

В.П. Савчук, здобувач

Національний технічний університет України «КПІ»

**ВЗАЄМОДІЯ СВЕРДЛОВИННИХ ЗАРЯДІВ  
ЗА УМОВ РІЗНОСПРЯМОВАНОГО ІНІЦЮВАННЯ***(Представлено д.т.н. Ткачуком К.К.)*

*Розглянуто результати лабораторних досліджень на еквівалентних матеріалах при різних напрямках ініціації суміжних зарядів, що дозволило отримати інтенсивно роздроблену і знеміцнену гірську масу.*

**Вступ.** У даний час потреба в будівельній сировині постійно зростає, особливо це належить до виробництва щебеню кубоподібної форми, який використовується для відповідальних споруд різного призначення: злітні смуги аеродромів, автомобільні траси європейського рівня, баласт швидкісних залізниць, мостів та інших споруд [1, 3].

В Україні є практично необмежені запаси міцних скельних порід магматичного походження для задоволення потреби промисловості у високоякісному щебені кубоподібної форми. Враховуючи високу міцність вихідної сировини, для приготування такого щебеню, єдиним в даний час способом підготовки сировини до його подальшого дроблення, є комплекс буропідричних робіт [2].

**Мета роботи.** Стосовно до специфічних умов виробництва щебеню кубоподібної форми виникає необхідність не тільки в отриманні якісного дроблення, а й одночасного зниження міцності кусків підірваної гірничої маси для подальших процесів отримання такого щебеню.

**Викладення основного матеріалу і результатів досліджень.** Для виконання цих вимог необхідно дослідити процес вибухового навантаження масиву руйнівної породи. Одним з ефективних шляхів впливу вибуху на масив є знакозміни його навантаження, що створює в масиві систему зсувних і розтягуючих напружень. З цією метою надано лабораторні дослідження на еквівалентних матеріалах з акустичною жорсткістю відповідної акустичної жорсткості порід, що руйнуються. Моделі виготовляли з піщано-цементних сумішей, акустична жорсткість яких становила  $8,6-9,7 \cdot 10^5$  г/см<sup>2</sup>с за акустичної жорсткості природи  $8,3-10,7 \cdot 10^5$  г/см<sup>2</sup>с. Діаметр свердловини моделі – 4 мм. Як ВР для заряджання свердловин використовувався ТЕН, швидкість детонації якого замірялась осцилографічним методом і становила 5600 м/с. Швидкість детонації гранулололу у воді в промислових умовах складала близько 5000 м/с, тобто швидкості детонації ВР у моделі і природі порівняні за значенням.

Розташування свердловин у ряду паралельне, кожен із них складався з 3-х вертикальних свердловин. Всі свердловини одного ряду підривали одночасно за допомогою мікроелектродетонаторів миттєвої дії.

У першій серії дослідів всі свердловини ініціювали від гирла, у другій – по чергово: одну від гирла, другу від вибою. В обох серіях лабораторних дослідів величину зарядів ВР брали однаковою, питома витрата ВР на відбійку змінювали шляхом зміни величини л.н.о. Для визначення гранулометричного складу підірваний матеріал послідовно просівали через сита, поділяючи на п'ять фракцій. За умовний вихід негабариту брали вихід фракції +15 мм, що відповідає природі +300 мм. Усереднені результати лабораторного моделювання представлено на рисунку 1 і в таблиці 1.

