

8. Поднятие земной поверхности впереди движущегося очистного забоя происходит при зависании консоли мощного песчаника длиной не менее 10 м.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Сдвигение горных пород при подземной разработке угольных и сланцевых месторождений // А.П. Акимов, В.Н. Земисев, Н.Н. Капцельсон и др. – М.: Недра, - 1970. – 224 с.
2. Заря Н.М., Музафаров Ф.И. Схема механизма сдвижения толщ пород при выемке пологих пластов угля одиночной лавой. – Уголь Украины. – 1966. - № 12, - С. 9 – 12.
3. Повышение устойчивости горного массива при интенсивной отработке угольных пластов пологого падения // В.А. Болбат, Е.И. Кольчик, А.Е. Кольчик и др. / Известия горного института. – Донецк: 2007. - № 1. – С. 33 – 39.
4. Снижение вредного влияния подземной разработки угольных месторождений на окружающую среду // Е.И. Кольчик, В.Н. Ревва, В.К. Костенко, А.Е. Кольчик / Геотехническая механика. – Днепропетровск: ИГТМ НАНУ. – 2006. – Вып. 64. – С. 261 – 267.
5. Методические указания по предотвращению вредного влияния горных работ на геологическую среду. – ИГД им. А.А. Скочинского. – М.: 1984. – 143 с.
6. Гавриленко Ю.Н., Папазов Н.М., Морозова Т.В. Динамика оседания земной поверхности при большой глубине разработки и высокой скорости подвигания забоя // Проблемы гірського тиску. – Донецьк: 2000. - № 4. – С. 108 – 119.
7. Кратч Г. Сдвигение горных пород и защита подрабатываемых сооружений. – М.: Недра. – 1978. – 494 с.
8. Кольчик Е.И. Определение параметров зоны влияния очистной выемки при больших скоростях подвигания лав // Известия Донецкого горного института. – Донецк: 2007. - № 2. – С. 17 – 21.

УДК 622.235:622.831.6

Канд. техн. наук В.І. Косенко
(ІГТМ НАН України)

НАПРЯМКИ УДОСКОНАЛЕННЯ ВИБУХОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ, ЯКІ ПІДВИЩУЮТЬ ЕФЕКТИВНІСТЬ І БЕЗПЕКУ ГІРНИЧИХ РОБІТ

Представлены результаты исследований действия новых конструкций кумулятивных шпуровых и скважинных зарядов при взрывной отбойке крепких горных пород в условиях подземной и открытой разработки полезных ископаемых. Результаты исследований реализованы в технических условиях “Кумулятивные заряды с торцевой линейной двугранной кумулятивной выемкой ТЛКВ” (проект).

EXPLOSION TECHNOLOGIES IMPROVEMENT DIRECTIONS, ENHANCING EFFICIENCY AND SAFETY OF MINING OPERATIONS

Introduction of the results of hollow charge new construction efficiency research while rock blasting for both open and underground operations. Investigation results are presented in technology "Cumulation charge with linear pot in foundation lowest part" (project).

В теперішній час проблеми безпеки і ефективності вибухових робіт у гірничо-добувній промисловості залишаються невирішеними. Крім цього до них додалась проблема утилізації застарілих боєприпасів Міністерства оборони та використання їх у гірничорудній промисловості.

При руйнуванні гірських порід коефіцієнт корисної дії вибуху залежить від конструкції заряду, який формує вибуховий імпульс, фізико-механічних та технологічних властивостей гірського масиву, який оточує заряд, а також режиму та тривалості застосовуваного вибухового навантаження.

Сучасні методи управління енергією вибуху використовують здебільшого регулювання величиною лінії найменшого опору заряду і конструкцією зарядів,

які не забезпечують орієнтування значної частини вибухового навантаження в потрібному напрямку руйнування гірського масиву. За останні роки набуває поширення застосування емульсійних вибухових речовин, які дозволяють зменшити викиди шкідливих газів у атмосферу, але застосування застарілих технологій вибухової відбійки не дає можливості різко скоротити небезпечні викиди. Діючі «Норми технологічного проектування» передбачають застосування значних розмірів перебудів у технологічних свердловинах на всіх карерах, а тому вибухові речовини, розташовані у нижній частині свердловини використовуються нераціонально.

