

12. Влох Н.П., Ушков С.М. К вопросу определения предельного пролета выработанного пространства // Сборник научных трудов НИГРИ. – Кривой Рог, 1968. –Т.2. – С. 112-116.

13. Визначення та контроль допустимих розмірів конструктивних елементів систем розробки залізних руд/Інструкція по застосуванню. СОУ-Н МПП 73.020-142:2010. – Київ, 2010. – 122 с.

14. Исследование и разработка геомеханического обоснования технологических схем отработки богатых руд с повышенной устойчивостью конструктивных элементов. В.В. Цариковский, В.В. Сакович. – Отчет НИГРИ. – № ГР018800522136. – Кривой Рог. – 1989. – 74 с.

Рукопис надійшов 02.10.2015

УДК 622.271.4.012.3

М.В. Шолох, канд. техн. наук, доцент,
ДВНЗ «Криворізький національний університет»
А.О. Романенко, ПАТ «Центральний гірничозбагачувальний комбінат»

ВИЗНАЧЕННЯ ВАГИ ФАКТОРІВ РІЗНОЇ ПРИРОДИ, ЯКІ ВПЛИВАЮТЬ НА СТАН ГІРСЬКОГО МАСИВУ

Вирішується задача визначення ваги факторів різної природи, які впливають на стан гірського масиву та використовуються при оцінці стійкості ділянки гірського масиву з використанням «Методики районування та оцінки стану бортів в межах кар'єрного поля за факторами стійкості» [4]. На прикладі ПАТ «ІнГЗК» наведено розв'язок задачі визначення ваги факторів з використанням методу експертних оцінок.

Ключові слова: стан гірського масиву, метод експертних оцінок.

Решается задача определения веса факторов разной природы, которые влияют на состояние горного массива и используются при оценке устойчивости участка горного массива с использованием «Методики районирования и оценки состояния бортов в пределах карьерного поля по факторам устойчивости» [4]. На примере ПАТ «ИНГЗК» приведено решение задачи определения веса факторов с использованием метода экспертных оценок.

Ключевые слова: состояние горного массива, метод экспертных оценок.

The task of determination of weight of factors of different nature, which influence on the state of mountain range and used for the estimation of stability of area of mountain range with the use of «Method of districting and estimation of the state of sides within the limits of the quarry field on the factors of stability, decides» [4]. On the example of PAT «INGZK» the decision of task of determination of weight of factors is resulted with the use of method of expert estimations.

Keywords: state of mountain range, method of expert estimations.

досить важливих моментів. Перший - вибір оптимальної кількості розрахункових профілів для проведення районування по факторам, і другий - визначення ваги для кожного типу факторів.

Формулювання мети статті. Метою даної статті є вдосконалення «Методики районування та оцінки стану бортів в межах кар'єрного поля за факторами стійкості» за рахунок вибору оптимальної кількості розрахункових профілів для проведення районування по факторам і визначення ваги кожного типу факторів.

Постановка задачі:

- провести уточнення параметрів для вибору місця розташування розрахункових профілів, при виконанні оцінки стану масиву гірських порід бортів кар'єру за методикою [4];

- описати методи визначення ваги для кожного типу факторів та оцінки достовірності приведеного методу;

- виконати розрахунок ваги факторів, що використовуються при визначенні інтегрального показника, що описує стан стійкості масиву гірських порід для гірничо-геологічних умов кар'єру ПАТ «Інгулецького ГЗК».

Виклад основного матеріалу. Для визначення місця розташування та кількості розрахункових профілів пропонуємо керуватись розмірами та формою кар'єру. Профілі розміщуються максимально перпендикулярно до бортів, тобто до напрямку найбільшої крутизни схилу, що з точки зору стійкості масиву гірських порід є найбільш небажаною. Оскільки розміри дна кар'єру набагато менші його площі по денній поверхні, то фактично утворюється радіальна система профілів, що розбиває кар'єрне поле на зони. Розміри зон можуть відрізнятися, але повинні охоплювати весь кар'єр (рис. 1). Кількість профілів, а відповідно й зон вибирається виходячи з наступних міркувань: виходячи з описання інженерно-гірничо-геологічних умов, а також геометричних розмірів кар'єру (відношення периметру кар'єру до висоти борту). Зайва деталізація приводить до дублювання однотипних зон, а недостатня – до можливої втрати інформації в межах зони. Тобто, якщо вибрати кут радіального розподілення зон дуже малим, то сусідні зони матимуть майже однакові характеристики, а якщо навпаки, дуже великий кут - то зони будуть описувати дуже великий район і неможливо буде визначити місце прояву горизонтальних переміщень і вертикальних деформацій та їх причину. Виходячи з цього твердження, кут радіального розподілення може коливатися від 15° до 45° для кар'єрів різних розмірів. Отже, вибір кількості зон, а відповідно й профілів, що будуть проходити через центри цих ділянок потрібно вибирати виходячи із параметрів кар'єру, тобто з його висоти та периметру, оскільки дані параметри визначають мінливість геолого-геоморфологічної структури родовища, покладу, рудного тіла чи ділянки.

