

УДК 622.1

О.О. Кісель, к.т.н., доц.  
В.В. Котенко, к.т.н., доц.

Житомирський державний технологічний університет

### ВИВЧЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ УТВОРЕННЯ І ФОРМУВАННЯ ВТРАТ ПРИ ВИДОБУВАННІ ДЕКОРАТИВНОГО КАМЕНЮ БУРОКЛИНОВИМ СПОСОБОМ

*Встановлені і обґрунтовані основні закономірності формування і розвитку якісних і кількісних втрат декоративного каменю при використанні буроклинового методу відокремлення його від масиву. А також визначені оптимальні напрямки розташування площин відколювання і раціональні схеми буріння шпурів, які дадуть змогу зменшити кількісні втрати і розубожіння блочного каменю.*

**Постановка проблеми.** Механічним методам підготовки каменю до виймання завжди приділялась належна увага, оскільки вони забезпечують високу його монолітність і збереження декоративних властивостей, тобто високих якісних показників блоків. Одними з методів механічного видобування блоків є буроклиновий і бурогідроклиновий способи, які знайшли широке використання на сучасних каменевидобувних підприємствах. Однак незважаючи на ряд переваг у використанні зазначених способів, вони також мають ряд недоліків. Їх застосування супроводжується як кількісними, так і якісними втратами сировини. Кількісні втрати складають ту частину граніту, яка втрачається в процесі вибурування шпурів. Якісні ж втрати представлені в даному випадку частиною каменю, яка була пошкоджена (розубожена) шпуровими отворами, так звана “гребінцева зона”, і нерівностями відколу лицьових поверхонь.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питаннями удосконалення підготовки блочного каменю до виймання, механізацією цих процесів у свій час займалися багато дослідників, серед них: В.В. Ржевський [1], М.Т. Бакка [2], О.Б. Синельников [3], О.Болат [4] та інші. Однак досліджень по зменшенню якісно-кількісних відходів, вивченню джерел і закономірностей їх формування на кар’єрах по видобуванню високоцінних порід блочного каменю при застосуванні буроклинових методів підготовки їх до виймання до цього часу проводилось дуже мало.

**Мета даної статті.** Кількісні втрати каменю при підготовці його до виймання механічними способами незначні, однак, не дивлячись на ряд їх переваг, якісні втрати іноді досягають значних розмірів. У даному випадку з надр вилучаються практично всі корисні копалини, і блоки отримуємо високої якості, але блоків видобувається значно менше, ніж їх можна було б вилучити з масиву з урахуванням його структурної будови. При цьому втрачається якість сировини за рахунок зменшення фактичного виходу блоків з добутої корисної копалини. У цьому випадку є доцільним на кар’єрах по видобуванню блочного каменю при здійсненні обліку втрат ввести коефіцієнт розубожіння  $k_p$ , фізична суть якого полягає в характеристиці зміни виходу блоків у порівнянні з теоретично можливим. Цей коефіцієнт пропонується визначати із залежності:

$$k_p = 1 - k_y, \quad (1)$$

де  $k_y$  – коефіцієнт зміни якості, який для певної розроблюваної ділянки може бути обчислений за формулою:

$$k_y = 1 - \frac{\sum B_k}{V_n}, \quad (2)$$

де  $V_n$  – об’єм правильного паралелепіпеда, вписаного в структурний блок окремоті породи;

$\sum B_k$  – сумарний об’єм видобутих з ділянки кондиційних блоків граніту.

Основними причинами розубожіння каменю є відсутність на кар’єрах оптимізації розкрою моноліту на блоки, недостатнє вивчення структурних анізотропних властивостей каменю і виконання робіт по його розколюванню без урахування оптимальних напрямків розколювання. Цим питанням у свій час займався О.Болат [4].

Існуюча практика видобування блочних гранітів та інших схожих з ним порід не має відповідних рекомендацій по вибору оптимальних напрямків розколу каменю при підготовці його до виймання і оснований на досвіді тих, хто розколював камінь. Розв’язку задачі може сприяти вивчення взаємозв’язку анізотропних властивостей гранітів та інших порід з їх структурно-текстурними особливостями, яке забезпечує також зниження працевитрат при видобуванні блоків.

