

УДК 622.236.4

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ КУМУЛЯТИВНОГО ЕФЕКТУ В РОЗОСЕРЕДЖЕНИХ ЗАРЯДАХ

Воробйов В.В., д.т.н., проф., Щетинін В.Т., к.т.н., доц., Воробйова Л.Д., к.т.н., доц., Помазан М.В., асист.

*Кременчуцький державний політехнічний університет імені Михайла Остроградського
39614, м. Кременчук, вул. Першотравнева, 20
E-mail: nich@polytech.poltava.ua*

Оцінюється ефективність використання кумулятивного ефекту в зоні повітряного проміжку при вибуховому руйнуванні моделей. Встановлено, що наявність кумулятивної виїмки в нижній частині верхнього заряду поршневу дію продуктів детонації в зоні повітряного проміжку.

Ключевые слова: конструкция заряда, кумулятивный эффект, продукты детонации.

The efficiency cumulative effect application in the area of the air gap during models explosive rupture is estimated. It is staffed tattle presence of the cumulative hollow in the bottom side of the upper charge increases the piston action of the detonation products in the area of the air gap.

Key words: charge design, cumulative effect, detonation products.

Вступ. Якість дроблення породи залежить не тільки від величини заряду, але і від його конструкції, що зумовлює таке розміщення вибухових речовин (ВР) по довжині свердловини, за якого його кінетична енергія розподілятиметься пропорційно необхідній величині роботи руйнування породи в різних частинах уступу. Більшість дослідників під конструкцією заряду розуміють сукупність геометричних і технологічних параметрів, таких як форма заряду і зарядної камери (циліндрові і пласкі заряди), способи ініціювання заряду, комбінація вживаних типів ВР, довжина заряду, співвідношення активної і неробочої частин свердловини [1,2].

Аналіз попередніх досліджень. Спочатку виникла конструкція свердловинних і шпурових зарядів – суцільна циліндрова колонка ВР – має найбільше розповсюдження в практиці ведення вибухових робіт. Проте, дана конструкція є найменш ефективною з погляду механіки дроблення. Двовимірний рух твердого середовища, що оточує суцільний свердловинний заряд, при ініціювання його в одній точці характеризується великими градієнтами тиску і, як наслідок, значним переподібненням породи, що і обумовлює інтенсивну дисипацію енергії, особливо в ближній зоні. Для підвищення ефективності вибухового руйнування скельних порід зусиллями вітчизняних і зарубіжних дослідників розроблені ефективніші, з погляду вибухового руйнування скельних порід, конструкції свердловинних зарядів. До їх числа можна віднести заряди з повітряними і інертними проміжками; з бічними і осьовими сердечниками; заряди, утворені з ділянок ВР із різними детонаційними характеристиками; заряди, в яких проміжки заповнені речовинами, що легко розкладаються, або енергоактивними (що не детонують) добавками; заряди, щільність яких змінюється по довжині за рахунок введення в його склад гранульованого пінополістиролу і ряд інших [3-7].

Виконані численні дослідження показують, що для досягнення рівномірності дроблення і зниження розміру шматків роздробленої породи необхідно початковий тиск продуктів детонації (ПД), збільшити їх час дії на руйноване середовище і підвищити напруженість руйнованого масиву за рахунок взаємодії ударних хвиль. Практично це можна досягти створенням повітряних проміжків між окремими частинами свердловинного заряду. Суть такої конструкції заряду, розроблено в результаті теоретичних і експериментальних робіт Н.В. Мельникова і Л.Н. Марченко [5,6], полягає в розділенні окремих частин свердловинного заряду повітряними проміжками з обов'язковою умовою одночасної ініціації всіх його частин. Наявність повітряних проміжків у заряді, характер дії продуктів детонації (ПД) на скельну породу і створює умови підвищення корисного використання енергії ВВ. Початковий тиск продуктів детонації (ПД) знижується, час їх дії на руйнований масив зростає, посилюється інтерференція вибухових хвиль. Це дозволяє перерозподілити енергію вибуху у напрямку скорочення її частки, що йде на переподібнення породи поблизу заряду, і збільшення частки, що йде на дроблення гірського масиву [6,8].

Узагальнення експериментальних і дослідно-промислових робіт стало підставою для розробки методичних вказівок із застосування розосереджених свердловинних зарядів із повітряними проміжками. У них запропоновані способи і засоби створення повітряних проміжків, серед яких найбільш поширені:

- розміщення в свердловині поліетиленових наддувних циліндрів;
- підвищування невеликої кількості ВР, упакованої в паперову тару, і розміщення поверх упаковки основного заряду ВР;

- установка в місці повітряного проміжку простих дерев'яних пристосувань;
- розміщення в свердловині картонних циліндрів;
- розташування на певній висоті пробок з паперових мішків.

