

ЦИВІЛЬНА БЕЗПЕКА

УДК 622.235

doi: 10.31498/2225-6733.42.2021.240683

© Савельєв Д.В.¹, Столбченко О.В.², Юрченко А.А.³, Грунтовой Д.Р.⁴**ЗНИЖЕННЯ УТВОРЕННЯ ПИЛУ ПРИ ВИБУХОВИХ РОБОТАХ
В ПІДЗЕМНИХ ГІРНИЧИХ ВИРОБКАХ**

У статті розглянуто спосіб зниження концентрації дрібнодисперсного пилу в туніковій підземній гірничій виробці при її проведенні буро-підривним способом. Розроблено конструкцію заряду з використанням пластичної суміші в якості набійки, яка розширюється і твердіє, що забезпечує перерозподіл енергії вибуху по всій колонці заряду і зниження питомого імпульсу в зоні інтенсивного подрібнення породи за рахунок затримки продуктів детонації в шпурі до початку руйнування гірського масиву. Це забезпечує зниження утворення дрібнодисперсного пилу при підриві заряду вибухівки в середньому в 6 разів.

Ключові слова: вибухові роботи, дрібнодисперсний пил, концентрація, зниження, твердюча набійка.

D.V. Saveliev, O.V. Stolbchenko, A.A. Yurchenko, D.R. Hruntovoi. Reduction of dust formation at blasting works in underground mining products. The paper considers the issue of increasing the efficiency of air dedusting during underground working by drilling and blasting by the use of packing that hardens due to the delay of detonation products in the borehole before the destruction of the mountain rock and the rock movement. Analytical and experimental methods were used to study the processes of formation, removal and distribution of dust during blasting. Mathematical modelling methods were used to develop a model for changing the concentration of impurities during the movement of highly dispersed systems under conditions of ventilation of dead-end mine workings carried out by drilling and blasting. Analytical methods substantiate the rational parameters of drilling and blasting operations with employing a new method of reducing air dust. Methods of mathematical statistics are also used in the processing of experimental results and evaluation of the reliability of the obtained mathematical models. As a result of the carried-out researches the methods and means that make it possible to increase efficiency of dedusting air at mine workings by drilling and blasting have been developed and proved. The scientific novelty of the research is a substantiated and refined regularity of fine dust formation at blowing up borehole charges in a dead-end underground mining. The practical value of the work consists in developing the design of the borehole charge using a plastic mixture as a packing, which expands and hardens, thus delaying the explosive products detonation in the borehole up to the destruction of the rock and rock movement. This results in a redistribution of the explosion energy throughout the charge column and in the reduction of the specific impulse in the zone of intensive grinding of the rock thus reducing the formation of fine dust. According to the results of industrial research, it has been found

¹ канд. техн. наук, доцент, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, ORCID: 0000-0002-0738-3273, barm1907@gmail.com

² канд. техн. наук, доцент, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, ORCID: 0000-0003-2003-4382, elena_aot@ukr.net

³ канд. техн. наук, доцент, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, ORCID: 0000-0002-6074-0145, anneta2904@ukr.net

⁴ студент, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, hruntovoi.d.r@nmu.one

out that the use of the developed packing made it possible to reduce the concentration of fine dust in the mining atmosphere after blasting by an average of six times.

Keywords: *blasting works, fine dust, concentration, decrease, hardening packing.*

Постановка проблеми. Сучасна технологія проведення гірничих виробок базується на широкому застосуванні буро-підривних робіт. На шахтах Донбасу цим способом проводиться близько 70% всіх основних і нарізних виробок [1]. Проведення гірничих виробок по міцних породах буро-підривним способом супроводжуються викидом в гірничу атмосферу пилу і шкідливих газів, вносячи істотний внесок в погіршення санітарно-гігієнічних умов праці гірників.