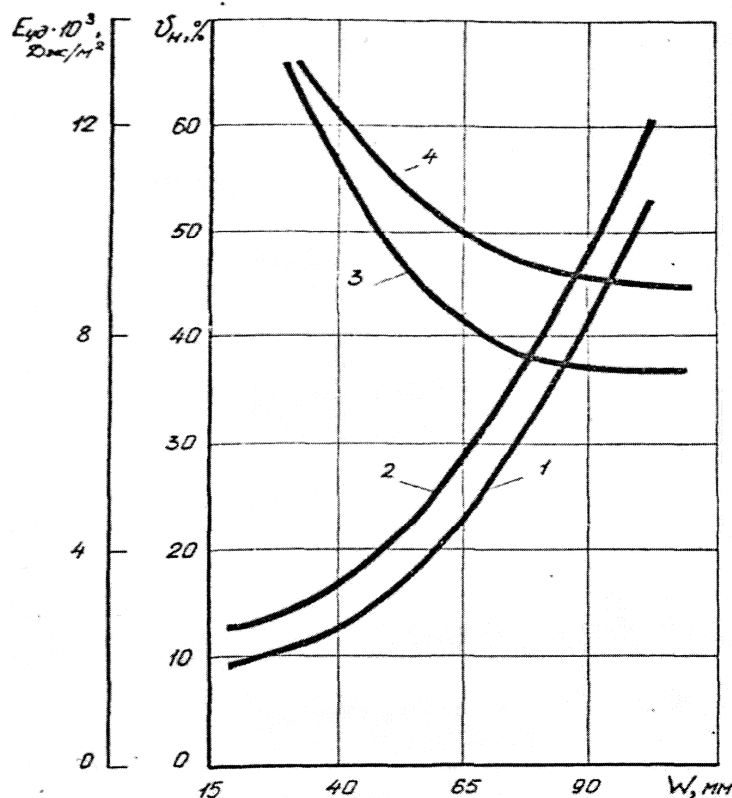


Рис. 1. Графіки залежності виходу негабариту (1 і 2) і питомих витрат енергії вибуху на одиницю поверхні, що знову утворилась (3 і 4) від величини л.н.о.: 1, 3 – почергове ініціювання зарядів ВР; 2, 4 – ініціювання зарядів ВР в одному напрямку

Як видно з рисунка 1, зміна напрямку ініціювання ВР, за інших рівних умов, призводить до зміни виходу негабариту: він вищий при ініціюванні в одному напрямку, порівняно з ініціюванням зарядів у різних напрямках.

Таблиця 1

Усереднені результати лабораторного моделювання

Діаметр свердловини, мм	Л.н.о., мм	Питома витрата на ВР на відбійку, г/кг	Показник												Загальна площа новоутвореної поверхні, м <sup>2</sup>	Питома витрати енергії вибуху заряду ВР, ккал/м <sup>2</sup>
			0–5 мм		5–10 мм		10–15 мм		15–20 мм		більше 20 мм		всього			
			кг	%	кг	%	кг	%	кг	%	кг	%	кг	%		
Різні напрямки ініціювання зарядів (від гирла свердловини до забою)																
4	40	1,53	4,4	64,5	1,1	16,1	0,5	7,4	0,42	6,3	0,38	5,7	6,8	100	4,686	2,86
4	65	0,99	6,25	59,1	1,0	9,5	0,9	8,5	1,10	10,6	1,25	11,9	10,5	100	6,618	2,02
4	90	0,69	6,5	43,0	2,13	14,1	0,35	2,3	1,51	10,0	4,61	30,6	15,1	100	7,738	1,82
Ініціювання зарядів від гирла																
4	40	1,6	4,1	63,1	0,82	12,7	0,45	7,0	0,53	8,2	0,6	9,0	6,5	100	4,436	3,03
4	65	1,2	5,1	58,5	0,9	10,2	0,6	6,7	0,8	9,1	1,4	15,9	8,8	100	5,398	2,48
4	90	0,67	4,4	28,2	2,87	18,4	0,92	5,9	3,17	20,3	4,24	27,2	15,6	100	5,918	2,26

Ефект вибуху оцінювали також по площі поверхні зруйнованого масиву, що знову утворилась та визначали за формулою:

$$S_B = \frac{6}{\rho_i} \sum \frac{M_{\phi}}{d_{\text{н.о.}}} - S_{dp},$$

де  $S_B$  – сумарна площа поверхні, що знову утворилась, м<sup>2</sup>;  $\rho_m$  – щільність матеріалу моделі, кг/м<sup>3</sup>;  $M_{\phi}$  – вихід окремих фракцій, кг;  $d_{cp}$  – середній діаметр фракцій, мм;  $S_{dp}$  – площа поверхні зруйнованої частини блока до руйнування, м<sup>2</sup>.

Енергія, яка витрачається на дроблення, пропорційна новоствореній поверхні. Загальна площа новоствореної поверхні більша при ініціюванні зарядів у різних напрямках (табл. 1). Дробильна дія вибуху проявляється більшою мірою за різноспрямованим ініціюванням. Отже ККД вибуху зарядів ВР при такому ініціюванні вище. Питомі витрати енергії вибуху зарядів ВР на одиницю новоствореної поверхні при почерговому ініціюванні на 5–20 % нижче, ніж при ініціюванні в одному напрямку, до того ж ця різниця збільшується з ростом л.н.о.

Збільшення ступеня корисного використання енергії вибуху при серії свердловинних зарядів ВР і краще дроблення масиву, що відбивається при почерговому ініціюванні, може бути пояснено таким чином.