Раніше в роботі [1] було експериментально встановлена геометрична форма переднього фронту детонаційної хвилі у вигляді параболоїда обертання, що виходить на торцеву частину свердловинного заряду діаметром 180 мм з циліндричною симетрією. Відомо, що детонаційний тиск у торцевій частині свердловини у півтора рази більший, ніж на стінках свердловини. зона пластичних деформацій тут найбільша і також має вигляд і об'єм параболоїда обертання.

Спроби використати різноманітні конструкції конусних кумулятивних зарядів при відбійці гірських порід не знайшли широкого застосування при руйнуванні негабаритних кусків гірської породи [2, 3, 4]. Основна причина неефективної роботи накладних конусних і сферичних кумулятивних зарядів – це формування точкового вибухового навантаження на гірську породу, що виявляється нераціональним і недостатнім для формування руйнівного поля напруги. Використання зарядів з подовженою кумулятивною виямкою [5] стримується технологічними утрудненнями, бо заряди порошкових вибухових речовин тривалий час не зберігають попередні геометричні форми та параметри, а зпресовані кумулятивні заряди мають підвищену ціну.

Розроблена нова конструкція кумулятивного заряду з торцевою лінійною поперечною двогранною кумулятивною виямкою [6]. Контрольні випробування зазначеної конструкції шпурових зарядів амоніту № 6ЖВ масою 0,25 кг та діаметром 42 мм и 50 мм були виконані в МакНДІ. Дослідження проводились на предмет вирвоутворення у твердому ґрунті глинистих пісків. При цьому товщина сталевих двограних облицівок кумулятивних виямок складала 0,5 мм. Візуальний огляд і аналіз результатів десяти експериментальних вибухів по встановленню характеру вирвоутворення показав, що заряди з торцевою лінійною кумулятивною виямкою мають показник фугасності у 1,9-2,0 рази більше, чим у зарядів із звичайною циліндричною формою. Ця обставина вказує на те, що заряди нової конструкції кумулятивних зарядів мають коефіцієнт корисної дії вибуху значно більший, ніж у зарядів звичайної конструкції.

Дослідні випробування нової конструкції шпурових зарядів були виконані при руйнуванні негабаритів на Караньському та Рибальському гранітних кар'єрах у вертикальних шпурах на негабаритних кусках граніту. Всього було зруйновано 500 негабаритів при застосуванні зарядів із торцевою лінійною двогранною кумулятивною виямкою. Довжина шпурів при цьому була зменшена удвічі, а витрати амоніту № 6ЖВ - у 1,5–2 рази.

В умовах підземної розробки гіпсової шахти Артемівського алебастрового комбінату було виконано три експериментальних вибухи із застосуванням контурного підривання при очисній виїмці гипса в камерах з розмірами 8x10 м. Довжина шпурів складала три метри. Торцеві лінійні кумулятивні заряди розміщувались тільки в периферійних вертикальних шпурах, бо потолочина оконтурювалась по маркуючому вапняковому пропластку.

Аналіз результатів експериментальних вибухів показав, що при контурному підриванні шорсткуватість стінок очисної камери значно менша, заколів та тріщин у масив цілика не спостерігалось, що значно забезпечило стійкість галереї та забезпечило безпеку очисних робіт.

