

УДК 622.271.33

РОЗВИТОК МЕТОДОЛОГІЇ ВИЗНАЧЕННЯ ГРАНИЦЬ КАР'ЄРІВ**¹Блізнюков В.Г., ¹Луценко С.О., ¹Баранов І.В.**¹ДВНЗ «Криворізький національний університет»**РАЗВИТИЕ МЕТОДОЛОГИИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГРАНИЦ КАРЬЕРОВ****¹Близнюков В. Г., ¹Луценко С.А., ¹Баранов И.В.**¹ГВУЗ «Криворожский национальный университет»**DEVELOPMENT OF METHODOLOGY FOR DETERMINING OPEN PIT BOUNDARIES****¹Bliznyukov V.G., ¹Lutsenko S.A., ¹Baranov I.V.**¹KNU «Kryvoy Rog National University»

Анотація. При визначенні границь кар'єрів граничний коефіцієнт розкриття розраховується за техніко-економічними показниками, які досягнуті на момент проектування і його величина є постійною. Аналіз роботи гірничозбагачувальних комбінатів показав, що їх економічні показники й коефіцієнти розкриття згодом змінюються.

Метою роботи є вдосконалення методів визначення границь кар'єрів, на основі порівняння мінливих у часі показників режиму гірничих робіт кар'єру, що проектується й діючих (базових) кар'єрів.

На прикладі кар'єрів, які відображають характерні риси розробки крутоспадних родовищ України, продемонстровано вплив поточних коефіцієнтів розкриття діючих кар'єрів на граничний коефіцієнт розкриття, який є головним критерієм при визначенні границь відкритих гірничих робіт для кар'єрів, що проектується.

Показано, що конкурентоспроможність підприємства досягається, коли коефіцієнт розкриття у проектованому кар'єрі не перевищує граничного коефіцієнту розкриття, який враховує економічні показники розробки діючого (базового) підприємства.

Розроблена методика визначення границь кар'єрів, яка передбачає застосування граничного коефіцієнта розкриття як величини не постійної, а мінливої в часі, яка залежить від зміни поточних коефіцієнтів розкриття на кар'єрах-конкурентах. У результаті вдосконалена теорія в області визначення кінцевих контурів кар'єрів.

Нова методика відрізняється від відомих урахуванням зміни граничного коефіцієнта розкриття в часі, а також визначенням впливу технологічних показників кар'єрів-конкурентів на кінцеву глибину проектованого кар'єру. Доведено, що відхилення кінцевої глибини відпрацьовування умовного кар'єру, що проектується, яка визначена на основі порівняння його поточних коефіцієнтів розкриття з поточними коефіцієнтами розкриття умовних базових кар'єрів-конкурентів, від кінцевої глибини відпрацьовування визначеної за постійними граничними коефіцієнтами розкриття може становити від 14 до 45 %.

Ключові слова: залізорудні кар'єри; границі кар'єру; граничний коефіцієнт розкриття.

Вступ. Одним з основних параметрів при проектуванні відкритих гірничих робіт є границі кар'єру. Економічна ефективність і термін роботи підприємства, повнота використання запасів корисних копалин і обсяги інвестицій прямо залежать від границь відкритих гірничих робіт.

На даний час, при розробці крутоспадних залізорудних родовищ, на більшості кар'єрів їх робочі контури за поверхнею досягли проектних відміток. Розвиток гірничих робіт відбувається тільки при їх зниженні. У таких умовах розробки родовищ необхідна оцінка можливостей сировинної бази для подальшого розвитку гірничого підприємства.

Як показує практика, глибину й положення кінцевих контурів більшості великих кар'єрів у міру відпрацьовування родовищ корисних копалин неодноразово переглядають і коректують. Однак обов'язковим є визначення кінцевих контурів відпрацьовування кар'єрів, при яких розробка родовищ відкритим способом буде ефективна.

Особливо гостро це питання виникає при проектуванні нового підприємства, коли вже працюють подібні гірничорудні підприємства.

