

Бельтек М.І., аспірант,
Євпак Н.А., студентка V курсу
Науковий керівник: Фролов О.О., д-р техн. наук, проф.,
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ МІЦНОСТІ СКЕЛЬНОГО ГІРСЬКОГО МАСИВУ ЗАЛЕЖНО ВІД СТУПЕНЮ ЙОГО ТРІЩИНУВАТОСТІ

Скельний масив гірських порід зазвичай має свою власну структурну будову. Зокрема, у ньому присутні природні та штучні тріщини з різним ступенем розкриття та різними матеріалами, що їх заповнюють, з різним ступенем обводненості та ін. Отже, завжди присутня просторова неоднорідність структури гірського масиву, яка посилює відмінності його міцнісних характеристик та скельних порід, що його складають. Для оцінки величини цієї відмінності науковцями запропоновано використовувати коефіцієнт структурного ослаблення (КСО).

Таким чином, дослідження щодо удосконалення методики визначення коефіцієнту структурного ослаблення та інших критеріїв зниження міцності гірського масиву є актуальним та становить важливу науково-технічну задачу.

Зазвичай, розрахунок коефіцієнту структурного ослаблення представляють відношенням межі міцності гірських порід на одноосьове стиснення у масиві до одноосьової межі міцності на стиснення зразку породи, яке встановлене за результатами лабораторних випробувань. Однак, при дослідженні ідентичності параметрів емпіричного критерія міцності Хоека-Брауна, що застосовується у закордонній практиці, значенню коефіцієнту структурного ослаблення, вчені дійшли до висновку, що КСО також можна представляти відношенням межі міцності порід на розтягнення у гірському масиві до межі міцності на розтягнення у лабораторному зразку. Також в науковій літературі присутні публікації, в яких зазначається, що коефіцієнт структурного ослаблення може визначатися також відношенням зчеплень породи у масиві та породи у шматку.

Отже, по своїй суті, коефіцієнт структурного ослаблення характеризує пов'язаний рівень граничних напружень і параметрів напруженого стану масиву залежно від гірських порід, що його складають.

У переважній більшості формул для розрахунку КСО в якості основного фактору впливу виступає показник тріщинуватості гірського масиву. Присутні також наукові дослідження, які додатково враховують один або декілька вищезазначених факторів, зокрема, кут падіння головних природних тріщин, мінімальний розмір породного структурного блоку в масиві та ін.

В закордонних наукових дослідженнях немає терміну «коефіцієнт структурного ослаблення». Однак наукові пошукування в напрямку вивчення та встановлення реальних міцнісних властивостей гірського масиву також проводяться на високому науковому рівні. Так, К. Roshöff, F. Lanaro, and L. Jing, пропонують оцінювати гірський масив показником стану гірського масиву *RMR* (Rock Mass Rating), а С. Edelbro – показником якості породи *RQD* (Rock Quality Designation), які по своїй суті є аналогом коефіцієнту структурного ослаблення. Також, для оцінки стану гірського масиву, А. Palmstrom пропонує використовувати індекс гірничої маси *RMi* (Rock Mass index), який був розроблений для характеристики міцності гірських порід. Відомий також критерій переходу від міцності зразка породи до міцності гірського масиву за методикою Хоека-Брауна та деякі інші. Для більшості цих показників встановлено їх чисельні значення залежно від стану гірського масиву або запропоновано формули для їх розрахунку. Слід відмітити, що основним параметром для визначення вищезазначених показників міцності є показник тріщинуватості гірського масиву.

В попередніх публікаціях запропоновано усі наукові дослідження з визначення КСО скельного гірського масиву та їх закордонних аналогів розбити на три групи. До першої групи віднесені дані таблиць та графіків зі встановлення КСО залежно від параметрів тріщинуватості гірського масиву. Другу групу досліджень запропоновано формувати з публікацій, в яких наведено аналітичні розрахункові формули з визначення КСО лише за модулем тріщинуватості масиву гірських порід. До третьої групи належать дослідження, в яких пропонується визначати КСО аналітичними виразами, що враховують, крім тріщинуватості, інші фактори впливу на міцність масиву.

До першої групи належить нормативна документація та довідники, в яких коефіцієнт структурного ослаблення визначають залежно від середньої відстані між тріщинами в скельних породах. Зазвичай, значення КСО у цих документах отримано на підставі даних інженерно-геологічних вишукувань.

Серед емпіричних (аналітичних) формул з визначення чисельного значення КСО залежно від ступеня (модуля) тріщинуватості гірського масиву, які віднесено авторами до другої групи наукових досліджень, найбільш відомі в Україні формули Сакураї, Шашенко О.М. та інших вчених.

