

## **МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВИДОБУТКУ ГРАНІТНИХ БЛОКІВ НЕВИБУХОВИМИ МЕТОДАМИ**

*В статті представлений аналіз робіт, де наведені аналітичні та емпіричні залежності для розрахунку потрібної для відколу гранітного блоку від масиву відстані між шпурами без концентраторів напружень. Зроблені розрахунки коефіцієнтів інтенсивності напружень концентраторів виконаних на стінках шпурів в площині передбачуваного відколу гранітного блоку. Розроблена та запропонована методика розрахунку потрібної відстані між шпурами з концентраторами напружень, яка базується на розрахунку відносної зміни коефіцієнтів інтенсивності напружень для концентраторів різної глибини.*

Одним з поширених невибухових методів видобутку гранітних блоків є метод, який передбачає використання невибухових руйнуючих сумішей (НРС), які створюють в процесі кристалізації значний статичний тиск всередині шпурів, виконаних в гранітному масиві.

Аналогічну схему навантаження має і нещодавно створений в Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут» (НТУУ «КПІ») агрегат для руйнування монолітних об'єктів гідророзривом [6].

Для розрахунку такого важливого технологічного параметру, як необхідна для відколу гранітного блоку від масиву відстань між шпурами, можуть бути використані залежності наведені в роботах [1, 2, 3, 4]. Ці залежності були отримані, як емпіричним, так і аналітичним шляхами.

Сучасний практичний досвід показав, що нарізка на стінках шпурів концентраторів напружень у вигляді трикутних заглиблень, вершини яких розташовані в площині передбачуваного відколу, дозволяє суттєво збільшити відстань між шпурами і тим самим зменшити обсяги бурових робіт [1].

Однак згадані вище залежності для розрахунку відстані між шпурами, наведені в роботах [1, 2, 3, 4] призначені для шпурів без концентраторів напружень.

В роботі [4] вивчено вплив параметрів концентраторів напружень на тиск тріщиноутворення в крихкому матеріалі, але не проаналізований їх вплив на необхідну відстань між шпурами.

Тому була поставлена задача виконати теоретичне дослідження впливу глибини концентраторів напружень на необхідну для відколу гранітного блоку відстань між шпурами.

Початок приведених нижче теоретичних досліджень базувався на наведеній в роботі [1] аналітичній залежності, яка дає змогу розрахувати необхідну відстань між шпурами у разі використання НРС, а саме:

$$L = \frac{0.5 \cdot \pi \cdot d_{ш} \cdot l_{ш} \cdot p(t)}{H \cdot \sigma_p \cdot k(t)} ; \quad (1)$$

де  $d_{ш}$  – діаметр шпуру, м;

$l_{ш}$  – довжина шпуру, м;

$p(t)$  – тиск на стінки шпуру, МПа;

$H$  – висота шпуру, м;

$\sigma_p$  – межа міцності каменю на розтягування, МПа;

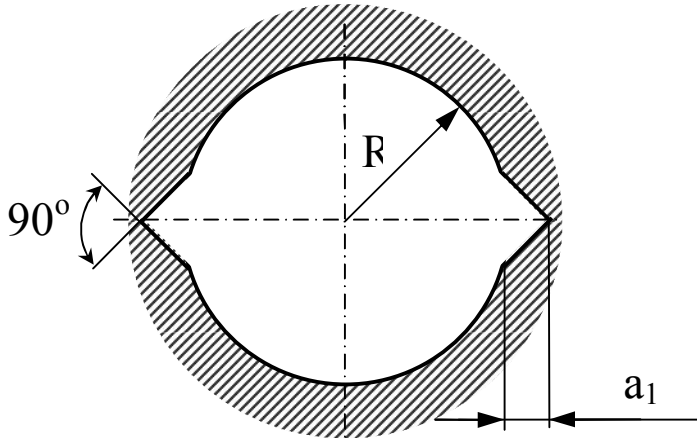
$k(t)$  – коефіцієнт, який враховує зниження міцності каменю від часу навантаження котрий змінюється від 0,1 до 0,7 в залежності від орієнтації площини відколу вздовж шару, або під кутом до нього.

