УДК 622.235

Є.А. Загоруйко, асист.
Т.В. Косенко, асист.
О.О. Фролов, к.т.н., доц.
Національний технічний університет України "КПІ"

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ КОНТУРНОГО ПІДРИВАННЯ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ПОСТІЙНИХ БОРТІВ КАР'ЄРІВ ПРИ РОЗРОБЦІ СКЕЛЬНИХ ПОРІД

Розглянуто основні способи контурного підривання при формуванні постійних бортів кар'єрів. Встановлено, що найбільш ефективним є спосіб попереднього щілиноутворення. Виконано аналіз методів визначення основних параметрів контурного підривання для створення екрануючої щілини. На основі проведеного аналізу надано рекомендації щодо подальшого вдосконалення методів контурного підривання.

Вступ. Актуальною проблемою при розробці родовищ корисних копалин відкритим способом є проблема стійкості укосів бортів кар'єрів. Особливої гостроти вона набула останнім часом, коли глибина відпрацювання кар'єрів збільшилась. Досвід, накопичений при відпрацюванні неглибоких кар'єрів, уже не задовольняє новим вимогам.

При формуванні постійних бортів кар'єрів, які розробляють скельні породи, застосування буропідривних робіт із використанням звичайних способів підривання викликає значні порушення законтурного масиву [1–3]. Це приводить до виположування укосів у порівнянні із проектом і вимагає додаткових витрат на штучне зміцнення укосів уступів або рознесення бортів з метою відновлення транспортних берм на граничному контурі кар'єру. У зв'язку із цим для глибоких кар'єрів економічно обґрунтованим є застосування спеціальної технології ведення буропідривних робіт у приконтурній зоні [4].

Найбільш технологічним і, у більшості випадків, досить ефективним способом керування станом уступів, що формуються, є контурне підривання. Відносна дешевість контурного підривання у порівнянні зі штучним укріпленням укосів робить його незамінним при формуванні постійних бортів кар'єру.

Актуальність досліджень. На даний час досягнуто значних успіхів в області застосування контурного підривання на відкритих роботах. Однак невирішеним залишаються питання, пов'язані з вибором раціональних параметрів контурного підривання і вибором методів підвищення ефективності цієї технології. Одним з найбільш істотних недоліків є те, що вимоги стійкості не враховуються при виборі параметрів буропідривних робіт (БПР). Вплив спеціальних методів ведення БПР на стійкість відкосів уступів лише констатується після виконання робіт.

Це визначає актуальність досліджень, спрямованих на розробку методів керування процесом руйнування порід при контурному підриванні і визначення раціональних параметрів контурного підривання, що дозволяють одержувати стійкі круті укоси уступів.

Проведення досліджень. Результати досліджень щодо застосування контурного підривання у гірничо-видобувній промисловості наведені в роботах [5–7].

Основним завданням, розв'язуваним при використанні контурного підривання на кар'єрах, є забезпечення тривалої стійкості уступів у відповідності до проектного значення кута укосу, що вимагає обмежити розміри зони порушення міжблочних зв'язків.

У практиці знайшли застосування два способи контурного підривання: гладке підривання і попереднє щілиноутворення. Спосіб гладкого підривання передбачає підривання оконтурюючих зарядів після розпушування породи в приконтурній зоні. Він забезпечує відбійку найбільш порушеної частини порід і отримання гладкої поверхні відриву по лінії оконтурюючих зарядів. Спосіб повністю відповідає вимозі високої точності оконтурювання профільованої виробки і знайшов застосування в шахтному будівництві.

Застосування свердловин великого діаметра (150–250 мм) при подрібненні порід на кар'єрах приводить до різкого збільшення розмірів зони руйнування, особливо у верхній частині уступу. У цьому випадку застосування гладкого підривання зазвичай не забезпечує необхідної по стійкості обмеження зони деформацій. Позитивні результати можуть бути досягнуті лише у великоблочних масивах, складених міцними (f = 15–20) в'язкими породами, при завідкосці уступів вздовж природних тріщин, круто падаючих у бік кар'єру.