Одним з головних недоліків цього способу є утворення значної кількості дрібнодисперсного пилу з розмірами часток 0,5...5 мкм. Під час проведення підривних робіт в умовах міцних порід в атмосферу надходить близько 0,5 кг дрібнодисперсного пилу на 1 м³ відбитої гірничої маси і близько 1000 л шкідливих газових домішок при підриванні 1 кг вибухової речовини (ВР). Такий обсяг забруднень, що утворюється при одночасному підриванні великих кількостей ВР, не дозволяє існуючими засобами вентиляції знизити концентрацію пилу до гранично допустимих значень на протязі тривалого періоду провітрювання після вибуху. Концентрації, а також винесення і поширення пило-газових домішок, залежать від параметрів вибуху, петрографічного складу гірського масиву і умов провітрювання підготовчої тупикової виробки. Тому для поліпшення санітарно-гігієнічних умов праці на основі підвищення ефективності знепилювання повітря при проведенні гірничих виробок буро-підривним способом важливо виявити взаємний зв'язок між зазначеними факторами. Для цього необхідно виконати дослідження процесів утворення і поширення пило-газових домішок і впливу їх на санітарно-гігієнічні умови праці гірників у виробках і розробити засоби зниження концентрації дрібнодисперсного пилу після підриву шпурових зарядів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відомо, що одним з основних чинників, які визначають вихід пилу при руйнуванні порід вибухом, є кількість заряду ВР [2-4], яка знаходиться в прямій залежності від ефективності вибуху шпурових зарядів і визначається, в свою чергу, конструкцією і складом внутрішньої набійки шпурів. Для підвищення якості набійки шпурових зарядів за рахунок поліпшення її фізико-механічних характеристик виконані дослідження по розробці раціонального складу пружно-пластичної суміші, яка розширюється при твердінні і основними компонентами якої була обрана піщано-глиниста суміш з співвідношенням компонентів 1:3 і вода.

Практично увесь пил, що утворився, разом зі зруйнованою гірською масою відкидається на відстань 5-10 м від забою. Частина пилу підхоплюється вибуховою хвилею і несеться на 50-70 м, частково відкладається на ґрунті, боках і покрівлі виробки. Середня запиленість повітря протягом трьох хвилин після вибуху становить 400-7300 мг/м³. Причому, в перші 3-4 с концентрація зваженого пилу може досягати 12000 мг/м³.

Як показують дослідження, в легенях при антракозі і силікозі знаходиться приблизно 95% частинок пилу розміром менше 2 мкм, до 5% – 2...4 мкм і незначна кількість – понад 5 мкм. Оцінка чистоти рудникової атмосфери в вугільних шахтах після вибухових робіт здійснюється за гранично допустимими концентраціями (ГДК), тобто за такими концентраціями шкідливих домішок, які ще не надають негативної дії на людину, не знижують її працездатності. У комплексі з пилом, який утворюється при буро-підривних роботах, забруднена атмосфера є серйозною небезпекою загального отруєння організму і сприяє захворюванню гірників на пневмоконіоз. Це пояснюється тим, що пил є досить активним сорбентом, отруйні гази десорбують з нього тривалий час і комплексно впливають на живий організм [4, 5].

Найбільш шкідливим компонентом вугільно-породного пилу є вільний і пов'язаний двоокис кремнію. Проведеними Макіївським науково-дослідним інститутом дослідженнями вмісту двоокису кремнію в пилу шахт Донбасу встановлено, що середній відносний вміст загального двоокису кремнію в вугільно-породному пилу становить 38-47%, а вміст вільного двоокису кремнію – 3,0-5,5%. Патогенна дія визначається головним чином його масою, речовим складом і дисперсністю [6].

Наслідком вибуху є утворення великої кількості дрібнодисперсного пилу. Запиленість 1 м³ повітря протягом 15-20 хв після вибуху, якщо не застосовувати засобів знепилювання, ста-

новить 400-1000 мг, при цьому до 90-97% частинок цього пилу мають діаметр менше 5 мкм. Цей пил вважається таким, який важко пригнічується і є найбільш небезпечним для людини, а адсорбція на його поверхні отруйних газів підвищує агресивність цього пилу і сприяє швидкому розвитку у працюючих в шахтах профзахворювань, в тому числі пов'язаних з органами дихання – пневмоконіозу, хронічного пилового бронхіту та інших захворювань [7].

Важливим фактором, який визначає умови і ефективність вибуху шпурових зарядів, являється внутрішня набійка. Її величина і якість в значній мірі визначають ступінь використання енергії вибуху для руйнування гірського масиву, рівномірність його подрібнення, а також об'єм утвореного пилу. Численні дослідження різних конструкцій набійки та застосованих матеріалів дозволили зробити висновок, що шляхом покращення якості набійки можна приблизно в три рази збільшити час дії вибуху на руйнуючий гірський масив (замикаючий ефект) та в значній мірі знизити максимальну швидкість вильоту продуктів вибуху із гирла шпурів, і тим знизити об'єм утвореного дрібнодисперсного пилу [8].