В теорії й практиці проектування немає єдиного методу визначення границь кар'єрів, що розробляють крутоспадні поклади. Існують кілька загальновідомих принципів до обґрунтування глибини кар'єрів, заснованих на порівнянні одного з коефіцієнтів розкриву (середній, початковий, контурний, середньо-експлуатаційний) або суми цих коефіцієнтів з граничним (економічно доцільним) коефіцієнтом розкриву. Значні досягнення [1-5] у теорії проектування границь відкритих гірничих робіт належать В.В. Ржевському, В.С. Хохрякову, О.І. Арсент'єву, М.С. Четверику, В.Г. Блізнюкову. При визначенні границь кар'єрів за відомим розрахунковими принципами граничний коефіцієнт розкриву розраховується за техніко-економічними показниками, які досягнуті на момент проектування і його величина є постійною. Аналіз роботи гірничозбагачувальних комбінатів показав, що їх економічні показники й коефіцієнти розкриву згодом змінюються.

Постановка завдання. У роботі була поставлена мета довести, що граничний коефіцієнт розкриву величина не постійна, а мінлива в часі й від цього буде суттєво залежати кінцева глибина відпрацьовування кар'єру.

Основний зміст роботи. Економічною основою усіх розрахункових принципів визначення границь кар'єрів є порівняння припустимої собівартості видобутку руди (c_d) з очікуваною по кар'єру, що проектується (c_{np}), яке виражається нерівністю

$$c_d \geq c_{np}, \text{ грн/т.} \quad (1)$$

Слід зазначити, що за припустиму собівартість приймають собівартість руди одного з базових гірничодобувних підприємств-конкурентів з відкритим способом розробки родовищ. Причому, припустима собівартість руди приймається такою, якою вона є на момент проектування нового кар'єру або реконструкції вже діючого. Очікувану собівартість руди по кар'єру, що проектується розраховують залежно від величини коефіцієнта розкриву (n_{np}) за формулою

$$c_{np} = a + b \cdot n_{np}, \text{ грн/т,} \quad (2)$$

де a – собівартість видобутку руди без витрат на розкривні породи, грн/т; b – витрати на розкрив, грн./м³; n_{np} – коефіцієнт розкриву в кар'єрі, що проектується, м³/т.

Після підстановки очікуваного значення собівартості видобутку руди й перетворення нерівності (1), формула (2) прийме наступний вигляд:

$$\frac{c_d - a}{b} = n_{np}, \text{ м}^3/\text{т.} \quad (3)$$

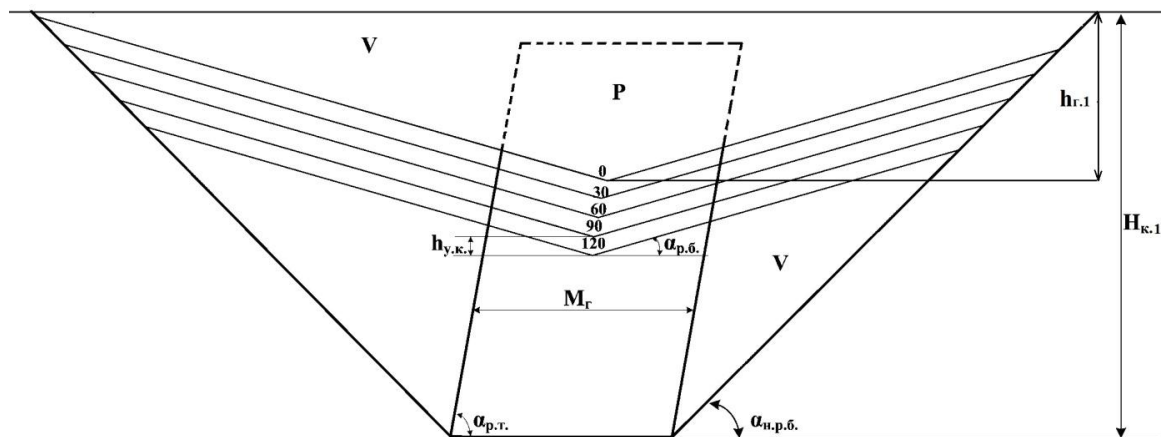
Ліва частина виразу (3) визначає величину граничного коефіцієнта розкриву (n_r) і тоді з урахуванням виразів (1, 2 і 3) ми отримаємо нерівність:

