УДК 622.271

Кальчук С. В., к.т.н., доцент, Шлапак В. О., старший викладач (Житомирський державний технологічний університет, м. Житомир), **Стріха В. А., к.т.н., доцент** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ПАСИРУВАННЯ БЛОКІВ ПРИРОДНОГО КАМЕНЮ КВАЗІСТАТИЧНИМИ МЕТОДАМИ

Досліджено закономірності параметрів ефективного пасирування блоків каменю шпуровими методами. Обґрунтовано граничні значення ширини відокремлюваного шару каменю та ефективної висоти блоку, при якому забезпечується якісний відкол. Запропоновано формулу для розрахунку технологічних параметрів пасирування блоків шпуровими методами.
***Ключові слова*: пасирування, шпуровий метод, блок каменю.**

Операція пасирування блоків каменю здійснюється в кар'єрі з видобутку облицювальних високодекоративних порід з метою надання товарної форми блоків та зменшення непродуктивної його частини. Питання ефективності застосування операції пасирування на кар'єрах займалися такі вчені, як Бакка М.Т., Карасьов Ю.Г. [1], Ткачук К.К. [2] та Синельников О.Б. [3]. Усі існуючі інженерні розрахунки параметрів пасирування блоків каменю базуються на емпіричних залежностях процесів відколу при відокремленні моноліту від масиву та розділенні його на товарні блоки. Процес пасирування блоків каменю хоч і в суто фізичному сенсі можна віднеси до процесу направленого руйнування по магістральним тріщинам, однак головна особливість полягає в тому, що відокремленню підлягає відносно тонкий шар каменю. Дане обмеження обумовлює врахування максимально можливої висоти блоку, при якому забезпечується якісний відкол та мінімальна товщина шару відокремлення. Ефективне застосування цих параметрів обмежується відсутністю відповідних досліджень, тому дослідження даного питання є досить актуальним.

З метою зменшення вартості виконання пасирувальних робіт вони виконуються верстатами стрічкового буріння з подальшим розколюванням механічними клинами. Цей спосіб у порівнянні з алмазноканатним різанням є значно дешевшим, однак не позбавленим недоліків. При пасируванні виконують рівний відкол за заданою площиною, відокремлюючи, як правило, частину каменю клиновидної форми.

Складність застосування шпурового методу відколу полягає саме у неконтрольованому діагональному сколі в найбільш тонкій частині відколюваної частини блоку, яка за товщиною співставна з діаметром шпурів. В такому випадку пасирування відбувається не повністю та на частині блоку залишаються «сходинки» (рис. 1).

Рис. 1. Утворення «сходинки» на бічній поверхні блоку лабрадориту при шпуровому способі пасирування

Вирішення цієї проблеми можливе при збільшенні товщини відокремлюваного шару породи при пасируванні, але при цьому з'являються додаткові втрати продуктивної частини. Крім того, з метою оптимізації процесу пасирування шпуровими методами постає необхідність у встановленні меж ефективного застосування шпурового способу пасирування блоків каменю в кар'єрі, дослідження способів ініціалізації розколюючих зусиль та динаміки їх дії для забезпечення максимальної якості пасирування блоків. Досить важливим є встановлення геометричних форм підготовлених до пасирування блоків з метою виявлення найбільш ефективних схем застосування шпурового способу пасирування.

Процес руйнування каменю по магістральним тріщинам з деякими спрощеннями можна розглядати як задачу росту тріщини в середовищі при дії зусиль розтягу [4] (рис. 2).

