

7. Гапеев С.Н., Раскидкин В.В., Кравченко К.В. Исследование характера взаимного влияния протяженных выработок на участке их сопряжения // [Збірник наукових праць Національного гірничого університету](#). – 2010. – № 34 (1). – С. 173-180.

8. Логунова А.О. Управление геомеханическими процессами в окрестности подземных выработок с помощью анкерных систем / Логунова А.О. // *Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва Кременчуцького національного університету ім. М. Остроградського*. – Кременчук: КрНУ, 2014. – Випуск 1 (13). – С. 89-96.

9. Гапеев С.Н., Григорьев А.Е., Логунова А.О. Критериальная величина остаточного сечения конвейерного штрека, используемого повторно // *Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва Кременчуцького національного університету ім. М. Остроградського*. – Кременчук: КрНУ, 2015. – Випуск 2 (16). – С. 90-99

10. Эффективная отработка руд в условиях техногенеза недр: монография / Д.В. Бровко, Б.Н. Андреев, Н.И. Ступник и др. – Кривой Рог: Дионис, 2012. – 233 с.

11. Бровко Д.В., Андреев Б.М. Научный подход в оценке надежности эксплуатируемых объектов поверхности горнопромышленного комплекса // *Вісник Криворізького національного університету*. – Кривий Ріг, 2012. – Вип. 31. – С. 41 – 46.

12. Brovko D.V., Andreev B.N., Khvorost V.V. Determination of reliability and justification of object parameters on the surface of mines taking into account change-over to the lighter enclosing structures // *Metallurgical and Mining Industry*. – 2015. – No. 7(12). – P. 378 – 382.

13. Brovko D.V., Andreev B.N., Khvorost V.V. Prediction and ensuring the reliability of buildings elements and structures of surface complex at reconstruction // *Metallurgical and Mining Industry*. – 2016. – N.9. – P. 54 – 57.

14. Brovko D.V., Khvorost V.V. Providing safety for mine surface objects by upgrading of the reliability level / [Електронний ресурс] // *Computer Science, Information Technology, Automation*. – 2018. – Режим доступа до ресурсу: http://csita.com.ua/wp-content/uploads/2019/02/10_6.pdf

15. Солодянкин А.В., Машурка С.В., Дудка И.В. К вопросу об эффективности повторного использования выработок в сложных геомеханических условиях // *Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва*. – 2015. – № 2 (16). – С. 99-109.

16. Шашенко А.Н., Солодянкин А.Н., Мартовицкий А.В. Управление устойчивостью протяженных выработок глубоких шахт. – Днепропетровск: «ЛизуновПресс», 2012. – 384 с.

17. Шашенко А.Н., Тулуб С.Б., Сдвижкова Е.А. Некоторые задачи статистической геомеханики. – Киев, Изд-во «Пульсарь», 2002. – 302 с.

18. Шашенко А.Н., Солодянкин А.В., Смирнов А.В. Пучение пород почвы в выработках угольных шахт. – Днепропетровск: ООО «ЛизуновПресс», 2015. – 256 с.

Рукопис подано до редакції 29.10.2019

УДК 622.013: [622.271.33: 622.12]

С.О. ЖУКОВ, д-р техн. наук, проф., С.О. ЛУЦЕНКО, канд. техн. наук, доц.
Криворізький національний університет

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ ГРАНИЧНОГО КОЕФІЦІЄНТУ РОЗКРИВУ

Мета. Удосконалити науково-методичну базу в області проектування і планування відкритих гірничих робіт шляхом розробки нових і коригування існуючих методів визначення граничних коефіцієнтів розкриття і границь відкритих гірничих робіт, виходячи з умови конкурентоспроможності товарної залізородної продукції проектного кар'єру на світовому ринку.

Методика. В основу визначення граничного коефіцієнта розкриття покладена умова, що ціна виробленої товарної продукції проектного підприємства не повинна перевищувати ціну цієї ж товарної продукції на світовому ринку. Реалізація цієї умови досягається аналітичним шляхом. При цьому враховується вплив норми прибутку на кінцеву глибину проектного кар'єру.

