

Стаття надійшла до редакції 17.11.2014 р.

УДК 622.235

К. К. Ткачук, д.т.н., доц. (НТУУ «КПІ»)

ПРОМИСЛОВА ПЕРЕВІРКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЗУСТРІЧНОСПРЯМОВАНОГО ІНІЦЮВАННЯ ЗАРЯДІВ

К. К. Tkachuk (National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute»)

INDUSTRIAL VERIFICATION OF EFFICIENCY OF MEETING- DIRECTION INITIATION OF CHARGES

Для оцінки ефективності зустрічно-спрямованим ініціюванням зарядів у свердловинах і рядах, був проведений промисловий експеримент. Визначена ефективність застосування зустрічно-спрямованого ініціювання зарядів. Запропонований спосіб вибухового руйнування масиву.

Ключові слова: гірська порода, вибухова речовина, щебінь, руйнування, коефіцієнт міцності.

Для оценки эффективности встречно-направленного инициирования зарядов в скважинах и рядах, был проведен промышленный эксперимент. Определена эффективность применения встречно-направленного инициирования зарядов. Предложен способ взрывного разрушения массива.

Ключевые слова: горная порода, взрывчатое вещество, щебень, разрушение, коэффициент крепости.

For the estimation of efficiency of the meeting-directed initiation of charges an industrial experiment is conducted in mining holes and rows. Efficiency of application of meeting-directed is certain initiation of charges. The method of explosive destruction is offered.

Keywords: mining rocks, explosive, crushed stone, destruction, coefficient of fortress.

Вступ. До теперішнього часу не розроблено єдиного механізму вибухового руйнування гірських порід. В той же час існує декілька уявлень про механізм руйнування гірських порід вибухом, що відрізняються, в основному, долею участі продуктів детонації зарядів ВР і хвиль напружень в процесі руйнування. У теоретичних положеннях з цього питання можна виділити три основні напрямки:

– руйнування гірських порід поршневою дією (тиском) продуктів детонації ВР в замкнутому просторі;

- руйнування гірських порід дією хвиль напружень, що поширюються від зарядної камери до вільної поверхні;
- руйнування гірських порід, зумовлене спільною дією тиску продуктів детонації і хвиль напруження.

До першого напрямку відносяться роботи Мельникова Н. В., Суханова А. Ф. [1-3] та ін. Згідно цих робіт, явище вибуху розглядається як процес миттєвого переходу потенційної енергії ВР в механічну, внаслідок чого відбувається відділення частини руйнованого масиву по бічній поверхні воронки відриву з подальшим переміщенням і одночасним подрібненням.

Прибічники другого напрямку вважають, що руйнування гірських порід вибухом відбувається під дією хвиль напружень. Мачинський М. М. [4] і Друкований М. Ф. [5] теоретично і експериментально підтверджують цю гіпотезу. Узагальнене представлення і механізм руйнування порід вибухом викладені в роботі Баума Ф. А. [6]. Він стверджує, що руйнування гірських порід вибухом є складним процесом, що проходить під сукупною дією продуктів детонації, ударних хвиль розвантаження (руйнування). Процес характеризується декількома стадіями. На початковій стадії процесу основну роль відіграють продукти детонації, що розширюються. Друга стадія процесу пов'язана з поширенням відбитої від вільної поверхні хвилі розрідження і її взаємодією з хвостовою частиною хвилі стиснення. Ця стадія закінчується після двократного пробігу хвилі розрідження від вільної поверхні до межі розділу порід і газової порожнини. Третя стадія зводиться до дії на породу продуктів детонації, що розширюються, шляхом проникнення газів в тріщини, відриву окремих шматків і їх переміщення.

Як впливає з вищевикладеного, механізм руйнування вибухом багато в чому визначається властивостями гірських порід. Ґрунтуючись на цих положеннях і, зважаючи на властивості гірської породи, слід у кожному конкретному випадку використовувати ту або іншу теорію процесу вибухового руйнування. Велике значення має напрямок розвитку вибуху в суміжних рядах свердловин, що створює в масиві складно-напружений стан з переважанням напруження розтягу та зсуву.

Мета роботи. Визначити ефективність застосування складно-напруженого стану масиву, викликаного зустрічно-спрямованим ініціюванням зарядів у свердловинах і рядах в промислових умовах.

Результати досліджень. З метою підтвердження вказаного явища були проведені спеціальні експерименти в промислових умовах. На кар'єрі Товкачівського ГЗК, що відпрацьовує кварцити з коефіцієнтом міцності $f=10-12$ за шкалою проф. Протоцьконова М.М. на горизонті – 40 м, на робочому майданчику з висотою уступу 15 м, були пробурені два ряди свердловин. Буріння здійснювалося верстатами СБШ-250-МН, відстань між свердловинами в ряду та між рядами 7 м. Всього було пробурено 40 свердловин діаметром 250 мм по 20 в кожному ряду. В якості ВР використовували «Анемікс», а для монтажу вибухової мережі застосовували детонуючий шнур типу ДША і

тритилові шашки Т-400. Ініціювання рядів свердловин здійснювалося так, щоб забезпечити зустрічний розвиток вибуху в суміжних рядах .