В роботі [1] також зазначено, що за рахунок виконання на стінках шпурів діаметром порядку 0,04м концентраторів напружень глибиною 0,007м можна майже в 2 рази (в даному дослідженні була прийнята цифра 1,9) збільшити відстань між шпурами. Таке ствердження не підлягає сумніву, оскільки воно доведено багаторічним практичним досвідом використання НРС для видобутку гранітних блоків.

Розроблена методика розрахунку необхідної відстані між шпурами з різною глибиною концентраторів базується на порівняльному аналізі коефіцієнтів інтенсивності напружень, які характеризують перерозподіл напружень в масиві за рахунок використання концентраторів.

Враховуючи, що в даному випадку вирішується плоска задача теорії пружності, можна стверджувати, що потрібна для відколу гранітного блоку від масиву відстань між шпурами, буде змінюватись пропорційно зі зміною коефіцієнтів інтенсивності напружень.

На рис. 1 представлена схема поперечного перетину шпуру з концентраторами напружень.



**Рис. 1. Схема поперечного перетину шпуру з концентраторами напружень**

Згідно з даними представленими в роботі [5] коефіцієнт інтенсивності напружень для концентраторів приведених на рис.1 розраховується за формулою:

$$K = \frac{p(R + a_1)}{\sqrt{R - a_1}} ; \quad (2)$$

де  $R$  – радіус шпуру, мм;  
 $p$  – тиск на стінках шпуру, МПа;  
 $a_1$  – глибина концентратора, мм.

Враховуючи, що при проведенні досліджень в першу чергу треба визначити тиск тріщиноутворення і відповідний йому коефіцієнт інтенсивності напружень, було вирішено проаналізувати цей тиск при розколі бетонних моделей без концентраторів, а також з концентраторами глибиною 1, 3, 5 та 7 мм. Слід зазначити, що концентратори глибиною від 3 до 7 мм частіше всього використовуються на практиці. Зменшення глибини концентраторів пояснюється абразивним зносом твердосплавних пластин ріжучого інструменту та їх неодноразовим заточуванням.

Висота моделей складала 400 мм, діаметр – 320 мм, діаметр шпуру – 40 мм.

Результати заміру тиску тріщиноутворення в шпурах наведені в таблиці:

Глибина концентраторів напружень, мм	0	1	3	5	7
Тиск тріщиноутворення, МПа	7,03	5,24	4,02	3,77	3,62

Представлені в таблиці цифри дозволяють зробити наступні висновки:

1. Для шпурів діаметром 40мм збільшення глибини концентраторів напружень в діапазоні від 3 до 7мм зменшує тиск тріщиноутворення всього на 5-6% в порівнянні з максимальним тиском тріщиноутворення в моделях без концентраторів.

2. Розрахунок відносної зміни коефіцієнтів інтенсивності напружень для концентраторів глибиною від 3 до 7мм можна проводити за формулою (2) з урахуванням тільки радіусу шпуру та глибини концентратора, вважаючи тиск тріщиноутворення практично постійною величиною.

Отримані висновки дозволяють запропонувати наступну методику розрахунку необхідної відстані між шпурами, на стінках яких виконані концентратори напружень глибиною 3-7мм.

1) За формулою (1) розраховується потрібна відстань  $L$  між шпурами виконаними без концентраторів напружень.

