

УДК 622.035

В.В. Калюжна, к.т.н., доц.
Національний технічний університет України "КПІ"

РОЗРОБКА МЕТОДУ ВИЗНАЧЕННЯ ДОЦІЛЬНОЇ ГЛИБИНИ КАР'ЄРІВ БЛОКОВОГО КАМЕНЮ

(Представлено д.т.н. проф. Бакка М.Т.)

В основу досліджень покладені теоретичні розрахунки та експериментальні спостереження за способами, що застосовуються для визначення доцільної глибини кар'єрів твердих вивержених порід Українського кристалічного щита.

Вступ

В існуючих на сучасну пору методах визначення доцільної глибини кар'єрів не відображено вплив заглиблення кар'єру на можливі зміни об'єму, що розкривають, за рахунок зміни положення торцевих бортів кар'єра. Збільшення глибини кар'єра залежно від прийнятих способів розкриття та розробки родовища викликає суттєві зміни в собівартості одиниці добутої гірничої маси.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Питання визначення глибини відкритої розробки родовищ корисних копалин добре освітлено в технічній літературі [1], [2], [3]. Але ж визначення глибини кар'єрів блочного каменю має ряд особливостей, на яких слід зупинитися дещо докладніше.

Глибина розробки родовищ інших корисних копалин відкритим способом зазвичай обмежується: промисловою потужністю корисної копалини при горизонтальному заляганні; його вклинюванням або технічними труднощами, що виникли (рясний приплив підземних вод, нестійкість бортів, зсувні явища та ін.); також економічними факторами, основним з яких є зростання коефіцієнта розкриття з збільшенням глибини розробки [4], [5], [6]. Доцільність глибини розробки цих родовищ визначають з урахуванням таких умов, щоб собівартість тонни корисної копалини, що добувається відкритими роботами, з урахуванням розкриття, не перебільшувала вартості, яка може бути отримана при підземній розробці [8].

Ціль статті, постановка завдання

Родовища блочного каменю залягають майже не обмежено на глибині. Стійкість бортів кар'єрів також не може бути причиною обмеження глибини розробки, а згадані економічні фактори порівняння підземної та відкритої розробки не можна застосовувати до блочних кар'єрів, тому що, по-перше, блочний камінь не добувають підземним способом, а, по-друге – коефіцієнт розкриття з глибиною розробки не збільшується, а зменшується. Тому вказані методи визначення глибини кар'єра, що застосовуються зазвичай для вугілля, руд та інших корисних копалин, для родовищ блочного каменю не можуть бути застосовані.

При оконтурюванні родовищ корисних копалин, які не розробляються підземним способом, слід застосовувати не граничну, а оптимальну глибину кар'єра, тобто таку глибину, при якій вартість одиниці добутої корисної копалини буде найменшою для даного родовища.

Така задача може бути поставлена і відносно кар'єрів блочного каменю. Для визначення оптимальної глибини кар'єра може бути застосовано загальновідомий метод порівняння варіантів, що зазвичай застосовується в практиці проектування гірничих підприємств. Для цієї мети можна використати розроблений О.С. Фіделевим [10] аналітичний метод оконтурювання схожих кар'єрів.

Однак при порівнянні варіантів блочних кар'єрів, що складені для різної глибини розробки, та при використанні аналітичних формул, слід враховувати специфічні особливості таких кар'єрів, а саме: зменшення коефіцієнта розкриття та поліпшення якості каменю з глибиною розробки; зв'язок ширини та глибини кар'єру з параметрами підйомних кранів, що застосовують; можливість безперервної та швидкої підготовки горизонтів, що лежать нижче, одночасно з проведенням очисних робіт.