$$n_r \geq n_{np}, \text{ м}^3/\text{т.} \quad (4)$$

Виходячи з вище викладеного, умову конкурентоспроможності проектового кар'єру можна сформулювати наступним чином: *коефіцієнт розкриву у кар'єрі, що проектується не повинен перевищувати граничного коефіцієнту розкриву, який враховує економічні показники розробки діючого (базового) підприємства.*

Слід зазначити, що в нормативних документах, які регламентують роботу гірничодобувних підприємств з відкритим способом розробки [6], розрахунковий граничний коефіцієнт розкриву для визначення кінцевої глибини кар'єру приймається величиною постійною. Однак базове підприємство-конкурент продовжує свою роботу, і з часом будуть змінюватися його економічні показники, у нашому випадку – собівартість руди. Причиною цьому є зміна поточних коефіцієнтів розкриву в більшу або меншу сторони.

Розглянемо на прикладі двох умовних базових кар'єрів-конкурентів можливі зміни поточних коефіцієнтів розкриву (рис. 1 і 2).



V – розкривні породи; P – руда; $h_{z.1}$ – поточна глибина гірничих робіт; $h_{y.k.}$ – крок зниження гірничих робіт; $\alpha_{p.b.}$ – кут укосу робочого борту кар'єру; $\alpha_{n.p.b.}$ – кут укосу проектного борту кар'єру; $\alpha_{p.m.}$ – кут падіння рудного покладу; $M_{z.1}$ – горизонтальна потужність покладу; $H_{k.1}$ – кінцева глибина кар'єру; 0, 30, 60, 90, 120 – етапи зниження гірничих робіт у кар'єрі

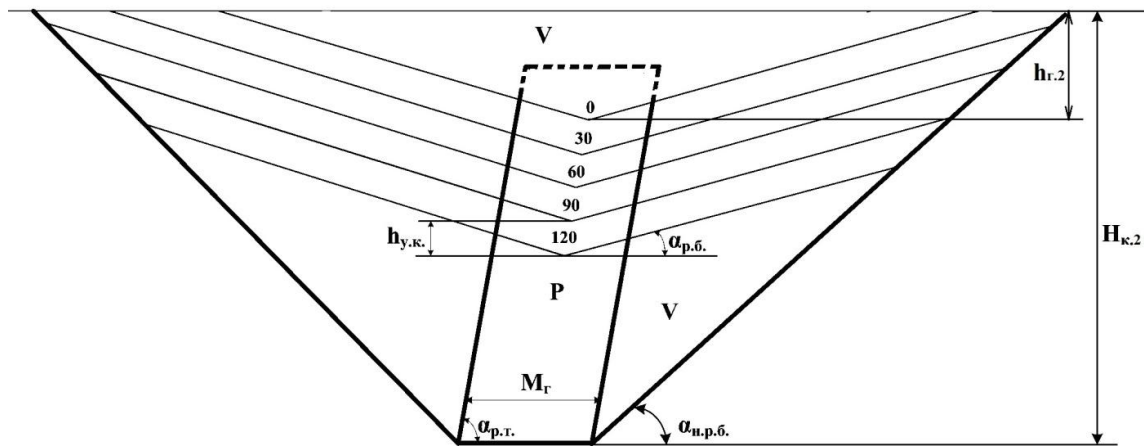
Рисунок 1 – Кар'єр-конкурент № 1

Умовний базовий кар'єр-конкурент №1 розробляє рудний поклад, у якого: кут падіння складає 80° ; горизонтальна потужність – 350 м; довжина – 2700 м. Параметри кар'єру: кут укосу робочого борту – 16° ; кут укосу проектного борту – 45° ; кінцева глибина кар'єру 630 м. Слід зазначити, що в цього кар'єру границі за поверхнею вже підійшли до проектного положення й подальше відпрацювання кар'єру здійснюється з розвитком гірничих робіт тільки в глибину.

