

**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗНИЖЕННЯ КІНЦЕВОЇ
КОНЦЕНТРАЦІЇ ПИЛУ ПРИ ВИБУХОВИХ РОБОТАХ**

М. В. Беззубченкова, А. В. Воробйов, В. В. Воробйов, В.М. Чебенко

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна.

E-mail: vvv@kdu.edu.ua

Експериментально перевірено і підтверджено ефективність розробленого способу зменшення пилу із застосуванням укриття з рідини при веденні вибухових робіт. Встановлено, що наявність шару рідини над підриваємим блоком зменшує кількість виділеного пилу. Також запропонований спосіб сприяє підвищенню ефективності вибухового руйнування гірських порід – діаметр середнього куска зменшується більш ніж як на 20 %.

Ключові слова: гірська порода, рідина, розліт, вибух, висота, осколок, швидкість, сила опору, товщина.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СНИЖЕНИЯ КОНЕЧНОЙ
КОНЦЕНТРАЦИИ ПЫЛИ ПРИ ВЗРЫВНЫХ РАБОТАХ**

М. В. Беззубченкова, А. В. Воробьев, В. В. Воробьев, В. Н. Чебенко

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
ул. Первомайская, 20, г. Кременчуг, 39600, Украина.

E-mail: vvv@kdu.edu.ua

Экспериментально проверена и подтверждена эффективность разработанного способа уменьшения пыли с применением укрытия из жидкости при ведении взрывных работ. Установлено, что наличие слоя жидкости над подрываемым блоком уменьшает количество выделенной пыли. Также предложенный способ способствует повышению эффективности взрывного разрушения горных пород – диаметр среднего куска уменьшается более чем на 20%.

Ключевые слова: горная порода, жидкость, разлет, взрыв, высота, осколок, скорость, сила сопротивления, толщина.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. При розробці корисних копалин відкритим способом одним з основних джерел забруднення атмосфери є вибухові роботи. Інтенсивність пилегазоутворення при веденні буровибухових робіт на кар'єрі залежить від багатьох факторів, до основних з яких слід віднести фізико-механічні властивості гірських порід і їх вологовмісткість, способи буріння вибухових свердловин, різноманітність ВР, що застосовуються, типи використовуваних забієчних матеріалів, методи підривання, час виробництва масового вибуху, метеоумови на момент масового вибуху та ін.

Відкритий спосіб розробки корисних копалин характеризується вилученням з потреб народного господарства значних земельних площ для ведення гірничих робіт. При цьому відбувається інтенсивне забруднення навколишнього середовища мінеральним пилом і газами в наслідок руйнування порід. В залежності від

ПИТАННЯ ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ ПРИ ВІДКРИТІЙ І ПІДЗЕМНІЙ РОЗРОБЦІ КОРИСНИХ КОПАЛИН

маси заряду обсяг підірваної гірничої маси може досягати 2 млн. м³ (при масі заряду 300 – 1000 т). За гранулометричним складом роздроблених вибухом гірських порід різної міцності встановлено, що на 1 кг вибухових речовин при проведенні масових вибухів в пилогазову хмару надходить від 80 до 320 г пилової фракції до 20 мкм. Також негативний вплив на навколишнє середовище має буріння свердловин, вибухова відбійка, вторинне дроблення, вантаження, транспортування і вивантаження порід на прийомних пунктах або відвалах, руйнування дорожнього полотна при русі по ньому транспортних машин, ерозія поверхні відвалів, відкосів уступів, кар'єрів. Всі ці негативні наслідки проведення відкритих гірських робіт створюють екологічні ризики, зниження яких можливе при відповідному їх управлінні. Яке передбачає прийняття ряду заходів, пов'язаних з організаційними і фінансовими рішеннями щодо запобігання виникненню негативних наслідків ведення відкритих гірничих робіт.

Відомо, що неабиякий вплив на пилоутворення має міцність порід. Як показали результати досліджень в умовах вибухового полігону, зі збільшенням коефіцієнта міцності порід за шкалою М.М. Протодьяконова зростає обсяг пилу, який виділився при вибуху. Так, якщо при підриванні гірських порід з коефіцієнтом міцності $f = 6-8$ утворюється до 0.04 кг/м³ пилу, то при підриванні порід з $f = 12-14$ виділяється до 0.22 кг/м³ пилоподібних частинок (розмір фракції ± 1 мм) [1–2]. У той же час, підривання обводнених гірських порід тієї ж міцності, призводить до зниження обсягу виходу зазначених фракцій в 1,3-2,7 рази, що пов'язано з процесом коагуляції (зв'язування) утворених під час вибуху парів і дрібних частинок води, з пилоподібними фракціями гірських порід.