**Викладення основного матеріалу.** У випадку співпадання площини розколювання каменю з напрямком його найкращого поділу нерівності відколу лицьових поверхонь блока мають мінімальне число значення, чим виключається колюче пасерування блоків і, відповідно, знижуються якісні втрати, не говорячи вже про зменшення в декілька разів фізичних працевтрат при операції розколювання.

Відхилення від напрямків анізотропії обумовлюють збільшення нерівностей сколювання лицьових поверхонь блока, апроксимуючись еліпсом, мала вісь якого співпадає з напрямком азимуту повздовжніх тріщин  $S$ , а велика вісь співпадає з азимутом поперечних тріщин  $Q$ .

Це встановлено автором на основі графоаналітичної обробки, методом полярних координат, результатів вимірів нерівностей відколу по площинах розколювання з різним азимутальним орієнтуванням. При обробці за полярну вісь приймалась геодезична вісь  $X$ , за полярний кут – азимут площини розколювання, в якій проводились вимірювання, а за полярний радіус приймалися середньоарифметичні значення нерівностей відколу лицьових поверхонь блока на  $1 \text{ м}^2$  у площині вимірювання.

Дослідження виконувались на Жежелівському, Покостівському, Корнинському і Головинському кар'єрах. Виміри нерівностей відколювання виконувались шляхом накладання на поверхню відколу прозорого листкового оргскла товщиною 5 мм з нанесеною на нього вимірювальною коміркою, в кутках якої просвердлені отвори, розмір вимірювальної комірки  $10 \times 10$  см.

За критерій якості лицьових поверхонь відколу блоків автором пропонується приймати шорсткість як середню величину висот нерівностей на поверхні відколу з виразу:

$$S = \frac{\sum_{i=1}^{2n-1} S_i - \sum_{i=1}^{2n} S_i}{n}, \quad (3)$$

де  $2n-1$  – число вимірів западин;

$2n$  – число вимірів виступів;

$n$  – кількість висот нерівностей.

Нерівність відколу визначається з формули як середнє арифметичне:

$$S_i = \frac{S_1 + S_2 + S_3 + \dots + S_i}{i}, \quad (4)$$

де  $S_1, S_2, S_3, \dots, S_i$  – результати вимірювань нерівностей відколу;

$i$  – кількість вимірів.

Кількість вимірів досить висока: на Жежелівському кар'єрі – 637 вимірювань, Покостівському – 422, Корнинському – 937, Головинському – 696.

Стиснення еліпса залежить від структури граніту і характеризується для покостівських дрібнозернистих гранітів співвідношенням 1:1,5, для середньозернистих гранітів типу жежелівських 1:1,9, а для крупнозернистих корнинських порфіроподібних гранітів і головинських лабрадоритів відповідно 1:3,5 і 1:6,0. Можна зробити висновки, що зі збільшенням крупності та ізометричності кристалів еліпс наближується до кола. Нерівності відколу на  $1 \text{ м}^2$  по еліптичній кривій коливаються для покостівських гранітів від 3,5 до 10,5 см, для жежелівських гранітів від 4,8 до 10,0 см, для головинських лабрадоритів і корнинських гранітів відповідно від 8,0 до 9,6 см і від 8,0 до 11,2 см.

Результати досліджень і промислові експерименти підтверджують, що нерівності відколу лицьових поверхонь блоків при відколюванні їх буроклиновими і бурогідроклиновими способами обумовлюються наступними факторами:

- розташуванням площини відколу відносно напрямку анізотропного площинного поділу каменю;
- динамічною межею міцності каменю на відколювання;
- висотою моноліту, який розколюється;
- питомою величиною послаблення площини розколювання шпурами перфораторного буріння, яку пропонується визначати за формулою:

$$U = \frac{z \cdot d}{S}, \quad (5)$$

де  $z$  – сумарна довжина шпурів, пробурених у площині розколювання, м;

$d$  – діаметр шпура, м;

$S$  – площа відколу,  $\text{м}^2$ .

Значення  $z$  рекомендується визначати з залежності:

$$z = \frac{M}{a} h \cdot k_n, \quad (6)$$

де  $M$  – сумарна довжина лінії відколу, м;

$a$  – крок буріння послаблюючих шпурів, м;

$h$  – глибина буріння, м;

$k_n$  – коефіцієнт нерівномірності буріння ( $k_n = 0,9$ ).