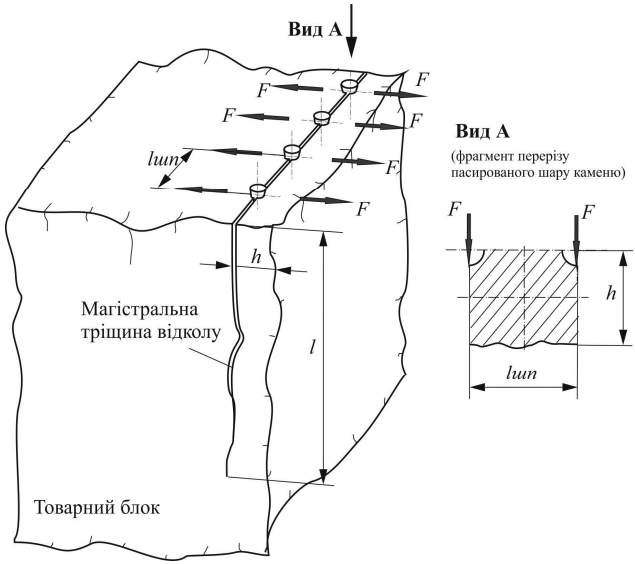

Рис. 2. Схема дії сил при пасируванні нерівної грані кам'яного блоку шпуровими методами

Частково відокремлений шар каменю при пасируванні можна з деякими припущеннями та спрощеннями прийняти як консольну балку, яка має закріплення біля вістря тріщини. По контуру кожного пробуреного шпура вважатимемо, що діють однакові сили розпору F і за принципом паралельних перерізів розглянемо тільки частину консольної балки цього шару з перерізом величиною $l_{шп}$ (відстань між шпурами) та h (товщина шару, що підлягає пасируванню).

Таким чином, напруження вигину, які діють біля вістря тріщини, при пасируванні прагнуть змінити напрям росту тріщини з виходом її на поверхню та утворенням заколу, визначаються як напруження в консольній балці навантаженій силою на один її кінець:

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{W}, \qquad (1)$$

де M_{max} – максимальний момент, що діє на вістрі магістральної тріщини відколу та створює передумови для руйнування каменю з утворенням заколу, $M=l \cdot F$, Нм;

l – довжина тріщини (консолі), м;

W – момент опору перерізу зразка на вигин, Нм.

$$W = \frac{l_{шп} \cdot h^2}{6}. \qquad (2)$$

Підставляючи (2) в вираз (1), одержуємо:

$$\sigma = \frac{6 \cdot l \cdot F}{l_{шп} \cdot h^2}. \qquad (3)$$

Таким чином, знаючи критичні напруження, розпірне зусилля відколу, відстань між шпурами та висоту моноліту можливо визначити мінімальні значення товщини відокремлюваного шару породи при пасируванні блоку каменю (4):

$$h = \sqrt{\frac{6 \cdot l \cdot F}{l_{шп} \cdot \sigma}}. \qquad (4)$$

Другим ключовим параметром ефективного пасирування є висота блоку, від якої залежить максимальна величина тріщини, що має розповсюдитися від устя шпура до самого низу повністю відокремлюючи (пасируючи) частину блоку. Тому потрібно визначити параметри напружень, при яких можливий ріст магістральної тріщини.

Швидкість виділення пружної енергії при рості магістральної тріщини визначається співвідношенням (5):

$$G = \frac{\pi \cdot \sigma^2 \cdot l}{E}, \qquad (5)$$

де l – довжина магістральної тріщини.

Енергія, що витрачається на розповсюдження тріщини виразимо через [5]:

$$R = \frac{dW}{dl}. \qquad (6)$$

Вираз (6) в даному випадку характеризую опір росту тріщини.

Умовою розповсюдження тріщини є те, що G повинно бути рівним або більшим R, при цьому, що R є константою.

За виразом (5) знаходимо значення критичного напруження, при якому буде відбуватися ріст тріщини:

$$\sigma_c = \sqrt{\frac{E \cdot G}{\pi l}}. \qquad (7)$$

Для встановлення довжини магістральної тріщини, при якій буде відбуватися відкол каменю, необхідно прирівняти значення напружень, які виникають на вістрі тріщини (3) та напружень необхідні для

її росту (7):

$$\frac{6 \cdot l \cdot F}{l_{шп} \cdot h^2} = \sqrt{\frac{E \cdot G}{\pi l}} .$$

За даною рівністю знаходимо максимальні значення довжини магістральної тріщини, при якій ще буде відбуватися її ріст без зупинки. Таким чином, дані значення будуть відповідати максимальній висоті блоку каменю, на якому доцільно виконувати пасирування без утворення діагональних сколів.