2) Для шпурів з концентраторами напружень глибиною 7мм (базовий варіант) відстань між шпурами  $L_7$ , згідно з даними наведеними в роботі [1], приймається:

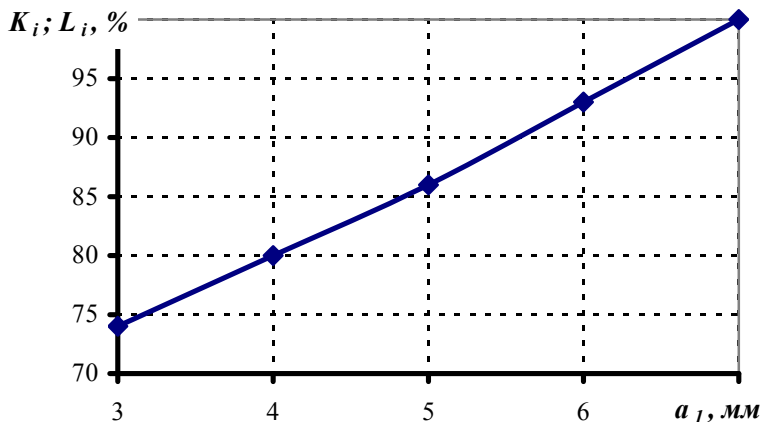
$$L_7 = 1,9 L, \text{ м.} \quad (3)$$

1) За допомогою залежності (2) розраховуються коефіцієнти інтенсивності напружень  $K_3, K_4, K_5, K_6, K_7$  для концентраторів глибиною від 3 до 7мм. ( $K_7$  – базовий коефіцієнт).

2) Розраховується відносна зміна коефіцієнтів інтенсивності напружень концентраторів глибиною 3, 4, 5, 6мм в порівнянні з базовим коефіцієнтом глибиною 7мм.

3) Пропорційно зі зменшенням коефіцієнтів інтенсивності напружень  $K_3, K_4, K_5, K_6$ , відносно базового коефіцієнту  $K_7$ , зменшуються відстані  $L_3, L_4, L_5, L_6$  між шпурами з концентраторами глибиною 3, 4, 5, 6мм відносно базової відстані  $L_7$ .

На рис. 2 представлена залежність, яка відображає зменшення коефіцієнтів інтенсивності напружень  $K_3, K_4, K_5, K_6$  відносно базового коефіцієнту  $K_7$  та зменшення відстаней між шпурами  $L_3, L_4, L_5, L_6$  відносно базової відстані  $L_7$ .



**Рис. 2. Відносна залежність коефіцієнтів інтенсивності напружень та відстані між шпурами від глибини концентраторів напружень**

В результаті проведених досліджень розроблена та запропонована для видобутку гранітних блоків методика використання коефіцієнтів інтенсивності напружень для розрахунку необхідної відстані між шпурами в залежності від глибини концентраторів напружень виконаних на стінках шпурів в площині передбачуваного відколу. Методика розрахована для технологічних процесів, які передбачають створення рівномірного статичного тиску безпосередньо на стінки шпурів.

#### Список літератури

1. Карасёв Ю.Г., Бакка Н.Т. Природный камень. Добыча блочного и стенового камня. Учебное пособие. Санкт-Петербургский горный институт. СПб, 1997. – 428 с.
2. Карасёв Ю.Г. Технология горных работ на карьерах облицовочного камня. – М.: Недра, 1995. – 298 с.
3. Невзрывчатое разрушающее средство НРС-1. ВНИИСТОМ им. П.П. Будникова. – М.: ПИК ВИНТИ, 1983. – 4 с.
4. Ткачук К.К. Разработка методов, повышающих эффективность добычи гранитных блоков. Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук – Киев, 1990. – 156 с.

5. Механика разрушения и прочность материалов. Справочное пособие: В 4-х томах / Под общей редакцией Панасюка В.В. – Киев: Наукова думка, 1988. Том 2. Коэффициенты интенсивности напряжений в телах с трещинами / Савчук М.П. – 1988 – 620 с.

6. Патент України на корисну модель №39144. Пристрій для руйнування монолітних об'єктів гідророзривом. Фоменко О.І., опубл. 10.02.2009, Бюл. №3.

Рукопис надійшов 12.06.2009 г.