Результати. Розроблено новий метод визначення граничного коефіцієнта розкриття, що забезпечує конкурентоспроможність залізородного концентрату на світовому ринку. Визначено значення граничних коефіцієнтів розкриття для Першотравневого кар'єру Північного ГЗК в залежності від ситуації на ціну на залізівмісну товарну продукцію, які забезпечують конкурентоспроможність товарної залізородної продукції на внутрішньому і на світовому ринку. На прикладі кар'єрів, які відображають характерні особливості розробки крутоспадних родовищ України, продемонстровано вплив поточних коефіцієнтів розкриття діючих кар'єрів на граничний коефіцієнт розкриття, який служить головним критерієм при визначенні меж відкритих гірничих робіт для проектованих кар'єрів.

Наукова новизна. Встановлено, що при збереженні рентабельності підприємства на одному рівні при збільшенні коефіцієнта розкриття ціна продукції повинна зростати. При постійному коефіцієнті розкриття збільшення рентабельності можливо тільки зі збільшенням ціни продукції. Таким чином, зі збільшенням коефіцієнта розкриття і зі збільшенням рентабельності підприємства буде зростати ціна продукції підприємства, що проектується.

Практична значимість. Результати виконаних досліджень можуть бути використані проектними організаціями і гірничодобувними підприємствами при визначенні перспективних контурів кар'єрів.

Ключові слова: відкриті гірничі роботи, перспективні контури кар'єра, кордони кар'єра, граничний коефіцієнт розкриття, глибина відкритих гірничих робіт, собівартість концентрату.

doi: 10.31721/2306-5435-2019-1-106-19-24

Проблема і її зв'язок з науковими і практичними завданнями. При виборі варіантів відкритих гірничих робіт їх головні параметри - границі кар'єру, режим гірничих робіт і продуктивність за рудою оцінюють економічними показниками. Цими показниками є: прибуток від реалізації товарної продукції; витрати на виробництво товарної продукції; рентабельність та ін. Як показує практика, глибину і положення кінцевих контурів більшості великих кар'єрів у міру відпрацювання родовищ корисних копалин неодноразово переглядають і корегують. Однак обов'язковою є визначення кінцевих контурів відпрацювання кар'єрів, при яких розробка родовищ відкритим способом буде ефективна. Особливо гостро це питання постає при проектуванні нового підприємства, коли вже працюють подібні гірничорудні підприємства.

Останні прикладні та наукові дослідження з даного питання чітко вказують на необхідність переоцінки кінцевих контурів кар'єрів України. Розробка в затверджених діючими проектами контурах може привести до швидкого погашення робочих бортів кар'єрів на кінцевих проектних контурах найближчим часом. А це потягне за собою істотне підвищення вартості відкритих гірничих робіт за рахунок розконсервації неробочих бортів, якщо в майбутньому границі кар'єрів будуть переглянуті.

В даний час в теорії та практиці проектування немає єдиного методу визначення границь кар'єрів, які розробляють крутоспадні поклади. Гірничі підприємства ведуть відкриту розробку за застарілими проектним рішенням, які засновані на застарілих економічних оцінках. При цьому для визначення граничного коефіцієнта розкриття найчастіше використовуються економічні показники собівартості видобутку руди підземним способом або оптової ціни на корисну копалину. Однак, на світовому ринку товарної залізородної продукції єдиним показником її конкурентоспроможності є ціна. Витрати на виробництво і рентабельність є комерційною таємницею. Тому основною умовою порівняльної оцінки ефективності роботи ГЗК на світовому ринку є порівняння ціни виробленої товарної продукції з ціною такої ж товарної продукції на світовому ринку.

Аналіз досліджень і публікацій. Питаннями визначення границь кар'єрів займалася велика кількість учених. Найбільший внесок [1-8] у теорії проектування границь відкритих гірничих робіт належать М.І. Гоберману, О.І. Стешенко, І.А. Кузнецову, П.І.Городецькому, О.І. Арсент'єву, В.В. Ржевському, В.С. Хохрякову, В.Г. Блізнюкову, О.К. Поліщуку.

