

© Б.Ю. Собко¹, О.В. Ложніков¹¹ Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна

ВИЗНАЧЕННЯ НАПРЯМУ РОЗВИТКУ ФРОНТУ ГІРНИЧИХ РОБІТ ПРИ ВІДПРАЦЮВАННІ ПЕРЕСІЧЕНОЇ БАЛКАМИ ПОВЕРХНІ КАР'ЄРНОГО ПОЛЯ

© B. Sobko¹, O. Lozhnikov¹¹ Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine

DETERMINING THE DIRECTION OF THE MINING FACE DIRECTION DURING DEVELOPMENT OF RAVINES PIT SURFACE

Мета. Встановити ефективний напрям розвитку фронту гірничих робіт кар'єру в місцях розташування балок при розробці розсіпних родовищ корисних копалин.

Методика дослідження. Аналітичний метод досліджень використовувався при розробці методики встановлення часу відпрацювання ділянки кар'єру з пересіченою балками місцевістю при застосуванні схем з поздовжнім і поперечним переміщенням вибоїв відносно простягання балки. Графічний метод застосовувався для аналізу встановлених залежностей максимально допустимої ширини блоку при врізанні у гірничий масив від довжини дна кар'єру при визначенні ефективної області застосування схеми з поздовжнім напрямом переміщення вибоїв.

Результати дослідження. Розроблено схеми відпрацювання ділянки кар'єру з пересіченою балкою поверхнею, які передбачають поздовжній і поперечний напрям розвитку фронту гірничих робіт, а також дозволяють визначити основні параметри елементів системи розробки і в подальшому встановити термін відпрацювання кар'єру. Встановлено ефективні параметри застосування поперечного і поздовжнього напрямів переміщення вибоїв при відпрацюванні ділянки кар'єру з пересіченою балками місцевістю, що дозволяє знизити трудомісткість процесу на 150 – 220 машино-змін екскаватора при довжині дна кар'єрного поля від 300 до 900 м.

Наукова новизна. Визначено вплив довжини дна кар'єру на максимально допустиму ширину врізання у гірничий масив при поздовжньому переміщенні вибоїв. Це дозволяє встановити, що при збільшенні довжини дна кар'єру з 300 до 900 м, максимальна допустима ширина врізання у гірничий масив при поздовжньому переміщенні вибоїв збільшується зі 140 до 740 м.

Практичне значення. Розроблено методику встановлення часу відпрацювання ділянки кар'єру з пересіченою балками місцевістю при застосуванні схем з поздовжнім і поперечним переміщенням вибоїв. Застосування запропонованої методики дозволяє визначити ефективний напрям переміщення вибоїв в залежності від параметрів елементів системи розробки кар'єру.

Ключові слова: відкрита розробка, фронт гірничих робіт, елементи системи розробки, відпрацювання балки, продуктивність устаткування.

1. Актуальність. Вибір напрямку переміщення фронту гірничих робіт при проектуванні розробки родовища є вкрай актуальним завданням, від вирішення якого залежить ефективне функціонування гірничого підприємства протягом терміну експлуатації [1]. Особливої уваги потребує питання визначення напрямку переміщення фронту робіт у випадку коли родовище розташоване у пересіченій балками місцевості [2]. Це призводить до значних ускладнень при розвитку фро-

нту гірничих робіт, що в першу чергу впливає на продуктивність виймально-навантажувального і транспортного устаткування. Значні складності також виникають при спорудженні розкривних виробок.

Основним питанням при розробці ділянки кар'єру, на поверхні якого розташовані балки, є вибір напрямку переміщення вибоїв та фронту гірничих робіт відносно схилу балки. Як правило, обирається поздовжній напрям переміщення вибоїв відносно нахилу поверхні балки, однак таке рішення не завжди є ефективним [3]. Основним недоліком такого напрямку переміщення вибоїв є залежність продуктивності устаткування від ширини врізання кар'єру у схил балки, адже при значному перевищенні цього показника над довжиною дна кар'єру, ця технологічна схема поступиться за ефективності схемі з поперечним переміщенням вибоїв.

Перевага поперечного напрямку переміщення вибоїв полягає у тому, що при значній ширині врізання кар'єру у схил балки, кількість заходок буде меншою ніж у схемі з поздовжнім напрямом переміщення вибоїв [4, 5]. В свою чергу це дозволить знизити час на підготовчі роботи з врізання екскаватора у кожну нову заходку.

Для визначення ефективної області застосування поздовжнього або поперечного напрямку переміщення вибоїв на ділянках кар'єру з пересіченою балками місцевістю, необхідно встановити вплив параметрів елементів системи розробки кар'єру на загальний час її відпрацювання. Це дозволить розробити рекомендації стосовно вибору ефективного напрямку переміщення вибоїв в залежності від параметрів нахилу поверхні балки і розмірів ділянки кар'єру.