Також існують публікації науковців, які зазначають, що визначення КСО лише на основі показника тріщинуватості (третья група наукових досліджень) є неточним і треба враховувати додаткові фактори. До таких факторів слід віднести: орієнтацію тріщин в просторі масиву, ступінь розкриття тріщини, матеріал заповнення міжтріщинного простору, зчеплення на контактних поверхнях окремоостей, масштабний ефект (розмір досліджуваного масиву), обводненість масиву та ін. Звісно ж, результати досліджень вчених з третьої групи дозволяють підвищити точність і реальність оцінки стану порушеного гірського масиву, але це значно ускладнює проведення самих досліджень і значно збільшує їх тривалість.

За межами України оцінка стану порушеності гірських масивів відбувається за іншими показниками. Як вже зазначалось, в багатьох випадках вони є подібними КСО. Зокрема, в США застосовується методика оцінки тріщинуватості масиву гірських порід за показником якості породи *RQD* (Rock Quality Designation).

У світі відома також класифікація масиву гірських масивів за показником *RMR* (Rock Mass Rating). Існують табличні значення *RMR* залежно від класифікації гірського масиву за ступенем тріщинуватості. Гірський масив також поділено на п'ять класів, як і класифікація гірських порід за ступенем тріщинуватості на Україні. Це дає підставу припустити, що значення *RMR* мають ідентичність з коефіцієнтом структурного ослаблення.

Отже, розгляд різних методів визначення коефіцієнту структурного ослаблення та показників оцінки стану порушеності гірського масиву, засвідчує, що їх сутність однакова.

Тому, для узагальнення результатів досліджень, на одному графіку проведено суміщення графічних залежностей коефіцієнту структурного ослаблення гірського масиву та показників оцінки стану порушеності масиву *RQD* та *RMR*, представлених у відносних одиницях, залежно від модуля тріщинуватості.

Для усіх проаналізованих графічних залежностей коефіцієнту структурного ослаблення та *RQD* і *RMR* від модуля тріщинуватості побудована крива апроксимації (тренду) (рис. 1) та встановлено значення величини достовірності апроксимації R^2 .

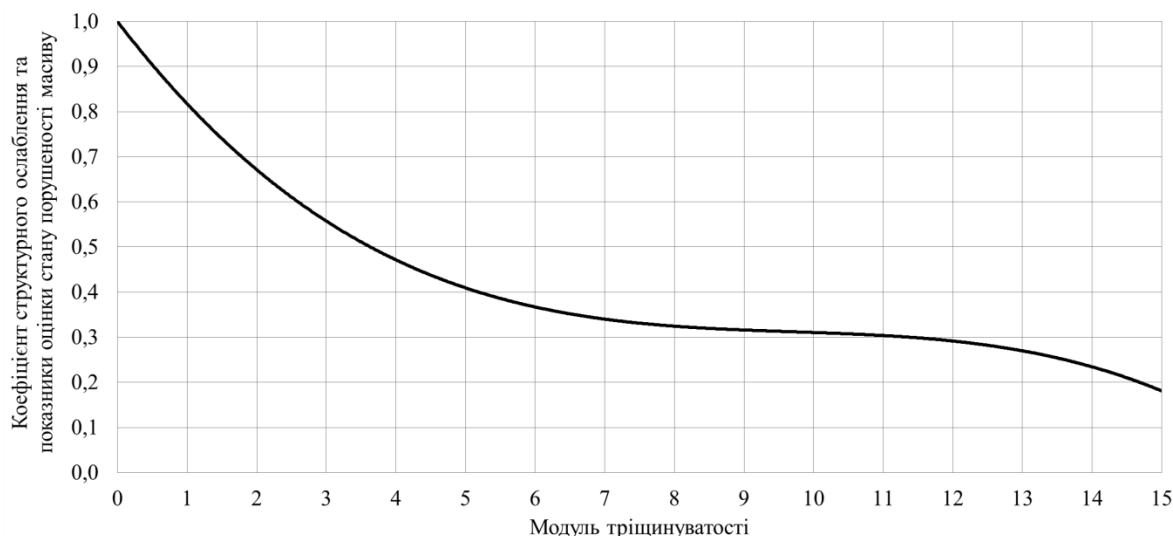


Рис. 1. Результати апроксимації графічних значень коефіцієнту структурного ослаблення та показників оцінки стану порушеності гірського масиву залежно від модуля його тріщинуватості

Після обробки графічних даних зміни коефіцієнту структурного ослаблення та показників оцінки стану порушеності гірського масиву від модуля його тріщинуватості отримана апроксимуюча крива, яку можна описати поліномом 3-го ступеню:

$$K_{сп} = 1 - 0,2021K_T + 0,0203K_T^2 - 0,0007K_T^3. \quad (1)$$

де $K_{сп}$ – узагальнений коефіцієнт зниження міцності гірського масиву.

Величина достовірності апроксимації становить $R^2=0,8975$.

За результатами виконаних досліджень запропоновано замість коефіцієнту структурного ослаблення, показника якості породи *RQD* та показника стану порушеності гірського масиву *RMR*, для оцінки міцності гірського масиву використовувати узагальнений коефіцієнт зниження міцності $K_{сп}$. Наведена розрахункова формула для його визначення може з часом змінюватися за рахунок додавання нових показників міцності.