Отже, існуючі методи зниження пилоутворення при проведенні масових вибухів ґрунтовані на їх нейтралізації різними розчинами, піною, пилозв'язуючими домішками, застосуванні нових вибухових речовин, способів підривання, різних видів набійки матеріалів. Незважаючи на великий обсяг досліджень і досягнуті успіхи в цьому напрямку, до теперішнього часу немає достатньо обґрунтованої методики чисельного визначення пилогазових викидів для різних параметрів БВР; не визначена чисельна залежність пилогазовиділення від конструкції зарядів і енергетичних характеристик ВР, що визначає формування і поширення пилогазової хмари.

Мета роботи - експериментальна перевірка ефективності розробленого способу зменшення пилу при вибухових роботах та встановлення його раціональних параметрів.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Авторами [3] запропоновано спосіб підривання свердловинних зарядів під укриттям із шару рідини, котрий розміщують над підриваємим блоком (рис. 1). Суть даного способу полягає у тому, що по периметру розроблюваного блоку роблять борти, які перешкоджають розливу рідини, накривають його водонепроникним укриттям та заливають шаром води. Після вибуху рідина, що знаходиться над свердловинами переходить у диспергований стан. При взаємодії з мікрокаплями води частинки пилу зв'язуються за рахунок сил адгезії і міжмолекулярного тяжіння і осідають на землю. Це дозволяє зменшити розповсюдження виділених в атмосферу кар'єра

ПИТАННЯ ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ ПРИ ВІДКРИТІЙ І ПІДЗЕМНІЙ РОЗРОБЦІ КОРИСНИХ КОПАЛИН

пилових частинок. Але в даній роботі не розглянуто як впливає товщина шару на розліт осколків гірничої породи та на відстань розповсюдження частинок пилу.

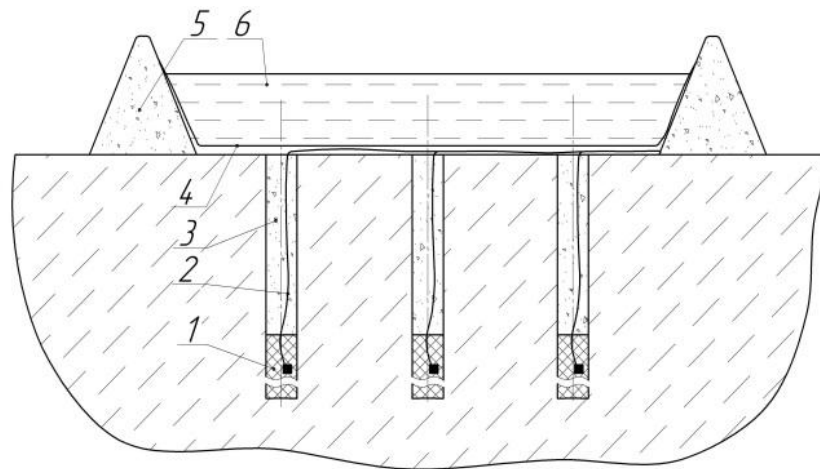


Рисунок – 1 Схема способу підривання під укриттям:
1 – вибухова рідина, 2 – детонаційний шнур, 3 – забійка,
4 – водонепроникне укриття, 5 – борти, 6 – рідина

Для оцінки ефективності запропонованого способу були проведені лабораторні дослідження, в ході яких фіксували концентрацію пилу в замкнутій ємності в залежності від умов вибухового руйнування моделі (рис. 2). В якості моделей використовували блоки розміром 300x300x300 мм, виготовлені з пісчано-цементної суміші (співвідношення 1:1, марка цементу – 400). Після двох тижневої витримки моделі мали наступні фізико-механічні властивості: міцність на стиснення – 40МПа; щільність – 2100 кг/м³.

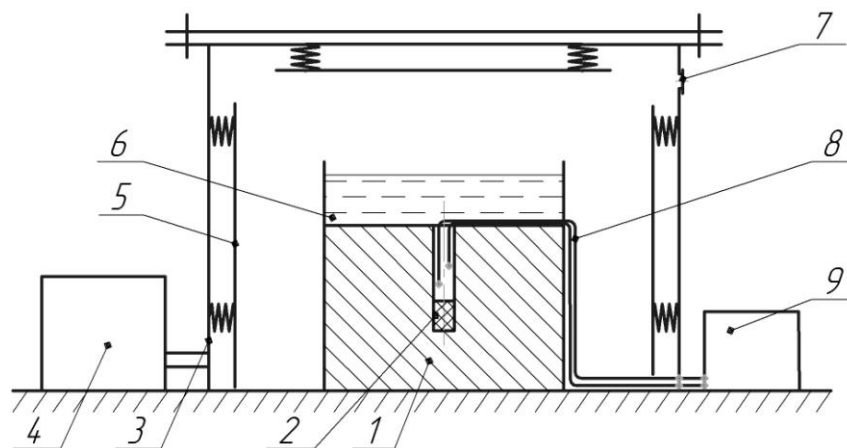


Рисунок – 2 Схема лабораторної установки:
1 – модель, 2 – вибухова речовина, 3 – корпус герметичної камери,
4 – вакуумний насос, 5 – пружні елементи з гумовими пластинами, 6 – рідина,
7 – отвір для відбору повітря, 8 – електрична система, 9 – джерело напруги