2. Аналіз досліджень. Аналіз сучасного стану досліджень з питань вибору параметрів розвитку фронту гірничих робіт дозволив виявити, що основні дослідження пов'язані з визначенням продуктивності виймально-навантажувального устаткування. У свою чергу, питанням вибору напрямку переміщення вибоїв при розробці розсипних родовищ приділено недостатньо уваги.

У роботі [6] основна увага приділяється дослідженню геологічної моделі родовища і побудові найбільш сприятливих напрямів переміщення вибою і фронту гірничих робіт в умовах короткострокового планування роботи гірничого підприємства, однак в роботі не розглянуті питання відпрацювання ділянок кар'єру з нерівномірним розподілом розкривних порід.

Дослідження, виконані у роботі [7] присвячені вибору напрямку переміщення вибою відносно до фронту гірничих робіт при застосуванні декількох однокішневих гідравлічних екскаваторів на одному уступі. Варто відмітити, що при виконанні досліджень розглядається гірничий масив з витриманими параметрами висоти уступу, що не може бути застосовано при відпрацюванні верхніх уступів з суттєвим перепадом відміток поверхні.

Авторами роботи [8] виконані дослідження зі встановлення впливу параметрів елементів системи розробки на необхідну кількість однокішневих екскаваторів при різних напрямках розвитку фронту гірничих робіт в умовах відпрацювання одного родовища. Однак, при виконанні досліджень не розглядається фактор зміни потужності розкривних уступів.

3. Встановлення невирішених проблем. Аналіз науково-дослідних робіт підтверджує, що питанням визначення ефективного напрямку розвитку фронту гірничих робіт у пересіченій місцевості приділено недостатньо уваги. У свою чергу це призводить до проблем пов'язаних із розробкою технологічних схем відпрацювання ділянок розсипних родовищ і зниженням продуктивності виймально-навантажувального устаткування. У зв'язку з цим актуальним залишається питання вибору ефективного напрямку розвитку фронту гірничих робіт в залежності від параметрів кар'єру. Воно може бути вирішено шляхом розробки методики визначення часу відпрацювання ділянки з пересіченою місцевістю при застосуванні схем з поздовжнім і поперечним переміщенням вибоїв. Виконані дослідження дозволяють розробити рекомендації щодо вибору ефективного напрямку переміщення вибоїв в залежності від параметрів кар'єру.

4. Постановка задач. Встановлення ефективного напрямку переміщення фронту гірничих робіт в умовах відпрацювання родовищ корисних копалин на території з пересіченою балками поверхнею має враховувати основні параметри елементів системи відкритої розробки і час відпрацювання ділянки кар'єру при поздовжньому і поперечному напрямках переміщення вибоїв. Зазначена мета може бути досягнута шляхом вирішення наступних завдань: розробка схем відпрацювання балки кар'єром з поздовжнім і поперечним напрямом розвитку вибоїв; розробка методики визначення часу відпрацювання ділянки кар'єру з пересіченою балками місцевістю при застосуванні схем з поздовжнім і поперечним переміщенням вибоїв; встановлення ефективної області застосування технологічної схеми з поздовжнім напрямом переміщенням вибоїв при відпрацюванні кар'єром пересіченої місцевості балками.

5. Основний матеріал. Розробка розсипних родовищ корисних копалин в умовах пересіченої місцевості балками потребує проведення досліджень з визначення послідовності відпрацювання кар'єру. В першу чергу необхідно встановити напрям переміщення вибоїв кар'єру відносно простягання балки. Від вирішення цього завдання залежить продуктивність виймально-навантажувального устаткування і кар'єру в цілому.

За звичайних умов перевага надається схемам відпрацювання кар'єру з поздовжнім напрямом переміщення вибоїв відносно простягання балки (рис. 1), однак при постійній довжині дна кар'єру (L_M) і збільшенні відстані між нижньою брівкою укосу балки і контуром корисної копалини ($L+W_M$), ефективність цієї схеми знижується. Це пов'язано зі збільшенням кількості поздовжніх заходок (A), якими відпрацьовується зазначена ділянка. За таких умов буде підвищуватися ефективність схеми з поперечним напрямом переміщення вибоїв в кар'єрі (рис. 2). Для встановлення ефективного напрямку необхідно розробити методику визначення терміну відпрацювання ділянки кар'єру з пересіченою поверхнею, яка буде базуватися на визначенні кількості заходок при поздовжньому і поперечному переміщенні вибоїв розкривних уступів.

