

2. Суханов А. Ф. Разрушение горных пород взрывом / А. Ф. Суханов, Б.Н. Кутузов. – М.: Недра, 1967. – 340 с.
3. Суханов А. Ф. Предпосылки теории дробления пород взрывом. Вопросы теории разрушения горных пород действием взрыва / А. Ф. Суханов. – М.: Изд-во АН СССР, 1958. – С. 216-219.
4. Мачинский М. В. Теория расчета зарядов / М.В. Мачинский // Взрывное дело. – 1936. – № 26. – С. 27-38.
5. Алексеев А. Д. Разрушение горных пород в объёмном поле сжимающих напряжений / А. Д. Алексеев, В. Н. Ревва, Н. А. Рязанцев. – Київ: Наукова думка, 1989. – 168 с.
6. Баум Ф. А. Разрушения горных пород взрывом / Ф.А. Баум. – 1963. – №52/9. – С. 258-262.

*Стаття надійшла до редакції 08.10.2014 р.*

УДК 622.236.9, 622.271.2

**І. О. Фоменко**, к. т. н., доц., **А. І. Ковтун**, асистент (НТУУ «КПІ»)

### **ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ КЕРУВАННЯ НАПРЯМКОМ РОЗКОЛУ БЛОЧНОГО КАМЕНЮ ПІД ЧАС ВИКОРИСТАННЯ НЕВИБУХОВИХ РУЙНУЮЧИХ СУМІШЕЙ**

**I. O. Fomenko, A. I. Kovtun** (National technical university of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute»)

### **THE INVESTIGATION OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF THE PROCESS CONTROL THE DIRECTION SPLIT STONE BLOCK WHEN USING UNEXPLOSIVE DESTRUCTIVE COMPOUNDS**

*Виконано теоретичні дослідження технології керування напрямком розколу блочного каменю за використання пластин-вставок у шпурах з невибуховими руйнуючими сумішами. Керування передбачає поворот пластини-вставки навколо осі шпуру. Наведені дослідження дають можливість розколювати блочні каміння у заданому напрямку. Вирішення такого завдання дає змогу збільшити відстань між шпурами і за рахунок цього зменшити обсяги бурових робіт.*

**Ключові слова:** бурові роботи, невибухові руйнуючі суміші, напрямок розколу, видобуток гранітних блоків.

*Выполнены теоретические исследования технологии управления направлением раскола блочного камня, при использовании пластин-вставок в шпурах с невзрывчатыми разрушающими составами. Управление предусматривает поворот пластины-вставки вокруг оси шпура. Проведенные исследования позволяют обеспечить раскол блочного камня в заданном направлении. Решение поставленной задачи позволит увеличить расстояние между шпурами и за счет этого уменьшить объем буровых работ.*

**Ключевые слова:** буровые работы, невзрывчатые разрушающие смеси (НРС), 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 studies 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:** *horing works, unexplosive destroying mixtures, direction of the split, producing granite blocks.*

**Вступ.** Промислове використання невибухових руйнуючих сумішей (НРС) для видобутку блочного каменю, руйнування негабаритів або старих фундаментів на будівництві продовжується вже більше двадцяти п'яти років. Досвід використання НРС підтвердив перспективність низки розроблених технологій. Однак практика застосування НРС довела, що для їх широкого застосування необхідно вирішити одразу цілий комплекс наукових та практичних задач, а саме:

- гарантувати впевнене керування напрямком розколу породи;
- уникати викидів НРС з шнурів за підвищених температур (більш як 15 °С), які становлять небезпеку для працівників;
- забезпечити за рахунок конструкції технологічного обладнання можливість попереднього стискання НРС у шнурі перед початком кристалізації і за рахунок цього підвищити потенційні можливості суміші через підвищення тиску;
- передбачити простоту конструкції обладнання та технологічність його виготовлення, що дасть можливість виробляти його безпосередньо в механічній майстерні будь-якого кар'єру і забезпечить суттєвий економічний ефект.