Необхідність розташування площин розколювання в напрямках, які співпадають або наближені до анізотропії каменю, як стверджувалось вище, є очевидною.

Висота розколювання монолітів залежить від відстані між первинно-пластовими тріщинами і для більшості кар'єрів не перевищує 3–4 м, що дозволяє сучасним технічним засобам пробурювати послаблюючі шпури на всю потужність моноліту, який розколюється.

Динамічна межа міцності каменю на відкол визначається лабораторним способом, і його значення без корегування можна приймати для всієї ділянки, яка розробляється.

**Висновки.** На основі перерахованих вище тверджень, якість блоків по нерівностях відколу лицьових поверхонь можна підвищити розробкою технологічних схем буріння послаблюючих шпурів у площині розколювання, в основу яких закладається показник питомого послаблення площини розколювання  $U$ .

М. Т. Бакка в свій час розробив оптимальні схеми буріння шпурів при підготовці блочних каменів до виймання буроклиновим способом, які наведені на рис. 1 [2]. Автором уточнені ці схеми для гранітів Покостівського родовища; габро – Шадурівського, Добринського, Дашинського родовищ; лабрадоритів – Осниківського родовища та переправлені по Лезниківському, Жежелівському, Корнинському, Богуславському родовищах гранітів.

Однією з обов'язкових умов є рівномірний розподіл шпурів по базовій величині і їх вибурювання чітко в заданій площині. Відстані  $a$ , які забезпечують мінімальні нерівності відколу каменю, визначались експериментальним шляхом і їх значення наведені по кожному родовищу в графі 4, табл. 1.

У випадку співпадання площини розколювання каменю з напрямком його найкращого поділу і застосування найбільш оптимальних схем буріння шпурів для перерахованих вище родовищ нерівності відколу лицьових поверхонь блока будуть мати мінімальне числове значення, чим виключається колюче пасерування блоків і, відповідно, знижуються якісні втрати, не говорячи вже про зменшення в декілька разів фізичних працевтрат при операції розколювання.

