

О. О. Фролов, д. т. н., доц. (НТУУ «КПІ»)

**ВПЛИВ МЕЖІ ПОДІЛУ ПОРІД РІЗНОЇ МІЦНОСТІ НА ОБ'ЄМ
РУЙНУВАННЯ ГІРСЬКОГО МАСИВУ ВИБУХОМ СУМІЖНИХ
СВЕРДЛОВИННИХ ЗАРЯДІВ**

A. A. Frolov (National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute»)

**THE INFLUENCE OF THE BOUNDARY ROCKS OF DIFFERENT
STRENGTH BY VOLUME DESTRUCTION OF MOUNTAIN RANGE
BLAST HOLE CHARGES RELATED**

Досліджено вплив межі поділу гірських порід в зоні дії вибуху системи свердловинних зарядів на загальний об'єм руйнування. Запропоновано розрахункові формули для визначення відстаней від свердловинних зарядів до межі поділу порід різної міцності та інтервалу сповільнення, які забезпечують взаємодію енергетичних потоків вибуху на межі контакту.

***Ключові слова:** гірський масив, межа поділу, свердловинний заряд, зона руйнування, об'єм руйнування.*

Исследовано влияние границы разделения горных пород в зоне действия взрыва системы скважинных зарядов на общий объем разрушения. Предложены расчетные формулы для определения расстояний от скважинных зарядов до границы разделения пород разной крепости и интервала замедления, которые обеспечивают взаимодействие энергетических потоков взрыва на границе контакта пород. Рекомендованы схемы коммутации взрывной сети для эффективного разрушения горных пород в зоне контакта.

***Ключевые слова:** горный массив, граница разделения, скважинный заряд, зона разрушения, объем разрушения*

The influence of the boundary separating rocks in the zone of the explosion of borehole charges to total destruction. Proposed formulas for determining distances from borehole charges to the boundary separating rocks of different strength and interval delay, which provides interaction energy flows explosion rocks at the contact boundary. Recommended circuit switching network for effective explosive destruction of rocks in the contact zone.

***Keywords:** rock mass, the boundary separating, deep-hole charge, zone of destruction, the amount of destruction*

Вступ. В деяких випадках виконання вибухових робіт на кар'єрах здійснюється в умовах, коли промисловий блок, що готується до підривання, складається з двох і більше типів гірських порід різної міцності. В цьому разі на межі їхнього поділу поруч розташовані свердловинні заряди вибухових речовин (ВР) підриваються в різних гірських породах. Результати досліджень в [1, 2] показують, що межа поділу порід різної міцності безпосередньо впливає на розподіл напружень при вибуху в гірському масиві. При переході хвилі напруження з породи, яка має більшу акустичну жорсткість, в породу, яка має меншу акустичну жорсткість, щільність енергетичного потоку вибуху в першій породі зменшується, а при переході у протилежному напрямку – збільшується.

Постановка проблеми та мета досліджень. При підриванні двох суміжних свердловинних зарядів в зоні контакту на початковому етапі перший заряд буде руйнувати один тип порід, а другий, що розташований за межею поділу, буде, відповідно, руйнувати другий тип порід. Припустимо, що хвиля напружень від першого заряду досягне межі поділу порід першою. Тоді її максимальні значення напруження зміняться (збільшаться або зменшаться в залежності від умов переходу). В той час, як значення максимальних напружень від хвиль другого заряду будуть залишатися незмінними до моменту зустрічі їх з хвилями від вибуху першого заряду. Збільшення або зменшення максимальних напружень при досягненні зони контакту відбувається тільки в тій породі, в якій підривається заряд ВР. У другій же гірській породі, яка розміщена за межею поділу в напрямку поширення хвиль, максимальні напруження будуть однозначно зменшуватися незалежно від умов переходу. Згідно [3] зменшення максимальних значень напружень може становити від 3 до 27 % залежно від властивостей гірських порід, які знаходяться в зоні контакту, та типу ВР.

