

УДК 622.271

[https://doi.org/10.31474/2073-9575-2024-1\(31\)-2\(32\)-48-54](https://doi.org/10.31474/2073-9575-2024-1(31)-2(32)-48-54)С.О. Луценко  
Ю.І. Григор'єв  
Ю.А. Монастирський  
О.В. Плотніков  
О.П. Богомаз

## АДАПТАЦІЯ ПЛАНУ РОЗКРИВНИХ РОБІТ ДО ДИНАМІКИ ВИДОБУТКУ РУДИ

**Мета.** Метою цієї роботи є вдосконалення методики визначення відставання розкривних робіт при динамічній зміні обсягу видобутку корисних копалин, включаючи сценарії з частковим або повним залученням нових ділянок.

**Методика.** Ефективне планування розкривних робіт потребує ретельного аналізу взаємозв'язку між шириною робочого майданчика, довжиною активного фронту та обсягом готових до виймання запасів. Оптиміальне поєднання цих параметрів забезпечує необхідну продуктивність та знижує ризик виникнення розкривного відставання.

**Результати.** Розроблено математичні моделі, що дозволяють розрахувати актуальні значення коефіцієнтів розкриву при збільшенні розмірів робочих майданчиків у кар'єрі, а також визначити обсяги відставання розкривних робіт. Встановлено, що збільшення продуктивності кар'єру за рахунок розробки робочої зони декількома ділянками, що характеризується неоднорідністю геологічних умов, потребує диференційованого підходу до визначення параметрів гірничих робіт. Швидкість просування робочих уступів у горизонтальному напрямку і ширина робочого майданчика кожної ділянки повинні встановлюватися з урахуванням їх специфічних характеристик, в першу чергу, коефіцієнта розкриву та необхідної продуктивності по корисним копалинам.

**Наукова новизна.** Удосконалено методику визначення обсягів розкривних робіт при змінній продуктивності кар'єру, що враховує неоднорідність геологічних умов і забезпечує оптимальні параметри гірничих робіт для декількох ділянок робочої зони.

**Практичне значення.** Розроблені моделі та методика дозволяють підвищити ефективність видобутку корисних копалин, мінімізувати витрати на розкривні роботи та забезпечити стабільність технологічного процесу в умовах динамічного розвитку кар'єру.

**Ключові слова:** адаптація, режим гірничих робіт, ширина робочого майданчика, продуктивність кар'єру, робоча зона кар'єру.

### Вступ.

Для забезпечення оптимальних умов видобутку корисних копалин у кар'єрі необхідно формувати робочу зону кар'єру із нормальними робочими майданчиками, які відповідають нормативним вимогам щодо наявності готових до виймання запасів [1]. Отже, для видобутку руди необхідно проводити виймання значних обсягів розкривних порід, що є характерною особливістю розробки крутоспадних покладів.

Вартість виймання порожніх порід є суттєвою складовою собівартості видобутку руди. З метою мінімізації загальних витрат на видобуток корисних копалин зазвичай прагнуть до зниження обсягів розкривних робіт [2]. Прагнення мінімізувати обсяги розкривних порід, хоч і сприяє зниженню витрат на виробництво концентрату, може призвести до порушення технологічних

регламентів. Як наслідок, виникає відставання розкривних робіт, що негативно позначається на дотриманні технологічного регламенту.

Дослідженнями встановлено [3], що збільшення виробничої потужності кар'єру по корисним копалинам неминуче призводить до розширення робочих майданчиків. Тобто, для забезпечення готових до виймання запасів за таких умов необхідно знижувати кути укосів робочих бортів кар'єру. Це, у свою чергу, спричиняє збільшення обсягів розкривних робіт і, відповідно, підвищення поточних коефіцієнтів розкриву.

Крім цього, збільшення продуктивності кар'єру за рахунок розширення робочих майданчиків тягне за собою необхідність вилучення додаткового обсягу розкривних порід. Це зумовлено короткочасним підвищенням швидкості

горизонтального просування вищерозташованих горизонтів щодо нижчих.

Збільшення продуктивності кар'єру за корисними копалинами без відповідного коригування розкривних робіт призведе до порушення законів розвитку кар'єрного простору, виникнення відставання розкривних робіт, ускладнень в організації гірничих робіт і, зрештою, до зниження ефективності виробництва.