З метою встановлення ефективності вибухового руйнування на Токовському та Рибальському гранітних кар'єрах була досліджена нова технологія вибухової відбійки при застосуванні свердловинних зарядів з торцевою лінійною двогранною кумулятивною виямкою. Донна частина оболонки заряду була виконана з склопластиковою кумулятивною облицівкою двогранної форми товщиною 2 мм. Експериментальні свердловини на блоці №190 м-06 кар'єру ПГЗКа були пробурені кумінгтоніто-магнетитових кварцитах міцністю $f=16-18$ по Протод'яконову. В центральній частині експериментального блоку були заряджені вісім свердловин кумулятивними зарядами з торцевою лінійною двогранною кумулятивною виямкою. При цьому недобур свердловин складав від 0,5 до 3,0 м. Облицівки кумулятивних виямок в вигляді циліндричних ємностей діаметром 220 мм [7] наповнювали гранулотолом і опускали на дно свердловини, а потім зарядна машина виконувала досипання колонки заряду до проектною висоти грамонітом 79/21.

На Рибальському гранітному кар'єрі донні кумулятивні монозаряди споряджали грамонітом 50/50В, Гелексом-100 и Гелексом-650 масою по 5-6 кг кожний. Верхня частина колонки зарядів формувалась грамонітом 79/21, а в обводнених свердловинах - патронованим Гелексом-100 з діаметром 150мм. При бурінні свердловин на блоці експериментального масового вибуху в останньому ряду дванадцять свердловин були пробурені без перебуру и були споряджені донними зарядами с торцевими лінійними двогранными кумулятивними виямками з діаметром 203 мм. Після відвантаження гірничої маси завищень підосви уступа відмічено не було, а проробка підосви уступа на експериментальній ділянці була кращою.

Вибухова відбійка гранітних уступів при застосуванні свердловинних зарядів з торцевою лінійною поперечною кумулятивною виямкою була виконана на Рибальському, Чаплінському та Любимівському гранітних кар'єрах. Причому два масових вибухи виконані з недобуром свердловин 0,5...1,0 м, чотири масових вибухів – 1 м, а два масових вибухи без перебурів. Особливість дії запираючого кумулятивного заряду з торцевою лінійною кумулятивною виямкою в забійці полягає в тому, що нижній бойовик ініціюють першим, а потім з уповільненням ініціюють верхній бойовик. Від нижнього бойовика вибуховий імпульс передається нижній ділянці свердловинного заряду.

Друга детонаційна хвиля від дії вибухового імпульсу верхнього бойовика

підходе до верхнього кумулятивного монозаряду з торцевою лінійною двогранною кумулятивною виямкою, який генерує лінійно-площинний кумулятивний струмінь і діє на матеріал забійки. Розсікаючи нижню дільницю забійки на дві рівні частини по вертикалі через центр свердловини, лінійно-площинний кумулятивний струмінь створює простір для проникання залишкових другорядних продуктів детонації всього свердловинного заряду. Таким чином, нижня частина забійки розклинається, створюючи боковий распір та більш щільне запирання продуктів детонації основної колонки заряду, що заважає передчасному викиду її, а це призводить до збільшення часу дії вибухового навантаження на гірській масив та до покращення вибухового дріблення гірських порід.

При виконанні вибухового руйнування уступа на дно свердловини установлюють кумулятивні монозаряди з торцевими лінійними двогранними кумулятивними виямками. Потім знову завантажують вибухову речовину на висоту, рівну двом-трьом діаметрам свердловини і установлюють верхній кумулятивний монозаряд з торцевою двогранною кумулятивною виямкою. При цьому ребро його облицівки розташовують перпендикулярно ребру облицівки нижнього донного кумулятивного монозаряду, а кумулятивну виямку орієнтують у напрямку забійки. Після цього виконують засипання матеріалу забійки, наприклад, гранітного відсіву фракції 1-5 мм.

Сукупність вибухової дії двох кумулятивних монозарядів у свердловині забезпечує підвищену ефективність вибухового дроблення уступів з кріпкими гірськими породами. Це створює передумови для підвищення коефіцієнта корисної дії вибуху, розширення сітки розташування свердловин, ліквідації перебуру свердловин, зменшення сейсмічної дії вибухів на промислові будинки і споруди та різке зменшення шкідливих викидів у атмосферу.