На підставі вищезазначеного метою досліджень є встановлення впливу межі поділу порід різної міцності на об'єм руйнування гірського масиву вибухом поруч розташованих свердловинних зарядів.

Викладення матеріалу досліджень. Відповідно до розрахункової програми, опис якої наведено в [3], проведено обчислення об'єму руйнування ділянки різноміцнісного гірського масиву, складеного з магнетитового кварциту та сланцю кварц-біотитового. Розташування межі поділу порід в масиві змінювалася від 1,0 до 5,0 м (10...50 \bar{r}) від першого заряду. Відстань між свердловинами довжиною 15 м становить 6,0 м, в якості ВР застосовано грамоніт 79/21. На рис. 1 наведені характерні розрахункові зони руйнування різноміцнісного масиву «магнетитовий кварцит – сланець кварц-біотитовий» на поверхні при одночасному підриванні системи свердловинних зарядів ВР.

Аналіз зон руйнування свідчить про те, що розміри зони руйнування при вибуху заряду ВР у магнетитовому кварциті (зона ліворуч) завжди менші незалежно від місця розміщення межі поділу порід. Відповідно, зона руйнування, що утворилася при підриванні заряду в сланці кварц-біотитовому є більшою. Додаткова зона руйнування, що утворилася в результаті взаємодії вибухів від двох свердловинних зарядів, розміщена приблизно посередині, оскільки швидкості поширення хвиль напружень в цих двох породах відрізняються не більше ніж на 10 %.

Проведені розрахунки по визначенню об'єму зон руйнування показують, що, при розміщенні межі поділу порід від першого заряду на 10 та 20 \bar{r} , об'єм руйнування гірського масиву є більшим, ніж при підриванні таких же свердловинних зарядів в однорідному масиві магнетитового кварциту ($V = 1495,7 \text{ м}^3$) [4], і становить 1609,6 та 1558,3 м^3 відповідно (рис. 2). Вочевидь, збільшення об'єму руйнування досягається за рахунок вибухової дії другого

свердловинного заряду, який розміщується в менш міцних сланцях кварц-біотитових (в однорідному масиві $V = 1807,1 \text{ м}^3$).