Умовний базовий кар'єр-конкурент № 2 (рис. 2) розробляє рудний поклад, у якого: кут падіння складає 80° ; горизонтальна потужність – 120 м; довжина – 4500 м. Параметри цього кар'єру: кут укосу робочого борту – 16° ; кут укосу проектного борту – 45° ; кінцева глибина кар'єру – 345 м.

В умовного базового кар'єру-конкурента № 2, на відміну від розглянутого умовного базового кар'єру-конкурента № 1, границі за поверхнею ще не підій-

шли до проектного положення й подальше відпрацювання кар'єру здійснюється з розвитком гірничих робіт, як у горизонтальному напрямку, так і в глибину.



V – розкривні породи; P – руда; $h_{г.2}$ – поточна глибина гірничих робіт; $M_{г.2}$ – горизонтальна потужність покладу; $H_{к.2}$ – кінцева глибина кар'єру

Рисунок 2 – Кар'єр-конкурент № 2

На представлених рисунках 1 і 2 цифрами 0, 30, 60, 90, 120 позначені етапи зниження гірничих робіт в умовних базових кар'єрах-конкурентах через кожні 30 м. Положення робочого борту кар'єру на етапі «0» характеризує сучасний стан гірничих робіт у кар'єрі й служить відправною точкою для подальших досліджень їх розвитку.

Положення робочих бортів умовних базових кар'єрів-конкурентів на нульовому етапі підбрані таким чином, щоб рудні тіла були підсічені на всю горизонтальну потужність, а величина поточних коефіцієнтів була такою ж, як і величина розрахованого граничного коефіцієнта розкриву.

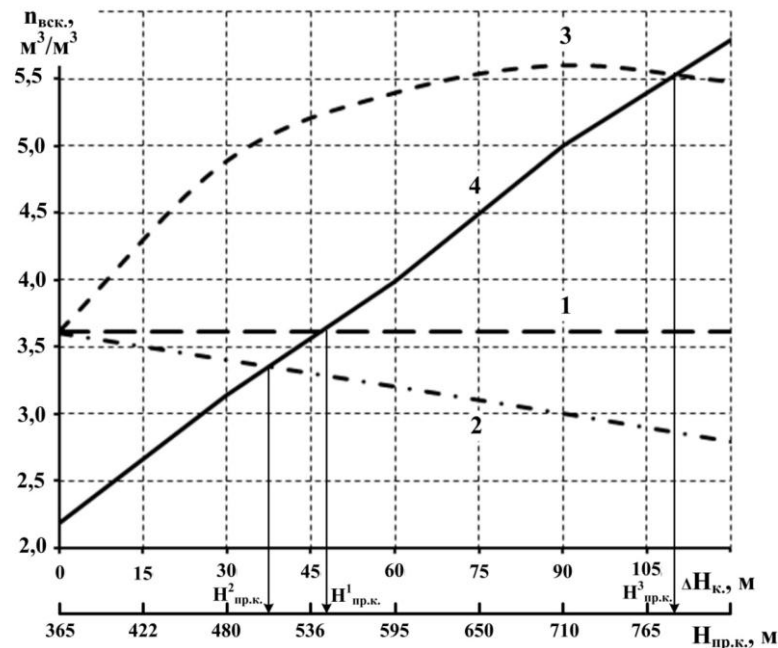
Для визначення кінцевої глибини відпрацювання майбутнього умовного (проектного) кар'єру обраний характерний розріз родовища в якого: кут падіння складає 80° ; горизонтальна потужність – 230 м; довжина – 3200 м.

Як на умовних базових кар'єрах-конкурентах №1 і №2, так і для умовного кар'єру, що проектується, від положення робочих бортів на нульовому етапі відбудуємо їх подальше положення на етапах розвитку гірничих робіт через кожні 30 м за глибиною. На кожному етапі визначаємо обсяги руди й розкривних порід з визначенням поточних коефіцієнтів розкриву.

