

Бельтек М.І., аспірант,
Косенко Т.В., ст. викладач
Науковий керівник: Фролов О.О., д-р техн. наук, проф.,
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ВСТАНОВЛЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ДІЇ ВИБУХУ В МАСИВАХ РІЗНОЇ МІЦНОСТІ ПРИ МОДЕЛЮВАННІ В ANSYS AUTODYN

Численними науковими дослідженнями встановлено, що практично у всіх гірських масивах присутні певні структурні неоднорідності, текстурні особливості, а також тріщини, які разом впливають на зниження його загальної міцності. У зв'язку з цим, науковці виділяють два поняття: «властивості масиву гірських порід» та «властивості порід у гірському масиві». Під властивостями масиву гірських порід розуміють їх властивості в межах, які більші за розміри елементарного блоку. Властивості порід у масиві це характеристики порід безпосередньо в об'ємі елементарного блоку (лабораторного зразку). Для встановлення ступеня зменшення міцнісних властивостей масиву у порівнянні з лабораторним зразком породи використовують коефіцієнт структурного ослаблення. Зазвичай, коефіцієнт структурного ослаблення K_c представляють співвідношенням межі міцності порід на одноосьове стиснення у гірському масиві $\sigma_{ст.м}$ та одноосьової межі міцності лабораторного зразку породи $\sigma_{ст.зр}$:

$$K_c = \frac{\sigma_{ст.м}}{\sigma_{ст.зр}}. \quad (1)$$

В ідеальному варіанті, коли у гірському масиві немає тріщин, анізотропії, кліважу та інших характеристик, що впливають на зниження міцності, значення K_c повинне дорівнює 1. Оскільки такого масиву в природних умовах не існує, то значення коефіцієнта структурного ослаблення завжди є меншим за 1. Залежно від впливаючих факторів, нижня межа зміни коефіцієнта структурного ослаблення може досягати 0,1 і менше. При проектуванні буропідричних робіт (БПР) на кар'єрах використовують показник одноосьової межі міцності лабораторного зразку породи. І тому, при розрахунку параметрів БПР значення відстаней між свердловин, у більшості випадків, отримують заниженими. Це призводить до переподрібнення гірничої маси та необґрунтованого збільшення витрат вибухових речовин (ВР).

З метою одержання більш точних даних про результати руйнування скельного гірського масиву вибухом свердловинного заряду ВР вченими рекомендується комп'ютерне моделювання дії вибуху в середовищі. Воно дає змогу виявити закономірності вибуху у масивах різної міцності та оцінити процес тріщиноутворення в гірській породі з метою оптимізації розташування свердловин ВР на промисловому блоці. Одним з найбільш ефективних програмних продуктів, який дозволяє розв'язувати складні задачі високошвидкісних динамічних процесів, є комплекс інженерного аналізу ANSYS AUTODYN.

Комп'ютерне моделювання руйнування масиву гірських порід вибухом циліндричного заряду ВР виконано для гранітів Пинязевицького кар'єру. Діаметр модельної свердловини становив 200 мм, загальна довжина свердловини – 3,0 м, тип ВР – Анемікс 70. Довжина заряду ВР прийнята 2,0 м, відповідно, довжина забійки – 1,0 м, матеріал забійки – пісок. Фізико-механічні властивості граніту, тобто характеристик породи у лабораторному зразку, наведено на рис. 1.

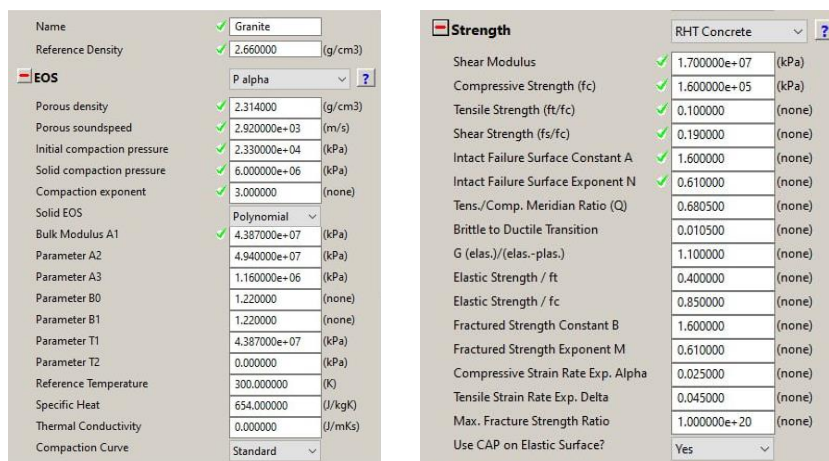


Рис. 1. Фізико-механічні властивості граніту у гірському масиві

Моделювання вибухового руйнування скельного середовища спочатку було здійснене для граніту з міцністю як у лабораторному зразку, тобто ідеальний стан гірського масиву. А потім розрахунки було проведено для масивів гірських порід різної міцності, яка встановлювалася значенням коефіцієнту структурного ослаблення K_c . Чисельні значення K_c змінювалися від 1,0 до 0,1 з інтервалом 0,1. Таким чином, виконано моделювання руйнування середовища вибухом свердловинного заряду ВР для 10 типів гранітного гірського масиву, від ідеально міцного до максимально структурно ослабленого. На рис. 2 наведені характерні епюри руйнувань та тріщиноутворення гірських масивів з показниками коефіцієнтів структурного ослаблення 1,0 та 0,1, відповідно.

