Посилання

[1] С. Жуков, "Теоретические основы динамики процесса откола камня шпуровыми методами в карьере", *Сборник научных трудов "Добыча, обработка и применение природного камня"*, №15, с.100-104, 2015.
[2] С. Жуков, "Расчет рабочего процесса пироклинового раскалывающего устройства", *Разработка рудных месторождений*. Кривой Рог, Вып.64, с. 42-55, 1998.
[3] С. Жуков, "Дослідження закономірностей відбивання блоків природного каменю зі збереженням його монолітності", *Відомості Академії гірничих наук України*, №2, с.17-18,1997.
[4] К. Ткачук, "Разработка эффективных методов добычи гранитных блоков", дис. на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук, Кривой Рог, 1995.
[5] Ю. Мураками, *"Справочник по коэффициентам интенсивности напряжений", Справочное издание*, Москва: Издательство "Мир", Том. 1, 1990.
[6] J. Newman, "An improved method of collocation for the stress analysis of cracked plates with various shaped boundaries" in *NASA Technical report*, Hampton: NASA, с.1-45, 1971.

Стаття надійшла до редакції 10.05.2017р.

УДК 622.235
DOI: 10.20535/2079-5688.0.33.101841

О.О. Фролов, д.т.н., проф., **А.В. Хлановський**, студент (КПІ ім. Ігоря Сікорського»)

ЩОДО ВИБОРУ ЕФЕКТИВНОГО ДІАМЕТРУ СВЕРДЛОВИННИХ ЗАРЯДІВ НА КАР'ЄРАХ

O.O. Frolov, A.V. Khlanovskyi (National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»)

ON THE CHOICE OF AN EFFECTIVE DIAMETER OF BOREHOLE CHARGES IN QUARRIES

Проведено аналіз існуючих досліджень з вибору ефективного діаметру свердловин, який визначає основні параметри буропідривних робіт на кар'єрах. Встановлено, що при однакових гірничо-геологічних та технологічних умовах розробки родовища наведені розрахункові формули надають різні чисельні значення діаметрів свердловин.

***Ключові слова**: вибух; діаметр свердловини; скельні породи; вибухова речовина; гірнича маса; кар'єр.*

© Фролов О.О., Хлановський А.В., 2017

Проведен анализ существующих исследований по выбору эффективного диаметра скважин, определяющий основные параметры буровзрывных работ на карьерах. Установлено, что при одинаковых горно-геологических и технологических условиях разработки месторождения приведенные расчетные формулы показуют различные численные значения диаметров скважин.

Ключевые слова: *взрыв; диаметр скважины; скальные породы; взрывчатое вещество; горная масса; карьер.*

The analysis of existing studies on the choice of effective well diameter, which determines the main parameters of drilling and blasting operations in quarries, is carried out. It has been established that with the same mining-geological and technological conditions for field development, these calculated formulas show different numerical values of well diameters.

Keywords: *explosion; borehole diameter; rock; explosive; rock mass; quarry.*

Вступ. Управління інтенсивністю руйнування гірських порід вибухом є однією з найважливіших наукових та практичних задач в гірничовидобувній промисловості. Її рішення забезпечує зменшення енерговитрат на вибухову відбійку, зниження об’єму виходу переподрібнених фракцій та виходу негабариту, що обумовлюють втрати корисних копалин, і зменшення негативного впливу на оточуюче середовище.

Практика показує, що для кар’єрів нерудних корисних копалин підвищення інтенсивності вибухового дроблення гірських порід тільки за рахунок збільшення витрат енергії вибухових речовин (ВР) є нераціональним, оскільки призводить до зростання обсягу переподрібнених фракцій та погіршення характеристик міцності товарної продукції.

Це зумовлює необхідність розробки раціональних способів регулювання вибухового навантаження, що дозволяють без збільшення енерговитрат отримувати необхідне дроблення порід [1]. Тому розробка способів управління дробленням порід вибухом за допомогою вибору діаметра заряду є актуальним.

Ціль та завдання. Для встановлення закономірностей визначення ефективного діаметру свердловин для руйнування скельних гірських масивів вибухом виконаємо аналіз існуючих досліджень в даній сфері гірництва та проведемо чисельну обробку результатів обчислень для конкретних гірничо-геологічних умов.

Результати досліджень. Діаметр свердловини визначає основні параметри буропідривних робіт. На сучасних кар’єрах застосовують свердловини діаметром від 100 до 320 мм. До теперішнього часу немає твердо усталеної думки про раціональний діаметр свердловин.

У кожному конкретному випадку при виборі діаметра необхідно брати до уваги структурні особливості підривання масиву і розміри допустимих шматків підірваної породи [2].