Викладення основного матеріалу

Родовища блочного каменю зазвичай залягають на великих площах та простягаються на значну, практично необмежену, глибину. Отже, природні умови не перешкоджають розвитку розробки як по площі, так і на глибину родовища. Однак насправді ширина, тобто його відстань між бортами, обмежується величиною прольоту, що може технічно здійснюватися кабельним або мостовим краном; збільшення довжини кар'єра викликає або зменшення кількості кранів з нерухомими опорами, або зменшення продуктивності кранів з рухомими баштами. Розглянемо це на прикладах.

Уявимо, що в кар'єрі закінчено виймання підготовленого шару каменю та необхідно прийняти рішення – починати розробку нового горизонту, чи розширити площу розробки існуючого.

За умови найкращого використання природних тріщин окремоті й напрямку полегшеного розколу просування фронту робіт доцільно лише вхрест простягання повздовжніх тріщин окремотей та напрямку полегшеного розколу. Довжину робочого фронту за напрямком полегшеного розколу слід визначати з умов створення достатньої кількості вибоїв, щоб забезпечити задану продуктивність та мати необхідний резерв для підбору каменю за його декоративними якостями.

Для того, щоб мати можливість проводити виймання блоків при трьох оголених поверхнях з розташуванням врубової траншеї посередній підступу, на ньому можна розташувати два вибої, а при фланговому розташуванні врубової траншеї – тільки один вибій. В протилежному випадку необхідно проводити додаткові врубові траншеї, що пов'язано з витратами, та, крім цього, надлишок врубових траншей призводить до марного подрібнення масиву та зниження входу блоків.

Таким чином, прийнявши на кожному підступі по два вибої на врубову траншею, можна визначити загальну кількість вибоїв в діючому кар'єрі за виразом:

$$N_k = 2n \cdot 2m \cdot k_n, \quad (1)$$

де N_k – кількість вибоїв в кар'єрі; n – кількість врубових траншей на підступі; m – кількість розрізних траншей; k_n – кількість підступів.

При мінімальній кількості врубових та розрізних траншей кількість вибоїв в кар'єрі складе

$$N_k = 4 \cdot k_n.$$

Загальному випадку кількість вибоїв в кар'єрі, а отже і можлива продуктивність його з виколування блоків визначається кількістю підступів та довжиною робочого фронту кожного підступу. Довжина вибою по фронту робіт визначається відстанню між врубовими траншеями та інтервалом між поперековими тріщинами. Для продуктивної роботи можна визначити середню довжину вибою на двох робочих колях $l_3=20-30$ м, отже кількість вибоїв на підступі довжиною L_n складе:

$$N_n = \frac{L_n}{l_3} = \frac{L_n}{20 \div 30}. \quad (2)$$

Відповідно загальну кількість вибоїв в кар'єрі можна виразити таким чином:

$$N_k = 2m \cdot k_n \cdot \frac{L_n}{l_3} = \frac{m \cdot k_n \cdot L_n}{10 \div 15}. \quad (3)$$

При заданій продуктивності кар'єру блочного каменю (Π_{kc}) і продуктивності вибою (Π_y) при відомому виході блоків з гірничої маси (B) в %, необхідна кількість вибоїв можна визначити за виразом:

$$N_k = \frac{\Pi_{kc} \cdot 100 \cdot k_p}{\Pi_y \cdot B}. \quad (4)$$

де k_p – коефіцієнт, що враховує резервні вибої: для розробки родовищ декоративного каменю слід приймати $k_p=1,5-2,0$.

Так, наприклад, при продуктивності кар'єра 1000 т блоків, продуктивності вибою 30 т на зміну та виході блоків з гірничої маси 25 % кількість необхідних вибоїв складе:

$$N_k = \frac{\Pi_{kc} \cdot 100 \cdot k_p}{\Pi_y \cdot B} = \frac{1000 \cdot 100 \cdot 1,5}{30 \cdot 25} = 200 \text{ вибоїв}$$

Довжина фронту робіт на підступах при без траншейному варіанті системи з верхнім навантаженням визначається кількістю кабельних кранів, оскільки стаціонарний кабель-кран обслуговує фронт підступу довжиною 30 м.

