

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИБУХОВИХ РОБІТ СВЕРДЛОВИННИМИ ЗАРЯДАМИ З ТОРЦЕВОЮ ЛІНІЙНОЮ КУМУЛЯТИВНОЮ ВИЙМКОЮ

Приведены результаты исследований взрывного разрушения прочных горных пород зарядами с торцевой линейной кумулятивной выемки. Показано, что совместное действие взрыва - гидравлического и кумулятивного эффектов позволяет взрывать граниты без перебура.

RESEARCH ON EFFECTIVENESS OF HOLE-CHARGE BLASTING AT IN- WEB LINEAR CUMULATIVE MINING

Findings on hard-rock explosive breaking by the charges at in-web linear cumulative mining are presented. It is shown that combined action of explosive-hydraulic and cumulative effects can blast granite without redrilling.

Основною проблемою буровибухового комплексу є безпека робіт та невеликий коефіцієнт корисної дії зарядів промислових технологічних вибухових робіт при дробленні міцних гірських порід, як в умовах підземної і відкритої розробок корисних копалин.

Вибуховий комплекс на гірничорудних підприємствах та у вугільних шахтах є одним із енергоємних технологічних процесів. В останні роки в науково-технічній області зроблено значні кроки у створенні нових конструкцій зарядів та технологій на їх основі, однак значних поліпшень промислових вибухових робіт не спостерігається. Особливо це стосується засобів підривання та запобіжних промислових вибухових речовин, які в достатній мірі не забезпечують безпечний вибуховий технологічний процес, а також охорону навколишнього середовища.

Вугільна галузь втрачає матеріальні ресурси і значні кошти через відсутність сучасних конкурентноздатних інноваційних проектів, ефективних і безпечних технологій проведення підготовчих гірничих виробок та проти викидних дегазаційних технологій видобутку вугілля. Водночас вугілля є єдиним власним енергоносієм, на базі якого Україна може гарантувати свою енергетичну незалежність та безпеку.

Характерною особливістю дії заряду з торцевою лінійною кумулятивною виймкою є асиметричність вибухового руйнування гірських порід і твердих матеріалів.

Розсічемо еліпсоїд площиною $X=0$. Позначимо площу еліпсоїда, обмежену площиною $X=0$ і кутом 45^0 , через S_1 , а подібну площину від $\varphi_0=45^0$ до $\varphi_1=90^0$ через S_2 .

Перейдемо до полярних координат:

$$S_3=S_1+S_2 \qquad S_3=S_{\text{общ}}/4$$

$$y_0 = x_0 = AB/\sqrt{A^2 + B^2} \quad x = Ar \cos \theta; y = Br \sin \theta$$

$$dxdy = ABrdrd\theta \quad \theta_1 = \arctg(A/B)$$

$$S_1 = AB \int_0^1 \frac{rdr}{\sqrt{1-r^2}} \int_0^{\theta_1} \sqrt{1-k^2r^2} \cos^2 \theta d\theta = AB \int_0^{\theta_1} f(\theta) d\theta =$$

$$= AB \left(\theta_1 + \frac{1}{2} \int_0^{\theta_1} \left(k \cos \theta - \frac{1}{k \cos \theta} \right) \ln \left(\frac{1-k \cos \theta}{1+k \cos \theta} \right) d\theta \right)$$

$$S_2 = 2 \int_0^{x_0} dx \int_x^{B\sqrt{1-x^2/A^2}} \frac{\sqrt{1-\frac{y^2}{B^2} \left(1-\frac{B^2}{A^2} \right)}}{\sqrt{1-\frac{x^2}{A^2} - \frac{y^2}{B^2}}} dy = AB \int_{\theta_1}^{\pi/2} f(\theta) d\theta =$$

$$= AB \left(\pi/2 - \theta_1 + \frac{1}{2} \int_{\theta_1}^{\pi/2} \left(k \cos \theta - \frac{1}{k \cos \theta} \right) \ln \left(\frac{1-k \cos \theta}{1+k \cos \theta} \right) d\theta \right)$$

Розіткнемо еліпсоїд площиною $X=0$, яка проходить через найбільшу напів-ось. Площа еліпсу між найбільшою піввіссю, проведеною під кутом 45 градусів до цієї півосі через S_1 . А площа між простором проведеним під кутами 45 і 90 градусів через S_1 .