Набагато кращі результати дає застосування попереднього щілиноутворення. При цьому до вибуху основних зарядів дробіння вздовж проектного контуру створюється екрануюча щілина. Наявність такої

© Є.А. Загоруйко, Т.В. Косенко, О.О. Фролов, 2008

щілини дозволяє знизити в 2–4 рази напруження у фронті хвилі стиску, що генерується вибухом основних зарядів, і тим самим, зменшити ширину зони деформацій [8].

Екрануюча щілина по проектному контуру створюється шляхом одночасного підривання ряду зближених оконтурюючих зарядів. Заряди розташовуються в свердловинах рівномірно по всій довжині. Конструктивно можуть використовуватися заряди з гірлянд патронованих вибухових речовин (ВР), шлангові заряди сипучих ВР у оболонках, а також заряди з повітряним проміжком. Наявність повітряного зазору сприяє гасінню ударних хвиль. В результаті навіть при використанні бризантних вибухових речовин дія вибуху на масив наближається до дії фугасних ВР.

При взаємодії сусідніх зарядів між ними проростає одна або кілька тріщин, що розпираються під впливом тиску продуктів детонації. Кількість тріщин, що проростають між зарядами, залежить від тріщинуватості масиву, властивостей порід, швидкості підведення енергії. На практиці по лінії контуру зазвичай розвивається мережа тріщин. Розкриття щілини відбувається за рахунок ущільнення порожнин у прилягаючій частині масиву. У даний час відомо кілька методів підходу до визначення параметрів оконтурюючих зарядів.

Зокрема, у роботах [2, 9] запропоновані залежності, які одержані із умови формування щілини, як наслідок розвитку зони пластичних деформацій при взаємодії двох зближених зарядів. У роботі [7] пропонується залежність, одержана в припущенні розвитку по лінії зарядів суцільної магістральної тріщини. В основі розрахунку покладено перехід від стискаючих напруг до розтягуючих, які повинні перебільшувати міцність породи на розрив. У роботі [10] розрахунок параметрів оконтурюючих зарядів пропонується робити в припущенні одночасності підривання по всій поверхні контуру, що припускається лише при дуже малих відстанях між зарядами.

Однак, всі вищезазначені методи визначення параметрів контурного підривання пропонують залежності лише співвідношення основних параметрів оконтурюючих зарядів (діаметр свердловини, відстань між свердловинами, маса заряду) з врахуванням тих або інших характеристик порід. Питання ж вибору раціональних параметрів для конкретних умов залишається повністю нерозкритим. Крім того, врахування міцності тріщинуватих скельних порід тільки коефіцієнтом міцності та нехтування впливом тріщинуватості масиву призводять до різкого зниження точності розрахунків. Так розрахунок параметрів оконтурюючих зарядів за пропонованими методами дає розходження по лінійній масі заряду більше, ніж у три рази. Тому у даний час параметри контурного підривання базуються на узагальненні фактичних промислових даних.

Так, у роботах [3, 11] наведені орієнтовні параметри оконтурюючих зарядів, отримані в результаті узагальнення фактичних даних. В [11] рекомендовано приймати діаметр оконтурюючих свердловин у межах 100–150 мм. В той же час відмічається, що позитивні результати можуть бути досягнуті і при більшому діаметрі свердловини. Орієнтовні значення параметрів оконтурюючих зарядів, рекомендовані в [11], при використанні свердловин діаметром 100–150 мм наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Орієнтовні параметри оконтурюючих зарядів

Коефіцієнт міцності породи	Питома витрата ВР при відбійці, кг/м^3	Маса заряду на 1 п.м. свердловини (кг) в залежності від відстані (м) між контурними свердловинами		
		1,0	1,5	2,0
16-20	0,8-1,0	1,5	2,2	3,0
10-12	0,5-0,6	1,0	1,5	2,0
6-8	0,3-0,4	0,8	1,2	1,5

В [3] параметри оконтурюючих зарядів рекомендується вибирати у відповідності до табл. 2.