Мета дослідження. Підвищення ефективності знепилювання повітря від дрібнодисперсних фракцій (з розміром часток менше 5 мкм), які утворюються в повітрі рудникової атмосфери під час вибуху, шляхом удосконалення набійки шпурових зарядів при проведенні вибухових робіт в підготовчих виробках.

Виклад основного матеріалу. Енергія вибуху може бути використана найбільш повно тільки в тому разі, коли набійка забезпечує затримку продуктів детонації в шпурі до початку руйнування гірського масиву і переміщення порід. Тому якість набійки повинна бути такою, щоб сумарний опір тертя по поверхні здвигу рівнявся виштовхувальному зусиллю продуктів детонації:

$$\sum Q_{mp} = S,$$

де $\sum Q_{mp}$ – сумарний опір сил тертя по поверхні здвигу набійки, Н; S – виштовхувальне зусилля продуктів детонації, Н.

Пошук і обґрунтування оптимального співвідношення компонентів, які входять до складу суміші набійки, проводився з використанням лінійної моделі планування експериментів при пошуку оптимальних умов [9]. Для обґрунтування оптимального співвідношення компонентів піщано-глинистої суміші і води в складі набійки і виду добавок, що вводяться, а також процентного співвідношення їх до загальної маси готового матеріалу набійки необхідно було встановити вплив цих співвідношень на якість суміші. З цією метою до піщано-глинистої суміші додавали: 18,5% доломітового пилу фракції 0,2 мм; 13,5% лігносульфонатів; 4,5% алюмокалієвих квасців ($Kal(SO_4)_2 \cdot 10H_2O$) і до 100% доповнювали цю суміш водою. Після затвердіння суміші визначалася її густина відповідно до чинних норм [10].

Оптимізацію складу набійки проводили зі зміни густини суміші шляхом введення різних співвідношень добавок до суміші: доломітового пилу фракції 0,2 мм від 17 до 20% і лігносульфонатів вологістю 12-15%. Зміни густини набійки при різних співвідношеннях добавок в суміші приведені в табл. 1.

Таблиця 1

Зміни густини набійки при різних співвідношеннях добавок

Тип добавок	Вміст добавок в суміші, %		
	17,0	18,5	20,0
Доломітовий пил	17,0	18,5	20,0
Лігносульфонати	12,0	13,5	15,0
Величина густини $\rho \cdot 10^3$, кг/м ³	2,10-2,13	2,15-2,17	1,93-2,00

Як видно з таблиці, зі збільшенням співвідношення добавок, що вводяться в суміш, щільність затверділої маси зменшується. Це пояснюється тим, що при збільшенні співвідношення добавок, що вводяться до загальної маси суміші, збільшується її пористість через збільшення площі нової поверхні, що веде, в свою чергу, до зменшення густини упаковки зерен, погіршення якості матеріалу набійки і збільшення фільтраційних властивостей суміші.

За результатами експериментальних досліджень була розроблена технологія виготовлення твердої суміші, в якій в якості в'язучого компонента, що заповнює простір між частками піщано-глинистої суміші, використовується доломітовий пил фракції 0,2 мм і вологістю 13-15%. Водний розчин лігносульфонатів дозволяє сформувати стабільну суміш високої густини, пластичності і рухливості при її транспортуванні, а алюмокалієві галуни – високу міцність при її твердінні. Отже, в результаті змішування наведених компонентів при оптимальному їх співвідношенні в суміші формується склад зі стійкими деформаційними і фізико-механічними характеристиками. Оскільки в поставленому завданні необхідно було створити набійки, які здатні розширюватися при твердінні, були випробувані для цих цілей лігносульфонати (солі лігносульфонових кислот), які досить дешеві і є відходами сульфітного способу отримання целюлози. Товарна назва цього продукту – «концентрати сульфітів-дріжджової бражки – КБТ, КБЖ».

Після підбору всіх компонентів, що входять до складу пропонованого матеріалу набійки, необхідно встановити раціональне їх співвідношення, для чого використовувалася лінійна модель планування експерименту, заснована на варіюванні чинників за трьома рівнями [9].