Результати розрахунків приведені в таблиці 1.

Таблиця 1 - Результати розрахунку параметрів вибуху

A (см)	B (см)	S1 (см кв.)	S2 (см кв.)	S3 (см кв.)	S1/S3	S2/S3	S1/S2
31,5	10,5	667,1	210,92	3511,9	0,19	0,06	3,16
64,5	21,5	2796,7	884,35	14724	0,19	0,06	3,16
75,0	25,0	3781,4	1195,72	19908,7	0,19	0,06	3,16
32,0	24,0	1353,1	970,34	9333,6	0,15	0,10	1,38

Запропонована нова технологія контурного підривання, яка забезпечує формування орієнтованої тріщини безпосередньо в контурній свердловині.

Оболонка заряду з торцевою лінійною кумулятивною виїмкою представляє собою симетричну усічену еліптичну площину зігнуто наполовину впродовж малої осі еліпса. Лінійний кут між гранями оболонки складають 30, 45 і 60 градусів.

Перед проведенням дослідження оболонки зарядів формували наступними способами:

- брали стандартний патрон промислового ВР, зрізали один із торців паперової оболонки вставляли металеву оболонку кумулятивної виїмки в патрон, розміщуючи її в масу ВМ ребром лінії перегину еліптичної металеві пластинки;

- перед наповненням вибуховою речовиною папір у оболонку парафінують.

Дослідження зарядів з торцевою лінійною кумулятивною виїмкою по встановленню параметрів швидкості і передачі детонації проводили в спеціальній вибуховій камері МакНДІ об'ємом 50 кубічних метрів, процес вибуху фіксувався іонізованими давачами (рис. 1). Характерною особливістю дії заряду з торцевою лінійною кумулятивною виїмкою є асиметричність вибухового руйнування гірських порід і твердих матеріалів.

Запропонована нова технологія контурного підривання, яка забезпечує формування орієнтованої тріщини безпосередньо в контурній свердловині.

Оболонка заряду з торцевою лінійною кумулятивною виїмкою представляє собою симетричну усічену еліптичну площину зігнуто наполовину впродовж малої осі еліпса. Лінійний кут між гранями оболонки складають 30, 45 і 60 градусів.



Рис.1 - Характер руйнування гіпсового масиву шпуровим зарядом з торцевою лінійною кумулятивною виїмкою

Перед проведенням дослідження оболонки зарядів формували наступними способами:

- брали стандартний патрон промислового ВР, зрізали один із торців паперової оболонки вставляли металеву оболонку кумулятивної виїмки в патрон, розміщуючи її в масу ВМ ребром лінії перегину еліптичної металеві пластинки;

- перед наповненням вибуховою речовиною папір у оболонку парафінують.

Дослідження зарядів з торцевою лінійною кумулятивною виїмкою по встановленню параметрів швидкості і характеру передачі детонації проводили в спеціальній вибуховій камері МакНДІ об'ємом 50 кубічних метрів, процес вибуху фіксувався іонізаційними датчиками за ГОСТом 14839.15-69.

Аналіз результатів досліджень параметрів детонації зарядів з торцевою лі-

нійною кумулятивною виїмкою встановив наступне.

Швидкість детонації на другому патроні амоніту №6-ЖВ у звичайних промислових оболонках зарядів з торцевою лінійною кумулятивною виїмкою і металевим облицюванням товщиною 0,8 мм з двограним кутом 60 градусів для створення торцевої лінійної кумулятивної виїмки) зменшується на 5 % у порівнянні з зарядом, складеним із стандартних патронів (такий же заряд, але без кумулятивної оболонки).

Фугасність (працездатність) патронованих зарядів амоніту №6-ЖВ в стандартних патронах і в патронах з кумулятивною оболонкою (з торцевою лінійною кумулятивною виїмкою) визначали по воронці викиду в природних умовах піскових ґрунтів. Експериментальні вибухи патронованих зарядів приведені в двох варіантах: при розташуванні у вертикальному положенні на поверхні піскового ґрунту і на повну глибину патрона.