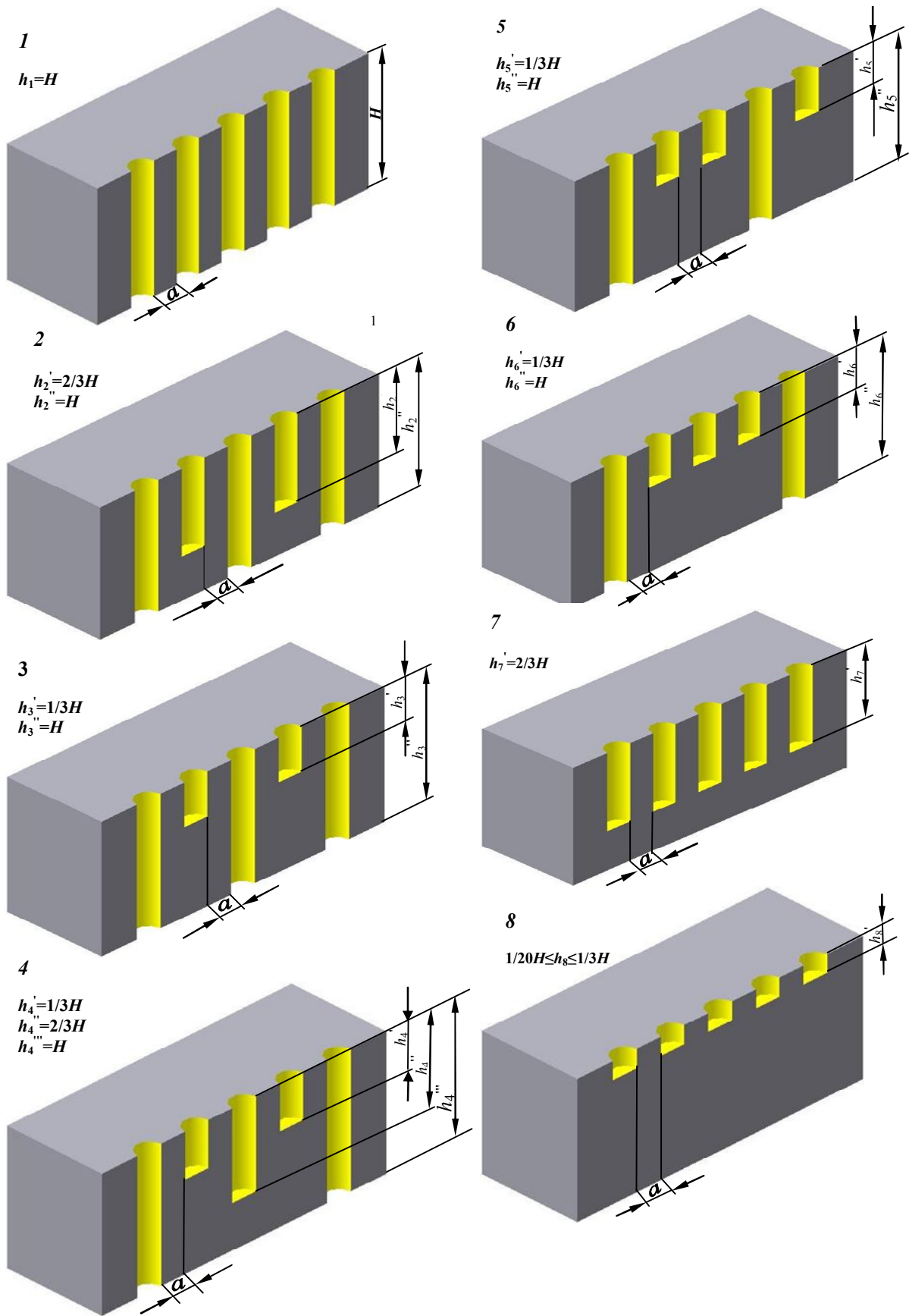


Рис. 1. Схеми буріння шпурів при розколюванні моноліту на блоки (H – висота моноліту, h – глибина буріння)

Таблиця 1

Характеристики схем буріння шпурів при підготовці граніту до виймання буроклиновим способом

Родовище	Порода	Структура породи	Відстань між осями шпурів <i>a</i> , см	Об'єм буріння на 1 м <sup>2</sup> площини відколу за варіантами схем буріння								Найбільш доцільні варіанти схем	Оптимальні варіанти схем
				Питома величина послаблення рлощини відколу за варіантами, %									
				1	2	3	4	5	6	7	8		
Осниківське	Лабрадорит	Крупнозерниста	10	$\frac{8,9}{38,6}$	$\frac{7,5}{32,8}$	$\frac{6,4}{27,3}$	$\frac{5,8}{24,3}$	$\frac{5,2}{21,4}$	$\frac{5,0}{21,3}$	$\frac{6,1}{25,7}$	$\frac{0,8}{3,8}$	1; 2; 3	2
Шадурівське	Габро-норит	Дрібнозерниста	8	$\frac{12,1}{51,7}$	$\frac{10,0}{43,2}$	$\frac{8,2}{34,5}$	$\frac{7,1}{30,2}$	$\frac{6,6}{28,4}$	$\frac{6,1}{25,9}$	$\frac{8,0}{34,2}$	$\frac{1,4}{5,4}$	4; 5; 6; 8	8
Лезниківське	Граніт	Дрібнозерниста	8	$\frac{12,0}{51,7}$	$\frac{1,0}{43,6}$	$\frac{8,0}{34,3}$	$\frac{7,0}{30,2}$	$\frac{6,6}{28,5}$	$\frac{6,0}{25,7}$	$\frac{8,0}{34,6}$	$\frac{1,2}{5,4}$	4; 5; 6; 8	8
Добринське	Габро	Крупнозерниста	10	$\frac{9,0}{38,8}$	$\frac{7,6}{32,4}$	$\frac{6,3}{27,5}$	$\frac{5,6}{24,7}$	$\frac{5,0}{21,4}$	$\frac{5,0}{21,5}$	$\frac{6,0}{25,7}$	$\frac{0,9}{3,9}$	1; 2; 3	2
Жежелівське	Граніт	Середньозерниста	18	$\frac{5,4}{21,4}$	$\frac{4,3}{18,1}$	$\frac{3,3}{14,4}$	$\frac{3,7}{15,1}$	$\frac{2,8}{12,6}$	$\frac{2,9}{12,7}$	$\frac{3,7}{15,5}$	$\frac{0,8}{2,7}$	1; 2; 4; 7	4; 7
Дашинське	Габро	Дрібнозерниста	10	$\frac{9,1}{38,8}$	$\frac{7,7}{32,6}$	$\frac{6,5}{27,4}$	$\frac{5,7}{24,3}$	$\frac{5,1}{21,4}$	$\frac{5,1}{21,7}$	$\frac{6,0}{25,8}$	$\frac{0,8}{3,9}$	4; 5; 6; 8	8
Покостівське	Граніт	Дрібнозерниста	9	$\frac{10,4}{43,1}$	$\frac{8,3}{36,3}$	$\frac{6,8}{28,7}$	$\frac{5,7}{24,2}$	$\frac{6,4}{25,7}$	$\frac{5,2}{22,7}$	$\frac{6,7}{28,5}$	$\frac{1,0}{4,3}$	4; 5; 6; 8	8
Корнинське	Граніт	Дрібнозерниста	10	$\frac{9,1}{38,8}$	$\frac{7,7}{32,8}$	$\frac{6,2}{27,1}$	$\frac{5,7}{24,1}$	$\frac{5,1}{21,4}$	$\frac{5,0}{21,5}$	$\frac{6,2}{25,7}$	$\frac{0,9}{3,9}$	1; 2; 3	2
Богуславське	Граніт	Дрібнозерниста	10	$\frac{9,0}{38,7}$	$\frac{7,4}{32,7}$	$\frac{6,2}{27,1}$	$\frac{5,5}{24,2}$	$\frac{5,0}{21,5}$	$\frac{5,1}{21,4}$	$\frac{6,1}{25,7}$	$\frac{0,9}{3,8}$	4; 5; 6; 8	8

