викиди твердих частинок при бурових роботах за вихідними даними.

Вихідні дані

Найменування вихідних даних	Варіант					
	1	2	3	4	5	6
Діаметр бурових свердловин, м	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Швидкість буріння, м/год.	15,0	17,0	12,0	20,0	15,0	10,0
Щільність породи, т/м ³	2,0	2,3	2,7	2,0	2,3	2,3

Найменування вихідних даних	Варіант						
	1	2	3	4	5	6	
Річна кількість робочих годин, год./рік	600	570	520	570	600	520	
Ефективність засобів пилопригнічення	0,35	0	0,35	0	0,50	0	
Найменування вихідних даних	Варіант						
	7	8	9	10	11	12	13
Діаметр бурових свердловин, м	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Швидкість буріння, м/год.	12,0	10,0	15,0	20,0	12,0	17,0	15,0
Щільність породи, т/м³	2,0	2,7	2,3	2,4	2,0	2,1	2,7
Річна кількість робочих годин, год./рік	600	570	520	600	500	520	570
Ефективність засобів пилопригнічення	0,50	0	0,35	0	0,50	0	0,35
Найменування вихідних даних	Варіант						
	14	15	16	17	18	19	20
Діаметр бурових свердловин, м	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Швидкість буріння, м/год.	12,0	20,0	12,0	15,0	17,0	10,0	15,0
Щільність породи, т/м³	2,3	2,7	2,4	2,0	2,7	2,0	2,4
Річна кількість робочих годин, год./рік	570	500	520	600	520	570	600
Ефективність засобів пилопригнічення	0,35	0,50	0	0,50	0	0,65	0,35

Приклад розв'язку завдання 4.

При роботі бурового верстата, не оснащеного системою пиловловлення, діаметр бурих свердловин дорівнює 0,25 м, швидкість буріння 12,0 м/год, щільність породи 1,8 т/м³. Річна кількість робочих годин бурового верстата складає 520.

Сформуємо таблицю вихідних даних

Найменування вихідних даних	Вихідні дані	Параметри		
		Позн.	Значення	Джерело
Діаметр бурових свердловин	0,25 м	d	0,25	Вих. дані
Швидкість буріння	12,0 м/год	v _б	12,0	Вих. дані
Щільність породи	1,8 т/м³	ρ	1,8	Вих. дані
Річна кількість робочих годин	520 год./рік	T	520	Вих. дані
Ефективність засобів пилопригнічення	Не застосовуються	η	0	Вих. дані
Зміст пилової фракції у буровій дрібниці		K ₁	0,10	Довідн.
Частка пилу (з від усієї маси пилової фракції), що переходить в аерозоль		K ₂	0,02	Довідн.

Сумарна маса твердих частинок, що виділяються під час роботи бурового верстата визначається:

$$M_6 = 0,785 \cdot d^2 \cdot v_b \cdot \rho \cdot T \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot (3.1 - \eta), \text{ т/рік}$$

$$M_6 = 0,785 \cdot 0,25^2 \cdot 12,0 \cdot 1,8 \cdot 520 \cdot 0,10 \cdot 0,02 \cdot (3.1 - 0) = 1,10 \text{ т/рік}$$

Для розрахунку нормативів ПДВ сумарна маса твердих частинок використовується за формулою:

$$M_{6\text{PDV}} = 0,785 \cdot d^2 \cdot v_b \cdot \rho \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot (3.1 - \eta) \cdot 10^3 / 3,6, \text{ г/с}$$

$$M_{6\text{PDV}} = 0,785 \cdot 0,25^2 \cdot 12,0 \cdot 1,8 \cdot 0,10 \cdot 0,02 \cdot (3.1 - 0) \cdot 10^3 / 3,6 = 0,59 \text{ г/с}$$

Завдання 5. Розрахувати параметри пилогазової хмари та викиди шкідливих речовин, що утворюються під час вибухових робіт за вихідними даними.

Вихідні дані

Непарні варіанти

Розрахувати параметри пилогазової хмари та викиди шкідливих речовин, що утворюються під час вибухових робіт. Кількість вибухової речовини (ВР), яка використана при здійсненні одного вибуху, склала 13,5 т, в тому числі:

Амоніт №6 ЖВ	6,0 т
Ігданіт	1,2 т
Грамонал А-45	4,4 т
Грануліт А6-8	1,9 т

Об'єм підірваної маси дорівнює 52400 м³. При вибухових роботах засоби пилопригнічення:

- для варіантів 1, 5, 9, 17 - не застосовуються;
- для варіантів 3, 11, 15 - застосовується гідронабивка свердловин;
- для варіантів 7, 13, 19 - застосовується гідрогелева набивка свердловин.