У випадку миттєвого підривання ряду свердловин з однаковим напрямком ініціювання відбувається взаємодія полів напруг окремих свердловин, при цьому розтягуючі напруги концентруються, в основному по лінії свердловин, внаслідок чого у цьому напрямку швидко утворюються тріщини і прискорюється процес відділення породи, що відбивається від масиву.

Крім того, виникають ізотропні області, в яких напруги ослаблені, порівняно з дією одиночного заряду. По лініях, що з'єднують ці ізотропні області і знаходяться на відстані 0,3–0,5 л.н.о. від відбиваної поверхні, відбувається відрив погано роздробленого облицювання забою від масиву, що відбивається, яке і є основним джерелом виходу негабариту. Ізотропні області змінюють своє положення, залежно від коефіцієнта зближення зарядів. Так за умови, коли коефіцієнт зближення зарядів дорівнює 1, ці області знаходяться на відстані половини величини л.н.о. від лінії свердловин. Якщо коефіцієнт зближення збільшується, то ізотропні області відсуваються до оголеної поверхні і значно менше впливають на результати вибуху.

При підриванні свердловин з різним напрямком ініціювання (через одну) коефіцієнт зближення зарядів на певний проміжок часу збільшується вдвічі. За цей час детонаційна хвиля проходить половину довжини заряду і починається взаємодія полів напружень зарядів не тільки з однаковим, але і з протилежним напрямком ініціювання. Оскільки утворення взаємодіючих полів напруг від вибуху сусідніх зарядів відбувається з відставанням одне від одного, тоді й ослаблення напруги в ізотропних областях буде значно менше, ніж при підриванні зарядів з однаковим напрямком ініціювання.

При підриванні зарядів з однаковим напрямком ініціювання в середовищі, що руйнується, передається одноразовий імпульс, а при ініціюванні зарядів різних напрямків, середовище, що знаходиться в напруженому стані від вибуху зарядів з одним напрямком ініціювання, отримує другий додатковий імпульс від вибуху зарядів з протилежним напрямком ініціювання. В результаті цього відбувається накладення полів напружень від вибуху зарядів з різним напрямком ініціювання та їх посилення. Вдвічі збільшується час впливу хвиль напруги на кожен ділянку масиву, який відбувається, незважаючи на те, що загальний час впливу вибуху на весь масив залишається незмінним.

Фронт хвилі напружень при різному напрямку ініціювання зарядів сусідніх свердловин в ряду має протилежний напрямок по осі зарядів. У зарядів свердловин з однаковим напрямком ініціювання при взаємодії має місце хвиля стиснення. У свердловин з різним напрямком ініціювання – хвиля розрядження (або, якщо швидкість фронту хвилі напруги менше швидкості детонації – значно ослаблена хвиля стиснення). Тому концентрація напружень по лінії свердловин, призводить до передчасного зсуву частини масиву, який підривається, і утворенню заколів. Концентрація напружень по лінії свердловини при підриванні зарядів з однаковим напрямком ініціювання значно знижується.

Збільшення часу впливу вибуху на масив, що руйнується за рахунок переважання розтягуючих і зсувних напруг, призводить до знеміцнення вибухової маси, що особливо важливо при подальшому механічному дробленні.

**Висновки.** Аналіз результатів проведених лабораторних досліджень показав високу ефективність різноспрямованого ініціювання зарядів, що дозволяють створити в масиві складнонапружений стан з переважанням розтягуючих і зсувних напруг, що сприяє як дробленню, так і знеміцненню гірської маси.

Реалізувати це на практиці в даний час можливе шляхом ініціювання свердловинних зарядів системами неелектричного підривання типу «Нонель».

#### Список використаної літератури:

1. Мец Ю.С. Элементы теории процесса взрывного разупрочнения горных пород / Ю.С. Мец, А.И. Олейников, А.Ю. Антонов // Деп. в УкрИНТЭИ, 15.09.87, № 512-УК87.

2. Минеральные ресурсы Украины и мира на 01.01.2008 / Ю.И. Третьяков, А.Г. Субботин, Г.В. Полунина и др. – К. : Государственное научно-производственное предприятие «Геоинформ Украины», 2006. – 630 с.
3. Буткевич Г.Р. Современное состояние горной отрасли промышленности строительных материалов США / Г.Р. Буткевич // Строительные материалы. – 2003. – № 4. – С. 31–33.

САВЧУК Володимир Петрович – асистент кафедри інженерної екології Інституту енергозбереження та енергоменеджменту Національного технічного університету України «КПІ».

Наукові інтереси:

- гірництво;
- вибухові роботи.

Стаття надійшла до редакції 16.05.2012