

В. Г. Кравець, д-р техн. наук, Н. А. Праховнік, канд. техн. наук,
А. І. Ковтун (НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»)

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХОЛОГІЇ ДЛЯ БЕЗПЕЧНОГО РОЗКОЛУ ГРАНІТНИХ БЛОКІВ ПРИ ВИКОРИСТАННІ НЕВИБУХОВИХ РУЙНУЮЧИХ СУМІШЕЙ

Виконано теоретичні дослідження технології розколу гранітних блоків за допомогою розробленого агрегату з пластинами-вставками. Наведені дослідження дають можливість керувати напрямком розколу гранітних блоків. Вирішення такого завдання дає можливість збільшити відстань між шпурами і за рахунок цього зменшити обсяги бурових робіт. Застосування в технології агрегату з пластинами-вставками забезпечує безпечне використання невибухових руйнуючих сумішей (НРС).

Ключові слова: бурові роботи, невибухові руйнуючі суміші (НРС), шпур, напрямок розколу, видобуток гранітних блоків.

Выполнены теоретические исследования технологии раскола гранитных блоков с помощью разработанного агрегата с пластинами-вставками. Проведенные исследования дают возможность управлять направлением раскола гранитных блоков. Решение поставленной задачи дает возможность увеличить расстояние между шпурами и за счёт этого сократить объём буровых работ. Применение в технологии агрегата с пластинами-вставками обеспечивает безопасное использование невзрывчатых разрушающих составов (НРС).

Ключевые слова: буровые работы, невзрывчатые разрушающие составы (НРС), шпур, направление раскола, добыча гранитных блоков.

It has performed theoretical studies of technology management direction of the split block of stone, using plates, inserts in boreholes with unexplosive destroying mixtures. Management provides for rotation about an axis plate holes. Hover studios allow split stone block in a given direction. Solving this problem will increase the distance between boreholes and thus reduce the amount of drilling operations.

Keywords: borings works, unexplosive destroying mixtures, direction of the split, producing granite blocks.

Актуальність теми досліджень. Багаторічна практика впровадження у виробництво різних технологій видобутку гранітних блоків довела, що

одним із найважливіших моментів, що впливають на використання цих технологій, є наявність небезпечних і шкідливих факторів. Відомі приклади, коли розроблена технологія не знаходила впровадження через проблеми, пов'язані з охороною праці [1].

Тому ретельний аналіз небезпечних та шкідливих факторів та обладнання, без сумніву є важливим науковим завданням, вирішення якого дозволить розробити та врахувати комплекс умов для створення нового, практично безпечного, обладнання та технологій для видобутку гранітних блоків, яке враховує вимоги до охорони праці.

Мета та наукова новизна. Підвищити ефективність видобутку гранітних блоків при використанні невибухових руйнуючих сумішей (далі – НРС) за рахунок таких факторів:

- підвищити тиск, отриманий в результаті реакції кристалізації НРС в шпурі;
- збільшити відстань між шпурами та зменшити об'єм бурових робіт;
- виключити «постріли» НРС з шпурів та підвищити рівень безпеки праці;
- зменшити витрати НРС;
- поліпшити екологічні наслідки технологічного процесу.

Матеріали та методи дослідження. Проведені за останні роки в НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського» дослідні проектно-конструкторські роботи зі створення на рівні патентів України нових агрегатів для видобутку гранітних блоків за допомогою невибухових руйнуючих сумішей дозволили розробити конструкцію агрегата з пластиною-вставкою [2]. Автори пропонують використовувати для розрахунку відстані між шпурами аналітичну залежність, яка враховує не тільки постійні технологічні параметри, але й особливості фізичних процесів, що змінюються в часі:

$$L = \frac{0,5 \cdot \pi \cdot d_{\text{ш}} \cdot l_{\text{ш}} \cdot P(t)}{H \cdot \sigma_p \cdot K(t)},$$

де L – відстань між шпурами з НРС, м;

$d_{\text{ш}}$ – діаметр шпуру, м;

$l_{\text{ш}}$ – довжина шпуру, м;

H – висота гранітного блоку, м;

$P(t)$ – змінний в часі тиск в шпурі, МПа;

σ_p – межа міцності породи на розтягування, МПа;

$K(t)$ – коефіцієнт, що враховує зниження міцності граніту за час навантаження (релаксацію).