**Аналіз сучасного стану питання.** Першочерговим завданням під час використання НРС є можливість керування напрямком розколу породи. Один зі способів, який може забезпечити таке керування, є нарізання на стінках шпурів концентраторів напружень у вигляді трикутних заглиблень певної глибини [1–3]. Однак на гранітних кар'єрах нині концентратори напружень не застосовують через цілу низку технологічних та конструкторських проблем. Насамперед це пов'язано з швидким абразивним зносом та малим терміном використання твердосплавних пластин бурових коронок. Окрім того на практиці відбуваються систематичні заклинювання бурових коронок у шпурі, що пояснюється тільки поступовим рухом коронок та відсутністю обертання. Таким чином керування напрямком розколу породи за рахунок нарізання концентраторів напружень до останнього часу повністю не вирішено у гірничій галузі.

У [4] наведено спосіб отримання направленої магістральної тріщини через використання спеціальних патронів з НРС. Однак ці патрони не знайшли широкого впровадження через такі конструктивні вади:

- не виключаються викиди НРС з шпурів;
- у конструкціях патрону не передбачено попереднє стискання НРС до моменту кристалізації, що обмежує максимальний тиск.

У [5] надано конструкцію пластини-вставки для направлено руйнування монолітів за допомогою НРС. У площині пластини-вставки передбачені наскрізні отвори, які повинні підвищити ефективність направляючої дії. У реальних експлуатаційних умовах після кристалізації НРС та розколу моноліту для очищення пластини-вставки від НРС треба застосувати ударний інструмент, який призводить до великих деформацій пластини-вставки та швидкої втрати її форми.

**Мета роботи.** Отримати епюри розподілу напружень у перетині шпура в момент тріщиноутворення для гірських порід з різними механічними властивостями та надати рекомендацію щодо вибору товщини пластини-вставки.

**Результати досліджень.** Розроблено пластину-вставку, яка відповідає всім вище переліченим вимогам (рис. 1). Конструкція пластини-вставки захищена патентом України [6]. Проаналізовано співвідношення напружень, які діють на стінку шпура розтягуючи, залежно від товщини пластини-вставки.