Аналіз результатів вибухового дроблення гірської маси при виконанні експериментальних масових вибухів показав, що середній вихід негабариту складав лише 4–5 %, а при використанні базової технології – 15–20%.

У практиці виконання вибухових робіт відомі конструкції свердловинних зміщених зарядів, які реалізують орієнтовану дію зарядів, застосовуючи шлангові конструкції свердловинного заряду вибухової речовини. Недоліком їх є лінійний дотик до стінки свердловини, а при попаданні сипучого інертного забійного матеріалу з відсіву фракції 1...5 мм між стінкою і сипучою гранульованою вибуховою речовиною створюється екран, що різко зменшує вибуховий імпульс на стінку свердловини.

Основна технічна задача нової конструкції свердловинного заряду: підвищення ефективності вибухового руйнування верхньої частини уступа в зоні нерегульованого дріблення за рахунок збільшення величини розпору забійки на стінки свердловини та часу дії вибухового навантаження на гірський масив [8].

Запираючий подовжений кумулятивний заряд в забійці виконують з геометричною формою поперечного перерізу, обмеженою відрізками радіусів сектору свердловини і частиною дуги, описаною радіусом свердловини, а також внутрішньою частиною дуги, що має радіус, рівний різниці між розміром діаметра

свердловини і величиною критичного діаметра використовуваної вибухової речовини та визначається з виразу:

$$R_{\text{вн}} = D - D_{\text{кр}}, \text{ мм},$$

де: $R_{\text{вн}}$ - розрахунковий внутрішній радіус запираючого подовженого кумулятивного заряду вибухової речовини в забійці, яка визначається умовами критичного діаметру застосовуваної вибухової речовини, мм, D – діаметр свердловини, мм; $D_{\text{кр}}$ - еквівалентний критичний діаметр застосовуваної вибухової речовини, мм.

Суттєвою ознакою нової конструкції свердловинного заряду є наявність нової геометричної форми поперечного перерізу запираючого подовженого зміщеного суцільного кумулятивного заряду в забійці [7]. Нова геометрична форма утворюється двома відрізками радіусів сектора та частиною циліндричної дуги свердловини і дугою з радіусом, що дорівнює різниці між розмірами діаметра свердловини і критичного діаметра застосовуваної вибухової речовини, тобто розрахункової товщини прошарка цієї вибухової речовини.

Така величина радіуса закруглення створює концентрацію і фокусування вибухового та розпираючого навантаження в забійці свердловини безпосередньо на протилежній стінці свердловини. Це забезпечує більш щільне запирання і гальмування продуктів детонації свердловинного заряду, що створює умови для більш подовженої дії вибуху на гірський масив.

Свердловинний заряд із запираючим подовженим і суцільним кумулятивним зарядом у забійці з розміром не менше, як на половину її довжини, забезпечує більш інтенсивний розпір забійки та її опір продуктам детонації. Таким чином створюються умови для більш ефективного руйнування міцних гірських порід особливо у верхній частині уступу.

Додатковий подовжений кумулятивний заряд з меншим поперечним перетином у сипучій забійці діє таким чином. Після ініціювання верхнього бойовика фронт детонаційної хвилі з верхнього обрізу колонки свердловинного заряду вибухової речовини досягає забійки і суцільного подовженого кумулятивного заряду в забійці. Продукти детонації цього заряду формуються і концентруються у подовжений лінійно-площинний кумулятивний струмінь, який ущільнює сипучий інертний забійний матеріал на протилежній стінці свердловини. При цьому він також стискує забійку в її нижній половині, а з свого протилежного тильного боку подовжений суцільний кумулятивний заряд у забійці діє на верхню зону нерегульованого дроблення уступу. При проходженні детонаційної хвилі вибухового імпульсу в детонуючих шнурах, розташованих в сипучій інертній забійці, колонка запираючого заряду не детонує у зв'язку з відсутністю у неї контакту з ними. Надійне і повне екранування їхнього вибухового імпульсу створюється сипкою інертною масою забійки. Після проходження фронту детонаційної хвилі знизу догори по заряду і при виході її на верхній зріз колонки заряду відбувається перехід детонаційного фронту безпосередньо до подовженого суцільного кумулятивного заряду з меншою погонною масою. Вона скла-

дає від 17 до 20 відсотків площі поперечного перетину основного заряду, а довжина асиметричного заряду становить не менше половини довжини забійкової частини свердловини.