Результати дослідження. Розроблений в НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського» агрегат для розколу гранітних блоків за допомогою НРС представлено на рис. 1. До складу пристрою входить

пластина 1, розташована вздовж осі шпуру 2, який заповнюється НРС. До торця 3 пластини приварено шайбу 4, діаметр якої вибирається по діаметру шпуру 2. Зі сторони торця 5 пластини 1 приварено шпильку 6 з різьбою 7. На різьбу 7 може накручуватись шайба 8, діаметр якої дорівнює діаметру шпуру 2, а на торці зроблено 2 глухих отвори 9 для встановлення спеціального гайкового ключа. На втулці 8 виконаний бурт 10 для фіксації втулки в верхній частині шпуру 2. При накручуванні шайби 8 на шпильку 6 має місце стискання НРС в порожнині шпуру 2. Напрямок розколу монолітного об'єкту (наприклад гранітного блоку) задається поворотом пластини 1 навколо осі шпуру 2.

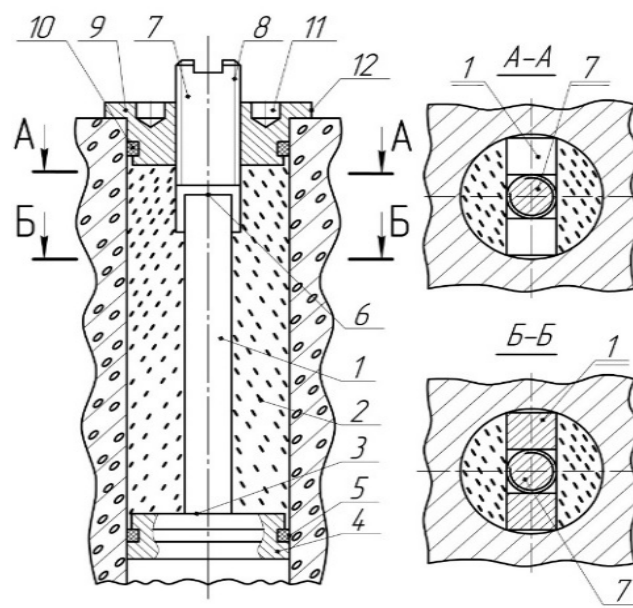


Рис. 1. Конструкція агрегату з пластинами-вставками

Наступним етапом підвищення ефективності розколу гранітних блоків є збільшення відстані між шпурами. Найбільш докладно методику визначення необхідної відстані між шпурами при видобутку гранітних блоків за допомогою НРС наведено в роботі [3].

Вищенаведена формула пройшла перевірку в реальних виробничих умовах і широко використовується технологами на кар'єрах із видобутку гранітних блоків.

У роботі [5] також надано рекомендації авторів зменшувати на 10–15 % розрахункову відстань між шпурами, отриману за допомогою вищенаведеної залежності. Ця рекомендація має забезпечити умови взаємодії полів напружень сусідніх шпурів, що буде гарантувати чіткий розкол породи по лінії шпурів. Накладення епюр сусідніх шпурів при правильному розрахунку відстані між шпурами представлено на рис. 2 і 3.

Наведена формула, а також епюри на рис. 2 і 3 виконано для шпурів, де не передбачено використання розробленого пристрою. Розроблений агрегат

з пластиною-вставкою [8] передбачає герметичне запирання НРС в шпурі, що забезпечує такі переваги:

- збільшує всередині шпуру тиск НРС;
- виключає «постріли» НРС з порожнини шпуру, що підвищує безпеку технологічного процесу;
- за рахунок застосування пластини-вставки формує нерівномірне поле напружень по осях шпуру, що дає можливість керувати напрямком тріщиноутворення.

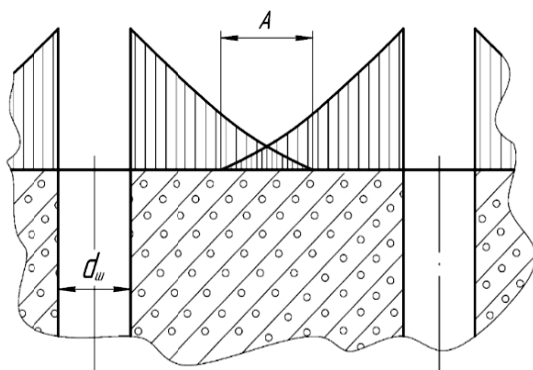


Рис. 2. Накладення епюр сусідніх шпурів (вид на шпури збоку)