В якості факторів, прийнятих в дослідженнях з обґрунтування оптимальних співвідношень компонентів у суміші, є процентний вміст доломітового пилу фракції (0,2 мм), води і лігносульфонатів, які змінюються за трьома рівнями: -1; 0; +1 – при мінімальних, оптимальних і максимальних значеннях. Результати розрахунків співвідношення основних компонентів набійки наведено в табл. 2, 3.

Таблиця 2

Рівні факторів та інтервали варіювання

Фактор	Кодова позначка	Рівні		
		-1	0	+1
Зміст доломітового пилу фракції d = 0-0,2 мм в суміші, мас. %	X1	17,0	18,5	20,0
Зміст лігносульфонатів в суміші, мас. %	X2	12,0	13,5	15,0
Зміст рідини в суміші, в мас. %	X3	18,0	19,0	20,0

Таблиця 3

Значення співвідношень компонентів в суміші, в мас.%,
при повному факторному експерименті

№№ дослуду	Код	Рівні	Зміст доломітового пилу фракції d = 0-0,2 мм в суміші, %	Код	Рівні	Зміст лігносульфонатів в суміші, мас. %	Код	Рівні	Зміст рідини в суміші, в мас. %
1	X1	-1	17,0	X2	-1	12,0	X3	+1	20,0
2		+1	20,0		-1	12,0		-1	18,0
3		-1	17,0		+1	15,0		-1	18,0
4		+1	20,0		+1	15,0		+1	20,0
5		-1	17,0		-1	12,0		-1	18,0
6		+1	20,0		-1	12,0		+1	20,0
7		-1	17,0		+1	15,0		+1	20,0
8		+1	20,0		+1	15,0		-1	18,0
9		-	18,5		-	13,5		-	19,0

На підставі табл. 2 і 3 було підготовлено 9 сумішей і проведений порівняльний аналіз за критерієм «максимальне розширення при твердінні і мінімальний час початку схоплювання суміші». За результатами проведених досліджень отримано раціональне співвідношення компонентів, що входять до складу твердої суміші, що містить піщано-глинисту суміш, доломітовий пил, лігносульфонати, алюмокалієві галуни і воду при наступному співвідношенні, в мас. %: піщано-глиниста суміш – 50-45; доломітовий пил фракції d = 0,2 мм вологістю 13-15% – 17-20;

лігносульфонати – 12-15; алюмокалієві галуни ($Kal(SO_4)_2 \cdot 10H_2O$) – 6-3 і вода – 18-20.

За результатами повного факторного експерименту обґрунтовано раціональне співвідношення компонентів розроблених сумішей і визначені їх фізико-механічні характеристики: щільність ρ , швидкість поздовжніх хвиль C_p і міцність на одноосьовий стиск і інші показники відповідно до чинних норм, які наведені в табл. 4.

Таблиця 4

Фізико-механічні характеристики розробленого складу суміші для набійки шпурів

Найменування показників	Одиниця виміру	Значення показників
Густина, ρ	кг/м ³	2150,0
Коефіцієнт внутрішнього тертя, $K_{вн}$	-	0,53
Зчеплення, C	МПа	,035
Коефіцієнт Пуассона, ν	-	0,35
Модуль Юнга, $E \cdot 10^3$,	МПа	2,34
Міцність суміші на одновісне стиснення P ,	МПа	10-15
Тиск набухання на контакт «Суміш–поверхня шпуру»	МПа	5-10

Застосування розробленого складу набійки із заданими характеристиками забезпечує перерозподіл енергії вибухівки по всій колонці заряду і зниження питомого імпульсу в ближній зоні вибуху. Саме в цій зоні відбувається інтенсивне подрібнення породи з утворенням великої кількості дрібнодисперсного пилу, який потрапляє в рудникову атмосферу.

Параметри провітрювання виробок (табл. 5) були розраховані відповідно до «Керівництва з проектування...» [11] і вимог «Правил безпеки у вугільних шахтах» [12].