В експерименті використані стандартні патрони амоніту №6-ЖВ і оболонки кумулятивних зарядів з торцевою лінійною кумулятивною виїмкою) діаметром 36 мм.

Шпури в піскових ґрунті бурили на глибину, рівну довжині заряду патрону) діаметром 40 мм, в який розміщали один патрон з торцевою лінійною кумулятивною виїмкою.

Аналіз результатів показав, що при розміщенні зарядів з торцевою лінійною кумулятивною виїмкою на поверхні піскового ґрунту виїмки 1,2 рази більша, а об'єм викиду піскового ґрунту вибухом зарядів з торцевою лінійною кумулятивною виїмкою був в 1,7 рази більше.

У випадку підривання оболонок зарядів (патрони амоніту №6-ЖВ з торцевою лінійною двогранною поперечною кумулятивною виїмкою) утворились щілини в масі металевих пластин шириною 9-10 мм та довжиною 78-95 мм, розташовані у напрямку лінії зігнутої грані оболонки (мала ось еліпса). При цьому у пластинах, що мають товщину 10 мм, утворились наскрізні щілини у всіх експериментах. А в пластинах, що мають товщину 13 мм, наскрізні щілини були тільки після підривання зарядів діаметром 50 мм, окрім цього при підриванні зарядів діаметром 36 мм утворювались наскрізні щілини, що мають глибину до 7 мм (найбільша глибина – у точці проекції вертикальної осі заряду) (рис.2).

Перевірка ефективності дії шпурових зарядів з торцевою лінійною кумулятивною виїмкою і металевою облицюванням товщиною 0,8 мм з двограним кутом 60 градусів. Шпури діаметрів 40 мм довжиною 2,2 м бурили в гіпсовому масиві з двома оголеними і перпендикулярними один до одного площинами. Одна з них була вертикальною стінкою вентиляційного штреку, пройденого роторним прохідницьким комбайном ПК-8. Експериментальні горизонтальні шпури бурили паралельно вертикальній стінці штреку, тобто забій шпуру знаходився практично у незруйнованому масиві гіпсу. В якості вибухової речовини був використаний амоніт №6-ЖВ вагою 1,4 кг.



Рис. 2 - Характер руйнування сталюого листа товщиною 10 мм і діаметром 180 мм

Аналіз результатів вибухової дії шпурових зарядів з торцевою лінійною кумулятивною виїмкою при руйнуванні гіпсового масиву показав, що в порівнянні з дією зарядів звичайної конструкції інтенсивність вибухового руйнування у даному випадку набагато більше. Якщо у випадку вибуху звичайного шпурового заряду створюються „стакани” завдовжки 15-20 см, то у випадку вибуху шпурового заряду з торцевою лінійною кумулятивною виїмкою створюється каверна у вигляді еліпсоїда обертання з розмірами осей 210 x 320 мм.

Особливо слід відзначити, що коефіцієнт використання шпурів при цьому був більше одиниці, а саме 1,05. Створена в процесі вибуху донна привибійна каверна у вигляді еліпсоїда обертання, створена дією концентрованого вибухового навантаження кумулятивного заряду, виконує роль порожнини, яка демпфірується. Це забезпечує збільшення часу навантаження енергією вибуху масиву гірничих порід. Підвищений тиск продуктів вибуху у каверні створює умови для більш інтенсивного руйнування гірничої породи також і в привибійній зоні шпуру, яка складає 10-12 діаметрів заряду і домірна з довжиною великої осі еліпсоїда обертання каверни.

Таким чином, при виборі необхідних параметрів зарядів з торцевою лінійною кумулятивною виїмкою, є можливість отримати різні величини каверни біля забою шпуру чи свердловини, тим самим заздалегідь визначити тривалість вибухової дії на гірничий масив. Це у кінцевому результаті і визначає характер руйнування гірничого масиву в залежності від параметрів вибухових робіт.