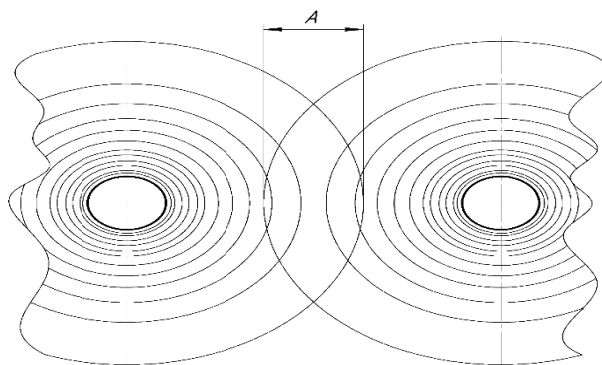


Рис. 3. Накладення епюр сусідніх шпурів (вид на шпури зверху)

Дослідні експерименти показали можливість збільшити енергетику НРС у запертому шпурі, що дає можливість виключити на практиці вимоги до накладення епюр сусідніх шпурів, тобто збільшити відстань між шпурами і забезпечити керування напрямком тріщиноутворення за рахунок відповідної орієнтації пластини-вставки і формування нерівномірного поля напружень по осях шпуру. Епюри розтягуючих напружень в шпурах з НРС та орієнтація пластини-вставки уздовж лінії розташування шпурів (лінії розколу породи) представлено на рис. 4 та 5. Виходячи з форми епюр розтягуючих напружень [6], можна зробити висновок, що утворення тріщин у шпурах буде ініційовано в точках *A* і *B*. Такий висновок можна зробити у випадку, якщо орієнтацію пластин-вставок та їх товщину буде вибрано з урахуванням ортотропії породи. Остаточні

висновки щодо можливості збільшення відстані між шпурами можуть бути зроблені тільки після проведення експериментальних досліджень.

Вдосконалена технологія використання НРС для розколу гранітних блоків була перевірена в умовах Катеринівського кар'єру ПП «Кванта-ЛЧ».

Перед проведенням експериментів були визначені анізотропні властивості обраної породи. Значення анізотропії породи для різних кутів тріщиноутворення представлено на рис.6.

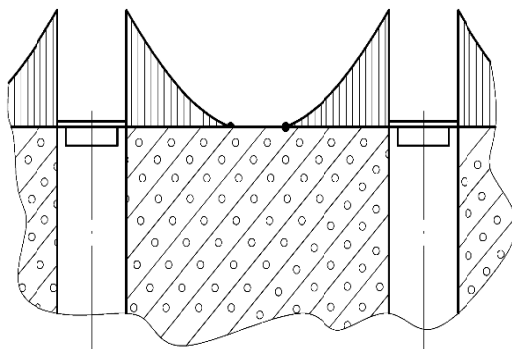


Рис. 4. Епюри розтягуючих напружень з пластинами-вставками (вид на шпури збоку)

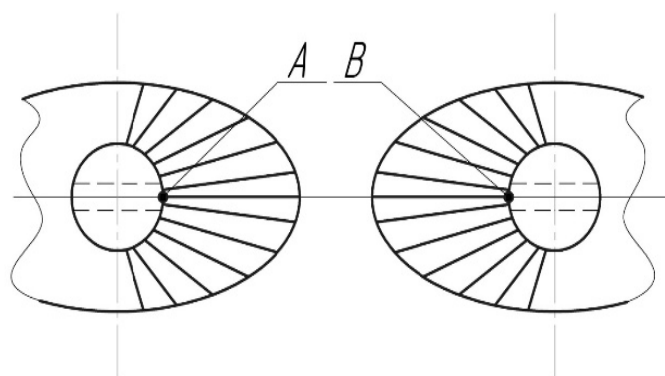


Рис. 5. Епюри розтягуючих напружень в шпурах з пластинами-вставками (вид на шпури зверху)