Реєстрацію механічних коливань часток ґрунту проводили електродинамічними вібрографами з осцилографічним записом амплітуди коливань. При цьому визначали швидкість механічних коливань і за останньою розраховували енергію ударної хвилі в масиві. Сумарну абсолютну величину вектора швидкості механічних коливань масиву визначали за трьома складовими запису кожної групи приладів. Швидкість механічних коливань масиву визначали за формулою:

$$V_{x, y, z} = \frac{2pA}{T}, \text{ де:} \quad (1)$$

A – максимальна амплітуда зміщення, см; T – період, що відповідає максимальній амплітуді зміщення, с.

За трьома складовими запису кожної групи приладів визначалося абсолютне значення швидкості коливань масиву (табл.1):

$$\bar{V} = \sqrt{V_x^2 + V_y^2 + V_z^2} . \quad (2)$$

Величину енергії ударної хвилі визначали за формулою:

$$E = K \frac{r \cdot c \cdot \bar{V}^2}{2}, \text{ де:} \quad (3)$$

c – швидкість повздовжньої хвилі, см/с; p – щільність середовища, г/см³; K – коефіцієнт пропорційності.

Таблиця 1. Результати визначення коливань часток ґрунту і енергії ударної хвилі

Група приладів	Відстань від датчика до заряду, см	Амплітуда коливань ґрунту, см	Швидкість механічних коливань, см/с	Енергія ударної хвилі, Дж
I	1000	2,36	21,70	40,0·10 ⁷
II	1000	2,97	31,20	82,6·10 ⁷
III	1000	2,59	21,50	39,0·10 ⁷
IV	1000	3,01	31,80	84,0·10 ⁷
V	1000	3,00	24,60	51,4·10 ⁷
VI	6000	0,174	4,50	17,2·10 ⁷

В табл. 1 показано, що швидкість механічних коливань і енергія, що переноситься ударною хвилею, помітно збільшується у напрямку розвитку вибуху (детонації) ряду свердловинних зарядів. Таке явище зумовлене інтерференцією ударних хвиль, що утворюються при підриванні свердловинних зарядів.

Втрати енергії, що виноситься за межі блоку, що підривається, як у напрямку розвитку вибуху, так і в глибокий масиву, можуть бути істотно знижені за

рахунок зустрічного розвитку вибуху в рядах свердловин, а також шляхом управління інтервалами уповільнення з урахуванням механічних властивостей гірських порід, що змінюються при вибуху.

Для оцінки ефективності складно-напруженого стану масиву, викликаного зустрічно-спрямованим ініціюванням зарядів у свердловинах і рядах, був проведений промисловий експеримент в тих же гірничо-геологічних умовах, що і попередній (рис.1), з такою ж кількістю вибухових свердловин і аналогічними параметрами буропідривних робіт.

У результаті проведеного вибуху вихід фракцій розміром 300-500 мм зменшився на 20 – 25% у порівнянні з результатами відбою, застосовуваного на практиці в цих умовах, що свідчить про високу ефективність такого способу.

Особлива увага в цьому експерименті приділялася не лише якості подрібнення, але і ступеню вибухового знеміцнення окремих шматків відбитої гірської маси, завдяки створенню в масиві складно-напружених станів з переважанням деформацій розтягу та зсуву. У зв'язку з цим був проведений аналіз різних методів визначення міцності гірських порід до і після масового вибуху.

До таких методів можна віднести: метод визначення межі міцності гірських порід при одноосному стисненні на зразках неправильної форми; пряме прозвучування окремих шматків гірської маси, а також експрес-метод визначення коефіцієнта міцності гірських порід за шкалою проф. Протодьяконова М. М. за допомогою спеціального приладу ІК-3М .

Аналіз показав низьку ефективність методу визначення міцності порід на зразках неправильної форми, що пов'язано зі складнощами набору зразків кулястої форми та необхідністю визначення в кожному випадку ваги зразка та його об'єму. Метод прямого прозвучування дає лише приблизну якісну оцінку міцності. Що ж до експрес-методу, то за допомогою ІК-3М можна безпосередньо на блоках, без залучення будь-якого додаткового устаткування, визначати коефіцієнт міцності гірських порід за шкалою проф. Протодьяконова М.М. з достатньою для практики похибкою (III-IV клас похибки). Виходячи з цього, для визначення коефіцієнта міцності до і після вибуху, використано експрес-метод. Результати замірів зведені в табл. 2.

Оскільки досліджувані зразки різні за масою (різниця складала 12-20%) та неправильної довільної форми, зміну міцнісних характеристик гірської породи визначено за середнім показником з 10 дослідів. Як впливає із результатів вимірювань, використання зустрічно-спрямованого ініціювання зарядів у свердловинах і рядах призвело до зниження міцності шматків підірваної гірської маси в середньому на 20-25 %, що важливо при подальшій переробці сировини для підвищення виходу кубовидного щебеню після подрібнення гірської маси в дробарках.