Для визначення кількості профілів, у відповідності до параметрів кар'єру скористаємося формулою:

$$N = \frac{P}{H} = \frac{8145}{440} = 18,5 \quad (1)$$

де P – периметр кар'єру;
 H – його глибина (від денної поверхні).

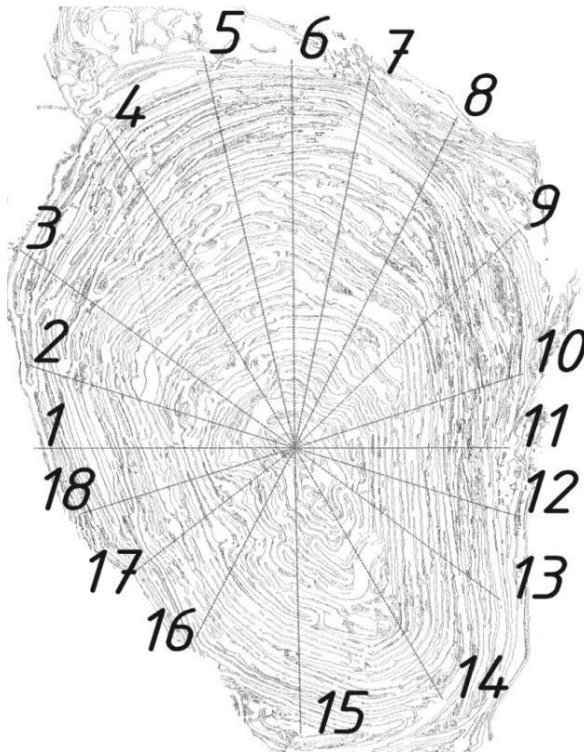


Рис. 1. Розміщення профілів для оцінки стану масиву гірських порід за факторами стійкості

Відповідно до параметрів Інгулецького кар'єру, щоб описати його зонально, було виділено 18 профілів, які розміщені у межах 18°-22° один від одного, виходячи з умови досягання максимальної перпендикулярності при

визначенні їх місця положення (рис. 1). Для кар'єрів глибиною понад 450 м встановлено наступну залежність вибору між кількістю профілів та периметрами кар'єру (рис. 2.).

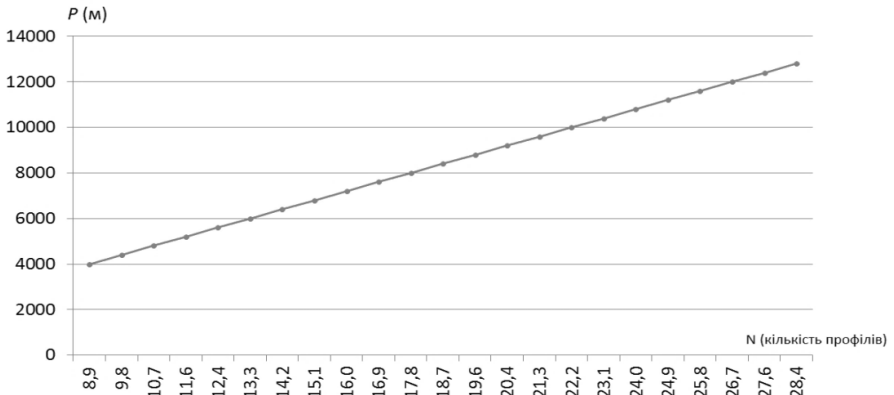


Рис. 2. Залежність між периметром кар'єру P та оптимальною кількістю розрахункових профілів, для детальної оцінки стійкості масиву гірських порід

На певному етапі ув'язки показників виникає необхідність виконати обґрунтування присвоєння ваги кожному з факторів. На даний момент існує два способи вирішення такої задачі.