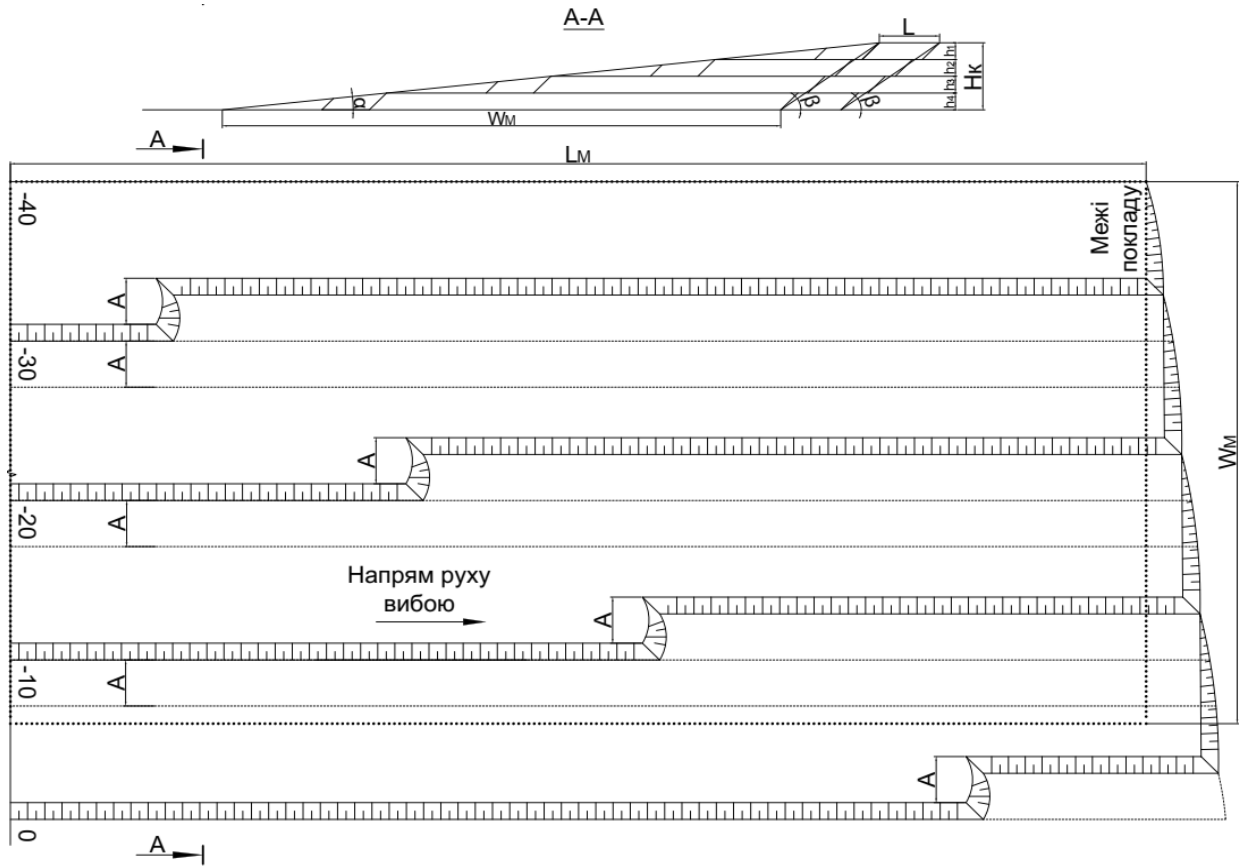


Рис. 1. Схема відпрацювання балки з поздовжнім напрямом руху вибоїв

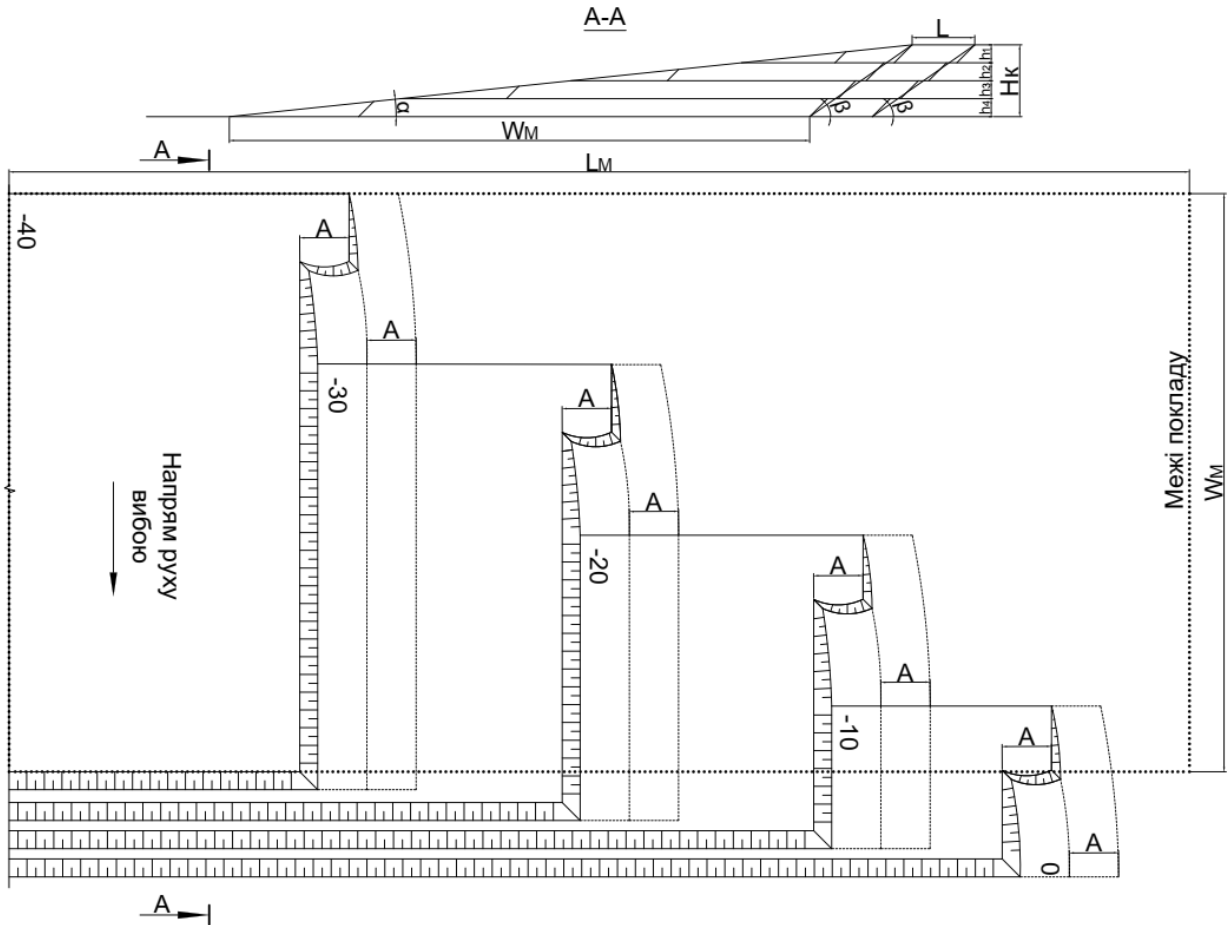


Рис. 2. Схема відпрацювання балки з поперечним напрямом руху вибоїв

Методика визначення часу відпрацювання ділянки кар'єру з пересіченою балками місцевістю з поздовжнім і поперечним переміщенням вибоїв, представлена нижче.

1. Кількість розкривних уступів, якими відпрацьовується пересічена балкою ділянка кар'єру:

$$n_{\text{У}} = \frac{H_{\text{к}} - h}{H_{\text{У}}}, \text{ м};$$

де $H_{\text{к}}$ – глибина кар'єру, м; $H_{\text{У}}$ – висота уступу, м; h – потужність корисної копалини, м.

2. Ширина блоку на першому уступі:

$$Ш_{\text{Р.М}(1)} = H_{\text{У}}(\text{ctg}\alpha - \text{ctg}\beta), \text{ м};$$

де α – кут нахилу поверхні балки, град.; β – кут нахилу неробочого борту кар'єру, град.

3. Ширина блоку на кожному наступному уступі:

$$Ш_{\text{Р.М}(n)} = H_{\text{У}} \cdot n \cdot (\text{ctg}\alpha - \text{ctg}\beta), \text{ м};$$