Технічну задачу вирішують способом вдосконалення і застосування вибухового контурного підривання при постановці уступів бортів кар'єрів в постійне крайнє положення. Технологія містить в собі процес буріння контурних свердловин, розташування в них розосереджених інертними проміжками зарядів ви-

бухових речовин у вигляді гірлянд, установку засобів підривання. Особливість технології полягає у тому, що на прямолінійних ділянках уступу кар'єру на забій контурної свердловини діють діаметрально лінійно-площинним кумулятивним струменем кумулятивного заряду з торцевою прямолінійною двогранною кумулятивною виїмкою, ребра обкладинок яких орієнтують впродовж по проектній лінії оконтурення на уступі. А на тильну сегментну ділянку дна свердловини діють послабленим вибуховим імпульсом за рахунок розташування на ньому прокладинок, які демпфірують. При цьому кути розкриття прямолінійних граней кумулятивних виїмок донних контурних зарядів вибирають в діапазоні 1 – 50 градусів, а діаметри контурних зарядів вибирають розміром, рівним 0,5 – 0,8 діаметра контурної свердловини.

Характерною прикметою старої технології є те, що спосіб і його конструкції контурних зарядів формують на дні шпурів та свердловини рівномірне не орієнтоване поле напруги в горизонтальній площині.

Ця мета досягається розміщенням в свердловині контурного заряду з торцевою лінійною кумулятивною виїмкою, ребро заряду якого розміщується по лінії контурного ряду. При цьому ініціювання бойовиків і всіх контурних зарядів виконують одночасно.

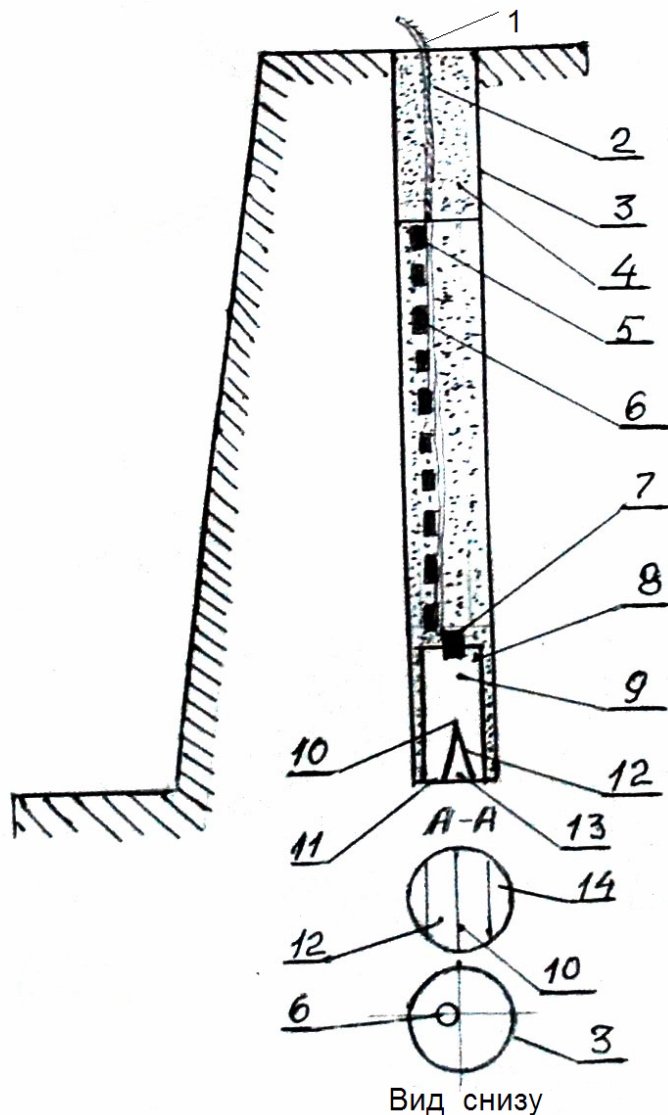
Донні заряди ініціюють від нижнього бойовика, який розміщують в безпосередній відстані від нього. При виконанні вибухових робіт в сухих свердловинах порожнину кумулятивної виїмки необхідно перед вибухом наповнювати водою.

Конструкція контурного свердловинного заряду представлена на рис. 3.