Для кар'єру, що проектується й базових діючих кар'єрів будуємо графік зміни поточних коефіцієнтів розкриву за етапами зниження гірничих робіт умовних базових і умовного проектного кар'єрів (рис. 3). Також на графіку відбудуємо лінію розрахованого граничного коефіцієнта розкриву (лінія 1).

Результати досліджень. Виходячи із прийнятих гірничо-геологічних умов розробки умовних родовищ поточний коефіцієнт розкриву при подальшій роботі умовного базового кар'єру №1 буде зменшуватися. При подальшій роботі умовного базового кар'єру № 2 поточний коефіцієнт розкриву буде збільшуватися.

тися до досягнення проектних границь кар'єру за поверхнею, а потім поступово знижуватися. Така зміна поточних коефіцієнтів розкриття показано на рис. 3 лініями 2 і 3.



1 – постійний граничний коефіцієнт розкриття; 2 – поточні коефіцієнти розкриття за умовним базовим кар'єром № 1; 3 – поточні коефіцієнти розкриття за умовним базовим кар'єром № 2; 4 – поточні коефіцієнти розкриття за умовним кар'єром, що проектується

Рисунок 3 – Визначення кінцевої глибини відпрацювання умовного кар'єру, що проектується

У даних випадках поточні коефіцієнти розкриття умовних базових кар'єрів № 1 і № 2 будуть граничними коефіцієнтами для умовного кар'єру, що проектується. Перетин цих ліній (лінії 1, 2, 3 на рис. 3) з лінією поточних коефіцієнтів розкриття умовного кар'єру, що проектується (лінія 4 на рис. 3) дає рішення визначення кінцевої глибини відпрацювання даного кар'єру.

Як видно з представленого графіка (рис. 3) для умовного кар'єру, що проектується існує три значення кінцевої глибини його відпрацювання:

- $H_{\text{ін.к.}}^1$ – кінцева глибина відпрацювання кар'єру, яка визначається за постійним граничним коефіцієнтом розкриття й становить 560 м;

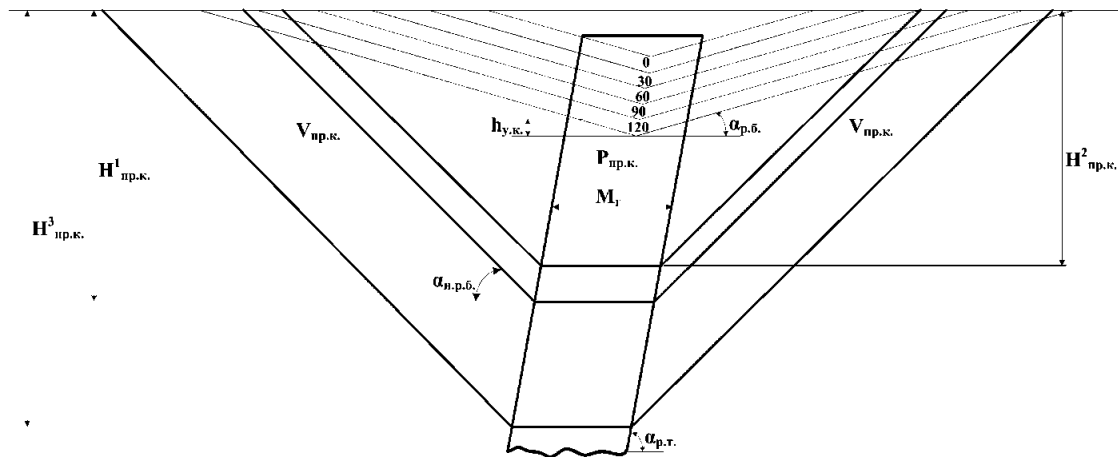
- $H_{\text{ін.к.}}^2$ – кінцева глибина відпрацювання кар'єру, яка визначається за поточними коефіцієнтами розкриття умовного базового кар'єру №1 і становить 485 м;

- $H_{\text{ін.к.}}^3$ – кінцева глибина відпрацювання кар'єру, яка визначається за поточними коефіцієнтами розкриття умовного базового кар'єру №2 і становить 800 м.