де n – порядковий номер уступу.

4. Об'єм порід в межах першого розкривного уступу:

$$V_{\text{Р.М}(1)} = Ш_{\text{Р.М}(1)} \cdot H_{\text{У}} \cdot L_{\text{М}}, \text{ м}^3.$$

5. Об'єм порід в межах кожного наступного розкривного уступу у межах схилу балки:

$$V_{\text{Р.М}(n)} = \frac{(Ш_{\text{Р.М}(n)} + Ш_{\text{Р.М}(n-1)}) \cdot H_{\text{У}} \cdot L_{\text{М}}}{2}, \text{ м}^3.$$

6. Об'єм порід в межах кожного уступу за урахуванням частини гірничого масиву, що знаходиться за схилом балки (L):

$$V_{\text{У}(n)} = V_{\text{Р.М}(n)} + L \cdot H_{\text{У}} \cdot L_{\text{М}}, \text{ м}^3.$$

де L – ширина гірничого масиву, що знаходиться за балкою, м.

7. Загальний об'єм розкривних порід на ділянці кар'єру, пересіченій балкою:

$$V_{\text{заг}} = \sum_{i=1}^n V_{\text{У}i}, \text{ м}^3.$$

8. Кількість заходок для відпрацювання розкривних порід в межах уступу з поздовжнім напрямом руху вибоїв:

$$n_{\text{зах}(n)} = \frac{Ш_{\text{Р.М}(n)} + L_{\text{М}}}{A}, \text{ м}^3.$$

де A – ширина заходки екскаватора, м.