Отже збільшення довжини підступів вище деякого значення викликає необхідність встановлення додаткових кранів, що, в свою чергу, може викликати зниження їх завантаження.

В прикладі, що розглядається, при продуктивності крана $P_{кр} = 500$ т на зміну, кількість їх для видочі всієї гірничої маси складе:

$$N_k = \frac{P_{кc} \cdot 100}{P_{кc} \cdot B} = \frac{1000 \cdot 100}{500 \cdot 25} = 8 \text{ кранів} \quad (5)$$

Прийнявши на кожний кран довжину робочого фронту підступу $l_{кр} = 30$ м, отримаємо загальну довжину підступу з умов повного обслуговування фронту робіт кранами:

$$L_n = P_{кр} \cdot l_{кр} = 8 \cdot 30 = 240 \text{ м} \quad (6)$$

Знаючи довжину фронту робіт на підступі, легко визначити кількість підступів у кар'єрі.

Наведений приклад показує, що для збереження заданої продуктивності кар'єру при встановленій кількості кабель-кранів довжина робочого фронту підступу з розвитком розробок не повинна змінюватись. Отже, площа кар'єру повинна змінюватись не за рахунок збільшення довжини кар'єру, а за рахунок залучення в розробку ділянок між бровкою кар'єру та баштами кранів. Найбільший розвиток розробки в тому напрямку визначається величиною прольоту крана.

Наукові результати

Доцільність повного залучення в розробку всієї площі родовища між встановленими баштами кранів (за винятком охоронних цинків у цих башт) не вимагає особливих пояснень. Подальший розвиток кар'єру повинен проводитись у глибину родовища в межах, що допускають параметри встановлених кранів. Слід зазначити, що величина прольоту кабельних кранів на практиці знаходиться в межах 200–250 м, оскільки збільшення прольоту утворює досить великі зусилля від власної ваги канату.

Рациональність розвитку кар'єру в глибину родовища підтверджується також зменшенням коефіцієнта розкривання з заглибленням розробки, що є виключною особливістю родовищ блочного каменю (рис. 1).

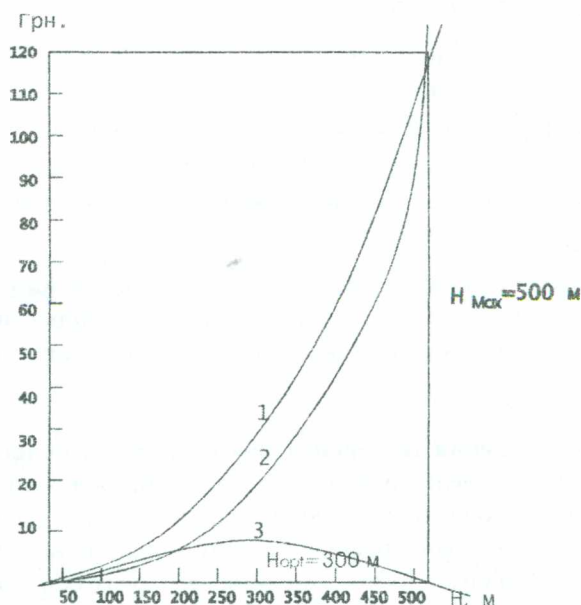


Рис. 1. Криві визначення глибини кар'єру блочного каменю:

1 – крива зміни суми економії на розкривних роботах з поглибленням кар'єру; 2 – крива зміни додаткових витрат на електроенергію, що витрачається на піднімання каменю з кар'єру із збільшенням його глибини; 3 – крива зміни суми економії (різниця між економією на розкривних роботах та додатковими витратами на піднімання каменю з великої глибини)