В 1998 році на Рибальському гранітному кар'єрі вперше на промислових вибухових роботах було випробувано нову конструкцію свердловинних зарядів з торцевими лінійними кумулятивними виїмками. На уступі висотою 15 м в останнього ряду свердловин були заряджені 12 свердловин без перебудування свердловин з торцевою лінійною кумулятивною виїмкою. Діаметри свердловин складав 250 мм, а діаметри експериментальних зарядів з торцевою лінійною кумулятивною виїмкою в них складав 203 мм. Два масових вибухи було виконано без перебудування технологічних свердловин. Така технологія дозволяє здійснити розподіл вибухового навантаження з нижньої частини уступу на верхню, що забезпечує більш інтенсивне дроблення гірської породи та зменшення сейсмічної дії свердловинних зарядів. Величина водяного прошарку в порожнині кумулятивної виїмки була оптимальною.

Тип вибухової речовини – грамоніт 50/50В. Кути між гранями торцевої лінійної кумулятивної виїмки складали 60 градусів, маса заряду - 7 кг.

На Любимівському гранітному кар'єрі в 2006 і 2007 рр. вперш на практиці буро-вибухових робіт були виконані три промислові масові вибухи з однометровим недобудуванням свердловин. при застосуванні нової емульсійної вибухівки Україніт-ПП-2Б для руйнування гранітів міцністю f-16 по Протод'яконову з торцевою лінійною поперечною кумулятивною виїмкою.



1 - електродетонатор миттєвої дії, 2 - шнур, що детонірує шнур, 3 - контурна свердловина, 4 - забивка, 5 - верхній бойовик, 6 - гірлянда з герметичними ємностями вибухової речовини амоніта №6ЖВ, 7 - нижній бойовик, 8 - оболонка донного кумулятивного заряду 9 - вибухова речовина, 10 - ребро трикутно-подібної оболонки кумулятивної виїмки донного торцевого лінійного кумулятивного заряду, 11 - зовнішня сегментна частина оболонки контурного заряду, 12 - металева грань оболонки торцевої лінійної кумулятивної виїмки, 13 - трикутно-подібна порожнина кумулятивної виїмки, 14 - зовнішня частина оболонки

Рис. 3 - Конструкція контурного свердловинного заряду:

При виконанні масових вибухів 27 серпня 2007 року на 6-му горизонті блоку №6 при наявності великої лінії супротиву по підшві уступу 10-19 метрів в пішому ряду були підірвані 12 парнонаближених свердловинних зарядів з торцевою лінійною кумулятивною виїмкою. Проробка підшви уступу була нормальна. Розхід вибухових речовин в кожній свердловині скоротився на 150-200 кг. Сейсмічні коливання земної поверхні були зменшені в 2,7 – 3 рази.

При відновленні засипаних і недобурених семи свердловин на Полтавському ГОКу глибиною від 0,5 м до 3,5 м було пробито зарядами з торцевою лінійною кумулятивною виїмкою.

Результати промислових експериментальних вибухів на гранітних кар'єрах підтвердили можливість вибухового руйнування уступів без перебудування в технологічних свердловинах.

Аналіз промислової перевірки показав, що позаконтурна дія вибуху значно менше при контурному підриванні. Застосування донних зарядів з торцевою лінійною кумулятивною виїмкою при контурному підриванні оформленні уступів забезпечує прямолінійність створення контурних тріщин при збільшених відстанях між контурними свердловинами.

ВИСНОВКИ:

1. Вибухова дія шпурового заряду амоніту №6-ЖВ з торцевою лінійною кумулятивною виїмкою у природному гіпсовому масиві створюється каверни з геометричною формою у вигляді еліпсоїда обертання з розмірами осей 210 x 320 мм. Коефіцієнт використання шпурів при цьому становив більше одиниці, а саме 1,03 – 1,05.