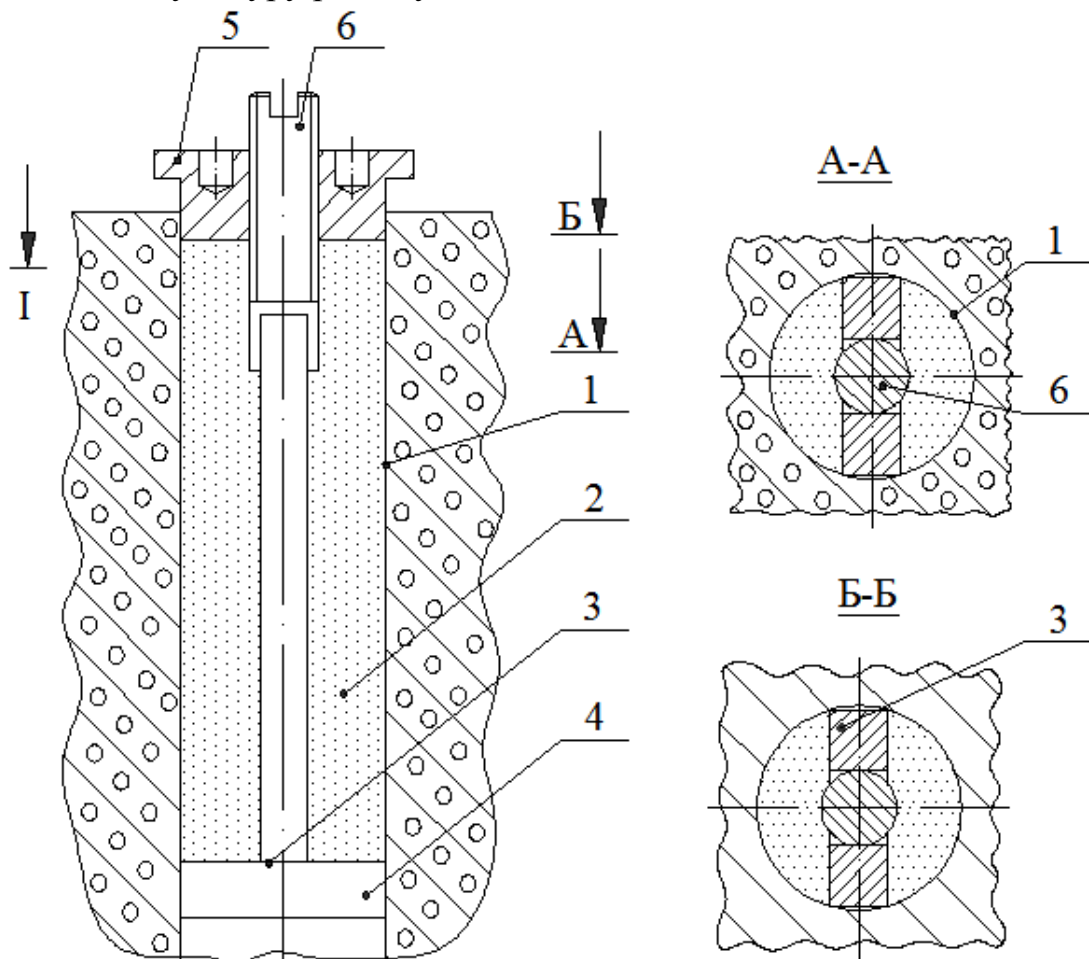


Рис. 1. Пластина-вставка для керування напрямком тріщиноутворення в шпурі:

1 – шпур; 2 – НРС; 3 – пластина-вставка; 4 – шайба; 5 – шайба; 6 – шпилька

Запропоновано схему навантаження шпура перед моментом тріщиноутворення вздовж осі  $X$  (рис. 2)

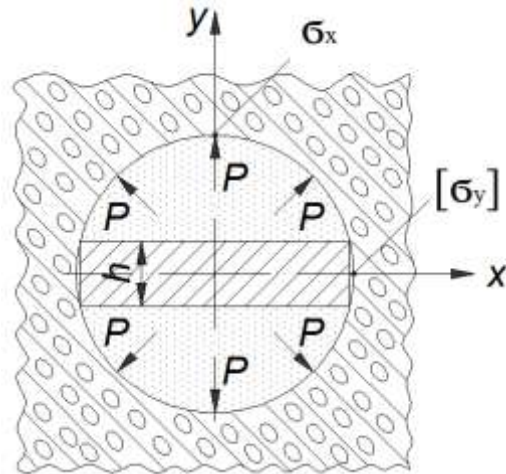


Рис. 2. Схема навантаження шпуру НРС за використання пластини-вставки:

$h$  – товщина пластини-вставки;  $\sigma_y$  – максимально допустиме напруження на розтягування вздовж осі  $Y$  та що виникає на осі  $X$ ;  $\sigma_x$  – напруження на розтягування вздовж осі  $X$  та що виникає на осі  $Y$ ;  $P$  – тиск, який утворює НРС у момент тріщиноутворення.

Аналітичний аналіз базувався на таких вихідних умовах та припущеннях: діаметр шпуру вибрано 40 мм; товщина пластин-вставок має дискретні значення (5, 6, 8; 10, 12, 15) мм; матеріал породи ортотропний. Враховуючи, що закон Гука для природних каменів має дуже малу зону текучості, тому зоною можна знехтувати і вважати, що процес тріщиноутворення відбувається у прикінці пружних деформацій.

Розрахунки виконано для п'яти варіантів природних каменів, (табл. 1).