Графічне рішення визначення кінцевої глибини відпрацювання умовного кар'єру, що проектується представлено на рис. 4.

З цього випливає, що відхилення кінцевої глибини відпрацювання умовного кар'єру, що проектується, яка визначена на основі порівняння його поточних коефіцієнтів розкриття з поточними коефіцієнтами розкриття умовних базових кар'єрів-конкурентів, від кінцевої глибини відпрацювання визначеної за

постійними граничними коефіцієнтами розкриву складає від 14 до 45%.



$V_{пр.к.}$ – розкривні породи в проектних контурах кар'єру; $P_{пр.к.}$ – руда в проектних контурах кар'єру; $H^1_{ін.к.}$ – кінцева глибина відпрацьовування кар'єру, яка визначена за постійним граничним коефіцієнтом розкриву; $H^2_{ін.к.}$ – кінцева глибина відпрацьовування кар'єру, яка визначена за поточними коефіцієнтами розкриву умовного базового кар'єру-конкурента №1; $H^3_{ін.к.}$ – кінцева глибина відпрацьовування кар'єру, яка визначена за поточними коефіцієнтами розкриву умовного базового кар'єру-конкурента № 2

Рисунок 4 – Поперечний розріз родовища, яке буде розроблятися умовним кар'єром, що проектується

З вище викладеного випливає, що для визначення границь кар'єру, що проектується, граничний коефіцієнт розкриву необхідно визначати з урахуванням можливої зміни обсягів вилучення розкривних порід і видобутку руди на базових підприємствах-конкурентах, тобто з урахуванням зміни їх поточних коефіцієнтів розкриву.

Для підтвердження цього були проаналізовані проектні дані кар'єрів Кривбасу, які представлені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Поточні коефіцієнти розкриву на кар'єрах Кривбасу в 2010-2020 рр.

Кар'єр	Роки експлуатації										
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
ІнГЗК	0,40	0,40	0,45	0,56	0,60	0,42	0,3	0,71	0,74	0,85	0,92
АМКР	0,31	0,29	0,29	0,28	0,26	0,24	0,20	0,39	0,27	0,25	0,25
АМКР № 2-біс	0,18	0,22	0,22	0,22	0,22	0,19	0,17	0,23	0,20	0,17	0,16
АМКР №3	0,39	0,33	0,33	0,32	0,28	0,28	0,22	0,49	0,31	0,31	0,31
ПівдГЗК	0,37	0,30	0,26	0,22	0,22	0,19	0,19	0,16	0,16	0,13	0,13
ЦГЗК	1,51	1,63	1,63	1,49	1,65	1,38	1,64	1,65	1,85	1,85	1,85
ЦГЗК №1	1,58	1,43	1,56	1,32	1,40	1,20	1,35	1,40	1,65	1,65	1,65
ЦГЗК №3	1,07	1,43	1,35	1,29	1,34	1,08	1,50	1,40	1,6	1,6	1,6
ЦГЗК №4	3,33	3,51	3,28	3,16	388	3,09	3,1	3,2	3,2	3,2	3,2
ПівнГЗК	1,07	1,01	1,03	1,01	0,9	0,8	0,85	0,91	0,94	0,95	1,01
Ганнівський	1,68	1,50	1,57	1,55	1,4	1,38	1,3	1,4	1,47	1,5	1,56
Першотравневий	0,78	0,77	0,77	0,76	0,67	0,54	0,64	0,68	0,7	0,7	0,76

Як видно з представленої таблиці 1 поточні коефіцієнти розкриву на базових підприємствах з часом постійно змінюються. Крім того, показники кожного окремого підприємства піддаються різним трендам: вони можуть рости, зменшуватися або бути відносно постійними. Це залежить від того, чи досягли кар'єри своїх контурів за поверхнею, і чи проводиться реконструкція або розконсервація бортів кар'єрів.