Зазначені параметри запираючого кумулятивного заряду обґрунтовані і вибрані із показників сталої детонації, тобто у залежності від величини критичного діаметра застосовуваної сипучої гранульованої вибухової речовини, а також від діаметра основного свердловинного заряду. Запираючий подовжений заряд в забійці виконаний з ввігнутою формою поперечного перетину та свердловинними радіальними кутами в діапазоні 60-90°, тобто є жолобкоподібним. Він перешкоджає розповсюдженню хвилі зсуву в забійці і створює за рахунок поперечного бокового розпору значні по розмірам сили тертя, що збільшує час дії вибухового навантаження на гірський масив, а також забезпечує підвищення коефіцієнта корисної дії вибуху. Крім цього, запираючий подовжений кумулятивний заряд в забійці виконує додаткову функцію, виконуючи корисну роботу по дробленню верхньої частини уступу у нижній зоні розміщення забійки.

Застосування нових конструкцій кумулятивних зарядів може бути використано в умовах підземної розробки при проведенні підготовчих виробок, торпедуванні вугільних пластів і пород, опусканні кріпкої покрівлі в лавах, при дії на вибої дегазаційних поверхневих свердловин, проведенні перегонних тоннелей метрополітенів.

Висновки.

1. Результати дослідних промислових випробувань в умовах відкритої розробки кар'єрів показали, що вибухове руйнування гранітних уступів можливе з відбійкою свердловинними кумулятивними зарядами, рівними висоті уступа.

2. Витрати вибухових речовин на одну технологічну свердловину зменшуються на 80-100 кг і відповідно зменшуються викиди шкідливих газів у атмосферу.

3. Результати промислових випробувань показали, що вибухова відбійка зарядами з торцевими лінійними двогранными кумулятивними виайками є універсальною та ефективною при застосуванні, як шпурових, так і свердловинних кумулятивних зарядів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Косенко В.І. Управление параметрами взрывного импульса при разрушении крепких горных пород. – Междуведомственный сборник “Геотехническая механика”. Вып.41. –2003. –С. 215 – 221.
2. Андреев Е.Т. Прессованные кумулятивные шашки для дробления негабарита на карьерах. Сборник статей по горному делу. Свердловский горный институт, Свердловск, 1956.- С.34-41.
3. Асонов В.А., Басов Д.Л., Давыдов С.А. и др. – Взрывные работы на металлических рудниках. – М.:Металлургиздат, 1950. С.50-80.
4. Лаврентьев М.А. Кумулятивный заряд и принципы его работы.-Успехи математических наук.- 1957.-Том 12, вып. 2. С.121-134.
5. Демидюк Г.П., Ведутин В.Ф. Эффективность взрыва при проведении выработок.-М.: Недра, 1973.-153С.
6. Патент №21696А. МПК F42D 3/04. Кумулятивный цилиндрический заряд / В.І. Косенко (Україна). – Заявл.10.07.95 //Промислова власність. - 1995. –№2.
7. Патент № 80863 С2 Україна, МПК Е 21 С 37/00, F 42 D 3/04. Оболонка кумулятивного заряда. / Косенко В.І., Косенко А.В. – Заявка № 200509017, Заявл. 23.09.2005; Опубл. 12.11.2007.
8. А.с. № 1240120, СССР, МКИ Е21С 37/00 // Способ создания скважинного заряда для отбойки горных пород. Опубл.23.06.1986.-Бюлл. №23.