

УДК 622.271.33

РОЗРОБЛЕННЯ МЕТОДУ КОМПЛЕКСНОЇ ОЦІНКИ СТАНУ МАСИВУ КАР'ЄРУ

к.т.н, доц. Шолох М.В.; асп., Романенко А.О.

Криворізький національний технічний університет, м. Кривий Ріг

Проблема і її зв'язок з науковими і практичними завданнями

Забезпечення стійкості бортів кар'єру при відкритій розробці родовищ корисних копалин є невід'ємною частиною безпечного ведення гірничих робіт. Для визначення безпечних параметрів розробки родовища проводиться цілий комплекс досліджень, що включає в себе: дослідження фізико-механічних властивостей гірських порід, складаючих масив, впливу буровибухових робіт, тектоніку району, гідрогеологічні дослідження та інші.

Інтенсивне відпрацювання залізородних родовищ у Кривбасі супроводжується збільшенням ризику виникнення та прояву деформаційних процесів, що потребує проведення багатофакторного аналізу та розробки методики розрахунку стійкості, яка буде враховувати складність інженерно-технічних та геологоморфологічних умов кожного окремо розглядаємого родовища.

Аналіз досліджень і публікацій

Проблема визначення стійкості бортів кар'єрів не є новою, але на сьогодні не має повного розв'язку, оскільки на даний момент досить складно не тільки визначити, а й врахувати всі фактори, що мають вплив на масив гірських порід.

За основу розробки комплексного методу оцінки стану бортів кар'єру прийнято метод районування, який спочатку використовувався у фізичній географії, де під цим терміном розумівся розподіл території або акваторії на частини (райони), що різняться між собою й у чомусь однорідному усередині себе. Більшість схем розрахунків стійкості бортів кар'єру спирається на теорію граничної рівноваги та алгебраїчного додавання сил, а в подальшому відбувалася автоматизація розрахунків та, як додаток, створювалися імовірнісні моделі розрахунку стійкості.

Розв'язком даної задачі займалось досить багато провідних вчених, зокрема: Л. Фісенко, А.І. Арсентьєв, В.В. Ржевський, А.Г. Шапар, Є.А. Несмашний, Ю.І. Турінцев, Г.І. Ткаченко, Г.Н. Кузнецов та, багато інших.

Викладення матеріалів

У якості основи для методу оцінки стану масиву обрано районування. Геометризація геомеханічних умов розробки на кар'єрах полягає в районуванні кар'єрного поля по факторах, що визначають стійкість масиву гірських порід.

При комплексному районуванні кар'єрного поля на перший план виносяться питання агрегування, нормування й зіставлення факторів, що впливають на стан прибортового масиву. Оскільки ми маємо справу з показниками різної природи, то слід їх привести до однієї градації вимірювання. За базу

порівняння буде братись діапазон вимірювання коефіцієнта запасу стійкості бортів кар'єру за вибраними профілями.

Методологія приведення безрозмірних показників по окремим районам кар'єрного поля до єдиної шкали заснована на узгодженні трьох точок з різних діапазонів зміни показників, що розглядаються. А саме: лівою та правою граничних точок та точки, яка відповідає середньому значенню показника. Математично це має наступний вигляд. Якщо показник K_a змінюється в діапазоні від A_0 до A_1 , а показник K_B – в інтервалі значень від B_0 до B_1 , то взаємозв'язок між значенням першого показника K_A з другим K_B має наступний вигляд:

$$K_b = \begin{cases} 1 - (1 - K_a) \frac{1 - B_0}{1 - A_0}, & A_0 \leq K_a \leq 1; \\ 1 - (1 - K_a) \frac{B_1 - 1}{A_1 - 1}, & 1 \leq K_a \leq A_1 \end{cases}; \quad (1)$$

З цих виразів випливає, що при $K_A=1$ і $K_B=1$, а при $K_A=A_0$, $K_B=B_0$, при $K_A=A_1$, $K_B=B_1$, тобто досягнуто узгодження між собою двох різних діапазонів. Локальні індекси навантаження по зонах приводяться до єдиної шкали у безрозмірному вигляді. Таким чином, процедура сумарної оцінки впливу вищезазначених факторів на стан гірського масиву ґрунтується на наступних чинниках:

- уніфікованість інтегральної оцінки, тобто можливість її застосування для визначення впливу на загальний стан стійкості бортів кар'єру кожного окремого фактора, так і поєднання набору факторів у єдиний зведений фактор;
- використання ієрархічної структури показників та врахування всіх основних факторів, що впливають на стан стійкості бортів кар'єру;
- застосування оцінок у безрозмірному вигляді;
- ранжування факторів впливу за значимістю;
- аналогічність оцінок впливу для всіх основних факторів;
- можливість врахування подальшого впливу факторів при перспективній розробці корисних копалин.