ПИТАННЯ ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ ПРИ ВІДКРИТІЙ І ПІДЗЕМНІЙ РОЗРОБЦІ КОРИСНИХ КОПАЛИН

В верхній грані зразків свердлили 4 основних шпури (діаметр 8 мм), глибина котрих складала 200 мм. На верхній грані моделі формували відкриту ємкість (без дна), котру заповнювали водою. Висоту шару води змінювали в межах від 10 до 100 мм. Моделі підривали в закритій ємкості. Після кожного вибуху вимірювали концентрацію пилу, її зміну з перебігом часу, а також гранулометричний склад зруйнованої моделі. При встановленні концентрації пилу використовували стандартний метод, оснований на визначенні маси частинок пилу, затриманих тканинним фільтром при проходженні через нього певної кількості повітря. Масову концентрацію (мг/м³) зважених частинок у повітрі вираховували за формулою [4]

$$C = \frac{m_2 - m_1}{V_0},$$

де m_1 – маса фільтра без пилу, мг; m_2 – маса фільтра з пилом, мг; V_0 – об'єм повітря, котрий пройшов через фільтр, приведений до нормальних умов, м³.

При проведенні експериментів маса заряду складала 3,5г. Результати експериментів наведені в табл. 1.

Таблиця – 1 Вплив товщини шару води на зміну концентрації пилу

Товщина шару води, мм	Концентрація пилу, мг/м ³	Діаметр середнього куска зруйнованого матеріалу моделі, мм
0	510±30	42±5
10	360±38	39±5
40	280±28	36±4
80	180±26	34±4
100	160±20	33±3

Як видно з отриманих результатів, використання додаткового шару води над підриваємим блоком дозволяє значно зменшити пилоутворення: шар товщиною 10 мм призводить до зменшення в 1,4 рази, а шар 80 мм – в 2,8 рази. Подальше збільшення товщини шару в меншій мірі впливає на його ефективність. Необхідно також відмітити, що даний спосіб зменшення пилу сприяє й підвищенню інтенсивності вибухового дроблення гірських порід – більше ніж на 20% знижується діаметр середнього куска зруйнованої моделі (при товщині шару води 100 мм) [5–10].

ВИСНОВКИ. 1. Виконані лабораторні дослідження підтвердили високу ефективність розробленого способу зменшення пилу при вибухових роботах на відкритій поверхні.

2. Встановлено, що наявність шару рідини знижує кількість пилу (в порівнянні з традиційними методами підривання) в 1,4 рази – для шару товщиною 10 мм, та в 2,8 рази – для шару 80 мм. Подальше збільшення товщини шару в меншій мірі впливає на його ефективність.

3. Крім боротьби з пилом застосування даного способу сприяє підвищенню ефективності вибухового руйнування гірських порід – діаметр середнього куска знижується більш ніж як на 20%.

4. Для визначення раціональної товщини шару води для промислових умов необхідно проведення подальших досліджень при виконанні масових вибухів на кар'єрах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Проблемы экологии массовых взрывов в карьерах / Э.И. Ефремов, П.В. Бересневич, В.Д. Петренко др. // – Днепропетровск: «Січ», 1996. – 178 с.
2. Ефремов Э.И. Проблемы охраны окружающей среды при массовых взрывах на карьерах // Вісник АН УРСР. – 1989. – № 11. – С. 64–70.
3. Спосіб підривання свердловинних зарядів під водонепронекним укриттям / М.В. Беззубченкова, В.В. Воробйов, А.В. Воробйов // Патент на корисну модель № 115757. – 24.05.2017.
4. Основные способы снижения выбросов пыли и газов при выполнении массовых взрывов в карьере Мурунта / О.Н. Малыгин, В.Н. Сытенков, С.К. Рубцов, В.Ф. Джос // Горный журнал, 2002. – № 4. – С. 12–17.
5. Повышение эффективности действия взрыва в твердой среде / В.М. Комир, В.М. Кузнецов, В.В. Воробьев, В.Н. Чебенко // – М.: Наука, 1985. – 209 с.
6. Федин К.А., Шевченко С.В. Повышение эффективности и экологической безопасности производства буровзрывных работ в условиях карьера ПАО «ЮГОК» // Информационный бюллетень Украинского Союза инженеров-взрывников. – Кривой Рог, 2016. – № 3. – С. 4–11.
7. Снижение пылегазовых выбросов на карьерах при встречном инициировании скважинных зарядов / Э.И. Ефремов, М.П. Белоконь, В.С. Куц // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 1992. – № 3. – С. 48–50.
8. Афанасьев В.Д., Гненна О.В. Оцінка ризиків від комплексної дії шкідливих факторів // Вісник Криворізького національного університету. – 2015. – № 40. – С. 14–18.
9. Воробьев В.В., Пеев А.М. Перспективные направления повышения эффективности взрывного разрушения горных пород // Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва. – Кременчук: КНУ, 2010. – Вип. 1/2010 (5). – С. 19–22.
10. Физика взрыва / Под ред. Л.П. Орленко. – Изд. 3-е, испр. – В 2 т. Т. 2. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 656 с.