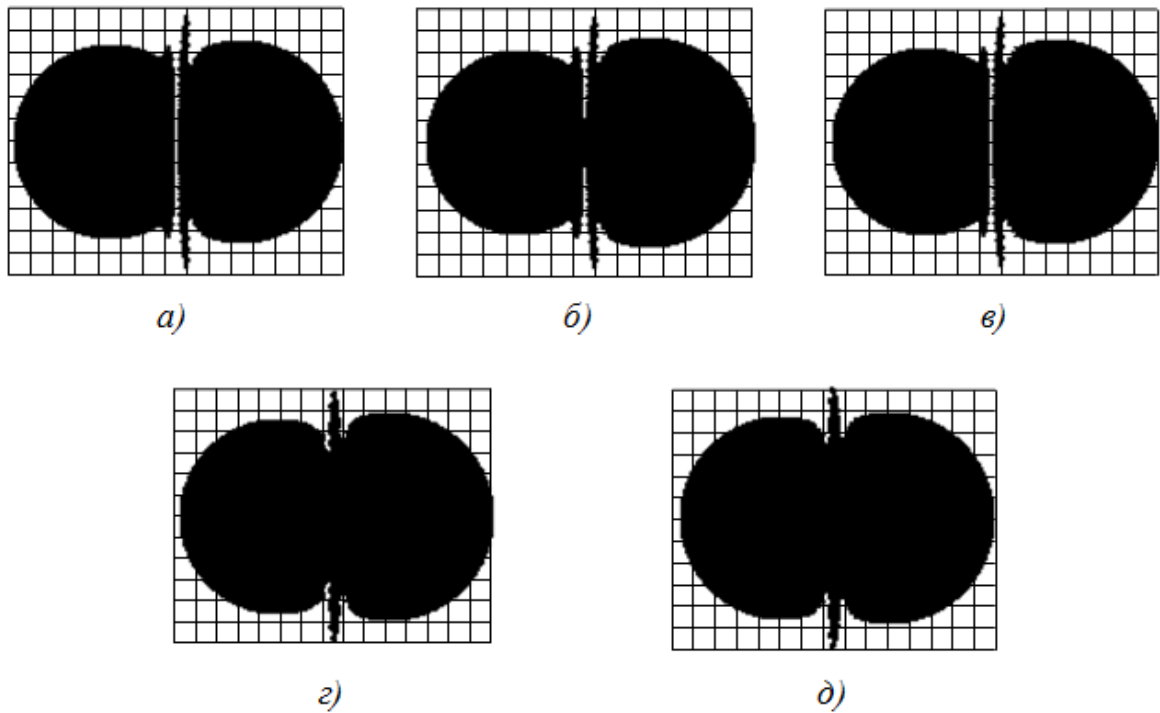


Рис. 1. Зони руйнування різноміцнісного масиву «магнетитовий кварцит – сланець кварц-біотитовий» при розміщенні зарядів відносно межі поділу порід на відносних відстанях:

a) 10/50 \bar{r} ; б) 20/40 \bar{r} ; в) 30/30 \bar{r} ; г) 40/20 \bar{r} ; д) 50/10 \bar{r}

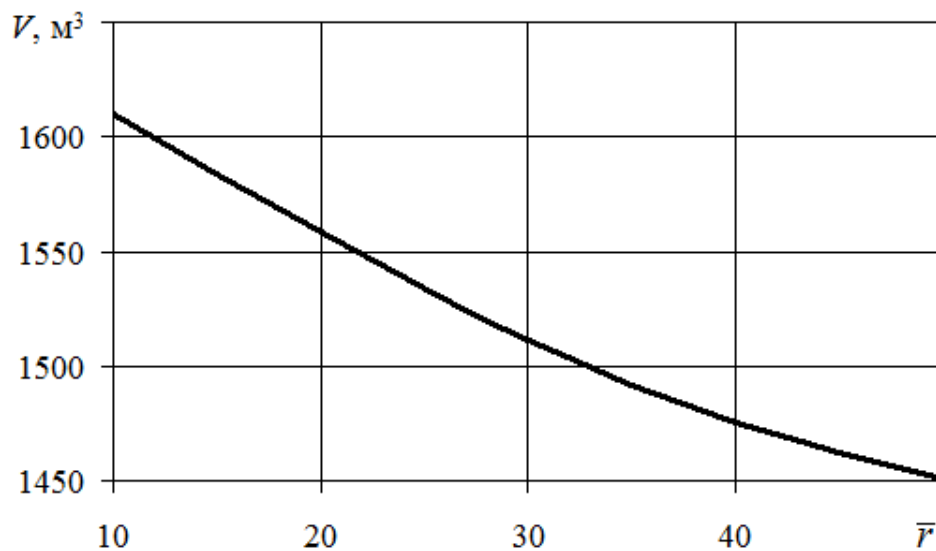


Рис. 2. Залежність об'єму руйнування різноміцнісного гірського масиву «магнетитовий кварцит – сланець кварц-біотитовий» від місця розміщення межі поділу порід

При розміщенні межі поділу порід на відстані $30\bar{r}$ (3,0 м) від першого заряду об'єм зони руйнування складає $1511,1 \text{ м}^3$. Для відстаней 40 та $50\bar{r}$ від межі поділу об'єм руйнування становить 1475,3 та $1450,8 \text{ м}^3$ відповідно.

Порівняння отриманих даних по об'ємам руйнування однорідних та різноміцнісних масивах показує, що наявність межі поділу порід в зоні дії вибуху системи зарядів зменшує загальних об'єм руйнування на 9,7...12,3 % ніж при підриванні таких же зарядів в однорідному середовищі в залежності від місця розміщення межі поділу.