Перелічені способи створення повітряного проміжку мають свої плюси і мінуси. Серед недоліків необхідно відзначити, що перемички з мішків не завжди можливо встановити в заданому місці, а використання інших пристроїв відносно дороге і реально для створення проміжків лише невеликої довжини. Свердловинний затвор, зокрема, складно використовувати в умовах, коли заряд необхідно фіксувати на різній глибині зі змінною довжиною повітряного проміжку, що характерно для підривання масивів слабких розкритих порід із міцними прошарками. Майже у всіх існуючих способах формування повітряного проміжку використовуються принципи утримання частини заряду на опорі, що контактує з нижньою частиною заряду або заповнює проміжок між окремими частинами заряду. У ряді випадків це буває не технологічно і нераціонально з погляду непотрібного багатократного резервування сил, необхідних для утримання.

Авторами розроблений простий і технологічний спосіб формування повітряного проміжку за допомогою кумулятивного замикаючого пристрою [9], який дозволяє усунути всі недоліки, властиві існуючим методам і пристрою для створення повітряного проміжку. Даний пристрій, виконаний у вигляді усіченого конуса, в нижній частині якого сформована кумулятивна виїмка, розташовується в свердловині на необхідній глибині за допомогою мотузки і упору. Наявність кумулятивної виїмки сприяє підвищенню тиску продуктів вибуху в зоні проміжку і повинно покращувати якість дроблення середовища на цій ділянці.

Мета роботи. Оцінка ефективності використання кумулятивного ефекту в зоні повітряного проміжку при вибуховому руйнуванні моделей.

Матеріал і результати досліджень. Підвищення коефіцієнту корисної дії вибуху в твердих гірських породах зумовлюється збільшенням корисних форм роботи заряду в загальному енергетичному балансі. При вибуховому дробленні масиву гірських порід, до корисних форм робіт, у першу чергу, слід віднести енергію, витрачену на утворення нових поверхонь (тріщиноутворення) і переміщення. На кінцевій стадії вибуху ця складова не завжди відіграє позитивну роль, оскільки у багатьох випадках істотний розліт шматків гірської маси є негативним чинником. Виходячи з цього можна зробити, що характер тріщиноутворення при вибуху може слугувати якісною оцінкою ефективності дії тієї або іншої конструкції заряду ВР.

При лабораторних дослідженнях ефективності вибухового руйнування моделей використовують різні

методи [10]. Одним із найбільш поширених є оцінка вибухового руйнування за зміною діаметру середнього шматка осколків, що утворилися після вибуху. Проте, при цьому ми отримуємо усереднений параметр, який не дозволяє судити про характер руйнування моделі на різній відстані від вісі заряду і не дозволяє характеризувати ефективність дії даної конструкції по її висоті. Деякою мірою усуває ці недоліки спосіб дослідження, при якому для вибухового руйнування використовують піщано-цементні моделі, в яких прошарки по висоті мають різне забарвлення. Проте і цей метод не дозволяє достатньо точно оцінити зміну дроблення середовища вздовж вісі заряду.

Беручи до уваги, що нас, цікавить зміна характеру руйнування середовища в зоні повітряного проміжку, то найбільш прийнятним, на наш погляд, може бути метод, заснований на аналізі дроблення моделі, складеної з певної кількості окремих прошарків, тобто для вирішення поставленого завдання найдоцільніше модель формувати з однакової товщини дисків, виточених з оргскла (рис. 1). При цьому аналіз характеру тріщиноутворення окремих дисків дозволить оцінити ефективність дії газоподібних ПД у зоні повітряного проміжку, а також уздовж вісі розосередженого заряду.

Складену модель формували таким чином (рис. 1). Спочатку диски (поз. 4) за допомогою стрижня центрували вісі. Потім вони обмотувалися гумовою прокладкою (поз. 3) і затискалися в обоймі (поз. 2). Потім за допомогою нижньої (поз. 1) і верхньої (поз. 6) основ диски з незначним зусиллям (кріпильні болти на рисунку не показані). Після цього в шпурі розміщувався розосереджений заряд ВР, і модель була підготовлена до вибуху.