Зокрема, збільшення діаметра свердловин одночасно зі зростанням сітки свердловин призводить до зменшення інтенсивності дроблення порід. Тому необхідне знання структурних особливостей масиву і в першу чергу розмірів окремостей щодо прийнятого кондиційного шматка гірничої маси.

Між діаметром свердловин d і максимально допустимим розміром шматка C існує прямий зв'язок. Кількісно ця залежність може бути орієнтовно оцінена за графіком (рис. 1), отриманому на основі обробки даних виробничих вибухів по кар'єрам [2]. Аналітично ця залежність виражається формулою

$$d = KC, \tag{1}$$

де K – коефіцієнт пропорційності (K=0,1 – для важкоподрібнювальних порід, K=0,2 – для средньоподрібнювальних порід, K=0,3 – для легкоподрібнювальних порід).

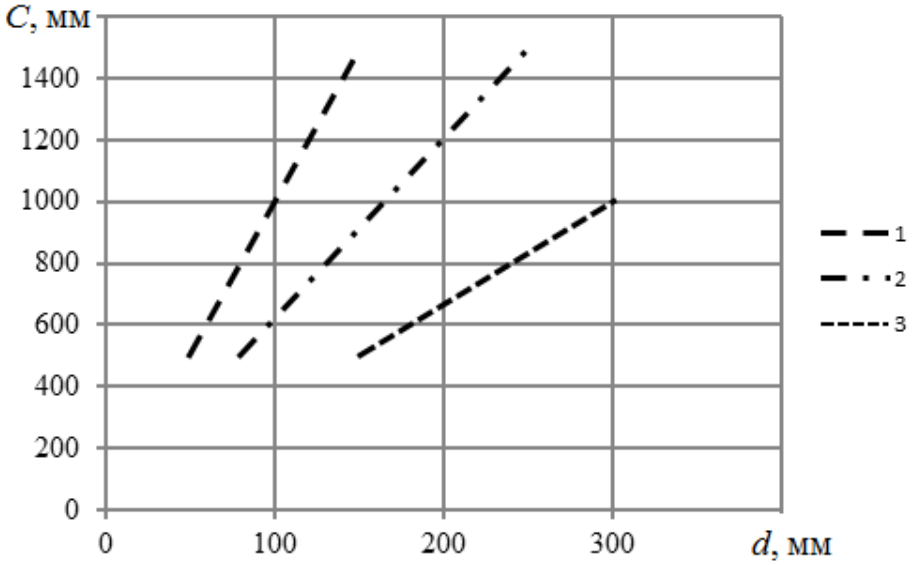

Рис. 1. Графік залежності кусковатості гірничої маси від діаметра свердловин: *1* – важкоподріблювальні породи; *2* – середньоподріблювальні породи; *3* – легкоподріблювальні породи

Зменшення діаметра свердловин призводить до збільшення швидкості буріння. Однак при цьому продуктивність верстата за загальним показником виходу гірничої маси зазвичай знижується порівняно із свердловинами великого діаметра через зменшення питомого виходу гірничої маси. У кожному конкретному випадку доцільність застосування певного діаметру свердловини повинна перевірятися техніко-економічним розрахунком з урахуванням необхідного ступеня дроблення породи, труднощів проробки підошви уступу, продуктивності бурового і гірничо-транспортного устаткування.

Для тріщинуватих гірських масивів діаметр свердловин може бути встановлений за формулою С. А. Давидова

$$d = \frac{c + H_{\text{у}} ctg\alpha}{50 K_{\text{т}} \sqrt{\frac{\Delta}{\gamma}}}, \text{ м}, \tag{2}$$

де c – відстань від верхньої бровки уступу до свердловини, м; $H_{\text{у}}$ – висота уступу, м; α – кут укосу уступу, град; $K_{\text{т}}$ – коефіцієнт, що враховує зменшення

об'ємної ваги середовища за рахунок тріщинуватості, $K_т$ = 1,0-1,2; Δ – щільність ВР в заряді кг/дм^3; γ – об'ємна вага породи, кг/дм^3.

Практикою на кар'єрах, що розробляють важкоруйнуючі скельні породи, встановлено оптимальні розміри сітки свердловин, що забезпечують (при даному діаметрі свердловин) найкращу якість вибухів. З отриманих результатів випливає, що відношення площі масиву, що відпрацьовується однією свердловиною, до площі поперечного перерізу свердловини близьке до постійного значення. Припускаючи, що це співвідношення між діаметром і сіткою свердловин зберігається і при будь-якому іншому діаметрі, можна встановити його величину залежно від сітки свердловин, що забезпечує руйнування кожної окремості [2]:

$$d = A\sqrt{\frac{4\cdot 10^6 a'b'}{\pi K}}\text{, мм} \qquad (3)$$

де A – коефіцієнт, що враховує ступінь відображення вибухової хвилі від тріщин; a', b' – сітка тріщинуватості гірської породи в масиві, мм; K – коефіцієнт пропорційності між сіткою і площею поперечного перерізу свердловин.