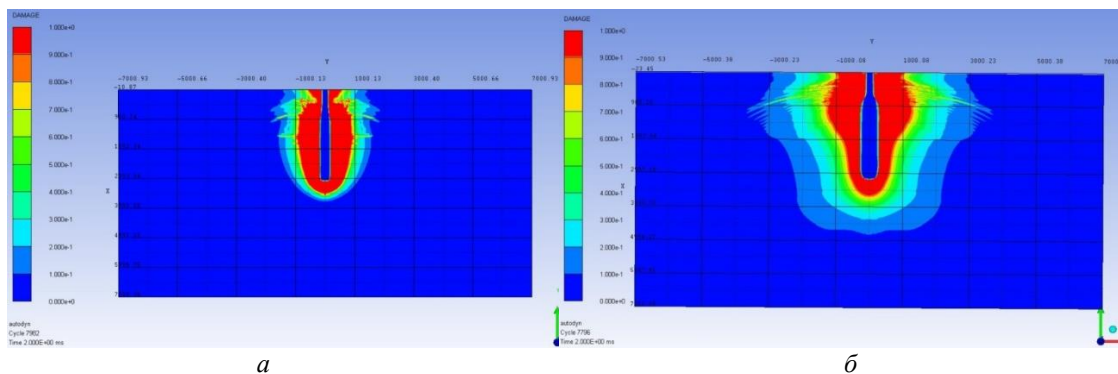


Рис. 2. Епюри руйнувань гірського масиву з коефіцієнтами структурного ослаблення K_c : а – 1,0; б – 0,1

Аналіз, наведених на рис. 2, епюр руйнувань показує суттєве збільшення зони дроблення максимально структурно ослабленого гірського масиву у порівнянні з дробленням граніту лабораторного зразка. Для встановлення об'єму руйнування масиву гірських порід вибухом свердловинного заряду використано програмне забезпечення Blender. Використовуючи результати розрахунків, що отримані в ANSYS AUTODYNE, створені об'ємні фігури обертання воронки руйнування для гірських масивів різної міцності. В таблиці наведені чисельні значення визначених об'ємів воронки руйнування для гірських масивів з різним ступенем структурного ослаблення.

Таблиця

Об'єми воронки руйнування гірського масиву різної міцності

K_c	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
$V, \text{м}^3$	22,9	24,9	28,2	32,1	38,2	48,6	61,8	80,1	105,5	136,5

Відповідно до наведених значень, побудовано графік залежності об'єму воронки руйнування V від коефіцієнту структурного ослаблення K_c гірського масиву (рис. 3).

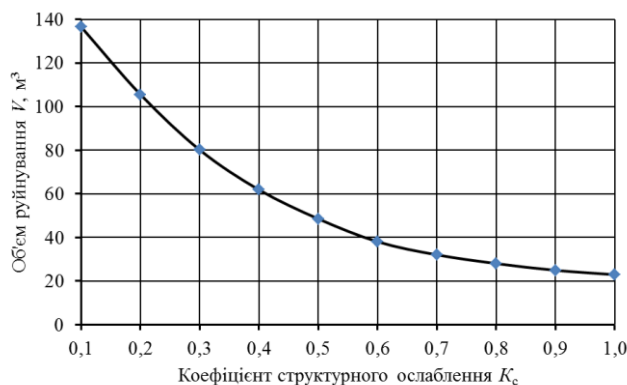


Рис. 3. Залежність об'єму воронки руйнування V від значень коефіцієнту структурного ослаблення K_c

Графічну залежність на рис.3 можна апроксимувати поліномом 3-го ступеню

$$V = 175,69 - 149,48 K_c^3 + 429,1 K_c^2 - 432,46 K_c, \text{ м}^3. \quad (2)$$

Отже, з урахуванням епюр руйнувань гірського масиву з різним ступенем структурного ослаблення, які отримані в ANSYS AUTODYNE, створені об'ємні фігури воронки руйнування та визначені об'єми зазначених воронки V залежно від коефіцієнту структурного ослаблення K_c гірського масиву.

Встановлено, що об'єм воронки руйнування граніту $V = 22,9 \text{ м}^3$, міцність якого як у лабораторному зразку, майже в 6 разів менше за об'єм руйнування максимально структурно ослабленого гранітного гірського масиву $V = 136,5 \text{ м}^3$, тобто коли $K_c=0,1$.