При проведенні експериментів параметри моделей були наступні: зовнішній діаметр дисків – 60 мм; висота дисків – 15 мм; їх загальна кількість в одній моделі – 6 шт.; діаметр шпuru – 6 мм; діаметр заряду – 4,2 мм; маса нижнього заряду – 170 міліграм тена; маса верхнього заряду – 200 міліграм (100 міліграм тена і 100 міліграм тонкоподрібненого кристалічного йоду); довжина повітряного проміжку – 15 мм. Додавання йоду в заряд дозволяло візуально (за характерним жовтим забарвленням) визначити, куди змогли проникнути газоподібні продукти вибуху верхнього заряду.

Було проведено дві серії експериментів: у першій серії використовували циліндрові заряди з плоским дном у зоні повітряного проміжку; у другий – верхній заряд у нижній частині мав кумулятивну виїмку з кутом розвороту 60°.

Характер руйнування дисків представлений на рис. 2,3 (нумерація дисків – від низу до верху).

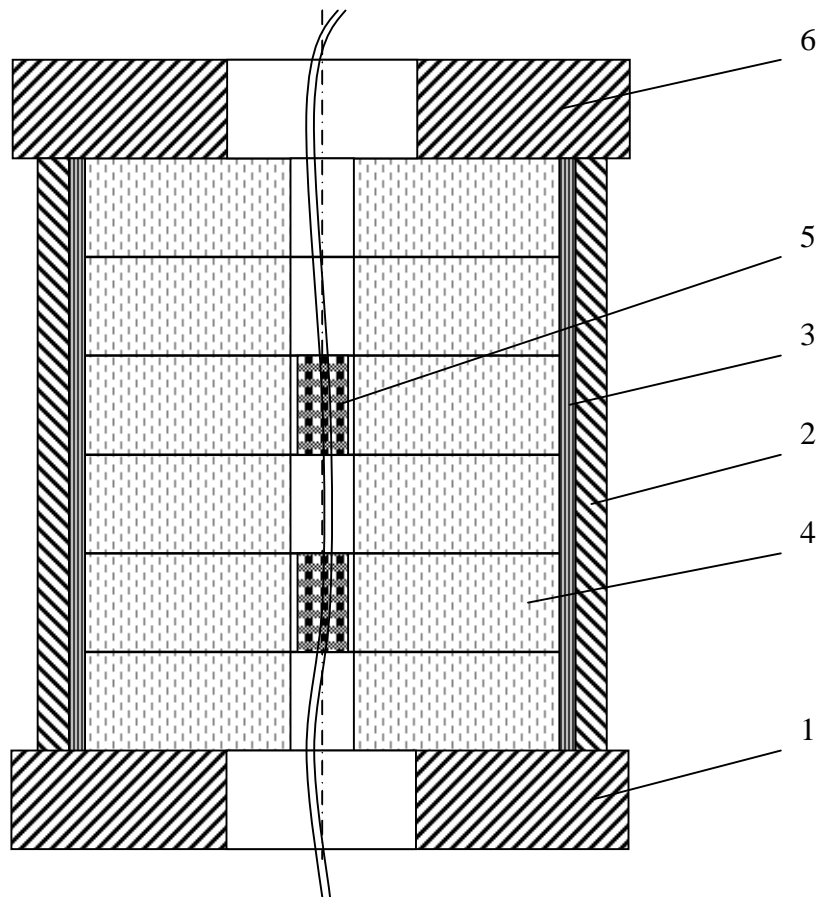


Рисунок 1 – Схема проведення експерименту з дослідження характеру вибухового руйнування складеної моделі (1 – нижня ; 2 – обтискова обойма; 3 – гумова прокладка; 4 – диск із оргскла; 5 – заряд ВР із ініціатором; 6 – верхня).