Таблиця 2

Параметри оконтурюючих зарядів

Відстань між свердловинами, м	Діаметр свердловин, мм	Лінійна маса заряду, кг/м, при коефіцієнті міцності *f*		
		12-16	6-12	4-6
0,8-1,0	80-100	0,7	0,5	0,4
1,0-1,2	80-100	0,8	0,6	0,5
1,2-1,5	100	1,0	0,8	0,7
1,5-2,0	100-150	1,5	1,2	1,0
2,0-2,5	100-200	1,8	1,5	1,2

Розбіжність рекомендованих в [3] і [11] параметрів викликана розходженням критеріїв оцінки результатів застосування контурного підривання і свідчить про те, що вибір параметрів контурного підривання за даними таблицями є досить приблизним.

Відстані від зарядів дроблення до проектного контуру доцільно приймати рівними ширині зони тріщиноутворення. Згідно з [12], ширину зони розвитку тріщин рекомендується приймати за формулою:

$$r_{\max} = 0{,}886 d_C \sqrt{\frac{\Delta}{(0{,}4 + 0{,}1f)\cdot e}}, \qquad (1)$$

де f – коефіцієнт міцності породи за шкалою проф. Протод'яконова;

d_C – діаметр свердловин, м;

Δ – щільність заряджання, кг/м^3;

e – коефіцієнт працездатності вибухової речовини.

Зменшення відстані від заряду до екрануючої щілини приведе до різкого збільшення зони порушень, а тому неприпустимо.

Висновки.

1. Аналіз досліджень щодо застосування спеціальних методів ведення БПР при формуванні постійних бортів кар'єрів показав, що найбільш ефективним способом обмеження зони деформацій за проектною поверхнею відриву є застосування попереднього щілиноутворення.

2. Методи визначення параметрів оконтурюючих зарядів для створення екрануючої щілини не дозволяють достатньо обґрунтовано і однозначно рекомендувати параметри БПР для конкретних гірничо-геологічних умов. Відомі на даний момент залежності дозволяють лише орієнтовно оцінити співвідношення між основними параметрами оконтурюючих зарядів.

3. У зв'язку з відсутністю теоретичних залежностей для розрахунку гранично допустимих, за умовою збереження стійкості укосів, навантажень на законтурний масив, відпрацьовування параметрів БПР потрібно виконувати для кожної ділянки масиву, яка характеризується певними фізико-механічними властивостями порід.

Для подальшого вдосконалення методів контурного підривання для забезпечення тривалої стійкості уступів та бортів кар'єрів пропонується в подальших дослідженнях обґрунтувати критерії оцінки ефективності застосування контурного підривання, теоретично встановити особливості процесу формування екрануючої щілини і виконати перевірку цих положень в промислових умовах.

ЛІТЕРАТУРА:

1. *Кузнецов Г.В., Улыбин В.П.* Деформирование массива скальных пород при действии интенсивных взрывных нагрузок. – ГТС, 1969. – № 2. – С. 32–35.
2. *Бурлуцкий. П.Д., Меримов М.А.* К расчету некоторых параметров контурного взрывания на карьерах // Вопросы разработки рудных и рассыпных месторождений: Сб.трудов. – М.: Недра, 1970. – С. 78–83.
3. *Методические указания* по обеспечению устойчивости откосов и сейсмической безопасности зданий и сооружений при ведении взрывных работ на карьерах. – Л.: ВНИМИ, 1977. – 17 с.
4. *Фисенко Г.Л., Ревазов М.А., Гапустьян Э.Л.* Укрепление откосов в карьерах. – М.: Недра, 1974.
5. *Кутузов Б.Н., Лемеш Н.И., Плужников В.Ф.* Классификация горных пород по взрываемости для карьеров// Горный журнал. – 1979. – № 2. – С. 41–43.
6. *Фадеев А.Б.* Исследование устойчивости бортов карьеров в скальных и полускальных породах// Автореф. дисс. на соиск. уч. степ. докт. техн. наук. – М.: 1974. – С. 40.
7. *Шекун О.Г., Савитюк В.И., Захарчук Б.И.* Распределение напряжения в горном массиве при взрыве контурных скважин// Разработка рудных месторождений. Респ. межвед. научн.-техн. сб. – Киев: Техника, 1977. – Вып. 23. – С. 41–44.
8. *Кузнецов Г.В., Улыбин В.П.* Изменение величины сейсмического воздействия взрывов на карьере в зависимости от различных факторов // В сб.: Взрывное дело. – М.: Недра, 1972 . – № 71/28. – С. 174–180.
9. *Боровиков В.А.* Некоторые теоретические аспекты предварительного щелеобразования// Физические процессы горного производства. Межвузовской об. – Л.: ЛГИ, 1975. – Вып. 2. – С. 69–73.
10. *Кутузов Б.Н., Шифрин Е.И.* Выбор рациональных параметров контурной отбойки при разработке скальной вскрыши на карьерах облицовочного камня // В сб.: Физико-технические проблемы разработке полезных ископаемых. – Новосибирск: АН СССР, Сибирское отделение. – 1977. – № 6. – С. 56–62.

11. *Инструкция* по наблюдению за деформациями бортов, откосов уступов и отвалов на карьерах в разработке мероприятий по обеспечению их устойчивости. – Л.: ВНИМИ, 1975.
12. *Граур М.И.* Управление процессом разрушения пород при контурном взрывании с целью получения устойчивых откосов уступов в карьерах // Дис. ... канд.техн.наук: 01.04.07 – М., 1981. – 201 с.

ЗАГОРУЙКО Євген Анатолійович – асистент кафедри геобудівництва та гірничих технологій Національного технічного університету України "КПІ".

Наукові інтереси:
- гірництво.

КОСЕНКО Тетяна Володимирівна – асистент кафедри геобудівництва та гірничих технологій Національного технічного університету України "КПІ".

Наукові інтереси:
- гірництво;
- вибухові роботи.

ФРОЛОВ Олександр Олександрович – кандидат технічних наук, доцент кафедри геобудівництва та гірничих технологій Національного технічного університету України "КПІ".

Наукові інтереси:
- вибухові роботи;
- гірництво.

Тел. (044) 406-80-08

Подано 25.01.2008

Загоруйко Є.А., Косенко Т.В., Фролов О.О. Аналіз методів визначення параметрів контурного підривання для формування постійних бортів кар'єрів при розробці скельних порід
Загоруйко Е.А., Косенко Т.В., Фролов А.А. Анализ методов определения параметров контурного взрывания для формирования постоянных бортов карьеров при разработке скальных пород
Zagorujko J., Kosenko T., Frolov O. The analysis of methods of definition of parameters of planimetric detonation for formation of constant barriers of quarry during development of the rocks

УДК 622.235
Анализ методов определения параметров контурного взрывания для формирования постоянных бортов карьеров при разработке скальных пород / Е.А. Загоруйко, Т.В. Косенко, А.А. Фролов
Рассмотрены основные способы контурного взрывания при формировании постоянных бортов карьеров. Установлено, что наиболее эффективным является способ предварительного щелеобразования. Выполнен анализ методов определения основных параметров контурного взрывания для образования экранирующей щели. На основе проведенного анализа даны рекомендации по дальнейшему усовершенствованию методов контурного взрывания.

УДК 622.235
The analysis of methods of definition of parameters of planimetric detonation for formation of constant barriers of quarry during development of the rocks / J.Zagorujko, T.Kosenko, O.Frolov
The basic ways of planimetric detonation are considered at formation of constant quarry boards. It is established, that the most effective is the way of preliminary crack making. Considered the methods of definition of key parameters of planimetric detonation for formation of a shielding crack. On the basis of the carried out analysis recommendations on the further improvement of methods of planimetric detonation are given.