Таблиця 5

Характеристика проведених виробок

Характеристики	Значення
Масив, який руйнується	Пісковики
Спосіб проведення виробки	Буро-підрильний
Площа перерізу виробки, м ² :	
- в проходці	11,2
- в світлі	9,0
Тип кріплення	СВП-27
Довжина виробки, м	400
Тип ВР	ПЖВ-20
Витрата ВР за цикл, кг	35
Способи боротьби з пилом	Гідрознепилення; буріння з промиванням; зрошення призабойної зони; водоповітряні завіси

Для перевірки ефективності розроблених способів і засобів зниження виходу дрібнодисперсного пилу при руйнуванні гірських порід енергією вибуху і адекватності математичної моделі, яка встановлює зв'язок між параметрами, які впливають на зміну концентрації дрібнодисперсного пилу по довжині виробки при її провітрюванні, були проведені порівняльні випробування в гірничих виробках на шахті «Покровська». Для проведення досліджень були обрані гірничі виробки, які проводяться по піщаниках із застосуванням буро-підрильних робіт.

Методика виконання роботи полягала в наступному. Перед проведенням вибухових робіт у виробці (рис. 1) визначалися фактичні аеродинамічні параметри (табл. 6): швидкість руху вентиляційного струменя на виході з трубопроводу (v_1) і витрата (Q_1), на відстані 100 м від забою

(v_2 , Q_2). Заміри аеродинамічних параметрів і концентрацій пилу проводилися співробітниками шахти і ДВГРС під методичним керівництвом автора роботи.

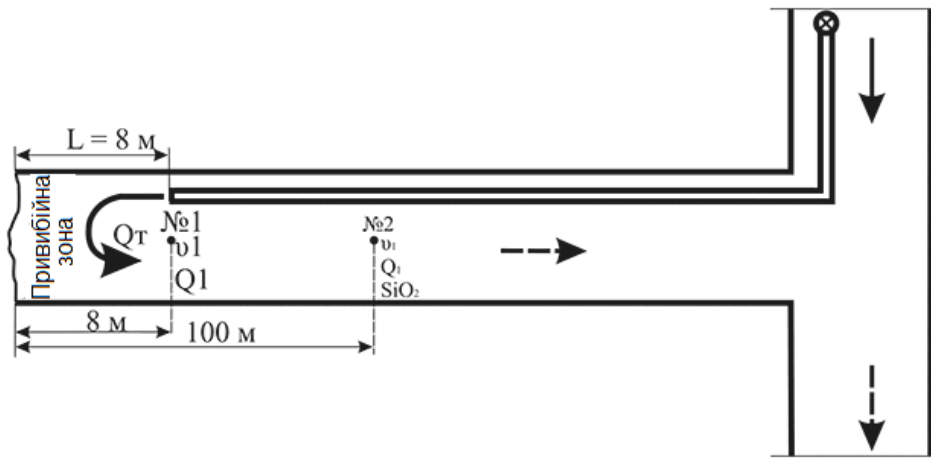


Рис. 1 – Схема розташування вимірювальних пунктів за нагнітальною схемою провітрювання: L – відстань від забою до вентиляційного трубопроводу; Q_T – витрата повітря на виході з труби; №1, №2 – вимірювальні пункти; Q_1 , Q_2 – витрата повітря в перетинах №1, №2 відповідно

Таблиця 6

Параметри провітрювання виробки

Показники	Значення
Тип вентилятора місцевого провітрювання	СВМ-6
Спосіб провітрювання	Нагнітальний
Кількість повітря, м ³ /с:	
- подається в виробку	3,4
- подається в призабойну зону	2,25
- витoku повітря з трубопроводу	1,15
Швидкість повітря в призабойній зоні, м/с	0,25

Результати досліджень динаміки пилової хмари після вибуху наведено на рис. 2.

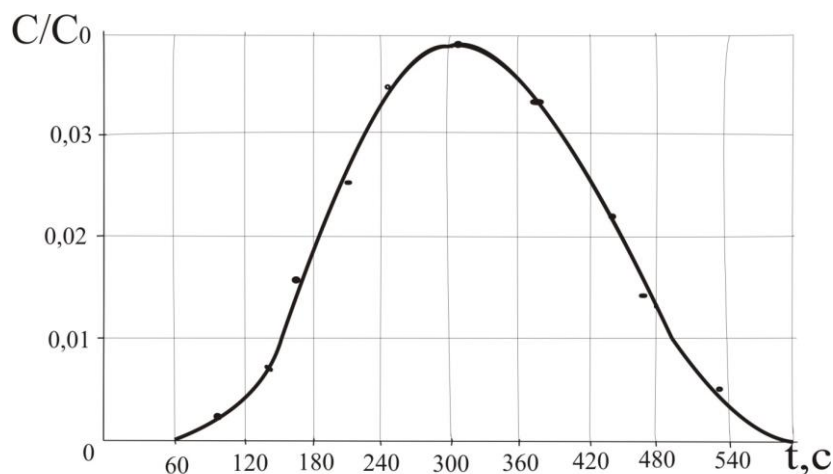


Рис. 2 – Графік, що характеризує динаміку концентрації дрібнодисперсного пилу в пило-газовій хмарі в залежності від часу після висадження на відстані 100 м від призабойної зони