Проектувальники і вчені, як основний критерій оцінки границь ефективної розробки родовищ корисних копалин відкритим способом, використовують граничний (економічно доцільний) коефіцієнт розкриття, який представляє собою максимально допустимий коефіцієнт розкриття, згідно якого в даних конкретних умовах відкрита розробка родовищ корисних копалин економічно доцільна. При цьому існують кілька загальновідомих принципів до обґрунтування глибини кар'єрів, заснованих на порівнянні одного з коефіцієнтів розкриття (середній, початковий, контурний, поточний, середньо-експлуатаційний) або суми цих коефіцієнтів з граничним (економічно доцільним) коефіцієнтом розкриття. Економічною основою всіх розрахункових принципів визначення меж кар'єрів є порівняння допустимої собівартості видобутку руди з очікуваною по проектуваному кар'єру [9], а граничний коефіцієнт розкриття розраховується по техніко-економічними показниками, досягнутими на гірничих підприємствах на момент проектування. Однак, існуючі методи визначення граничного коефіцієнтів розкриття, не враховують умов конкурентоспроможності залізородної товарної продукції підприємства, що проектується, на світовому ринку [10].

Постановка задач. Тому була поставлена мета - розробити метод визначення граничного коефіцієнта розкриття, який дозволить при сформованій на світовому ринку ціні залізородної продукції визначити границі кар'єру, що забезпечують конкурентоспроможність ГЗК.

Викладення основного матеріалу. Єдиним показником конкурентоспроможності товарної залізородної продукції є її ціна. Тому основною умовою порівняльної оцінки ефективності роботи ГЗК, що проектується, на світовому ринку є порівняння ціни готової товарної продукції з ціною такої ж товарної продукції на світовому ринку, яке представлено нерівністю

$$C_{\kappa}^{\Pi} \leq C_{\kappa}^M, \quad (1)$$

де C_{κ}^{Π} – ціна концентрату ГЗК, що проектується, грн/т; C_{κ}^M – ціна концентрату на світовому ринку, грн/т.

На будь-якому гірничому підприємстві планують норму прибутку, яка виражається в кінцевому підсумку рентабельністю підприємства. Тому ціну концентрату ГЗК, що проектується, можна представити у вигляді, грн/т

$$C_{\kappa}^{\Pi} = C_{\kappa}^{\Pi} \cdot (1 + \psi), \quad (2)$$

де C_{κ}^{Π} – собівартість концентрату ГЗК, що проектується, грн/т; ψ – планова норма прибутку, частки од.

Собівартість виробництва концентрату ГЗК, що проектується, представимо виразом, грн/т

$$C_{\kappa}^{\Pi} = \frac{a_{\partial}^{\Pi} + a_n^{\Pi} + b^{\Pi} \cdot n}{\gamma_{\kappa}^{\Pi}}, \quad (3)$$

де a_{∂}^{Π} – собівартість видобутку руди без витрат на розкриття в кар'єрі, що проектується, грн/т; a_n^{Π} – собівартість переділу руди до концентрату на ГЗК, що проектується, грн/т; b^{Π} – витрати на розкриття в кар'єрі, що проектується, грн/м³; n – коефіцієнт розкриття в кар'єрі, що проектується, м³/т; γ_{κ}^{Π} – вихід концентрату з однієї тонни руди на ГЗК, що проектується, частки од.

Виходячи з цього, вираз визначення ціни концентрату ГЗК, що проектується (2), прийме наступний вигляд, грн/т

$$C_{\kappa}^{\Pi} = \frac{a_{\partial}^{\Pi} + a_n^{\Pi} + b^{\Pi} \cdot n}{\gamma_{\kappa}^{\Pi}} \cdot (1 + \psi). \quad (4)$$

Ціна концентрату, яка складається на світовому ринку, залежить від вмісту заліза. Тому ціну концентрату ГЗК, що проектується, необхідно за змістом заліза привести до ціни базового підприємства (ціни концентрату і вмісту заліза в ньому на світовому ринку). Тоді вираз матиме вигляд [11]

$$C_{\kappa}'^{\Pi} = C_{\kappa}^M \cdot \frac{\beta^{\Pi}}{\beta^M}, \quad (5)$$

де $C_{\kappa}'^{\Pi}$ – приведена вартість концентрату ГЗК, що проектується, за ціною концентрату і вмістом заліза в ньому на світовому ринку, грн/т; β^M і β^{Π} – вміст заліза в концентраті на світовому ринку і ГЗК, що проектується, відповідно, частки од.

