

АНАЛІЗ МЕТОДИК ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТУ СТРУКТУРНОГО ОСЛАБЛЕННЯ ГІРСЬКОГО МАСИВУ

У зв'язку з наявністю тріщинуватості масиву гірських порід його загальна міцність зазвичай менше, ніж окремих складових цього масиву (шматків або структурного блоку). Зі збільшенням ступеня тріщинуватості міцнісні характеристики скельного масиву зменшуються, а деформаційні збільшуються. Для отримання фактичної міцності масиву через межі міцності порід в зразку в розрахунки вводять коефіцієнт структурного ослаблення масиву K_c , що показує відношення межі міцності порід масиву до межі міцності порід в зразку:

$$K_c = \frac{\sigma_m}{\sigma_{зр}}, \quad (1)$$

де σ_m – межа міцності порід масиву на одноосьове стиснення, Па; $\sigma_{зр}$ – межа міцності породи на одноосьове стиснення в зразку, Па.

При проектуванні гірничих робіт K_c , згідно нормативної та довідкової літератури, рекомендується визначати за даними кількісного аналізу порушеності гірського масиву тріщинами на підставі даних інженерно-геологічних вишукувань по середній відстані між поверхнями ослаблення порід, тобто середній відстані між тріщинами (табл.1).

Таблиця 1

Значення коефіцієнту структурного ослаблення масиву K_c

Середня відстань між поверхнями послаблення гірських порід, м	K_c
Більше 1,5	0,9
1,5...1,0	0,8
1,0...0,5	0,6
0,5...0,1	0,4
менше 0,1	0,2

Також, коли відома інтенсивність тріщинуватості скельного гірського масиву (кількість тріщин на один погонний метр), то коефіцієнт K_c може бути визначений за графіком, представленим на рис. 1.

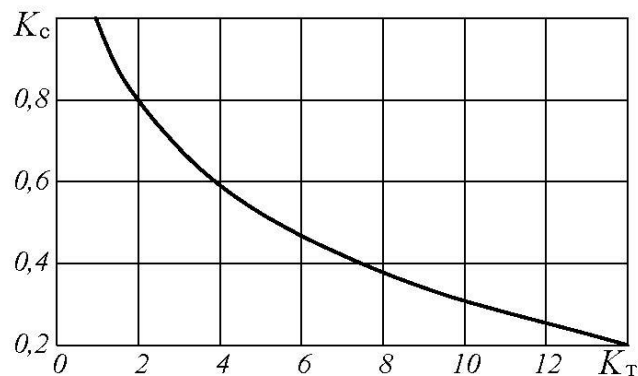


Рис. 1. Графік залежності коефіцієнту структурного ослаблення масиву K_c від інтенсивності тріщинуватості масиву гірських порід K_m

Однак за загальним визнанням науковців оцінювати та встановлювати чисельне значення коефіцієнту структурного ослаблення K_c тільки на основі врахування тріщинуватості гірського масиву явно недостатньо, оскільки, як показують чисельні дослідження, різниця в міцності порід в зразку і породному масиві визначається не лише модулем тріщинуватості масиву, але й геометрією тріщин, ступенем і якістю їх заповнення, масштабним ефектом, вологістю порід та ін.

Величина K_c зазвичай встановлюється за допомогою досліджень в лабораторних і натурних умовах, а також на різних моделях. Аналіз різних підходів і методик оцінки коефіцієнта структурного ослаблення дозволяє згрупувати їх наступним чином.

У найпростішому випадку надається якісний або кількісний опис систем тріщин в породному масиві, виділяються відповідні класи тріщинуватості, яким відповідає рекомендована величина K_c (див. табл. 1 та рис. 1.) Більш точні результати дають емпіричні залежності коефіцієнту структурного ослаблення масиву K_c від модуля тріщинуватості K_T .