9. Загальна кількість заходок при відпрацюванні пересіченої балкою ділянки з поздовжнім переміщенням вибоїв:

$$n_{зах} = \sum_{i=1}^n n_{захи}, \text{ м}^3.$$

де i – порядковий номер уступу.

10. Термін відпрацювання поздовжніми вибоями пересіченої балкою ділянки (трудомісткість машино-змін екскаватора):

$$T = \frac{V_{заг}}{Q_{ЕГ} \cdot T_{зм}} + \frac{n_{зах} \cdot T_B}{T_{зм}}, \text{ машино-змін},$$

де $Q_{ЕГ}$ – технічна продуктивність екскаватора, $\text{м}^3/\text{год.}$; $T_{зм}$ – тривалість зміни, год. ; T_B – час на врізання у нову заходку, год.

11. Встановлюємо кількість заходок при відпрацюванні пересіченої ділянки кар'єру поперечним рухом вибоїв в межах кожного уступу:

$$n'_{зах(n)} = \frac{L_M + 2(\sum n_y - n) \cdot H_y \cdot \text{ctg} \beta}{A}, \text{ од.},$$

де $\sum n_y$ – загальна кількість розкривних уступів, од.

12. Встановлюємо загальну кількість заходок для відпрацювання пересіченої ділянки поперечним рухом вибоїв:

$$n'_{зах} = \sum_{i=1}^n n'_{захи}, \text{ м}^3.$$

13. Визначаємо термін відпрацювання пересіченої ділянки поперечним рухом вибоїв (трудомісткість машино-змін екскаватора):

$$T' = \frac{V_{заг}}{Q_{ЕГ} \cdot T_{зм}} + \frac{n'_{зах} \cdot T_B}{T_{зм}}, \text{ машино-змін}.$$

14. Показник відношення довжини дна кар'єру до його ширини, що характеризує ефективність напрямку переміщення вибоїв:

$$K\delta = \frac{L_M}{W_M + L}.$$

Розроблена методика дозволяє визначити час відпрацювання однієї ділянки з різними напрямками переміщення вибоїв відповідно до різних вихідних даних.

При виконанні досліджень розглядалося відпрацювання балки з поздовжнім і поперечним переміщенням вибоїв. Приймалися наступні вихідні дані: потужність розкриву – 40 м; висота уступу – 10 м; кут нахилу поверхні балки 6° ; кут укошу неробочого борту кар'єру – 35° ; ширина заходки екскаватора – 19,4 м; час врізання у нову заходку – 12 год.; експлуатаційна продуктивність екскаватора $250 \text{ м}^3/\text{год.}$; кількість екскаваторів – 4; тривалість зміни 12 год.

Відповідно до розробленої методики визначення часу відпрацювання пересіченої ділянки кар'єру, розглядалися наступні діапазони довжини дна кар'єру L_M від 300 до 900 м, ширини кар'єру у глиб балки (L) від 0 до 1200 м (табл. 1 і табл. 2).

Таблиця 1

Параметри відпрацювання балки поздовжнім і поперечним рухом вибоїв при довжині дна кар'єру $L_M = 300$ м

Ширина врізки, L , м	Загальний об'єм розкриву, млн m^3	Кількість заходок при поздовжньому фронті, од	Кількість заходок при поперечному фронті, од	Трудомісткість робіт при поздовжньому фронті, машино-змін	Трудомісткість робіт при поперечному фронті, машино-змін	Показник K_b
0	1,94	44	70,9	691,00	717,87	0,93
200	4,34	85		1532,00	1517,87	0,57
400	6,74	127		2374,00	2317,87	0,41
600	9,14	168		3215,00	3117,87	0,32
800	11,54	209		4056,00	3917,87	0,27
1000	13,94	251		4898,00	4717,87	0,23
1200	16,34	292		5739,00	5517,87	0,20

Таблиця 2

Параметри відпрацювання балки поздовжнім і поперечним рухом вибоїв при довжині дна кар'єру $L_M = 900$ м

Ширина врізки, L , м	Загальний об'єм розкриву, млн m^3	Кількість заходок при поздовжньому руху вибоїв, од	Кількість заходок при поперечному руху вибоїв, од	Трудомісткість робіт при поздовжньому руху вибоїв, машино-змін	Трудомісткість робіт при поперечному руху вибоїв, машино-змін	Показник K_b
0	5,82	44	194,9	1985,00	2135,90	2,78
100	13,02	85		4426,00	4535,90	1,72
400	20,22	127		6868,00	6935,90	1,24
600	27,42	168		9309,00	9335,90	0,97
800	34,62	209		11750,00	11735,90	0,80
1000	41,82	251		14192,00	14135,90	0,68
1200	49,02	292		16633,00	16535,90	0,59

Відповідно до отриманих результатів розрахунків (див. табл. 1 і 2) можна зробити висновок, що при збільшенні довжини дна кар'єру, збільшується значення ширини дна кар'єру (W_M+L), при якому ефективно застосовувати схему з поздовжнім переміщенням вибоїв. Це пояснюється тим, що кар'єр набуває прямокутної форми ($L_M/(W_M+L) \rightarrow 0$), і кількість заходок при поздовжньому переміщенні вибоїв у кар'єрі буде перевищувати їх кількість при поперечному переміщенні. Результати досліджень з визначення залежності часу відпрацювання ділянки кар'єру і відношення його довжини дна до ширини від глибини врізки в балку представлені на рис. 3 і 4.