Перший спосіб опирається на методи експертних оцінювань. Цей спосіб оправданий, коли з першоджерела узяти необхідні дані неможливо або досить важко. Найбільш близьким для цілей оцінки факторів, із сукупності методів експертних оцінок є метод надання вагових коефіцієнтів, що полягає у присвоєнні усім факторам коефіцієнтів ваги. Усі критерії, які включаються до схеми оцінки у сумі складають 100 %, і кожний з них має свою вагову величину впливу в загальній їх сукупності. Далі, виконується обробка статистичних даних, за допомогою математичної статистики, використовуючи формули для визначення середнього рангу критерію і визначається середній ранг сукупності критеріїв і відхилення. На завершальному етапі визначаємо коефіцієнт конкордації [2, 3].

Другий – опираючись на статистику вже реалізованих горизонтальних переміщень і вертикальних деформацій, що мали місце на досліджуваному об'єкті, розглянувши їх причини та виявивши процентне значення фактору, що став причиною реалізації цього процесу, тобто який

фактор скільки разів «спрацював» і став причиною горизонтальних переміщень і вертикальних деформацій, по відношенню до загальної кількості зсувів, обвалень і просадок.

Найбільше значення завжди присвоюється «фактору стійкості масиву гірських порід», який включає в себе розрахунок стійкості масиву гірських порід за методом алгебраїчного додавання сил і теорії граничної рівноваги. Його вплив приймається більше 50 % і залежить від кількості та значимості додаткових факторів, причому коефіцієнт запасу стійкості масиву гірських порід при виконанні розрахунку приймається за одиницю, оскільки коефіцієнт послаблення масиву буде враховано у подальших розрахунках. Кількість факторів, що можуть включатися у схему визначення інтегрального показника стійкості масиву гірських порід не лімітована, але при виділенні ваги факторів рекомендується встановлювати ліміт по процентному впливу фактору, не менше 5%, оскільки фактори, що не задовольняють цій умові можна вважати підпорядкованими іншим, що мають свою вагу, яка пройшла даний бар'єр. Фактори, що не проходять дану межу значимості відбраковуються як несуттєві.

Більш детально розглянемо розрахунок ваги факторів методом експертних оцінювань для гірничо-геологічних умов кар'єру ПАТ «ІнГЗК». Для цілей визначення ваги факторів нами використано метод задання вагових коефіцієнтів. Основу цього методу складає присвоєння усім факторам вагових коефіцієнтів, суми коефіцієнтів повинні бути рівні певному фіксованому числу (у нашому випадку це число сто, оскільки воно відображає процентний вклад фактору в загальний показник стійкості масиву гірських порід, тобто відобразатиме вплив фактору на гірський масив порід). Отримані результати експертного оцінювання зведено в таблицю 1.

Середнє статистичне значення (S_j) відображає узагальнену думку експертів. Для того, щоб можна було сказати, випадково розподіл рангів факторів чи є узгодженість у думці експертів, потрібно вчислити коефіцієнт конкордації, що введено М. Кендалом. Для цього визначається середній ранг сукупності ознак за формулою:

$$S_j = \frac{\sum_{i=1}^m a_{ij}}{m_{kj}} \quad (2)$$

де m_{kj} – кількість експертів, що оцінюють даний фактор;

a_{ij} – значення даного фактору у таблиці 2;

i – номер експерту;

j – номер фактору.

Таблиця 1

Зведений результат експертної оцінки факторів

Експерт	Показники факторів впливу на масив (%)							
	Стійкість масиву	Об'ємність	Вплив БВР	Вплив шахти	Гідрогеологічний вплив	Наявність слабого прошарку	Тріщинуватість порід	
1	60	4	9	7	6	6	8	
2	58	5	8	8	7	7	7	
3	59	6	9	8	8	4	6	
4	57	5	7	6	8	8	9	
5	58	6	5	10	8	5	8	
6	55	7	8	9	6	6	9	
7	56	6	6	7	9	7	9	
8	60	4	7	6	5	6	12	
9	60	3	5	8	8	6	10	
10	57	5	7	9	8	5	9	
Середнє значення (Sj)	58,0	5,1	7,1	7,8	7,3	6,0	8,7	

Середнє значення, визначене експертами для фактору стійкості є найбільшим і складає 58 %. Для визначення коефіцієнту конкордації (узгодженості думок експертів), треба провести ранжування по значимості факторів, де найбільш значимому присвоїти цифру 6, а найменший буде дорівнювати одиниці (таблиця 2).