Для визначення зміни концентрації пилу по довжині гірничої виробки заміри швидкості повітря і концентрації пилу проводилися в 10 точках через кожні 25 м виробки. З метою перевірки ефективності розроблених способів і засобів зниження концентрації пилу в рудниковій атмосфері за рахунок зменшення виходу дрібнодисперсного пилу при руйнуванні гірських порід енергією вибуху за допомогою зменшення міцності середовища на контакті «ВР-порода», а також розробленого складу набійки, яка розширюється, були проведені експериментальні вибухи з використанням вищевказаних способів і засобів. Результати вимірів наведені на рис. 3. Із рисунка видно, що концентрація пилу в другому експерименті (крива 2) знизилася в середньому в 6 разів. Зменшення концентрації пилу відбувається за рахунок застосування при підриванні зарядів вибухівки з набійкою розробленого складу.

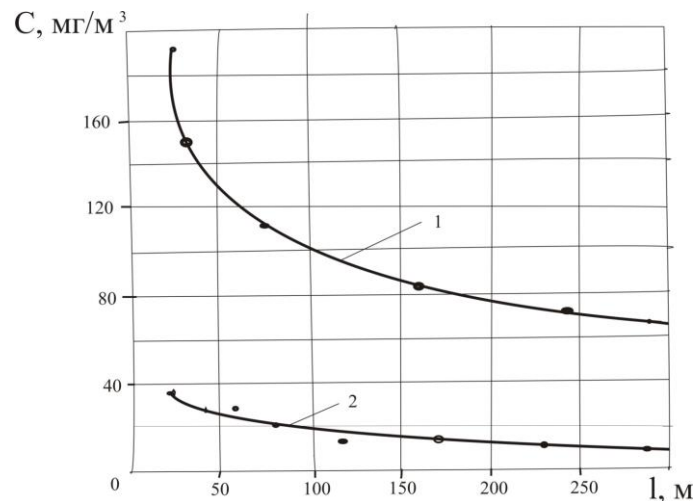


Рис. 3 – Динаміка концентрації дрібнодисперсного пилу в хмарі по довжині виробки: 1 – експериментальна крива при традиційному складу набійки; 2 – динаміка концентрації пилу із застосуванням засобів зменшення виходу дрібнодисперсного пилу

Таким чином, виконані порівняльні експериментальні дослідження свідчать про те, що при використанні набійки, яка розширюється в шпурах при проведенні виробок буропідривним способом, дисперсний склад пилу істотно змінюється, тобто відбувається зниження запиленості в середньому до шести разів за рахунок зменшення кількості дрібнодисперсної фракції до 10 мкм.

Висновки

1. Розроблено склад суміші для набійки шпурових зарядів, яка розширюється при затвердінні. Основним компонентом суміші є піщано-глиниста суміш з додаванням в'язучих добавок – алюмокалієві галуни і лігносульфонати + доломітовий пил – відходи деревообробної та гірничорудної промисловості. Розроблено методику визначення оптимальних складів, властивостей твердуючої суміші і технології її приготування.

2. Експериментально встановлено, що застосовувана при підриванні зарядів вибухівки набійка з твердуючою сумішшю збільшує час перебування її в шпурі в порівнянні з іншими конструкціями зарядів, створюючи надійне замикання продуктів детонації. При цьому в значній мірі підвищується ступінь використання енергії вибуху для руйнування гірського масиву, рівномірність його дроблення, а обсяг викидання в гірничу атмосферу дрібнодисперсного пилу знижується в середньому до шести разів.