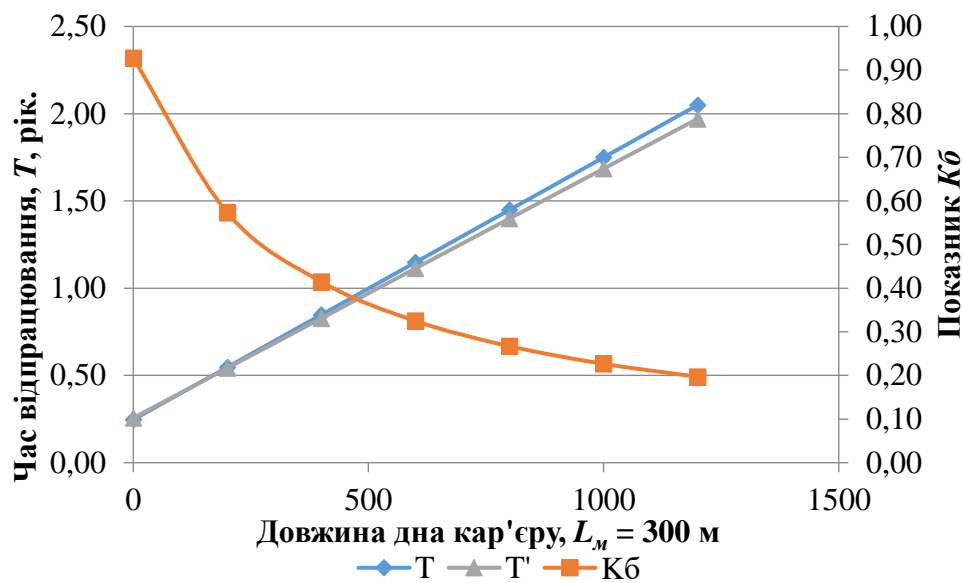


Рис. 3. Час відпрацювання балки при поздовжньому (T) і поперечному (T') переміщенні вибоїв при довжині дна кар'єру $L_M = 300$ м

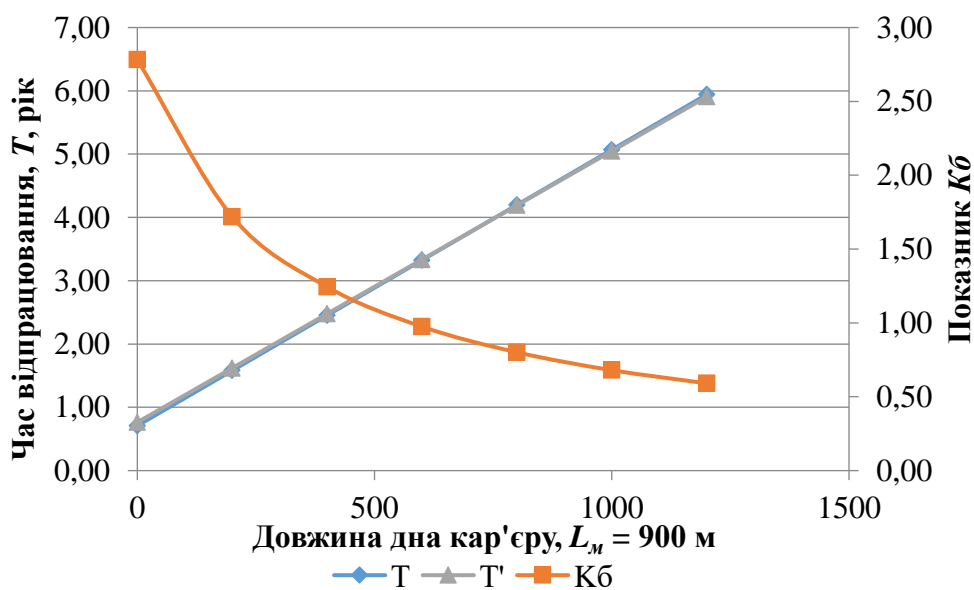


Рис. 4. Час відпрацювання балки при поздовжньому (T) і поперечному (T') переміщенні вибоїв при довжині дна кар'єру $L_M = 900$ м

Аналіз залежностей, наведених на графіках (див. рис. 3 і 4), дозволяє стверджувати, що при збільшенні довжини дна кар'єру, показник відношення довжини до ширини дна кар'єру $Kб$, при якому необхідно здійснити перехід від поздовжнього до поперечного напрямку переміщення вибоїв, також буде збільшуватися. Це пов'язано з тим, що відпрацювання ділянки кар'єру з пересіченою місцевістю з поздовжнім напрямом переміщення вибоїв потребуватиме більшого часу у порівнянні з поперечним переміщенням. Визначення максимального значення показника $Kб_{MAX}$, при якому поздовжнє переміщення вибоїв буде ефективнішим за поперечне, визначається у наступній послідовності.