За даними [3] діаметр свердловинного заряду повинен визначатися з формули

$$d = \sqrt{\frac{4qWaH}{\pi\Delta\ L_c - l_{заб}}}\text{, м,} \qquad (4)$$

де q – проектна питома витрата ВР, кг/м^3; a – відстань між свердловинами, м; W – лінія опору по підошви уступу, м; H – висота уступу, м; Δ – щільність заряджання, кг/м^3; L_c – глибина свердловини, м; $l_{заб}$ – величина забійки, м.

Згідно [4] для кар'єрів незначної річної продуктивності $Q_р$, млн.м^3, діаметр заряду визначається як

$$d_з \approx 125\sqrt[4]{Q_р}\text{, мм.} \qquad (5)$$

Діаметр свердловин d для заданої висоти уступу H, при якому свердловина заповнюється ВР на 2/3 її довжини і більше, визначається за формулою:

$$d_c = 28H\sqrt{\frac{q_р}{\Delta}}\text{, м,} \qquad (6)$$

де H – висота уступу, м; $q_р$ – розрахункова питома витрата ВР, кг/м^3; Δ – щільність заряджання, т/м^3.

У відповідності до [5] діаметр вертикальних свердловин, який забезпечує нормальне опрацювання підошви уступу при даній висоті і куті укосу уступу

$$d = \frac{Hctgб + c\ \sqrt{\gamma}}{30\ \ 3 - m}\text{, м,} \qquad (7)$$

де m – коефіцієнт зближення свердловин.

За Е.І. Єфремовим [6] величину діаметра свердловинного заряду, відповідну заданим умовам і конкретним значенням щільності заряджання і місткості ВР можна визначити:

$$d = \sqrt{\frac{p}{0,785\Delta}}. \qquad (8)$$

Для забезпечення заданої інтенсивності розпушення гірничої маси і надійної проробки підошви уступу діаметр свердловин, згідно Норм технологічного проектування [7], повинен прийматися з урахуванням технологічних параметрів вибухової відбійки за формулою

$$d = 9H + 35,5\ K_{\text{р}} + 33,5\ F - 195, \text{ мм}, \qquad (9)$$

де H – висота уступу, м; $K_{\text{р}}$ – коефіцієнт розпушення підірваної гірничої маси; F – група грунтів за СНіП.

Діаметр свердловини, що відповідає умові рівності продуктивності бурового верстата і екскаватора (по гірничій масі) [8], становить

$$d = 100\sqrt{E_{\text{е}}}, \text{ мм}, \qquad (10)$$

де $E_{\text{е}}$ – місткість ковша екскаватора, м^3.

Керуючись наведеними вище рекомендаціями, для кожного випадку можна підібрати оптимальні параметри, при яких з мінімальними витратами буріння і ВР добре проробляється підошва уступу і забезпечуєься рівномірне дроблення породи і оптимальна ширина розвалу.

Кравець В.Г. в [9] рекомендує орієнтовно визначати діаметр свердловин за формулою

$$d = \frac{W}{24\sqrt{\frac{\Delta}{q}}}, \text{ м}, \qquad (11)$$

де Δ – щільність заряджання, кг/дм^3.

Також науковці рекомендують визначати діаметр заряду, при якому максимально використовується об’єм свердловини:

$$d = \frac{H}{K_{\text{заб}} + 40 - K_{\text{пер}}}, \text{ м}, \qquad (12)$$

де H – задана висота уступу, м/с; $K_{\text{заб}}$ – відносна довжина набійки, виражена в діаметрах заряду (коефіцієнт набійки); $K_{\text{пер}}$ – відносна глибина перебуру, виражена в діаметрах заряду.

Для певних гірничо-геологічних та технологічних умов розробки виконано розрахунок діаметрів свердловин для ведення буропідривних робіт на кар’єрах по усіх вищенаведених формулах (табл. 1). Прийнято, що

свердловинні заряди грамоніту 79/21 підриваються в середньотріщинуватих гранітах. Висота уступу H становить 13 м, глибина свердловини L_c=15 м, величина забійки $l_{заб}$=5 м, проектна питома витрата ВР q=0,9 кг/м^3, щільність заряджання Δ =950 кг/м^3, лінія опору по підошви уступу W=6 м, в якості виймально-навантажувального обладнання прийнято ЭКГ-5А.