Середнє значення рангів сукупності факторів дорівнює:

$$\bar{S} = \frac{\sum_{j=1}^m S_j}{n} = \frac{210}{6} = 35. \quad (3)$$

Далі розраховується середнє відхилення d_j середнього рангу j -го фактору від середньої величини рангу фактору:

$$d_j = \bar{S} - S_j. \quad (4)$$

Для розрахунку коефіцієнту конкордації за даними таблиці 2, скористаймося формулою:

$$K = \frac{12 \sum_{j=1}^m d_j^2}{m^2(n^3 - n)} = 0,479. \quad (5)$$

Значення коефіцієнту конкордації коливається в межах від 0 до 1. При повній узгодженості оцінки експертів коефіцієнт конкордації дорівнює одиниці, при неузгодженості – нулю. Найбільш реальними є випадки часткової узгодженості. Для використання даного методу для визначення ваги факторів, результуючий коефіцієнт конкордації не повинен складати менше 0,9, тоді можна вважати, що оцінка експертів є узгодженою. Серед експертів можуть бути групи з добре узгодженими оцінками по факторам, але ці оцінки протилежні та суперечать один одному. У такому випадку слід проводити кластерний або комбінований аналіз, щоб виявити ці групи та виконати експертну оцінку. При комплектуванні групи експертів важливе значення має вагомість оцінок характеристик. На вагомість оцінок впливають такі якості експерта, як професійна компетентність, об'єктивність, здібність до незалежного системного мислення, активність і т. п. Процедура визначення вагомості експертної оцінки можна представити таким чином:

- збір даних, характеризуючих кожного експерта по перерахованим вище факторам;

Таблиця 2

Результати експертної оцінки, шляхом ранжування факторів

Показники факторів впливу на масив (%)	Експерти										Середнє квадратичне відхилення		
	Номер експерта (i)		Експерти										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		Сума рангів	
Номер фактору (j)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Середнє квадратичне відхилення		
Об'ємність	1	1	2	1	3	1	3	2	2	2	18	289	
Вплив БВР	2	6	2	5	6	4	6	5	3	4	45	100	
Вплив шахти	3	5	5	6	2	2	5	6	5	5	46	121	
Гідрогеологічний вплив	4	4	6	4	5	6	4	2	4	3	41	36	
Наявність слабого прошарку	5	3	3	1	4	1	3	1	1	1	19	256	
Тріщинуватість порід	6	2	4	3	3	5	2	4	6	6	41	36	
Сума	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	210	838	

- оцінка вагомості експертної оцінки по шкалі балів для кожного фактору.

У відповідності з присвоєними кожному експерту балами здійснюється ранжування вагомості думок експертів по кожному фактору. Ранжування полягає у присвоєнні рангів в порядку надання переваги. Експерту з найменшим балом по вибраному фактору присвоюється ранг, рівний одиниці, наступному в порядку переваги над іншими – два і т. д. У цьому випадку ранг розраховується як середнє арифметичне номерів місць у порядку надання переваги по балам [5].

Висновки. Визначена вага факторів, що є етапом при виконанні оцінки стану стійкості масиву гірських порід за методикою, викладеною в [4], потребує ретельного розгляду і проведення додаткових досліджень, що є обов'язковими для подальших розрахунків. На даному етапі запропоновано виконувати визначення ваги факторів за допомогою методу експертних оцінювань, або використовуючи статистичні дані про причини виникнення реалізованих горизонтальних переміщень і вертикальних деформаційних процесів на кар'єрі.

Список використаних джерел

1. Розроблення методу комплексної оцінки стану масиву кар'єру / Шолох М.В., Романенко А.О. // Строительство, материаловедение: сб. науч. трудов. Вып. № 76 – Дн-вск., ПГАСА, 2014. – С.307-311.
2. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. М.: Радио и связь, 1993. – 278 с.
3. Бешелев С.Д., Гурвич Ф.Г. Экспертные оценки в принятии плановых решений. – М.: Экономика, 1976. – 287 с.
4. Методика районування та оцінки стану бортів в межах кар'єрного поля за факторами стійкості, Кривий Ріг, 2013. – 26 с.
5. Опыт моделирования при решении задач природопользования и экологии / под научной редакцией д-ра техн. наук С.З. Полищука. – Днепропетровск: Ин-т проблем природопользования и экологии НАН Украины, 1998 г. – С.71-72.

Рукопис надійшов 15.09.2015