1. Максимально допустима ширина врізання у балку для поздовжнього переміщення вибоїв:

$$L_{ПОЗ.МАХ} = \frac{A \cdot n'_{зax} - \sum Ш_{P.M}}{\sum n_y}, \text{ м.}$$

де $\sum Ш_{P.M}$ – загальна сума ширини блоку на всіх уступах, м.

2. Максимально допустиме значення показника відношення довжини до ширини дна кар'єру, при якому поздовжнє переміщення вибоїв є ефективним:

$$Kб_{ПОЗ.МАХ} = \frac{L_M}{W_M + L_{ПОЗ.МАХ}}.$$

Відповідно до наведених виразів встановлено межі застосування поздовжнього напрямку переміщення вибоїв в умовах пересіченої місцевості балками при відпрацюванні ділянки кар'єру довжиною від 200 до 900 м. Результати досліджень наведено в таблиці 3.

Таблиця 3

Межі застосування поздовжнього напрямку переміщення вибоїв при відпрацюванні кар'єром пересіченої місцевості балками

Довжина дна кар'єру, L_M , м	Максимально допустима ширина дна кар'єру, $L_{ПОЗ.МАХ}$, м	Допустиме значення відношення довжини до ширини дна кар'єру, $Kб_{ПОЗ.МАХ}$
300	140	0,64
450	290	0,73
600	440	0,78
750	590	0,82
900	740	0,84

Відповідно до результатів, наведених в таблиці 3, встановлені залежності максимально допустимої ширини врізання у гірничий масив при поздовжньому руху вибоїв гірничих робіт від довжини дна кар'єру (рис. 5).

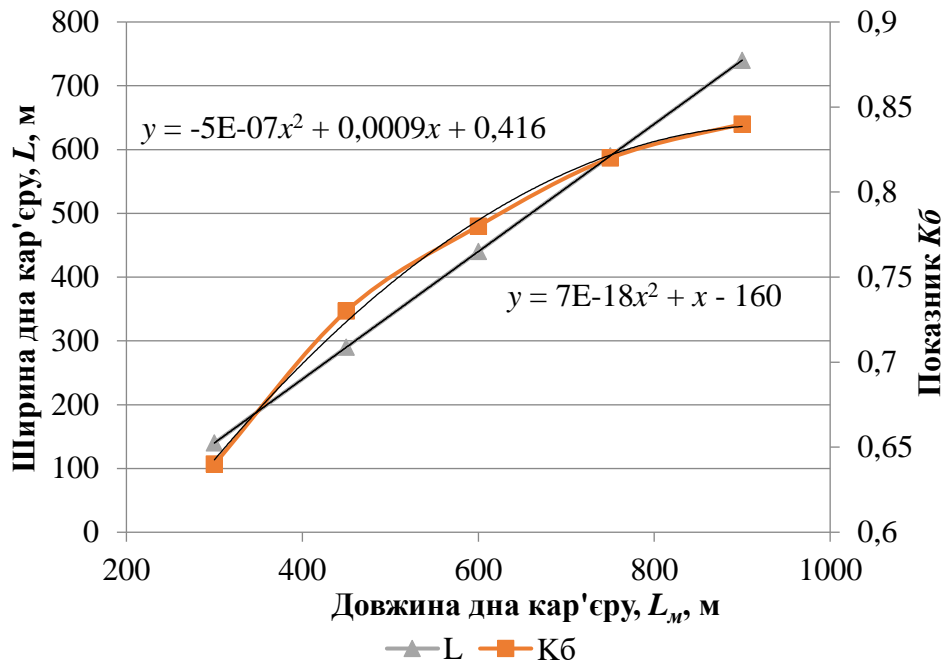


Рис. 5. Залежність значення показників $L_{ПОЗ.МАХ}$ і $Kb_{ПОЗ.МАХ}$ від довжини дна кар'єру L_M при поздовжньому напрямку руху вибоїв

Відповідно до отриманих результатів досліджень встановлено, що ефективна область застосування технологічної схеми з поздовжнім переміщенням вибоїв при відпрацюванні кар'єром пересіченої місцевості балками визначається відповідно до наступної умови $Kb \leq -5E-07L_M^2 + 0,0009L_M + 0,416$. У зворотному випадку термін відпрацювання ділянки кар'єру пересіченої балками буде більшим ніж при застосуванні технологічної схеми з поперечним напрямом переміщення вибоїв.