Парні варіанти

Розрахувати параметри пилогазової хмари та викиди шкідливих речовин, що утворюються під час вибухових робіт. Кількість вибухової речовини (ВР), яка використана при здійсненні одного вибуху, склала 8,62 т, в тому числі:

Грамоніт 30/70-В	2,15 т
Грамонал А-45	1,43 т
Грамонал А-8	3,08 т
Грамонал А-50	1,96 т

Об'єм підірваної маси дорівнює 31250 м³. При вибухових роботах засоби пилопригнічення:

- для варіантів 2, 6, 10, 16 - не застосовуються;
- для варіантів 4, 12, 18 - застосовується гідронабивка свердловин;
- для варіантів 8, 14, 20 - застосовується гідрогелева набивка свердловин.

Приклад розв'язку завдання 5.

Кількість вибухової речовини (ВР), яка використана при здійсненні одного вибуху, склала 1,31 т, в тому числі: грамоніт 79/21 – 0,19 т, амоніту 6 ЖВ – 0,89 т, гранулолоту – 0,18 т, грамоніту 30/70 – 0,05 т. Об'єм підірваної маси дорівнює 5800 м³. При вибухових роботах засоби пилопригнічення не застосовуються.

Сформуємо таблицю вихідних даних.

Найменування вихідних даних	Вихідні дані	Параметри		
		Позначення	Значення	Джерело
Кількість підірваної вибухової речовини:	1,31 т	А	1,3	Вих. дані
1. грамоніту 79/21	0,19 т	А ¹	0,19	Вих. дані
2. амоніту 6 ЖВ	0,89 т	А ²	0,89	Вих. дані
3. гранулолоту	0,18 т	А ³	0,18	Вих. дані
4. грамоніту 30/70	0,05 т	А ⁴	0,04	Вих. дані
Об'єм підірваної гірської маси	5800 м ³	V _{гм}	5800	Вих. дані
Питома витрата вибухової речовини, кг/м ³		А _{пит}	0,22	Розрахунок
Питоме виділення пилу під час вибуху вибухової речовини				
1. грамоніту 79/21	т/т	q ^{tw} _{пит¹}	0,0598	Табл. 1.11
2. амоніту 6 ЖВ	т/т	q ^{tw} _{пит²}	0,0598	Табл. 1.11
3. гранулолоту	т/т	q ^{tw} _{пит³}	0,0696	Табл. 1.11

Найменування вихідних даних	Вихідні дані	Параметри		
		Позначення	Значення	Джерело
4. грамоніту 30/70	т/т	$q^{tw}_{пит4}$	0,0726	Табл. 1.11
Питоме виділення оксиду вуглецю під час вибуху вибухової речовини				
1. грамоніту 79/21	т/т	$q^{co}_{пит1}$	0,022	Табл. 1.10
2. амоніту 6 ЖВ	т/т	$q^{co}_{пит2}$	0,022	Табл. 1.10
3. гранулолиту	т/т	$q^{co}_{пит3}$	0,022	Табл. 1.10
4. грамоніту 30/70	т/т	$q^{co}_{пит4}$	0,030	Табл. 1.10
Питоме виділення оксидів азоту	т/т	$q^{NOx}_{пит}$	0,0025	Довідн.
Коефіцієнт гравітаційного осідання шкідливих речовин у межах розрізу				
для твердих частинок		K_T	0,16	Довідн.
для газів		K_G	1,0	Довідн.
Засоби пилопригнічення	Не застосовуються	η	0	Вих. дані
Температура навколишнього повітря	20°C	$T_{п}$	20	Вих. дані

Визначення об'єму пилогазової хмари:

$$V_x = 44000 A^{1,08}, \text{ м}^3$$

$$V_x = 44000 \cdot 1,31^{1,08} = 58413 \text{ м}^3$$

Розрахунок температури газів у хмарі (T_x):

$$T_x = T_{п} + \Delta T, \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_x = 20 + 0 = 20^{\circ}\text{C}$$

Маса твердих частинок, що викидаються з пилогазовою хмарою за межі розрізу при виробництві одного вибуху:

$$M_{в}^{тв} = K \cdot q_{пит}^{тв} \cdot A \cdot (1 - \eta_{тв}), \text{ т}$$

Якщо видів вибухових речовин декілька, розрахунок виділення твердих частинок проводиться окремо для кожної.

Розрахунок питомої витрати кожного виду ВР на 1 м³ підірваної маси:

$$A_{пит} = 1000 \cdot A / V_{гм}, \text{ кг/м}^3$$

$$A_{пит} = 1000 \cdot 1,3 / 5800 = 0,22 \text{ кг/м}^3$$

За таблицею 1.11 визначається питоме виділення пилу під час вибуху для кожної вибухової речовини шляхом інтерполяції: рядок 0,22 в стовпчику $A_{пит}$:

грамоніт 79/21

$$q^{tw}_{пит1} = 0,0598$$

амоніт 6 ЖВ	$q^{\text{tw}}_{\text{пит}^2} = 0,0598$
гранулотол	$q^{\text{tw}}_{\text{пит}^3} = 0,0696$
грамоніт 30/70	$q^{\text{tw}}_{\text{пит}^4} = 0,0726$