Висновки. Розроблена нова методика визначення кінцевих контурів відпрацьовування кар'єрів, яка відрізняється від відомих урахуванням зміни граничного коефіцієнта розкриву в часі, а також визначенням впливу технологічних показників кар'єрів-конкурентів на кінцеву глибину кар'єру, що проектується. Доведено, що відхилення кінцевої глибини відпрацьовування умовного кар'єру, що проектується, яка визначена на основі порівняння його поточних коефіцієнтів розкриву з поточними коефіцієнтами розкриву умовних базових кар'єрів-конкурентів, від кінцевої глибини відпрацьовування визначеної за постійними граничними коефіцієнтами розкриву може становити від 14 до 45 %.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Арсентьев А.И. Определение производительности и границ карьеров. М.: Недра, 1970. 243 с.
2. Близнюков В.Г. Определение главных параметров карьера с учетом качества руды. М.: Недра, 1978. 151 с.
3. Арсентьев А.И., А.К. Полищук. Развитие методов определения границ карьеров. Л.: Наука, 1967. 94 с.
4. Ржевский В.В. Проектирование контуров карьеров.- М.: Metallurgizdat, 1956. 230 с.
5. Хохряков В.С. Проектирование карьеров. М.: Недра, 1980. 336 с.
6. Нормы технологического проектирования горнодобывающих предприятий с открытым способом разработки месторождений полезных ископаемых. К.: Министерство промышленной политики Украины, 2007.

REFERENCES

1. Arsentev, A.I. (1970), *Opredelenie proizvoditelnosti i granits karerov* [The determining of performance and boundaries of opencast mines], Nedra, Moscow, Russia.
2. Bliznyukov, V.G. (1978), *Opredelenie glavnykh parametrov karera s uchetom kachestva rudy* [The determining of main parameters of opencast mine with consideration of ore quality], Nedra, Moscow, Russia.
3. Arsentev, A.I. and Polishchuk, A.K. (1967), *Razvitie metodov opredeleniya granits karerov* [The development of methods of determining the boundaries of opencast mines], Nauka, Leningrad, Russia.
4. Rzhveskiy, V.V. (1956), *Proektirovanie konturov karerov* [The projecting of opencast mines boundaries], Metallurgizdat, Moscow, Russia.
5. Khokhryakov V.S. (1980), *Proektirovanie karerov* [Mines engineering], Nedra, Moscow, Russia.
6. Ministry of Industrial Policy of Ukraine (2007), *Normy tekhnologicheskogo proektirovaniya gornodobyvayushchikh predpriyatij s otkrytym sposobom razrabotki mestorozhdeniy poleznykh iskopaemykh* [The standards of technological projecting of mining plants with opencast mining technology], Kiev, Ukraine.

Об авторах

Близнюков Виктор Григорьевич, доктор технических наук, профессор, Государственное высшее учебное заведение «Криворожский национальный университет» (ГБУЗ «КНУ»), Кривой Рог, Украина, lutsenkosergeia@ukr.net.

Луценко Сергей Александрович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры Открытых горных работ, Государственное высшее учебное заведение «Криворожский национальный университет» (ГБУЗ «КНУ»), Кривой Рог, Украина, lutsenkosergeia@ukr.net.

Баранов Игорь Вячеславович, кандидат технических наук, доцент кафедры Открытых горных работ, Государственное высшее учебное заведение «Криворожский национальный университет» (ГБУЗ «КНУ»), Кривой Рог, Украина, lutsenkosergeia@ukr.net.

About the authors

Bliznyukov Viktor Grigorevich, Doctor of Technical Sciences (D. Sc), Professor, State Higher Education Institution «Kryvoy Rog National University» (SHEI «KNU»), Kryvoy Rog, Ukraine, lutsenkosergeia@ukr.net.