Якщо розкласти на окремі дії, то отримаємо наступну послідовність вирішення даної системи рівнянь розглянемо на прикладі фактору БВР:

1) знаходимо максимум та мінімум по кожному з показників (для прикладу візьмемо величину використаної вибухівки $A_0 = 34\,727,8$ тис. т, $A_1 = 706,3$ тис.т.); 2) визначаємо середнє значення між цими показниками $A_c = (A_0 + A_1) / 2$ (17717,05); 3) зводимо показники до єдиної шкали значень A_n ($A_n = A_c / A_n$); 4) для перевірки: сума верхньої та нижньої границі діапазону значень повинна дорівнювати 2.

В деяких випадках може виникати потреба у отриманні інтегрального показника, який характеризує стан гірничого масиву. Для цього потрібно використати також і питому вагу кожного з факторів, враховуючи його позитивний або негативний вплив на стійкість гірського масиву. Для надання ваги факторам можна використовувати метод експертних оцінювань. Для даного

прикладу районування та оцінки стану по досліджуваним факторам прийнята наступна питома вага: розрахунковий показник стійкості -58%; кривизна борту кар'єру в плані – 5%; буро-вибухові роботи – 7%; вплив шахтних виробок – 8%; обводненість порід – 7%; наявність слабого прошарку порід (хлорито-талькові сланці) – 6%; тріщинуватість порід – 9%.

Розподіл ваги між факторами може бути й іншим, але методичний підхід залишається незмінним.

Приклад результатів розрахунків по районуванню кар'єрного поля наведено у таблиці 1.

Табл.1.

Числові значення зведених показників по перерізам кар'єрного поля

№ про ф.	Фактори						
	(1) Стійкість	(2) Об'ємність	(3) БВР	(4) Підземні виробки	(5) Обводненість порід	(6) Наявність слабого шару	(7) Тріщинуватість
1	0,454	0,045	0,009	0,000	0,093	0,006	0,040
2	0,561	0,057	0,034	0,000	0,105	0,001	0,040
3	0,663	0,055	0,030	0,000	0,117	0,002	0,040
4	0,590	0,095	0,028	0,053	0,117	0,000	0,053
5	0,656	0,100	0,054	0,160	0,105	0,000	0,047
6	0,770	0,048	0,036	0,107	0,105	0,048	0,053
7	0,701	0,011	0,137	0,053	0,093	0,021	0,047
8	0,622	0,018	0,011	0,000	0,070	0,014	0,060
9	0,561	0,034	0,010	0,000	0,058	0,016	0,073
10	0,401	0,027	0,005	0,000	0,082	0,027	0,127
11	0,390	0,000	0,007	0,000	0,093	0,054	0,133
12	0,395	0,000	0,003	0,000	0,093	0,081	0,140
13	0,404	0,000	0,004	0,000	0,093	0,120	0,107
14	0,718	0,003	0,033	0,000	0,082	0,000	0,100
15	0,608	0,003	0,041	0,000	0,035	0,000	0,093
16	0,613	0,000	0,005	0,000	0,047	0,007	0,080
17	0,486	0,000	0,004	0,000	0,023	0,009	0,053
18	0,451	0,000	0,008	0,000	0,035	0,000	0,047

На завершальному етапі по кожному з перерізів отримуємо інтегральний показник. Він показує загальний вплив факторів на стійкість масиву по кожному сектору (табл. 2).

За наведеними вище даними усі фактори розділені на 2 групи: позитивні та негативні. До позитивних факторів відносяться фактор стійкості та фактор об'ємності. До негативних відносяться: фактор впливу БВР, вплив виробок ш. «Центральна», обводненість порід, наявність слабого шару та тріщинуватість порід.

Табл. 2.

Розподілення інтегрального показника по секторам

Профіль	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Значення інтегрального показника	0,35	0,44	0,53	0,43	0,39	0,47	0,36	0,49	0,44
Профіль	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Значення інтегрального показника	0,19	0,10	0,08	0,08	0,51	0,44	0,47	0,40	0,36

Математично інтегральний показник P_i розраховується за формулою:

$$P_i = \sum_{j=1}^n \delta_j * a_{ij} C_j, \quad (2)$$

де n – кількість факторів; i – номер перерізу; $0 \leq a_{ij} \leq 2$ – числове значення j -го фактору для i -го перерізу; C_j – вага j -го фактору; $\delta_j = \pm 1$ в залежності від напрямку дії фактору.