Висновки. Розроблені схеми відпрацювання ділянки кар'єру з пересіченою балкою поверхнею, що передбачають поздовжній і поперечний напрям розвитку вибоїв, дозволили визначити основні параметри елементів системи розробки та термін відпрацювання кар'єру.

Розроблено методику встановлення часу відпрацювання ділянки кар'єру з пересіченою балкою місцевістю при застосуванні схем з поздовжнім і поперечним переміщенням вибоїв, яка дозволяє визначити ефективний напрям переміщення вибоїв в залежності від параметрів елементів системи розробки кар'єру.

Встановлено, що використання поперечного напрямку руху вибоїв при ширині врізання у балку 1200 м дозволяє скоротити час на відпрацювання ділянки з пересіченою місцевістю на 221 зміну при довжині дна кар'єрного поля 300 м, і на 97 змін при довжині – 900 м.

Визначено вплив довжини дна кар'єру на його максимально допустиму при поздовжньому напрямі руху вибоїв, який дозволяє встановити, що при збільшенні довжини дна кар'єру з 300 до 900 м, максимальна допустима ширина врізання у гірничий масив, із застосуванням поздовжнього напрямку руху вибоїв, збільшиться зі 140 до 740 м.

Перелік посилань

1. Tang, Y., Sun, W., Zhang, X., & Liu, P. (2021). Effect of Advancing Direction of Working Face on Mining Stress Distribution in Deep Coal Mine. *Advances in Civil Engineering*, 2021, 1–11. <https://doi.org/10.1155/2021/7402164>
2. Sobko, B. Y., Lozhnikov, O. V., Haidin, A. M., & Laznikov, O. M. (2016). Substantiation of rational mining method at the Motronivskiy titanium-zirconium ore deposit exploration. *Науковий вісник Національного гірничого університету*, 6, 41-48.
3. Torkamani, E., & Askari-Nasab, H. (2015). A linkage of truck-and-shovel operations to short-term mine plans using discrete-event simulation. *International Journal of Mining and Mineral Engineering*, 6(2), 97-118.
4. Nelis, G., & Morales, N. (2022). A mathematical model for the scheduling and definition of mining cuts in short-term mine planning. *Optimization and Engineering*, 23(1), 233-257.
5. Moldabayev, S. K., Shustov, O. O., Adamchuk, A. A., & Sultanbekova, Z. Z. (2019). Justification of transfer parameters in conditions of deep zone development of iron ore surface mines. In *Sustainable development of resource-saving technologies in mineral mining and processing. Multi-authored monograph* (pp. 138–155).
6. Eivazy, H., & Askari-Nasab, H. (2012). A mixed integer linear programming model for short-term open pit mine production scheduling. *Mining Technology*, 121(2), 97-108.
7. Arteaga, F., Nehring, M., Knights, P., & Camus, J. (2014). Schemes of exploitation in open pit mining. In *Mine Planning and Equipment Selection* (pp. 1307-1323). Springer, Cham.
8. Krause, A. A., & Musingwini, C. (2007). Modelling open pit shovel-truck systems using the Machine Repair Model. *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, 107(8), 469-476.

ABSTRACT

Purpose. Establish an effective direction of the mining front direction in the beams locations at the development of a placer mineral deposit.

Research methodology. The analytical method of research was used at the development of a method for determining the time of mining a pit section with a crossed beam surface when applying schemes with longitudinal and transverse movement of the mining front. The graphical method was used to analyze the established dependences of the maximum allowable cut width into the rock mass on the length of the open pit when determining the effective scope of the scheme with the longitudinal direction of the mining front at the development of placer deposits.

The results. Schemes for mining a pit section with a cross-beam surface have been developed, providing for the longitudinal and transverse direction of the mining front, which make it possible to determine the main parameters of the mining system elements and establish the term of pit life. Efficient parameters have been established for the use of the transverse and longitudinal directions of mining faces movement when a pit section with rugged terrain, which makes it possible to reduce the labor intensity of the process by 150–220 machine-shifts of an excavator at the pit field length of 300 to 900 m.

Scientific novelty. The influence of the open pit length on the maximum allowable cut width into the rock mass during the longitudinal movement of the mining front is determined. The results of the research allow to establish that with an increase in the open pit length from 300 to 900 m, the maximum allowable width of the cut into the rock mass during the longitudinal movement of the front increases from 140 to 740 m.

Practical value. A method for determining the time of mining a pit section with a crossed beam surface when using schemes with longitudinal and transverse movement of the mining front has been developed. The use of the proposed method makes it possible to determine the effective direction of mining front movement, depending on the parameters of the development system pit elements.

Keywords: open pit mining, mining front, mining system elements, beam mining, equipment productivity.