Таблиця 2. Результати заміру коефіцієнта міцності f порід за допомогою приладу ІК-3М

№ п/п	Коефіцієнт міцності порід до вибуху, f	Коефіцієнт міцності підірваних порід, f	Зниження міцності порід після вибуху, %
1	10	8	20
2	11	8	28
3	10	7	30
4	12	10	17
5	13	11	16
6	10	8	20
7	12	9	25
8	12	9	25
9	12	8	34
10	11	7	37
Сер.	11,3	8,5	25

Ефективність запропонованої техніки виконання масового вибуху перевірено шляхом порівняння показників лящадності, вмісту слабких зерен та насипної об'ємної ваги щебеню за окремими фракціями (табл. 3). Так, вміст лящадних зерен для фракції 20-40 мм зменшився з 17% до 13%, вміст слабких зерен для цієї ж фракції збільшився від 4 до 4,4%.

Таблиця 3. Результати порівняння ефективності техніки виконання масового вибуху

Показники	Значення показників по фракціях щебеню, мм при ініціюванні: звичайному/зустрічному		
	5 - 20	20 - 40	25 - 60
Вміст лящадних зерен, %	15 / 11	17 / 13	18 / 14
Вміст слабких зерен, %	4,2 / 4,5	4,0 / 4,4	3,8 / 4,15
Об'ємна насипна вага, т/м ³	1,39 / 1,44	1,35 / 1,42	1,33 / 1,4

Висновки

Підбиваючи підсумки, можна стверджувати, що проведені вибухи підтвердили головні висновки теоретичних і лабораторних досліджень в частині ефективності різноспрямованого ініціювання зарядів.

Таким чином, є підстави рекомендувати спосіб вибухового руйнування масиву мінеральної сировини із застосуванням розглянутих варіантів зустрічно-спрямованого ініціювання.

Список використаних джерел

1. Налимов В. В. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов / В. В. Налимов, В. А. Чернов. – М.: Наука, 1965. – 340 с.

2. Суханов А. Ф. Разрушение горных пород взрывом / А. Ф. Суханов, Б.Н. Кутузов. – М.: Недра, 1967. – 340 с.
3. Суханов А. Ф. Предпосылки теории дробления пород взрывом. Вопросы теории разрушения горных пород действием взрыва / А. Ф. Суханов. – М.: Изд-во АН СССР, 1958. – С. 216-219.
4. Мачинский М. В. Теория расчета зарядов / М.В. Мачинский // Взрывное дело. – 1936. – № 26. – С. 27-38.
5. Алексеев А. Д. Разрушение горных пород в объёмном поле сжимающих напряжений / А. Д. Алексеев, В. Н. Ревва, Н. А. Рязанцев. – Київ: Наукова думка, 1989. – 168 с.
6. Баум Ф. А. Разрушения горных пород взрывом / Ф.А. Баум. – 1963. – №52/9. – С. 258-262.

Стаття надійшла до редакції 08.10.2014 р.

УДК 622.236.9, 622.271.2

І. О. Фоменко, к. т. н., доц., **А. І. Ковтун**, асистент (НТУУ «КПІ»)

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ КЕРУВАННЯ НАПРЯМКОМ РОЗКОЛУ БЛОЧНОГО КАМЕНЮ ПІД ЧАС ВИКОРИСТАННЯ НЕВИБУХОВИХ РУЙНУЮЧИХ СУМІШЕЙ

I. O. Fomenko, A. I. Kovtun (National technical university of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute»)

THE INVESTIGATION OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF THE PROCESS CONTROL THE DIRECTION SPLIT STONE BLOCK WHEN USING UNEXPLOSIVE DESTRUCTIVE COMPOUNDS

Виконано теоретичні дослідження технології керування напрямком розколу блочного каменю за використання пластин-вставок у шпурах з невибуховими руйнуючими сумішами. Керування передбачає поворот пластини-вставки навколо осі шпуру. Наведені дослідження дають можливість розколювати блочні каміння у заданому напрямку. Вирішення такого завдання дає змогу збільшити відстань між шпурами і за рахунок цього зменшити обсяги бурових робіт.

Ключові слова: бурові роботи, невибухові руйнуючі суміші, напрямок розколу, видобуток гранітних блоків.

Выполнены теоретические исследования технологии управления направлением раскола блочного камня, при использовании пластин-вставок в шпурах с невзрывчатыми разрушающими составами. Управление предусматривает поворот пластины-вставки вокруг оси шпура. Проведенные исследования позволяют обеспечить раскол блочного камня в заданном направлении. Решение поставленной задачи позволит увеличить расстояние между шпурами и за счет этого уменьшить объем буровых работ.

Ключевые слова: буровые работы, невзрывчатые разрушающие смеси (НРС), направление раскола, добыча гранитных блоков.