Формулу (2) доцільно розділити на 2 частини:

$$P_i = (a_{i1} * C_1 + a_{i2} * C_2) - (a_{i3} * C_3 + a_{i4} * C_4 + a_{i5} * C_5 + a_{i6} * C_6 + a_{i7} * C_7) \quad (3).$$

На підставі вищенаведених даних максимальне теоретичне значення інтегрального показника P_i , для наведеного прикладу, обчислюється за формулою (3) і дорівнює:

$$P_i = (1,33 * 0,58 + 2 * 0,05) - (0,04 * 0,07 + 0 * 0,08 + 0,33 * 0,07 + 0 * 0,06 + 0,44 * 0,09) = 0,87 - 0,07 = 0,80.$$

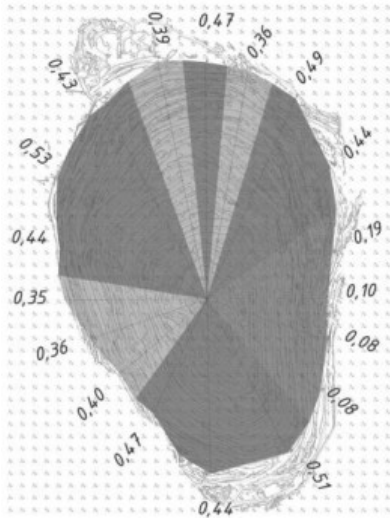


Рис.1. Зведений інтегральний показник для кожного сектору Інгалецького кар'єру

Для аналізу даних таблиці 2 приймаємо, що у випадку, коли значення інтегрального показника більше або дорівнює 50% від теоретично можливого, тобто 0,40. Ми маємо заздалегідь стабільний стан масиву. При значеннях P_i в інтервалі від 25 до 50 % від максимального, стан масиву можна охарактеризувати як доволі стабільний, задовільний стан досягається при значеннях P_i у діапазоні 10-25% від максимального, тобто при $P_i \in [0,08 - 0,20)$. При значеннях $P_i < 0,04$ стан масиву класифікується як «критичний», а при $P_i \in [0,04-0,08)$ – як небезпечний. За даними таблиці 2 інтегральні показники P_i знаходяться в зоні задовільних (перерізи 10,11,12,13), доволі стабільних значень (перерізи 1,5,7,18) та стабільних значень (2-4,6,8,9,14-17) (рис.1).

З точки зору обсягу маркшейдерських спостережень підвищену увагу слід приділити південно-східній ділянці кар'єру, де розташовані перерізи 10-13.

Фактори умовно можна розділити на 2 групи: ті, що піддаються управлінню та такі, що практично некеровані.

З точки зору підвищення значення інтегрального показника нас цікавлять фактори першої групи: стійкість масиву, вплив БВР та обводненість порід.

У зв'язку з цим в районі розташування чотирьох виділених перерізів рекомендується проводити буро вибухові роботи у «щадящому» режимі, контролювати ступінь обводненості порід та своєчасно застосовувати заходи гідрогеологічного захисту. Крім того не виключається також і виведення борту кар'єру на більш пологі результуючі кути. Якщо брати до уваги результати розрахунки по окремим факторам, то з таблиці 2 можна виділити перерізи, де

числові значення досліджуваного фактору найменші та найбільші (з урахуванням знаку фактору). Ці дані зведені до таблиці 3.

Таблиця 3

Оцінка розміщуваних профілів по досліджуваним факторам

Профіль	Стійкість	Об'ємність	БВР	Підземні виробки	Обводненість порід	Наявність слабого шару	Тріщинуватість
Найкращий	6	5	12	1-3, 8-18	17	4,5,14,15, 18	1-3
Найгірший	11	11-13, 16-18	7	5	3,4	13	12

Таким чином у місці розташування профілю 11 підвищену увагу слід приділити забезпеченню загальної стійкості борту кар'єру, для профіля 5 при виборі параметрів борту кар'єру доцільно врахувати наявний резерв стійкості за рахунок фактору об'ємності, а для профілю 7 при веденні БВР необхідно максимально забезпечити захист за контурного масиву. Для профілю 5 має місце найбільш негативний вплив підземних виробок, а для профілів 3,4 найбільший прояв обводненості порід. Наявність слабого шару хлоритоталькових сланців та підвищена тріщинуватість порід обумовлюють можливість прояву локальних деформаційних процесів по профілях 13 та 12. Це обумовлює певний регламент організації та проведення маркшейдерських спостережень за станом ділянок бортів кар'єру.

Висновки:

Запропонована методика районування кар'єрного поля дозволяє описати числові значення різнопланових факторів у уніфікованому вигляді, що дає можливість звести їх у інтегральний показник стану гірського масиву. Зведений інтегральний показник стану гірського масиву є більш інформативним, у порівнянні з коефіцієнтом запасу стійкості, у зв'язку з цим, дані розрахунків стійкості борту кар'єру по виділених профілях уточнюються на 6-15%.

За результатами досліджень визначено, що найбільшу увагу, з точки зору організації маркшейдерських спостережень, слід звернути на наступні ділянки кар'єрного поля: 10-13.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Голуб В. В., Полищук С. З., Ветвицкий И.Л. Новые подходы к оценке устойчивости откосов и склонов: теория и практика. – Днепропетровск: ЧМП «Экономика», 2011. – 172с.
2. Шапарь А.Г. Механика горных пород и устойчивость бортов карьеров. – Киев: Вища школа, 1973. – 120 с.