Виходячи з цього, ціна концентрату ГЗК, що проектується, буде визначатися як, грн/т

$$C_{\kappa}'^{\Pi} = \frac{\beta^{\Pi} \cdot (a_{\partial}^{\Pi} + a_n^{\Pi} + b^{\Pi} \cdot n)}{\gamma_{\kappa}^{\Pi} \cdot \beta^M} \cdot (1 + \psi). \quad (6)$$

Виходячи з формули (2), ціна концентрату на ГЗК, що проектується, як показник конкурентоспроможності, залежить від планованого прибутку та обсягів розкривних робіт. Інші показники визначені досягнутим на комбінаті рівнем техніки і технології видобутку руди і порожніх порід (a_{∂}^{Π} і b^{Π}), показниками технології переділу руди до концентрату і якістю руди (a_n^{Π} , γ_{κ}^{Π} , β^{Π}). Перераховані показники при визначенні конкурентоспроможності аналогічних підприємств, можна прийняти постійними, так як вони тривалий час не змінюються, а якщо і змінюються, то практично однаковими темпами.

Для прикладу, розглянемо графіки зміни ціни концентрату Північного ГЗК від поточного коефіцієнта розкриття при різному вмісті заліза в концентраті на світовому ринку (рис. 1, 2).

З представлених рисунків видно, що при збереженні рентабельності підприємства на одному рівні при збільшенні коефіцієнта розкриття ціна продукції повинна зростати. При постійному коефіцієнті розкриття збільшення рентабельності можливо тільки зі збільшенням ціни продукції.

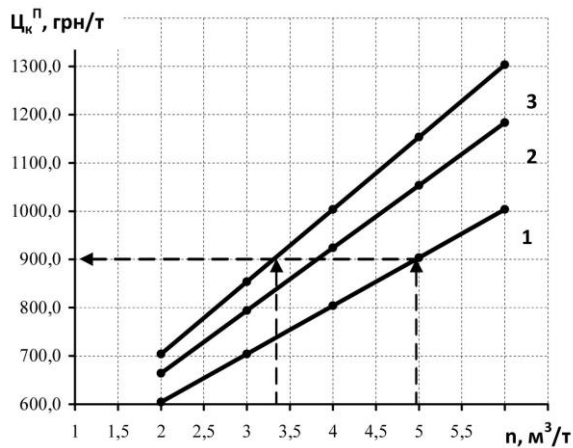


Рис. 1. Зміна ціни концентрату Північного ГЗК в залежності від поточного коефіцієнта розкриття при вмісті заліза в концентраті на світовому ринку 65%: 1 - при нормі прибутку $\psi = 0\%$; 2 - при $\psi = 30\%$; 3 - при $\psi = 50\%$

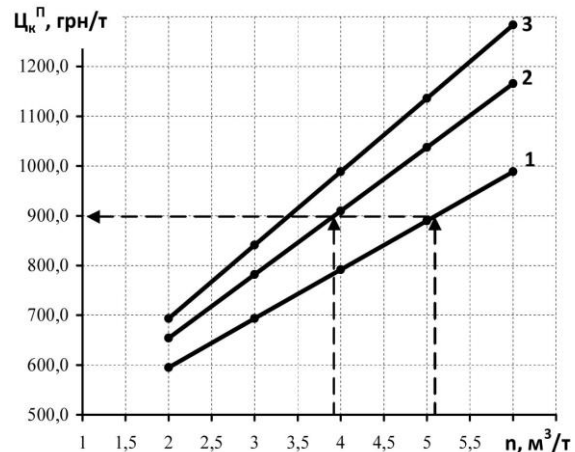


Рис. 2. Зміна ціни концентрату Північного ГЗК в залежності від поточного коефіцієнта розкриття при вмісті заліза в концентраті на світовому ринку 66%: 1 - при нормі прибутку $\psi = 0\%$; 2 - при $\psi = 30\%$; 3 - при $\psi = 50\%$