Таблиця 1. Механічні властивості природного каменю

Природний камінь	Модуль пружності, МПа	Коефіцієнт Пуассона	Межа міцності, МПа
Кварцовий порфір	70000	0,21	38
Мармур чорний	57400	0,32	21
Діабаз	93800	0,27	11
Порфірит	88500	0,31	20
Граніт рожевий	57400	0,18	17

Моделювання та розрахунки напруженого стану в середині шпуру з НРС під час використання пластини-вставки виконано за програмою EFMAP (Finite Element Modeling And Post Processing) [7]. Для моделювання вибрана пластина завтовшки 1 мм, з отвором 40 мм, з висотою 400 мм, що дало змогу запобігти виникненню крайового ефекту.

Отримані в результаті розрахунків епюри розтягуючи напружень діючих вздовж осей  $X$  та  $Y$  в момент тріщиноутворення (рис. 3–5). Епюри наведено для трьох гірських порід (кварцовий порфір, мармур чорний та діабаз) під час використання пластини-вставки завтовшки 10 мм.

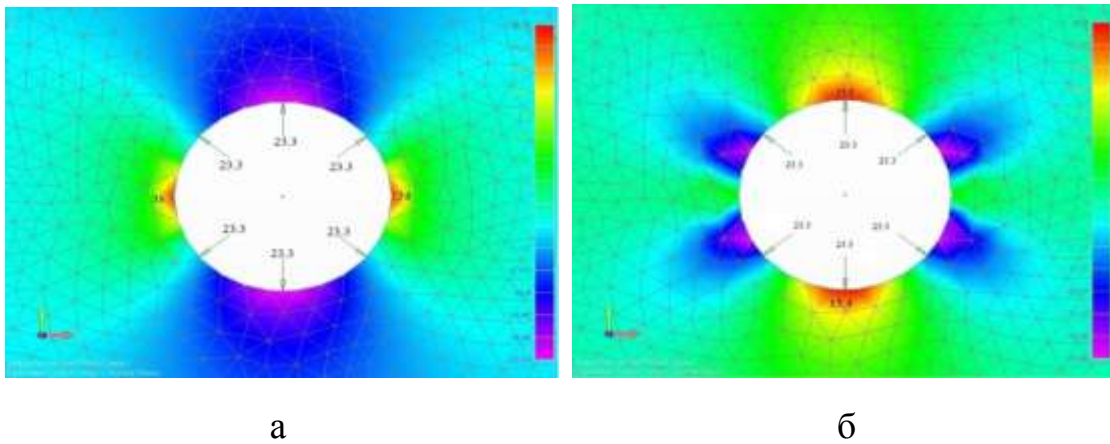


Рис. 3. Епюри розподілу нормальних напружень вздовж осі  $Y$  – (а) та осі  $X$  – (б) для кварцового порфіру

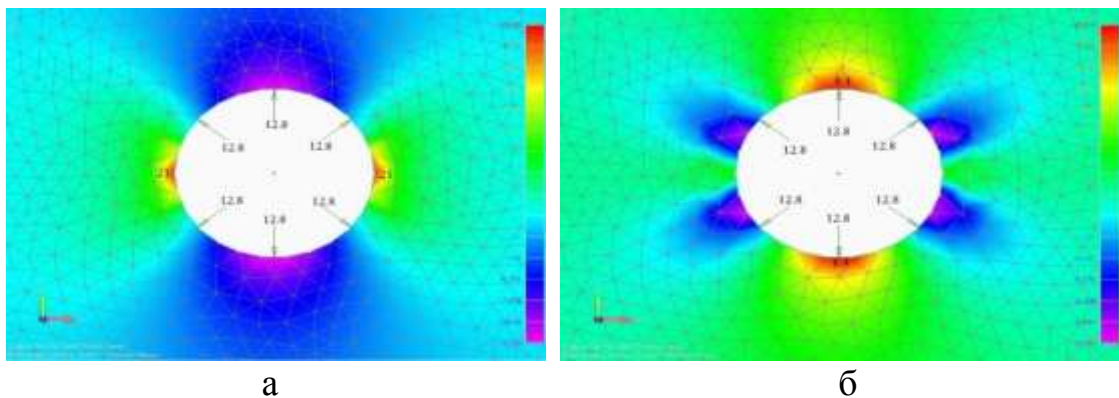


Рис. 4. Епюри розподілу нормальних напружень вздовж осі  $Y$  – (а) та осі  $X$  – (б) для мармуру чорного