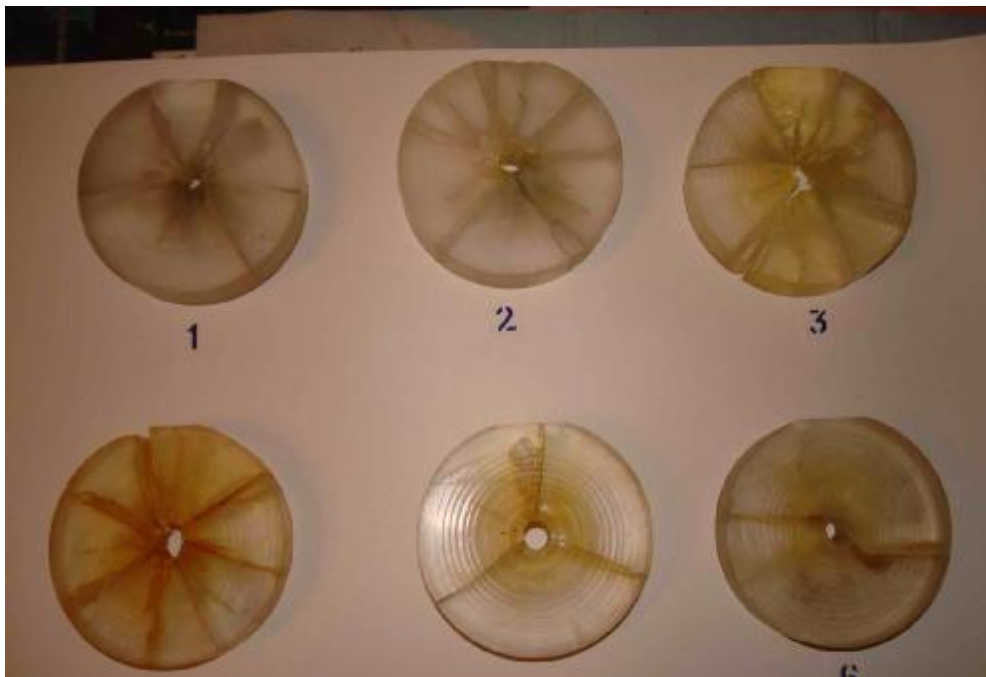


Рисунок 2 – Характер руйнування окремих дисків складеної моделі при використанні розосередженого заряду традиційної конструкції (цифри – номер диска по висоті)

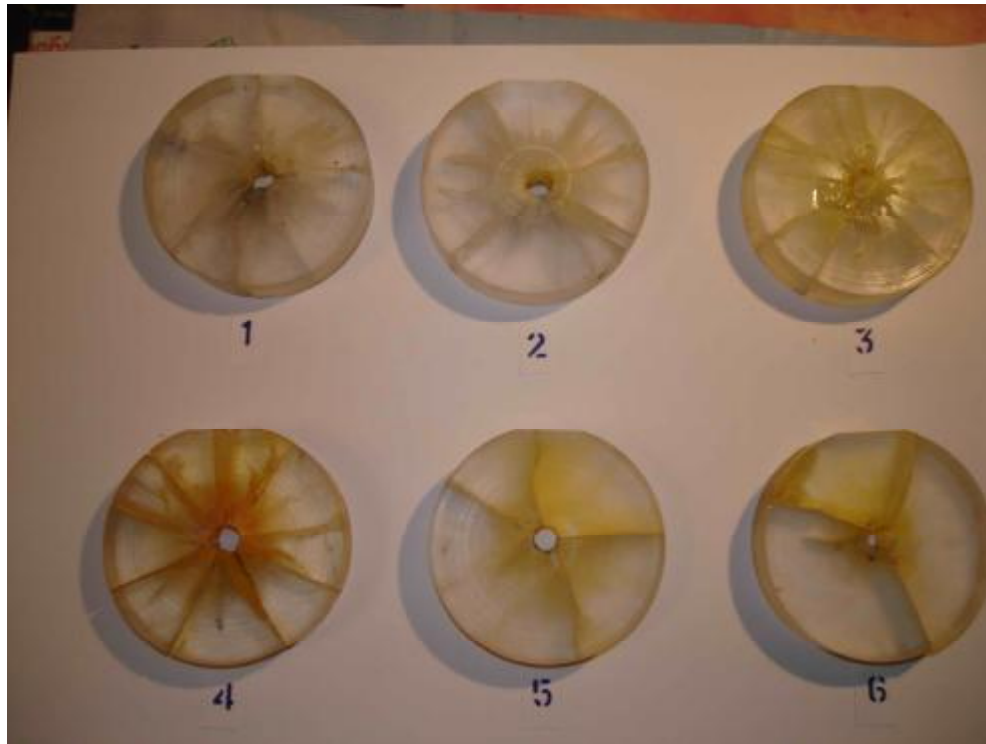


Рисунок 3 – Характер руйнування окремих дисків складеної моделі при використанні розосередженого заряду з кумулятивною виїмкою в зоні повітряного проміжку (цифри – номер диска по висоті)

Обробка результатів експериментів (табл. 1) дозволила встановити наступне. Характер руйнування верхньої частини моделей (диски №№ 5 і 6) при використанні даних конструкцій розосередженого заряду істотним чином не змінився (кількість тріщин і їх сумарна довжина практично однакові). Відмінності починають спостерігатися з диска № 4, в якому

знаходилася верхня частина розосередженого заряду. Так, за наявності кумулятивної виїмки у верхньому заряді кількість тріщин у даному диску зростає на 4 шт (16%), а їх сумарна довжина на 30% перевищує аналогічний параметр для випадку підірвання заряду без кумулятивної виїмки.