Lutsenko Sergei Aleksandrovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Open-Cast Mining Department, State Higher Education Institution «Kryvoy Rog National University» (SHEI «KNU»), Kryvoy Rog, Ukraine, lutsenkosergeia@ukr.net.

Baranov Igor Vyacheslavovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Open-Cast Mining Department,

State Higher Education Institution «Kryvyy Rog National University» (SHEI «KNU»), Kryvyy Rog, Ukraine, lutsenkosergeia@ukr.net.

Аннотация. При определении границ карьеров граничный коэффициент вскрыши рассчитывается по технико-экономическим показателям, которые достигнуты на момент проектирования и его величина является постоянной. Анализ работы горно-обогатительных комбинатов показал, что их экономические показатели и коэффициенты вскрыши со временем изменяются.

Целью работы является усовершенствование методов определения границ карьеров, на основе сравнения изменяющихся во времени показателей режимов горных работ проектируемого карьера и действующих (базовых) карьеров.

На примере карьеров, которые отражают характерные особенности разработки крутопадающих месторождений Украины, продемонстрировано влияние текущих коэффициентов вскрыши действующих карьеров на граничный коэффициент вскрыши, который служит главным критерием при определении границ открытых горных работ для проектируемых карьеров.

Показано, что конкурентоспособность предприятия достигается, когда коэффициент вскрыши в проектируемом карьере не превышает предельного коэффициента вскрыши, учитывающий экономические показатели разработки действующего (базового) предприятия.

Разработана методика определения границ карьеров, которая предусматривает применения граничного коэффициента вскрыши как величины не постоянной, а изменяющейся во времени, и такой, которая зависит от изменения текущих коэффициентов вскрыши на карьерах-конкурентах. В результате усовершенствована теория в области определения конечных контуров карьеров.

Новая методика отличается от известных учетом изменения граничного коэффициента вскрыши во времени, а также определением влияния технологических показателей карьеров-конкурентов на конечную глубину проектируемого карьера. Доказано, что отклонения конечной глубины отработки условного проектируемого карьера, которая определена на основе сравнения его текущих коэффициентов вскрыши с текущими коэффициентами вскрыши условных базовых карьеров-конкурентов, от конечной глубины отработки определенной по постоянным предельным коэффициентам вскрыши может составлять от 14 до 45%.

Ключевые слова: железорудные карьеры; границы карьера; граничный коэффициент вскрыши.

Annotation. When determining open pit boundaries, limiting opencast ratio is calculated basing on technical and economic indexes on the date of the pit design, and its value is constant. Analysis of operation of mining and processing plants showed that their economic indexes and opencast ratios change in time.

Objective of the work was to improve methods for determining open pit boundaries by comparing time-dependent parameters of modes of mining operations in the active (base) open pits and open pits under the designing.

As an example, open pits are considered, which reflect characteristic features of development of steep dipping deposits in Ukraine, and which demonstrate the effect of current opencast ratios of existing open pits on limiting opencast ratio, which is the main criterion for determining boundaries of mining operations in the open pit under the designing.

It is shown that the competitiveness of the enterprise is achieved when the coefficient of opening in the projected career does not exceed the limit spread overlay, which takes into account the economic indicators of the development of the operating (basic) enterprise.

The new method for determining open pit boundaries is developed, which assumes the use of limiting opencast ratio, which is not constant and varies in time and depends on change of the current opencast ratios in the competitor open pits. As a result, the theory in the field of determining final contours of the open pits was improved.

The new methodology differs from the known ones by considering in-time change of limiting opencast ratio and by determining effect of technological indexes of competitor open pits on the final depth of the open pit under the designing. It is proved that the deviation of the final depth of working out of a conditioned quarry which is projected, which is determined on the basis of comparison of its current openness coefficients with the current coefficients of opening of conditional basic quarries-competitors, from the final working depth of the fixed limit coefficients, the opening can range from 14 up to 45%.

Keywords: iron ore open pits; open pit boundaries; limiting opencast ratio.

Стаття надійшла до редакції 13.08.2018

Рекомендовано до друку д-ром техн. наук, проф. Четвериком М.С.