З метою зменшення впливу межі поділу порід різної міцності на об'єм руйнувань в гірському масиві пропонується проектувати параметри буропідривних робіт таким чином, щоб площа контакту порід різної міцності була перпендикулярною до напрямку відбивання, тобто межу поділу слід розміщувати між зарядами, які підриваються в різних групах. В цьому разі відстань між свердловинами в зоні контакту необхідно визначати для більш міцних порід.

При неможливості зорієнтувати напрям відбивання перпендикулярно до межі поділу порід, взаємодію енергетичних потоків вибухів кожного з суміжних зарядів в групі необхідно формувати безпосередньо на межі контакту цих порід. При цьому можливі два варіанти. Перший варіант передбачає розміщення свердловинних зарядів ВР, які підриваються в одній групі одночасно, на певній розрахованій відстані від межі поділу в рамках встановленої відстані між свердловинами. При другому варіанті поруч розташовані заряди ВР необхідно підривати в групі з певним інтервалом сповільнення при вже існуючих відстанях між межею поділу і свердловинами.

Припустимо, що перший свердловинний заряд підривається в породі зі швидкістю поширення повздовжніх хвиль напружень c_1 , а другий – в породі зі швидкістю c_2 . Тоді, при відстані між зарядами a , першу свердловину необхідно розміщувати від межі поділу порід на відстані

$$a_1 = \frac{c_1 a}{c_1 + c_2}, \quad (1)$$

а другу – на відстані

$$a_2 = a - a_1 \quad (2)$$

при одночасному підриванні суміжних зарядів ВР (рис. 3).



Рис. 3. Схема до розрахунку відстаней до межі поділу порід

У випадку вже існуючих відстаней a_1 та a_2 від свердловинних зарядів ВР №1 і №2 (рис. 3) до межі поділу гірських порід для забезпечення взаємодії енергетичних потоків на цьому контакті свердловинні заряди необхідно підривати зі сповільненням, що розраховується за формулою

$$\tau_c = \frac{c_1 a_2 - c_2 a_1}{c_1 c_2} \quad (3)$$

На рис. 4 представлена схема комутації вибухової мережі з використанням неелектричних систем ініціювання (НЕСІ). Свердловини на блоці розміщуються в шаховому порядку. З'єднання свердловинних зарядів ВР відбувається по короткій діагоналі під кутом 150° до напрямку відбиття гірничої маси. Напрямок відбивання порід орієнтований перпендикулярно до межі поділу порід різної міцності.

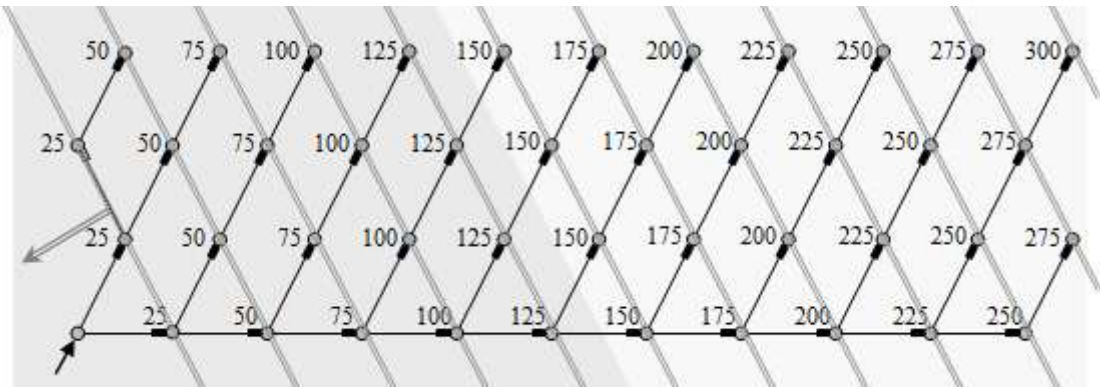


Рис. 4. Схема вибухової мережі з використанням НЕСІ

На рис. 5 наведений приклад монтажу схеми з використанням НЕСІ, при якій взаємодія енергетичних потоків відбувається безпосередньо на межі поділу порід різної міцності при одночасному ініціюванні свердловинних зарядів ВР трапецієподібним врубом.