Для поглиблення кар'єру на висоту нового шару при умові збереження розмірів дна кар'єру (це необхідно для забезпечення заданої продуктивності та розміщення необхідної кількості робочих підступів), вимагається проводити розкривні роботи на ділянці, величина якої визначається за формулою:

$$\Delta L = h \cdot \operatorname{ctg} \beta. \quad (7)$$

В оюсяг порід, що належить видаленню з даної ділянки, входять наноси потужністю h_0^I та вивірений камінь, що не придатний для розробки h_0^{II} . Слід особливо зазначити, що витрати на розкривання роботи на кар'єрах блочного каменю, не зважаючи на невисокий коефіцієнт розкриву, буває значним, оскільки верхній шар вивіреного каменю необхідно видаляти без застосування бризантних вибухових речовин, щоб зберегти блчний камінь від руйнування.

Таким чином, загальна потужність розкривних порід складе:

$$h_0 = h_0^I + h_0^{II} \quad (8)$$

Відповідно об'єм розкриву на 1 м ширини кар'єру складе:

$$V_0 = h_0^I + h_0^{II} \cdot 1 \cdot h \cdot \operatorname{ctg} \beta. \quad (9)$$

Проведені розкривні роботи готують об'єм каменю:

$$V = V_1 + V_2 + V_3, \quad (10)$$

де :

$$V_1 = \frac{D}{2} \cdot h \cdot 1,$$

$$V_2 = H_0 \cdot h \cdot \operatorname{ctg} \beta \cdot 1, \quad (11)$$

$$V_3 = \frac{h}{2} \cdot h \cdot \operatorname{ctg} \beta \cdot 1 = \frac{h^2 \cdot \operatorname{ctg} \beta}{2}.$$

Звідси:

$$V_2 = \frac{D \cdot h}{2} + H_0 \cdot h \cdot \operatorname{ctg} \beta + \frac{h \cdot \operatorname{ctg} \beta}{2} \quad (12)$$

Об'ємний коефіцієнт розкриву можна визначити з виразів (9) та (12)

$$X = \frac{V_0}{V} = \frac{h_0 \cdot h \cdot \operatorname{ctg} \beta}{\frac{D \cdot h}{2} + H_0 \cdot h \cdot \operatorname{ctg} \beta + \frac{h^2 \cdot \operatorname{ctg} \beta}{2}} = \frac{h_0}{0,5 \cdot D \cdot \operatorname{tg} \beta + H_0 + 0,5h}. \quad (13)$$

З цього виразу легко зробити висновок, що мінімальне значення коефіцієнта розкривання буде при максимальній глибині кар'єру.

Для заглиблення кар'єру на наступний шар такої ж висоти h , м, також необхідно з ділянки $\Delta L_2 = \Delta L$ видалити об'єм розкривних порід V_0 , як і в попередньому випадку, але кількість підготовленого при цьому каменю буде вже більшою на величину об'єму:

$$V_4 = h^2 \times \operatorname{ctg} \beta \times B. \quad (14)$$

Таким чином, як це наочно показано на рис. 2, заглиблення кар'єру блочного каменю на кожний новий шар на глибину h , м буде супроводжуватися збільшенням розкривного об'єму каменю порівняно з попереднім горизонтом, що створює значну економію на розкривних роботах.

Висновки з даного дослідження та перспективи подальших розвідок у даному напрямку

На представленій схемі та виведенні формули не відображено вплив заглиблення кар'єру на можливі зміни розкривного об'єму каменю за рахунок зміни положення торцевих бортів кар'єру. Теоретично для повздовжнього розрізу кар'єру можна повторити такі ж роздуми, що і для поперекового розрізу кар'єра, тобто економія на розкриві ще збільшиться. Однак, практично скільки-небудь значного збільшення об'єму каменю, що розкривається, в цьому випадку не досягається, оскільки зазвичай торцеві борти кар'єру не належать розносу, а довжина кар'єру з поглибленням дещо скорочується.