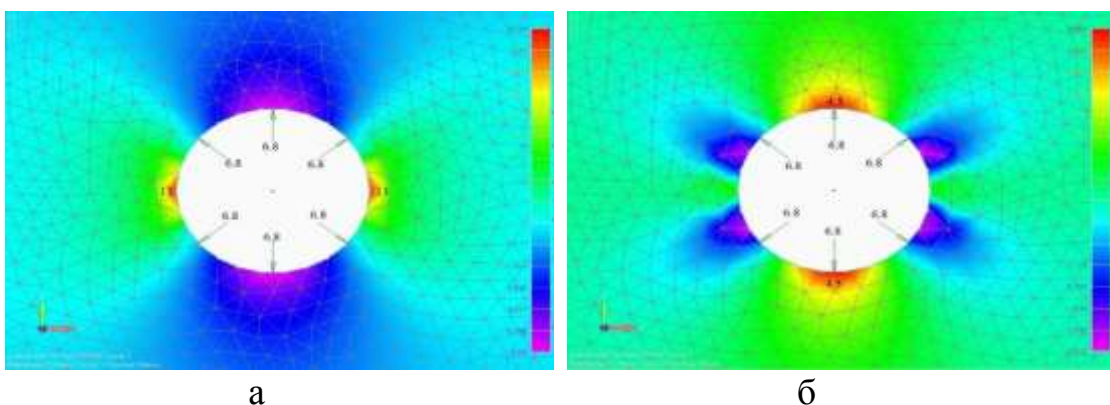


Рис. 5. Епюри розподілу нормальних напружень вздовж осі  $Y$  – (а) та осі  $X$  – (б) для діабазу.

Розраховано п'ятдесят аналогічних епюр, які дали змогу побудувати графік залежності співвідношення  $\sigma_x/\sigma_y$  від товщини пластини-вставки  $h$  (рис.6).

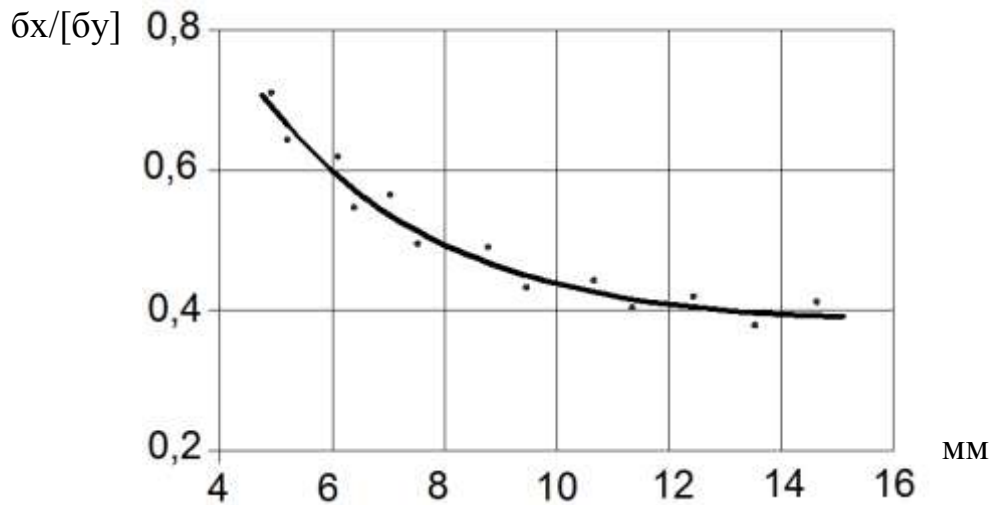


Рис. 6. Залежність співвідношення  $\sigma_x/\sigma_y$  від товщини пластини-вставки  $h$

Як впливає з рис. 6, мінімальна товщина пластини-вставки дорівнює 5 мм, що зумовлено максимальним тиском, який утворює НРС у шпурі, а також межею міцності вуглецевої сталі. Максимальна товщина пластини-вставки перевищує 10 мм, тому що пластини-вставки завтовшки (12, 15) мм суттєво не змінюють співвідношення  $\sigma_x/\sigma_y$ , але зменшують об'єм НРС у шпурі, що негативно впливає на ширину тріщини розколу породи. Вплив механічних властивостей породи на співвідношення  $\sigma_x/\sigma_y$  є несуттєвим.