EXPERIMENTAL STUDY OF REDUCING FINAL CONCENTRATION OF DUST DURING BLASTING

M. Bezzubchenkova, A. Vorobyov, V. Vorobyov, V. Chebenko

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University

vul. Pershotravneva, 20, Kremenchuk, 39600, Ukraine. E-mail:vvv@kdu.edu.ua

Purpose. Experimental verification of the effectiveness of the developed method of reducing dust during blasting and installation of its rational parameters. **Methodology.** It was used basic laws of mechanics, as well as the second order differential equation of motion, in which the force of resistance depends on the initial speed. **Results.** Laboratory studies have confirmed the high efficiency of the developed method of re-

ducing dust in explosive work on the open surface. It has been established that the presence of a liquid layer reduces the amount of dust (in comparison with traditional methods of blasting) by 1.4 times - for a layer 10 mm thick and 2.8 times for a layer 80 mm thick. A further increase in the thickness of the layer to a lesser extent affects its effectiveness. In addition to dust control, the use of this method contributes to increasing the effectiveness of explosive destruction of rocks - the diameter of the middle piece is reduced by more than 20%. **Practical value.** Is proposed a method of blasting rock mass without spread. Theoretical studies of which indicate the possibility of its application in real conditions. *References 10, tables 1, figures 2.*

Key words: rock, liquid, flood, explosion, height, fragment, velocity, resistance, thickness.

REFERENCES

1. Efremov, Je.I., Beresnevich, P.V., Petrenko, V.D. and others (1996), *Problemy jekologii massovyh vzryvov v kar'erah* [Problems of ecology of mass explosions in quarries], Sich, Dnipropetrovsk, Ukraine.
2. Efremov, Je.I. (1989) "Problems of environmental protection in mass explosions in quarries", *Visnyk AN URSS*, no.11, pp. 64–70.
3. Bezzubchenkova, M.V., Vorobyov, V.V., Vorobyov, A.V. Patent. Ukraine, *Sposib pidryvannya sverdlovynnykh zaryadiv pid vodoneproneknym ukryttyam* [Method of blasting of borehole charges under waterproof shelter], (Ukraine); DerzhNDIHP, no. 115757; Declared 24.05.17.
4. Malygin, O.N., Sytenkov, V.N., Rubcov, S.K., Dzhos, V.F. (2002), "The main ways to reduce emissions of dust and gases in the performance of mass explosions in the Murunt quarry", *Gornyj zhurnal*, no. 4., pp. 12–17.
5. Komir, V.M., Kuznecov, V.M., Vorobyov, V.V., Chebenko, V.N. (1985), *Povyshenie jeffektivnosti dejstvija vzryva v tverdoj srede* [Increasing the effectiveness of the explosion in a solid medium], Nauka, Moscow, Russia.
6. Fedin, K.A., Shevchenko, S.V. (2016) "Increase of efficiency and ecological safety of production of drilling and blasting operations in the conditions of the quarry of PJSC "YUGOK"", *Informacionnyj bjulleten' Ukrainського Sojuza inzhenerov-vzryvnikov*, no. 3, pp. 4–11.
7. Efremov, Je.I., Belokon, M.P., Kuc, V.S. (1992), "Reduction of dust and gas emissions in quarries with counter initiation of borehole charges", *Metallurgicheskaja i gornorudnaja promyshlennost'*, no. 3, pp. 48–50.
8. Afanas'jev, V.D., Hnenna, O.V. (2015), "Risk assessment of the complex action of harmful factors" *Visnyk Kryvoriz'koho natsional'noho universytetu*, no. 40, pp. 14–18.
9. Vorobyov, V.V., Pejev, A.M. (2010) "Prospective directions for increasing the effectiveness of explosive rock destruction", *Suchasni resurso-enerhozberihayuchi tekhnolohiyi hirnychoho vyrobnytstva*, Iss. 1/2010 (5), pp. 19–22.
10. Orlenko, L.P. (2004), *Fizika vzryva* [Physics of explosion], Fizmatlit, Moscow, Russia.

Стаття надійшла 18.05.2017.