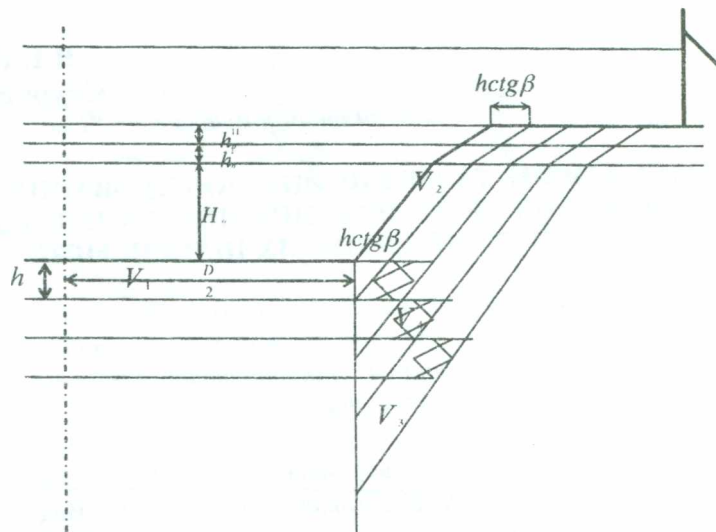


Рис. 2. Схема до визначення глибини кар'єру

Збільшення глибини кар'єру блочного каменю залежно від прийнятих способів розкриття та розробки родовища викликає відповідні зміни в собівартості одиниці добутої гірничої маси.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Карасев Ю.Г., Бакка Н.Т. Природный камень. Добыча блочного и стенового камня. – Санкт-Петербургский горный институт: СПб, 1997. – 428 с.
2. Рогатин Н.Н., Сиренко В.Н., Гайдуков Э.Э. Совершенствование техники и технологии добычи блоков природного камня // Экспресс-информация. Промышленность нерудных и неметаллорудных материалов. – М.: ВНИИЭСМ, 1982. – Вып. 1.
3. Беривили Г.А., Михельсон Р.В. Новые методы изготовления блочного камня. – Тбилиси: Мецниереба, 1973. – 91 с.
4. Косолапов А.И. Технология добычи облицовочного камня. – Красноярск: КрасГУ, 1990. – 148 с.
5. Ржевский В.В. Открытые горные работы. – М.: Недра, 1985. – 549 с.
6. Бакка М.Т., Кузьменко О.Х., Сачков Л.С. Видобування природного каменю: Навчальний посібник. – К.: ІСДО, 1994. – 448 с.
7. Дегтяренко Н.В. Исследование и разработка технологии добычи гранитных блоков при комбинированных способах подготовки их к выемке: Автореф. дис...канд.техн. наук: 05.15.03. – Моск. горн. ин-т. – М., 1983. – 18 с.
8. Застосування зарядів з повітряним зазором для підвищення безпеки та ефективності вибухів у свердловинах / В.Д. Воробйов, О.М. Масюкувич, В.С. Прокопенко, І.В. Косьмін // Проблеми охорони праці в Україні: Зб. науц. праць. – К.: ННДІОП. – 2000. – Вип. 3. – С. 18–25
9. Вплив повітряного радіального зазору у свердловині з зарядом на параметри імпульсу вибуху / В.Д. Воробйов, О.М. Масюкувич, В.С. Прокопенко, І.В. Косьмін // Проблеми охорони праці в Україні: Зб. науц. праць. – К.: ННДІОП. – 2002. – Вип. 5.
10. Фиделев А.С. Основы технологии работы землеройной техники // ПМТФ. – 1961. – 4. – С. 94–101.

КАЛЮЖНА Вікторія Володимирівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри геобудівництва та гірничих технологій Інституту енергозбереження та енергоменеджменту Національного технічного університету України "КПІ".

Наукові інтереси:

- відкрита розробка родовищ корисних копалин;
- фізичні процеси видобування блочного каменю;
- геотехнології.

Подано 23.03.2004