2. Сумісна дія вибухо-гідравлічного і кумулятивного ефектів в порожнині торцевої лінійної кумулятивної виїмки створюють умови вибуху підривання на гранітних кар'єрах без перебудування і недобудування більше одного метра свердловин.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Лаврентьев М.А. Кумулятивный заряд и принципы его работы. / М.А. Лаврентьев. - Успехи математических наук.- 1957. - Том 12. - Вып. 4. - С 19-35.
2. Покровский Г.И. Взрыв./ Г.И. Петровский.- М.:Недра, 1973.-С. 45 –59.
3. Демидюк Г.П. Эффективность взрыва при проведении выработок. / Г.П. Демидюк,, В.Ф. Ведутин - М.: Недра, 1973.- С.35-43.
4. Патент, Україна.-№21696А МПК E21C 37/00, F42D3/04. Кумулятивний циліндричний заряд [Текст]/Косенко В.И. Заявка 95073235, заявл. 10.07.95. Опубл. 20.01.98.- Бюл.№2, 1998.-С.134.
5. Патент №80863 С2, Україна МПК (2006) Оболонка кумулятивного заряда [Текст]/Косенко В.И.- Заявл. 23.09.2005.- Заявка №a200509017. –Опубл. 12.11.2007. – Бюл № 11.
6. Патент №80506 С2, Україна, МПК E21C 37/00, F42D 3/04. Спосіб вибухового дроблення гірських порід кумулятивними зарядами. [Текст]/Косенко В.І. Заявка - №2005 09018; заявл.23.09.2005; Опубл. 25.04.2008.- Бюл. № 8.
7. Патент №83044 С2, Україна, МПК E21C 37/00,F42D 3/04. Спосіб добування штукового каменю [Текст]/Косенко В.І., Михайленко К.В. Заявка №2005 12140, заявл. 16.12.2006; опубл. 25.03.2008. Бюл.№1.

К ВОПРОСУ ВЫБОРА И МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ МАРШРУТОВ ЭВАКУАЦИИ ЛЮДЕЙ ИЗ ВЫРАБОТОК АВАРИЙНОЙ ЗОНЫ

Сформульовані основні вимоги і метод формування маршрутів аварійної евакуації людей з виробок позиції плану ліквідації аварій, яка вимушено вибрана з порушенням вимог Правил безпеки щодо її обсягу і конфігурації, і описано порядок викладення таких маршрутів у оперативній частині плану ліквідації аварій.

TO THE ISSUE OF CHOICE AND MATHEMATICAL DESCRIPTION OF ROUTES OF EVACUATION PEOPLES FROM MAKINGS OF EMERGENCY AREA

The basic requirements and method of forming routes of emergency evacuation of peoples from makings of the plan of accidents liquidation positions which is forcedly chosen with violation of requirements of Rules of safety in relation to its volume and configuration are formulated, and the order of exposition of such routes in the operative part plan of accident liquidation is described.

Основной задачей плана ликвидации аварий (ПЛА) является эвакуация всех людей, оказавшихся в аварийном (непосредственно подверженном влиянию поражающих факторов аварии) и угрожаемых (где такое влияние может проявиться впоследствии) участках шахты. С этой целью в оперативную часть ПЛА включаются (в частности, для экзогенных пожаров) сведения о предположительных маршрутах аварийной эвакуации, основанные на прогнозных данных о повышении температуры в горных выработках и распространении по ним газообразных продуктов горения.

В простых случаях, когда топологическая размерность шахтной вентиляционной системы (ШВС) невелика, решение этих задач не представляет сложности. Маршрут практически из каждой выработки очевиден даже для случая осуществления более сложного аварийного реверсивного вентиляционного режима; необходимо лишь правильно изложить его структуру в оперативной части ПЛА.

Иначе обстоит дело на крупных угольных предприятиях. Примеры в Украине есть: это шахты им. А.Ф. Засядько, «Краснолиманская», «Красноармейская-Западная» и ряд других. Для них правильная организация аварийной эвакуации является проблемой. Причин тому несколько. Главная – большая размерность ШВС. Описание маршрутов эвакуации из всех ее выработок, где находятся люди, настолько усложнит ПЛА, что им практически нельзя будет оперативно воспользоваться в аварийной ситуации.

Для таких случаев Правилами безопасности в угольных шахтах (ПБ, [1]) предусмотрено разделение ШВС на участки с однотипными возможностями применения противоаварийных мероприятий – позиции ПЛА. Трактовка их неоднозначна; мы пользуемся своей и обосновали ее неоднократно в научных публикациях [2,3 и др.]. Но – есть требования [1]: позиция не должна быть