Перелік використаних джерел:

1. Шевцов Н.Р. Разрушение горных пород взрывом / Н.Р. Шевцов, П.Я. Таранов, В.В. Левит, А.Г. Гудзь. – Донецк : ДонНТУ, 2003. – 253 с.
2. Беззубченкова М.В. Експериментальні дослідження зниження кінцевої концентрації пилу при

- вибухових роботах / М.В. Беззубченкова, А.В. Воробйов, В.В. Воробйов, В.М. Чебенко // Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва. Науково-виробничий журнал. – 2017. – Вип. 1/2017 (19). – С. 25-40.
3. Optimisation of Drill and Blast for Mill Throughput Improvement at Ban Houayxai Mine / J. Gaunt, D. Symonds, G. McNamara, B. Adiyansyah, L. Kennelly, E.J. Sellers, S.S. Kanchibotla // Proceedings of the 11th International Symposium on Rock Fragmentation by Blasting: The Australasian Institute of Mining and Metallurgy. – Melbourne, 2015. – Pp. 307-314.
 4. Комащенко В.И. Разработка технологии взрывных работ, уменьшающей вредное воздействие на окружающую среду / В.И. Комащенко, Е.Д. Воробьев, В.Г. Лукьянов // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – Томск, 2017. – Т. 328. – № 8. – С. 33-40.
 5. Mukherjee A.K. Assessment of respirable dust and its free silica contents in different Indian coalmines / A.K. Mukherjee, S.K. Bhattacharya, H.N. Saiyed // Industrial health. – 2005. – № 43. – Pp. 277-284.
 6. Проблемы экологии массовых взрывов в карьерах / Э.И. Ефремов, П.В. Бересневич, В.П. Мартыненко, В.И. Борисов. – Днепропетровск : Січ, 1996. – 177 с.
 7. Экспериментальные результаты разрушения полиминеральных сред при взрывном и механическом воздействии / Э.И. Ефремов, В.Д. Петренко, И.Л. Кратковский, В.В. Шеленок // Высокоэнергетическая обработка материалов: материалы междуна. конф. – Днепропетровск, 2000. – С. 44-49.
 8. Ефремов Э.И. Роль забойки в запылении газообразных продуктов детонации / Э.И. Ефремов, С.Н. Родак // Повышение эффективности разрушения горных пород. – К. : Наукова думка, 1991. – С. 3-8.
 9. Адлер Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, В.П. Грановский. – М. : Наука, 1976. – 280 с.
 10. ДСТУ Б В.2.7-114-2002. Суміші бетонні. Методи випробувань. – Введ. 2002-01-31. – К. : Укрархбудінформ, 2002. – 25 с.
 11. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт. – К. : Основа, 1994. – 312 с.
 12. НАОП 10.0-1.01-09. Правила безпеки у вугільних шахтах. – К. : Мінвуглепром України, МакНДІ, 2009. – 231 с.

References:

1. Shevtsov N.R., Taranov Ya, Levit V.V., Gudz A.G. *Razrushenie gornykh porod vzryvom* [Destruction of rocks by explosion]. Donetsk, DonNTU Publ., 2003. 253 p. (Rus.)
2. Bezzubchenkova M.V., Vorobiov A.V., Vorobiov V.V., Chebenko V.M. Eksperymentalni doslidzhennia znyzhennia kintsevoi kontsentratsii pylu pry vybukhovyykh robotakh [Experimental studies of reducing the final concentration of dust during blasting]. *Suchasni resursoenerhozberihaiuchi tekhnologii hirnychoho vyrobnytstva – Modern resource-saving technologies of mining production*, 2017, no. 1/2017 (19), pp. 25-40. (Ukr.)
3. Gaunt J., Symonds D., McNamara G., Adiyansyah B., Kennelly L., Sellers E.J., Kanchibotla S.S. Optimisation of Drill and Blast for Mill Throughput Improvement at Ban Houayxai. *Proceedings of the 11th International Symposium on Rock Fragmentation by Blasting*. Melbourne, 2015, pp. 307-314.
4. Komashhenko V.I., Vorob'ev E.D., Luk'yanov V.G. Razrabotka tekhnologii vzryvnykh rabot, umen'shayushhej vrednoe vozdeystvie na okruzhayushchuyu sredu [Development of blasting technology that reduces the harmful impact on the environment]. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov – Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Engineering of georesources*, 2017, no. 328, pp. 33-40. (Rus.)
5. Mukherjee A.K., Bhattacharya S.K., Saiyed H.N. Assessment of respirable dust and its free silica contents in different Indian coalmines. *Industrial health*, 2005, no. 43, pp. 277-284.
6. Efremov E.I., Beresnevich P.V., Martynenko V.P., Borisov V.I. *Problemy ekologii massovykh vzryvov v kar'erakh* [Ecological problems of massive explosions in quarries]. Dnepropetrovsk, Sich Publ., 1996. 177 p. (Rus.)
7. Efremov E.I., Petrenko V.D., Kratkovskij I.L., Shelenok V.V. Eksperimental'nye rezul'taty razrusheniia polimineral'nykh sred pri vzryvnom i mekhanicheskom vozdeistvii. *Materialy mizhn.*