Отже, зі збільшенням коефіцієнта розкриття і зі збільшенням рентабельності підприємства буде зростати ціна продукції підприємства, що проектується. Настане момент, коли ціна продукції зросте до граничної величини $Ц_k^M$. Тоді, підставивши в умову конкурентоспроможності товарної продукції кар'єру, що проектується (1), значення його можливої ціни, одержимо

$$\frac{\beta^{\Pi} \cdot (a_{\partial}^{\Pi} + a_n^{\Pi} + b^{\Pi} \cdot n_z) \cdot (1 + \psi)}{\gamma_k^{\Pi} \cdot \beta^M} \leq Ц_k^M \quad (7)$$

Виходячи з цієї нерівності, граничний коефіцієнт розкриття визначається як

$$n_{zр} = \frac{Ц_k^M \cdot \gamma_k^{\Pi} \cdot \beta^M}{b^{\Pi} \cdot (1 + \psi)} - (a_{\partial}^{\Pi} + a_n^{\Pi}) \quad (8)$$

У табл. 1 представлена приведена вартість концентрату Північного ГЗК розрахована за формулою (6).

Таблиця 1
Ціна концентрату на світовому ринку й приведена ціна концентрату Північного ГЗК в залежності від вмісту заліза

Вміст заліза в концентраті, %	Ціна концентрату, грн/т	
	на світовому ринку	приведена вартість Північного ГЗК
62	1086,4	1150,2
63	1127,0	1174,2
64	1167,2	1197,1
65	1208,0	1219,9
66	1248,0	1241,2

Підставивши значення економічних і технологічних показників Північного ГЗК у вираз (8), визначимо граничний коефіцієнт розкриття при різних значеннях рентабельності (норма прибутку: 1 - 0%; 2 - 10%; 3 - 20%; 4 - 30%; 5 - 40%; 6 - 50%). Це представлено на рис. 3. Точки на графіку відповідають вмісту заліза в концентраті на світовому ринку.

На рис. 4 представлена зміна граничного коефіцієнта розкриття від норми прибутку для умов роботи Першотравневого кар'єру Північного ГЗК.

Наприклад, необхідно дізнатися яка ціна буде концентрату з вмістом заліза 65,5% при нормі прибутку 40%. Для цього на кривій з необхідною нормою прибутку (лінія 5, рис. 3) знаходимо задане значення вмісту заліза. Від значення потрібного вмісту заліза (між групою вертикальних точок 65% і 66%) опускаємо перпендикуляр (пунктирні лінії, рис. 3) на осі ординат і абсцис і визначаємо значення коефіцієнта розкриття і ціни концентрату. Тобто при вмісті заліза

65,5% і нормі прибутку 40% коефіцієнт розкриття становитиме 4,8 м³/т, а ціна концентрату - 1228 грн/т.

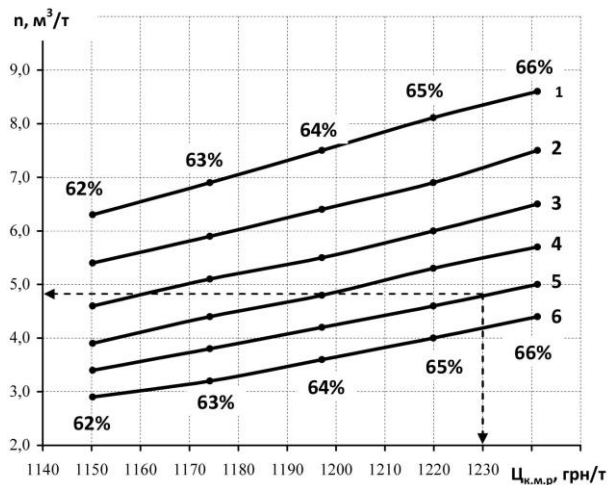


Рис. 3. Залежність граничного коефіцієнта розкриття від ціни концентрату на світовому ринку: 1 - при нормі прибутку $\psi = 0\%$; 2 - при $\psi = 10\%$; 3 - при $\psi = 20\%$; 4 - при $\psi = 30\%$; 5 - при $\psi = 40\%$; 6 - при $\psi = 50\%$