Визначається маса твердих частинок, що викидаються з пилогазовою хмарою за межі розрізу при здійсненні одного вибуху:

$$M_{\text{в}}^{\text{ТВ}} = K_{\text{т}} \cdot \sum_{n=1}^n (q_{\text{пит}}^{\text{ТВ } n} \cdot A^n) \cdot (1 - \eta_{\text{ТВ}}), \text{ т}$$

$$M_{\text{в}}^{\text{ТВ}} = 0,16 \cdot (0,0598 \cdot 0,19 + 0,0598 \cdot 0,89 + 0,0696 \cdot 0,18 + 0,0726 \cdot 0,04) \cdot (1 - 0) = 0,013 \text{ т}$$

Маса газів, що викидаються з пилогазовою хмарою за межі розрізу при виробництві одного вибуху:

$$M_{\text{в}}^{\text{газ}} = K_{\text{г}} \cdot q_{\text{пит}}^{\text{газ}} \cdot A \cdot (1 - \eta_{\text{газ}}), \text{ т}$$

Якщо видів вибухових речовин декілька, розрахунок виділення газів проводиться окремо для кожної.

Розрахунок питомої витрати кожного виду ВР на 1 м³ підірваної маси здійснюється за формулою:

$$A_{\text{пит}} = 1000 \cdot A / V_{\text{гм}}, \text{ кг/м}^3$$

$$A_{\text{пит}} = (1000 \cdot 1,3 / 5800) = 0,22 \text{ кг/м}^3$$

За таблицею 1.10 визначається питоме виділення оксиду вуглецю під час вибуху для кожної вибухової речовини шляхом інтерполяції: рядок 0,22 в стовпчику $A_{\text{пит}}$:

грамоніт 79/21	$q^{\text{со}}_{\text{пит}^1} = 0,022$
амоніт 6 ЖВ	$q^{\text{со}}_{\text{пит}^2} = 0,022$
гранулотол	$q^{\text{со}}_{\text{пит}^3} = 0,022$
грамоніт 30/70	$q^{\text{со}}_{\text{пит}^4} = 0,030$

В разі, коли застосовується декілька вибухових речовин, визначаються значення $q_{\text{пит}}^{\text{газ } n}$ для кожного виду ВР:

$$M_{\text{в}}^{\text{газ}} = K_{\text{г}} \cdot \sum_{n=1}^n (q_{\text{пит}}^{\text{газ } n} \cdot A^n) \cdot (1 - \eta_{\text{газ}}), \text{ т}$$

$$M_{\text{в}}^{\text{CO}} = 1,0 \cdot (0,022 \cdot 0,19 + 0,022 \cdot 0,89 + 0,18 \cdot 0,022 + 0,030 \cdot 0,04) \cdot (1 - 0) = 0,029 \text{ т}$$

Кількість оксидів азоту, що викидаються з пилогазовою хмарою за межі розрізу при здійсненні одного вибуху розраховується за формулою:

$$M_{\text{в}}^{\text{NOx}} = K_{\text{г}} \cdot q_{\text{пит}}^{\text{газ}} \cdot A \cdot (1 - \eta_{\text{газ}}), \text{ т}$$

$$M_{\text{в}}^{\text{NOx}} = 1,0 \cdot 0,0025 \cdot 1,3 \cdot (1 - 0) = 0,003 \text{ т}$$

Визначення маси забруднюючих речовин, що виділяються з гірської маси після вибуху:

- маса твердих частинок $M_{\text{ГМ}}^{\text{ТВ}}$ і оксидів азоту $M_{\text{ГМ}}^{\text{NOx}}$, що виділяються після вибуху гірничих мас, приймаються рівними 0.

- кількість оксиду вуглецю, що виділяється з гірничої маси після вибуху, слід приймати рівним 50% від його викиду з пилогазовою хмарою і розраховується за формулою:

$$M_{\text{ГМ}}^{\text{CO}} = 0,5 \cdot M_{\text{В}}^{\text{CO}}, \text{ т}$$

$$M_{\text{ГМ}}^{\text{CO}} = 0,5 \cdot 0,0029 = 0,015 \text{ т}$$

Визначення сумарної маси забруднюючих речовин, що викидаються у повітря внаслідок вибухових робіт.

- загальна маса твердих часток:

$$M_{\text{заг}}^{\text{ТВ}} = M_{\text{В}}^{\text{ТВ}} + M_{\text{ГМ}}^{\text{ТВ}} = 0,013 + 0 = 0,013 \text{ т}$$

- загальна маса газів:

$$M_{\text{заг}}^{\text{газ}} = M_{\text{В}}^{\text{CO}} + M_{\text{В}}^{\text{NOx}} + M_{\text{ГМ}}^{\text{CO}} + M_{\text{ГМ}}^{\text{NOx}} = 0,029 + 0,015 + 0,003 + 0 = 0,047 \text{ т}$$