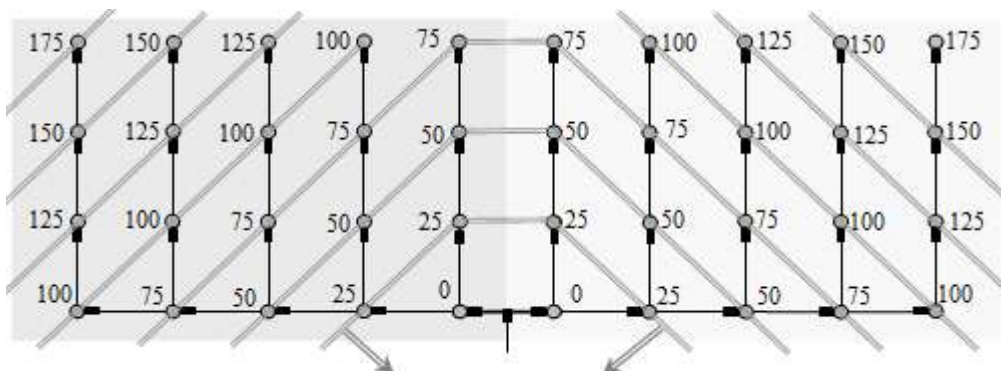


Рис. 5. Схема вибухової мережі з трапецієподібним врубом на межі поділу порід різної міцності

Висновки

1. Встановлено, що наявність межі поділу порід в зоні дії вибуху системи свердловинних зарядів ВР зменшує загальних об'єм руйнування приблизно на 9,7...12,3 % ніж при підриванні таких же зарядів в однорідному середовищі при зміні розташування межі поділу порід від 10 до 50 \bar{r} відповідно.

2. Для зменшення втрат потоку енергії межі контакту порід різної міцності необхідно розміщувати перпендикулярно до напрямку відбивання. При неможливості зорієнтувати напрям відбивання перпендикулярно до межі поділу порід, взаємодію енергетичних потоків вибухів кожного з суміжних зарядів в групі необхідно формувати безпосередньо на межі контакту.

3. Отримані формули для визначення відстаней від свердловинних зарядів до межі поділу порід різної міцності та інтервалу сповільнення, які забезпечують взаємодію енергетичних потоків вибуху на межі контакту.

4. Рекомендовано схеми комутації вибухової мережі для забезпечення ефективного руйнування різноміцнісних гірських порід.

Список використаних джерел

1. Федоренко П. И. Буровзрывные работы: Учеб. для вузов / П. И. Федоренко – М.: Недра, 1991. – 272 с.

2. Лучко І. А. Моделювання поширення циліндричних ударних хвиль у шаруватих ґрунтових масивах / І. А. Лучко, Н. С. Ремез, О. І. Буковська // Вісник НТУУ «КПІ». Серія «Гірництво»: Зб. наук. праць.–1999. – Вип. 1. – С. 6-14.

3. Фролов О. О. Керування енергетичними потоками при вибуховому руйнуванні різноміцнісних масивів гірських порід на кар'єрах / Дис. докт. техн. наук: 05.15.03. – К., 2014. – 369 с.

4. Фролов О.О. Дослідження параметрів зони руйнування при вибуху системи свердловинних зарядів / О. О. Фролов // Вісник Криворізького технічного університету: Зб. наук. праць. – 2009. – Вип. 23. – С. 186-189.

Стаття надійшла до редакції 04.09.2014 р.