**ЛІТЕРАТУРА:**

1. *Ржевский В.В.* Процессы открытых горных работ. – М.: Недра, 1978. – 547 с.
2. *Бакка Н.Т.* Разработка технологии и комплексов оборудования добычи блоков из высокопрочных трещиноватых пород: Дисс. на соискание степени докт. техн. наук. – Житомир, 1986. – 378 с.
3. *Синельников О.Б.* Добыча облицовочного камня – М.: Издательство РАСХН, 2005. – 245 с.
4. *Болат Оринбаев.* Исследование трещинной анизотропии мраморных месторождений с целью выбора рационального направления отбойки блоков при добыче: Автореф. дисс. канд.техн. наук. – Алма-Ата, 1974. – 25 с.

КІСЄЛЬ Олена Олександрівна – доцент кафедри маркшейдерії Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- гірництво;
- маркшейдерська справа.

КОТЕНКО Володимир Володимирович – кандидат технічних наук, доцент кафедри маркшейдерії Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- маркшейдерія;
- гірництво;
- технологія розробки покладів декоративного каменю.

Подано

**Кісель О.О., Котенко В.В.** Вивчення закономірностей утворення і формування втрат при видобуванні декоративного каменю буроклиновим способом

**Кисель Е.А., Котенко В.В.** Изучение закономерностей образования и формирования потерь при добыче декоративного камня буроклиновым методом.

**Kisyl O.O., Kotenko V.V.** Conformities study of losses creation and formation by the decorative stone extractive with the drill-spear method.

УДК 622.1

**Изучение закономерностей образования и формирования потерь при добыче декоративного камня буроклиновым методом / О.О. Кисель, В.В. Котенко**

Установлены и обоснованы основные закономерности формирования и развития качественных и количественных потерь декоративного камня при использовании буроклинового метода отделения его от массива. А также определены оптимальные направления расположения плоскостей откалывания и рациональные схемы бурения шпуров, которые дадут возможность уменьшить количественные потери и розубоживание блочного камня.

УДК 622.1

**Conformities study of losses creation and formation by the decorative stone extractive with the drill-spear method / O.O. Kisyl, V.V. Kotenko**

Basic conformities of creation and development quality and quantity losses of decorative stone by the using drill-spear method for its separation from massif are determined and explained. Optimum directions of breaking planes location and rational drill-holl schemes which give a possibility for quantity losses decrease and waste of block stone are also determined.