Таблиця 1 – Вплив кумулятивного ефекту на зміну параметрів тріщиноутворення шаруватої циліндрової моделі

Конструкція верхньої частини розосередженого заряду	Номер диска шаруватої моделі	Кількість тріщин, шт.	Сумарна довжина тріщин, мм
Без кумулятивної виїмки	1	14	289
	2	17	418
	3	17	386
	4	21	453
	5	5	135
	6	3	75
З кумулятивною виїмкою	1	17	317
	2	22	463
	3	19	489
	4	25	590
	5	5	140
	6	4	88

У зоні повітряного проміжку (диск № 3) при використанні розосередженого заряду з кумулятивним ефектом ми також спостерігаємо (порівняно з традиційним розосередженим зарядом) незначне зби-

льшення загальної кількості тріщин (із 17 до 19) і зростання їх сумарної довжини – з 386 до 489 мм, тобто перевищення складає майже 27%.

На рівні розташування нижньої частини розосередженого заряду (диск № 2) також відбулися кількісні зміни параметрів зони тріщиноутворення: наявність кумулятивної виїмки в нижній частині верхнього заряду призвела до збільшення загальної кількості тріщин із 17 до 22 шт. і зростанню сумарної довжини тріщин із 418 до 463 мм.

Аналогічна картина спостерігається і в нижній частині моделі: кількість тріщин зросла з 14 до 17 шт., сумарна довжина – з 289 до 317 мм.

Висновок. Беручи до уваги, те що при проведенні даних експериментів підривання здійснювали без забивання, можна зробити загальний висновок, що наявність кумулятивної виїмки в нижній частині верхнього заряду посилює поршневу дію ПД у зоні повітряного проміжку. Це також підтверджує забарвлення поверхні тріщин: за наявності кумулятивної виїмки тріщини в зоні повітряного проміжку забарвлені в жовтий колір на більшу довжину, і навіть деякі тріщини в диску №2 мають сліди йоду, що свідчить про те, що газоподібні ПД верхнього заряду проникають на нижні шари моделі. Для оцінки ефективності даної конструкції заряду необхідно проведення промислових експериментів.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ефремов Э.И., Петренко В.Д., Пастухов А.И. Прогнозирование дробления горных массивов взрывом. – Киев: Наук. думка, 1990. – 120 с.
2. Ефремов Э.И. Механика разрушения взрывом и технологии разработки твердых полезных ископаемых // Вісник АН УССР. – 1986. - № 9. – С. 56 – 66.
3. Воробйов В.Д., Кравець В.Г., Кузьменко А.О. Підривні роботи на кар'єрах. – К.: ІСДО, 1994. – 376 с.

4. Кутузов Б. Н. Приоритетные направления технического переоснащения взрывных технологий открытой добычи угля, руд, строительных пород // Взрывное дело. – 1998. - № 91/48. – С. 184 – 190.

5. Жариков И. Ф. Энергосберегающие технологии ведения взрывных работ на разрезах // Взрывное дело. – 1998. - № 91/48. – С. 191 – 195.

6. Жариков И.Ф. Рациональные конструкции зарядов при дроблении горных пород взрывом // Взрывное дело, № 89/46. – М.: Недра, 1986. – С.121 – 135.

7. Жариков И.Ф., Скачков А.С. Совершенствование буровзрывных работ на разрезах // Обз. инф. ЦНИИ экон. и НТИ угол. пром-ти. Добыча угля откр. спос. – 1988. – С. 1 – 52.

8. Пасиченко Ю.К., Серегин В.М., Ярошно М.С. Способ усиления действия взрыва в донной части шпуров при проходке горных выработок // Разработка рудных месторождений. – 1988. - № 48. – С. 78 – 82.

9. Пат. на корисну модель 6916 Україна: F 42 D 1/02. Кумулятивний замикаючий пристрій // Воробйова Л.Д., Щетинін В.Т., Славко Г.В. та ін. - №200500069. – Заявлено 04.01.2005. – Опубл. 16.05.2005. – Бюл. № 5. – 3 с.

10. Повышение эффективности взрыва в твердой среде / В.М. Комир, В.М. Кузнецов, В.В. Воробьев, В.Н. Чебенко. – М.: Недра, 1988. – 232 с.

Стаття надійшла 28.04.2008.

Рекомендовано до друку д.т.н., проф.
Коміром В.М.