Найбільш відома з них формула Сакураї:

$$K_c = 0,15 + \frac{0,85}{0,15K_r + 1}, \quad (2)$$

Інші науковці вводять в подібне рівняння додаткові фактори, які корегують значення K_c . Зокрема, А. Н. Шашенко вводить значення коефіцієнту варіації міцності:

$$K_c = \frac{a + b(1 - V_\sigma)}{c(0,2J_m + 1)}, \quad (3)$$

де a, b, c – емпіричні коефіцієнти; V_σ – коефіцієнт варіації одиничних значень міцності порід в лабораторних випробуваннях, який змінюється в межах від 0 до 0,5; J_m – модуль тріщинуватості гірського масиву.

Аналіз міцнісних властивостей гірських порід дозволив отримати значення даних коефіцієнтів: $a = 0,7$; $b = 0,8$; $c = 1,25$.

Формула для визначення коефіцієнту структурного ослаблення K_c , що враховує кут нахилу тріщин, має вигляд:

$$K_c = \frac{1}{1 + q^{m_1} m_2 \left[\sin(2\alpha - \varphi) - \frac{C}{\sigma_{ct}} \right] \sigma_{ct}^n \ln(q)^{-1}}, \quad (4)$$

де α – кут падіння системи тріщин; φ – кут внутрішнього тертя гірських порід; C – зчеплення на контактних поверхнях окремостей, МПа; m_1, m_2, n – емпіричні коефіцієнти: $m_1 = -0,447$; $m_2 = 2,34 \cdot 10^{-5}$; $\xi = \ln(15\gamma H)$; q – ступінь порушеності гірського масиву.

Також відома формула для визначення K_c , що враховує розміри структурного блоку

$$K_c = 1 - \sqrt{\frac{L_{\min}}{L_\chi} \left[1 - \frac{\sigma_p}{\sigma_{ct}} \sqrt{\frac{L_{\min}}{2,5}} \right]}, \quad (5)$$

де L_{\min} – мінімальний розмір структурного блоку в масиві гірських порід, см; L_χ – середня відстань між тріщинами окремостей, см; σ_p – межа міцності порід масиву на розтягнення, Па; σ_{ct} – межа міцності породи на стиснення, Па.

Ганзагі пропонує пов'язати розрахунок коефіцієнту структурного ослаблення тріщинуватого масиву з виходом керна:

$$K_c = \frac{\left(L + \frac{K^2}{N} \right)}{2L_k}, \quad (6)$$

де L – сумарна довжина частин керна, які рівні або більші його діаметру, м; K – вихід керна, м; N – кількість частин керна; L_k – довжина керна, який підлягає дослідженню, м

Андрієвський А.П. рекомендує визначати коефіцієнт структурного ослаблення тріщинуватого масиву з урахуванням радіусу зони утворення тріщин при вибуховому навантаженні

$$K_c = \frac{1}{0,97 + 0,13 \frac{R_{mp}}{l_r}}, \quad (7)$$

де l_r – середня відстань між тріщинами; R_{mp} – радіус зони тріщиноутворення у монолітному масиві при дії на нього вибухового навантаження, м.

Аналіз вищенаведених залежностей з розрахунку коефіцієнту структурного ослаблення для скельних масивів гірських порід та інших формул, які наведені в науковій літературі, дозволяє встановити основні тенденції у визначенні K_c :

надання граничного значення K_c при значних оголеннях гірських масивів в залежності від коефіцієнту лінійної тріщинуватості (або об'ємної);

врахування співвідношення розмірів структурного блоку і розглянутого оголення гірського масиву;

врахування направленості систем тріщин відносно діючих головних напружень.

Слід відзначити, що у переважній більшості формул для визначення коефіцієнтів структурного ослаблення не розглядається роль заповнювача тріщин, хоча його характеристики можуть бути визначальними у міцності масиву порід.

Розглянуті вище методики визначення коефіцієнту структурного ослаблення зазвичай не охоплюють в повній мірі фізико-механічні та технологічні властивості тріщинуватого гірського масиву. Крім того спостерігається суттєва неоднозначність методик визначення коефіцієнта структурного ослаблення породного масиву. Тому питання його оцінки залишається актуальним.