- konf. «Vysokoenergeticheskaya obrabotka materialov»* [Experimental results of the destruction of polymineral media under explosive and mechanical action. Proceedings of Int. «High Energy Material Processing»]. Dnepropetrovsk, 2000, pp. 44-49. (Rus.)
8. Efremov E.I., Rodak S.N. Rol' zabojki v zapiranii gazoobraznykh produktov detonaczii [The role of stemming in locking off gaseous detonation products]. *Povyshenie effektivnosti razrusheniya gornyykh porod – Increasing the efficiency of destruction of rocks*, 1991, pp. 3-8. (Rus.)
 9. Adler Yu.P., Markova E.V., Granovskij V.P. *Planirovanie eksperimenta pri poiske optimal'nykh uslovij* [Planning an experiment to find optimal conditions]. Moscow, Nauka Publ., 1976. 280 p. (Rus.)
 10. DSTU B V.2.7-114-2002. *Sumishi betonni. Metody vyprobuvan* [State Standard V.2.7-114-2002. Concrete mixes. Test methods]. Kyiv, Standartinform Publ., 2002. 25 p. (Ukr.)
 11. *Rukovodstvo po proektirovaniyu ventilyaczii ugol'nykh shakht* [Guidelines for the design of ventilation of coal mines]. Kyiv, Osnova, 1994. 312 p. (Rus.)
 12. NAOP 10.0-1.01-09. *Pravyly bezpeky u vuhilnykh shakhtakh* [State Standard 10.0-1.01-09. Safety rules in coal mines]. Kyiv, Minvuhleprom Ukrainy, MakNDI, 2009. 231 p. (Ukr.)

Рецензент: С.І. Чеберячко
д-р техн. наук, проф., НТУ «ДП»

Стаття надійшла 03.04.2021

УДК 622.817

doi: 10.31498/2225-6733.42.2021.240685

© Когтєва О.П.*

ЛАБОРАТОРНА ПЕРЕВІРКА СПОСОБУ КОНТРОЛЮ ДЕГАЗАЦІЇ ГІРНИЧОГО МАСИВУ

Розглянуто декілька варіантів зниження газової та газодинамічної безпеки при проведенні підготовчих виробок по викидонебезпечному пласту, увага акцентована на запропонованому способі проведення підготовчої виробки, що включає буріння випереджаючих свердловин, гідророзпушування вугільного пласта шляхом нагнітання у нього води та механічне руйнування вугілля й гірських порід. Спосіб відрізняється тим, що при гідророзпушуванні вугільного пласта до води додають пігмент, виконують відсмоктування метану зі свердловини, а механічне руйнування пласта й гірських порід при проведенні виробки виконують у межах простору, обробленого пігментом для наочного оцінювання ситуації. В лабораторних умовах перевірена ефективність способу і можливість реалізації в реальних умовах.

Ключові слова: викидонебезпечний пласт, свердловина, противикидні заходи, буріння, гідророзпушення, пігмент.

O.P. Kohtieva. Laboratory verification of the method of rock degassing control. An increase in the depths of mining operations has become an acute problem of safe and efficient mining works; gas capacity of the developed layers and host rocks increasing. The process is accompanied by increased methane emissions and gas-dynamic effects: emissions of methane, coal and sandstone. The probability of the gas-dynamic effects increases with the increase in the area of roof rocks exposure, at conducting mining works in the zone of increased mountain pressure. Visible cracks form. It has been established that one of the effective ways to control mine methane is early degassing of the boreholes. At present, the methods that would help eliminate emissions while degassing the workspace are little known. It is necessary to make up new approaches to the development and use

* аспірант, ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», м. Покровськ, ORCID: 0000-0001-7282-8243, olha.kohtieva@donntu.edu.ua