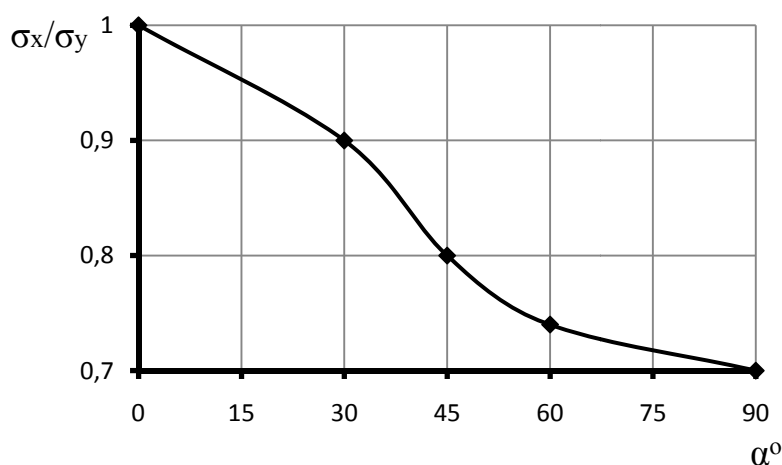


Рис. 6. Анізотропні властивості породи залежно від кута тріщиноутворення

При підготовці до проведення експериментів із використанням вищенаведеного аналітичного виразу було розраховано відстані між шпурами, де відсутні пластини-вставки. При використанні розробленого агрегату було вирішено збільшити відстань між шпурами на 25 % від базового варіанту. Результати розрахунків та експериментів наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Кут розколу породи, α°	Анізотропія	Відстань між шпурами, L , см (без пластин)	Відстань між шпурами, L_n , см (з пластинами)	Співвідношення L_n/L
0°	1,00	13,60	17,00	1,25
30°	0,88	15,45	19,30	1,25
45°	0,80	17,00	21,25	1,25
60°	0,73	18,60	23,30	1,25
90°	0,70	19,40	24,30	1,25

Висновки

Слід зазначити, що отримані результати дають можливість говорити про збільшення відстані між шпурами з пластинами-вставками на 25 %, тільки для конкретних вищеперерахованих початкових умов.

У разі зміни властивостей породи, товщини пластин-вставок питання збільшення відстані між шпурами остаточно може бути вирішено тільки після проведення натурних експериментів.

Збільшення відстані між шпурами дає можливість зменшити до 25 % небезпечні бурові роботи. Також при використанні розробленого в НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського» агрегату виключили з процесу видобутку гранітних блоків шкідливий та небезпечний фактор «постріл НРС» (викиди НРС із шпуру при кристалізації).

У подальшому буде продовжено роботи із вдосконалення технологій використання НРС для гірничого виробництва.

Список літератури

1. Карасев Ю. Г., Бакка Н. Т. Природный камень. Добыча блочного и стенового камня : учебное пособие для студентов высш. учеб. зав. /

Ю. Г. Карасев, Н. Т. Бакка. – Санкт-Петербургский горный институт. – СПб, 1979. – 428 с.

2. Бакка Н. Т. Особенности добычи блоков камня с помощью НРС / Н. Т. Бакка, В. С. Редчиц // Экспресс информация. Серия «Промышленность нерудных и неметаллорудных материалов». – 1991. – Вып. 1. – С. 14–28.

3. Бакка Н. Т. Облицовочный камень / Н. Т. Бакка, И. В. Ильченко. – М. : Недра, 1992. – 303с.

4. Бакка М. Т. Видобування природного каменю : [навч. посібник для студентів вищ. навч. закл.] / М. Т. Бакка, О. Х. Кузьменко, Л. С. Сачков. – К. : КПІ, ІСДО, 1993. – 352 с.

5. Розробка та дослідження процесу керування напрямом розколу блочного каменю при використанні невибухових руйнуючих сумішей / І. О. Фоменко, О. І. Фоменко, І. М. Ковтун, А. І. Ковтун // Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва. Збірник : науково-виробничий збірник. Кременчуцький університет імені Михайла Остроградського. – Кременчук : КрНУ, 2013. – Вип. 2/2013(12). – С. 50–57.

6. Дослідження технологічних параметрів процесу керування напрямом розколу блочного каменю під час використання невибухових руйнуючих сумішей / І. О. Фоменко, А. І. Ковтун // Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут. Серія «Гірництво» : збірник наукових праць. Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут». – К. : НТУУ «КПІ», 2014. – Вип. 26 – С. 63–69.

7. Сахно І. Г., Касьєв М. М. Патент на винахід №100062, МПК(2006.01) E21C 37/06. Спосіб руйнування гірських порід невибуховими руйнуючими сумішами й патрон для його реалізації / –а. 201100476, – 2012. – бюл. 21. – 5 с.

8. Фоменко І. О., Фоменко О. І., Ковтун А. І. Патент на корисну модель № 90941, МПК E21C 37/00. Шпурова вставка для направлено розколу монолітних об'єктів невибуховими розширюючими сумішами /опубл. 10.06. 2014. Бюл. № 11.

9. Фоменко І. О., Фоменко О. І., Ковтун А. І. Патент на корисну модель № 92446, МПК E21C 27/14. Шпурова вставка для направлено розколу монолітних об'єктів невибуховими розширюючими сумішами / опубл. 11.08. 2014. Бюл. № 15.

Дата подання статі до збірника – 30.10.2016