Таблиця 1

Розрахункові значення діаметрів свердловин

Номер формули	1	2	3	4	5	6
Діаметр свердловини, мм	200	143	155	217	105	337
Номер формули	7	8	9	10	11	12
Діаметр свердловини, мм	139	245	303	224	243	260

Аналіз даних табл. 1 показує, що значення діаметрів свердловини для однакових умов застосування коливається від 105 до 337 мм. Цей діапазон містить усі типорозміри бурових коронок на станках, що застосовуються в Україні. За отриманими значеннями діаметрів навіть не можливо встановити певну закономірність, тобто розподіл є ймовірнісним.

Висновки

Виконавши аналіз вищезазначених наукових робіт можна дійти висновку, що питання вибору ефективного діаметру свердловинного заряду ВР для руйнування скельних гірських порід на кар'єрах досліджено не повною мірою, оскільки існують різні підходи до цього питання і, відповідно, отримуються різні результати. Тому, необхідно продовжити дослідження для розробки методики вибору ефективного діаметра заряду в конкретних гірничо-геологічних умовах розробки та дослідити його вплив на якість підготовки гірничої маси вибухом.

Посилання

[1] О. О. Фролов «Керування енергетичними потоками при вибуховому руйнуванні різноміцнісних масивів гірських порід на кар'єрах», дис. докт. техн. наук, НТУУ «КПІ», Київ, Україна, 2014.
[2] М. Г. Новожилов, В. В. Ржевский, и Б. П. Юматов, *Научные основы проектирования карьеров*. Москва, СССР: Недра, 1971.
[3] В. Ф. Носков, В. И. Комащенко, и Н. И. Жабин, *Буровзрывные работы на открытых и подземных разработках*. Москва, СССР: Недра, 1982.
[4] В. Г. Кравець, В. Д. Воробйов, та А. О. Кузьменко. *Підривні роботи на кар'єрах*. Київ, Україна: ІСДО, 1994.
[5] Б. Н. Кутузов, *Взрывные работы*. Москва, СССР: Недра, 1974.

[6] Э. И. Ефремов и др., *Разрушение горных пород энергией взрыва*. Киев, СССР: Наук. думка, 1987.
[7] ВНТП 13-1-86, *Нормы технологического проектирования горнодобывающих предприятий черной металлургии с открытым способом разработки*. Ленинград, СССР: Минчермет, 1986.
[8] Ф. А. Авдєєв, В. Л. Барон, Н. В. Гуров, В. Х. Кантор. *Нормативный справочник по буровзрывным работам*. Москва, СССР: Недра, 1986.
[9] В. Г. Кравець, В. В. Коробійчук, та О. А. Зубченко, *Руйнування гірських порід вибухом: навч. посібник.* Житомир, Україна: ЖДТУ, 2012.

Стаття надійшла до редакції 17.05.2017р.

УДК 622.83
DOI: 10.20535/2079-5688.0.33.98824

С.Г. Негрей, к.т.н., доц. (ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»)

О ВОЗМОЖНОСТИ СОЗДАНИЯ УСТОЙЧИВЫХ ПОРОДНЫХ ОПОР ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО СОСТОЯНИЯ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК

S. Nehrii (Public higher education institution Donetsk National Technical University)

ABOUT POSSIBILITY OF CREATION OF STABLE ROCK PILLARS TO ENSURE THE OPERATIONAL STATUS OF THE PREPARATORY WORKINGS

Проведены испытания породных опор на предмет возможности сооружения устойчивых обособленных конструкций. Установлено, что их устойчивость может быть достигнута послойной выкладкой рядовой породы и металлических сеток из арматурной стали, а сооружение данных конструкций на границе между выработкой и выработанным пространством позволяет сохранить эксплуатационное состояние выработки. Выдвинуто предположение о том, что, применение опор с эллипсовидной формой оснований, ориентацией их большей осью перпендикулярно оси выработки и оставлением компенсационных полостей, позволит уменьшить смещения подстилающих пород почвы в полость выработки.

Ключевые слова: *средство охраны; породная опора; моделирование; испытание; компенсационная полость.*

Проведено випробування породних опор щодо можливості спорудження стійких відокремлених конструкцій. Встановлено, що їх стійкість може бути досягнута пошаровим викладенням рядової породи і металевих сіток з арматурної сталі, а спорудження даних конструкцій на межі між виробкою та виробленим простором дозволяє зберегти

© Негрей С.Г., 2017