$$l = \sqrt[3]{\frac{E \cdot G \cdot l_{шп}^2 \cdot h^4}{36\pi \cdot F^2}} . \qquad (8)$$

Висновки. Процес пасирування блоків до цього часу базувався виключно на емпіричних даних частоти діагональних сколів каменю без врахування фізико-технічних його властивостей та параметрів відокремлення. Однак, якщо встановити значення напружень, які виникають на вістрі тріщини, то приходимо до висновку, що можливим є обґрунтування ефективних параметрів відколу (товщини шару порід, що видаляється) та максимальної висоти блоку, на якому доцільно буде проведення руйнування каменю. Встановлено, що якісний відкол каменю при пасируванні забезпечується дотриманням певних мінімальних значень товщини відокремлюваного шару, які залежать від параметрів стрічки шпурів та зусиль, що в них діють (4). Крім того, ефективний відкол забезпечується тільки при певній максимальній висоті пасированого блоку, яка залежить від механічних властивостей каменю та параметрів шпурового відколу, що встановлено відповідними співвідношеннями (8).

1. Бакка Н. Т. Природный камень. Добыча блочного и стенового камня / Бакка Н. Т., Карасев Ю. Г. – С-Пб. : Санкт-Петербургский горный институт, 1997. – С. 74–81. **2.** Ткачук К. К. Откол каменных блоков с помощью статической нагрузки / Ткачук К. К., Гребенюк Т. В. // Проблемы недропользования. Международный форум-конкурс молодых ученых. Сборник научных трудов. Часть 1. – Санкт-Петербург, 2012. – С. 82–85. **3.** Синельников О. Б. Добыча природного облицовочного камня / О. Б. Синельников. – М. : РАСХН, 2005. – С. 93–108. **4**. Ткачук К. Н. Методика визначення технологічних параметрів видобутку гранітних блоків невибуховими методами / К. Н. Ткачук, О. І. Фоменко // Сб. науч. трудов НИГРИ. –2009. – С. 112–117. **5**. Лаврук А. В. Обгрунтування раціональних параметрів шпурових методів пасирування блоків в кар'єрі / Лаврук А. В., Кальчук С. В., Жуков С. О. // Всеукраїнська науково-практична конференція «Перспективи розвитку гірничої справи та раціонального використання природних ресурсів». Збірник тез. – Житомир, 2014. – С. 61–62.

5. Лаврук А. В. Проблеми пасирування блоків каменю шпуровими методами / Лаврук А. В., Кальчук С. В. // Всеукраїнська науково-практична on-line конференція аспірантів, молодих учених та студентів, присвячена Дню науки. Збірник тез. – Том І. – Житомир, 2014. – С. 13.

Рецензент: д.геол.н., професор Підвисоцький В. Т. (Житомирський державний технологічний університет)

Kalchuk S. V., Candidate of Engineering, Associate Professor, Shlapak V. A., Senior Lecturer (Zhytomyr State Technological University), **Strikha V. A., Candidate of Engineering, Associate Professor** (National University of Water Management and Nature Resources Use, Rivne)

SUBSTANTIATION PARAMETERS SPLITTING NATURAL STONE BLOCKS USING QUASISTATIC METHODS

The laws of parameters effective splitting of stone blocks hole methods. Substantiated limiting the width of the separation layer and the effective height of the stone block at which ensured quality splitting of stone. The formula for the calculation of process parameters splitting blocks using hole methods.
***Keywords*: splitting, hole method, stone block.**

Кальчук С. В., к.т.н., доцент, Шлапак В. А., ст. преподаватель (Житомирский государственный технологический университет), **Стриха В. А., к.т.н., доцент** (Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно)

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПАССИРОВАНИЯ БЛОКОВ ПРИРОДНОГО КАМНЯ КВАЗИСТАТИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

Исследованы закономерности параметров эффективного пассирования блоков камня шпуровыми методами. Обоснованны предельные значения ширины отделяемого слоя камня и эффективной высоты блока при котором обеспечивается качественный скол. Предложена формула для расчета технологических параметров пассирования блоков шпуровыми методами.
***Ключевые слова*: пассирования, шпуровый метод, блок камня.**