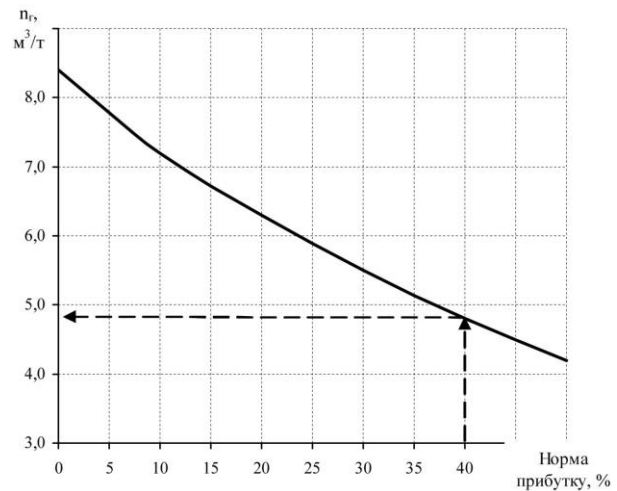


Рис. 4. Залежність граничного коефіцієнта розкриття від норми прибутку для умов роботи Першотравневого кар'єру Північного ГЗК

Висновки. Розроблено новий метод визначення граничного коефіцієнта розкриття, що дозволяє при сформованій на світовому ринку ціні залізородної продукції визначити границі кар'єру, що забезпечують конкурентоспроможність ГЗК. За розробленим методом визначено значення гранично допустимих коефіцієнтів розкриття для Першотравневого кар'єру Північного ГЗК, які забезпечують конкурентоспроможність залізородної товарної продукції на світовому ринку при різних значеннях норми прибутку.

Список літератури

1. Арсентьев А.И. Определение производительности и границ карьеров / А.И.Арсентьев. – 2-е издание переработанное и дополненное – М.: Недра, 1970. – 319 с.
2. Арсентьев А.И. Развитие методов определения границ карьеров. / А.И.Арсентьев, А.К.Полищук. - Л.: - Наука, 1967.
3. Ржевский В.В. Открытые горные работы / В.В. Ржевский. - М.: Недра, 1985. - 549с.
4. Юматов Б.П. Влияние бортового и минимального промышленного содержания на глубину и производительность карьеров /Б.П. Юматов // Изв. Вузов. Горн. Журнал. - №2. - М., 1962. - С.45-53.
5. Хохряков В.С. Проектирование карьеров / В.С.Хохряков. – М.: Недра, 1980. – 235с.
6. Арсентьев А.И. Развитие методов определения границ карьеров / А.И. Арсентьев, А.К. Полищук. - Л.: Наука, 1967. - 95 с.
7. Близиюков В.Г. Определение главных параметров карьера с учетом качества руды / В.Г. Близиюков. – М.: Недра, 1978. – 151 с.
8. Близиюков В.Г. Расчетные принципы и методы определения перспективных границ действующих железорудных карьеров / В.Г. Близиюков, И.В. Баранов // Криворізький технічний університет Вісник КТУ. - Вып. 18. - Кривий Ріг: КТУ, 2007. - С.7–11.
9. Анистратов Ю.И. Проектирование карьеров: учебное пособие для ВУЗов / Ю.И. Анистратов, К.Ю. Анистратов. - М.:Издательство НПК «Гемос Лимитед», 2002. - 172 с.
10. Луценко С.А. Определение перспективных контуров карьеров с учетом изменения условий разработки железорудных месторождений / С.А. Луценко, В.Г. Близиюков, И.В. Баранов // Качество минерального сырья: сб. научн. трудов. – Кривой Рог, 2017. – С. 134–143.
11. Луценко С. А. Определение границ карьеров, обрабатывающих мощные крутопадающие залежи / Луценко С.А. //Изв. Вузов. Горн. Журнал. - №4. – 2016. – С. 10-18.

Рукопис подано до редакції 30.10.2019