Величина співвідношення розривних напружень, які виникають за осями  $X$  та  $Y$  у момент тріщиноутворення в шпурі, певним чином характеризують вірогідність тріщиноутворення в заданому напрямку: за більших значень  $\sigma_x/\sigma_y$  вірогідність зменшується, за менших – підвищується. Слід також враховувати, що велика природна тріщинуватість породи також впливає на вірогідність тріщиноутворення в певному напрямку.

### Висновки

Запропоновано нову технологію керування напрямом розколу блочного каменю з використанням пластин-вставок у шпурах з невибуховими руйнуючими сумішами. Діапазон, в якому може змінюватись товщина пластини-вставки для шпурів діаметром 40 мм, становить 5...10 мм. Для порід без природної тріщинуватості рекомендовано пластини-вставки завтовшки (5...6) мм, які забезпечують співвідношення  $\sigma_x/\sigma_y$ , у межах 0,58...0,73, під час розколу порід з середньою природною тріщинуватістю рекомендовано використовувати пластину-вставку завтовшки 8 мм з співвідношенням  $\sigma_x/\sigma_y = 0,49$  та для порід з великою тріщинуватістю товщина пластини-вставки становить 10 мм з співвідношенням  $\sigma_x/\sigma_y = 0,42$ .

### Список використаних джерел

1. Карасев Ю. Г. Природный камень. Добыча блочного и стенового камня. / Ю.Г. Карасев, Н.Т. Бакка – СПб, Санкт-Петербургский горный институт, 1979 с. – 428 с.
2. Луговий П.З. Відокремлення монолітів за допомогою шпурів, які мають профільні надрізи в площині передбачуваного відколу / П. З. Луговий, О. І. Фоменко: зб. статей за матеріалами Другої науково-методичної конференції [“Проблеми охорони праці, промислової та цивільної безпеки”] (Київ, 17–18 грудня 2008 р.) / М-во освіти і науки України, НТУУ “КПІ”. – К.: НТУУ “КПІ”, 2008. – С. 59–61.
3. Воробьев В.В. Определение оптимальных параметров заряда /В. В. Воробьев, В. В. Костин, В. Е. Проценко // Зб. КрНУ «Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва». –2011. – Вип. 2 (8). – С. 39–44.
4. Патент на винахід №100062 України, МПК (2006.01) E21C 37/06. Спосіб руйнування гірських порід невибуховими руйнуючими сумішами й патрон для його реалізації / І. Г. Сахно, М. М. Касьєв. –№ 201100476. опубл. 15.12.2012. Бюл. № 21. – 5 с.
5. Авторское свидетельство Российской федерации №1798495. Скважинная вставка для направленного разрушения монолитов расширяющимися веществами. / В. И. Штеле. – опубл. 25.11.1993. Бюл. № 8. – 5 с.
6. Патент на корисну модель №92446, МПК E21C 27/14. Шпурова вставка для направленного розколу монолітних об’єктів невибуховими розширюючими сумішами / Фоменко І. О., Фоменко О. І., Ковтун А. І. –заяв. 16.04.2014, опубл. 11.08.2014. Бюл. №15. – 3 с.
7. Рудаков К.Н. Геометрическое и конечно-элементное моделирование конструкции. FEMAP 10.2.0. / К.Н. Рудаков. – К.: КПИ, 2011. – 317 с.

*Стаття надійшла до редакції 05.11.2014 р.*