#### **Аналіз досліджень і публікацій.**

Наукові дослідження в галузі мінімізації обсягів розкривних робіт мають глибоке коріння [4-6]. До найбільш відомих вчених, які зробили значний внесок у цю область, належать А.І. Арсентьев, М.Г. Новожилов, В.В. Ржевський. Їх ідеї успішно розвиваються в Україні учнями та послідовниками, такими як В.Г. Близуков та М.С. Четверик та ін. Вони розробили нові підходи до планування та управління режимом гірничих робіт, які дозволяють суттєво скоротити обсяги виймання розкривних порід при постійній продуктивності кар'єру по руді. Ці методи спрямовані на оптимізацію послідовності та інтенсивності розробки, що дозволяє більш ефективно здійснювати видобування корисних копалин. Для оцінки розкривного відставання запропоновано методику [7], що дозволяє визначити необхідні обсяги розкривних робіт для підтримки оптимального режиму видобутку в кар'єрі. Однак методика не враховує можливості збільшення продуктивності кар'єру по руді за рахунок залучення до розробки кількох ділянок робочої зони кар'єру. Тому сфера застосування методики обмежена.

#### **Постановка завдання.**

Таким чином, мета даної роботи полягає в подальшому удосконаленні методики визначення відставання розкривних робіт при динамічній зміні видобутку корисних копалин, включаючи сценарії з частковим або повним залученням нових ділянок.

#### **Основні результати.**

Підвищення продуктивності кар'єру за корисними копалинами можливо двома способами: шляхом зміни кута нахилу робочого борту на окремих ділянках, що залучаються до розробки або шляхом

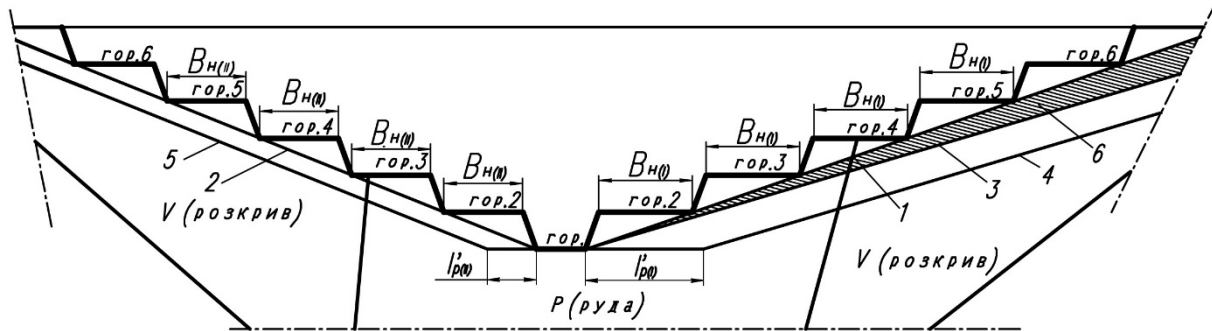
одночасної розробки кількох ділянок з різним співвідношенням розкривних порід та корисних копалин.

Для оптимізації роботи всього кар'єру з метою мінімізації поточних коефіцієнтів розкриву за періодами його роботи зі збільшенням продуктивності за корисними копалинами першочерговим завданням є зміна (зменшення) кута укосу на ділянці, що характеризується найменшим поточним коефіцієнтом розкриву. Залучення в розробку наступної ділянки здійснюється в момент, коли продуктивність на першій ділянці досягне максимального значення або коли співвідношення об'ємів розкривних порід та корисної копалини на першій ділянці зрівняється з коефіцієнтом розкриву іншої ділянки.

Очевидно, що перша та друга ділянки відрізнятимуться по ширині робочого майданчика та швидкості переміщення уступів в горизонтальному напрямку. Швидкість просування вибоїв у горизонтальному напрямку на першій ділянці буде максимальною, що відповідає лінії 4 на рис. 1. Швидкість просування вибоїв у горизонтальному напрямку другої ділянки буде регулюватися таким чином, щоб забезпечити в цілому необхідну продуктивність кар'єру по руді (лінія 5 на рис. 1). В даному випадку, можливо, не потрібно буде проводити реконструкцію борту кар'єру на другій ділянці.

Однак, якщо дотримуватися базової методики визначення обсягів відставання розкривних робіт та поточних коефіцієнтів розкриву при збільшенні фронту гірничих робіт шляхом залучення в роботу кількох ділянок робочої зони, то розширювати робочі майданчики і проводити реконструкцію бортів кар'єру потрібно буде на всіх ділянках. Однакова швидкість горизонтального просування всіх ділянок, залучених у процес розробки, стане причиною суттєвого збільшення коефіцієнта розкриву, що негативно позначиться на економічній ефективності розробки.

Якщо гірничі роботи ведуть одночасно на кількох ділянках кар'єру, то продуктивність по руді розраховується за формулою:



**Рис. 1.** Формування робочої зони кар'єру при залученні до розробки кількох ділянок: 1 – положення робочого борту кар'єру на I-ій ділянці робочої зони; 2 – положення робочого борту кар'єру на II-ій ділянці робочої зони; 3 – положення робочого борту кар'єру на I ділянці робочої зони після розширення робочих майданчиків; 4 - положення робочого борту на I-ій ділянці робочої зони, що забезпечує виконання заданої продуктивності кар'єру по руді; 5 - положення робочого борту на II-ій ділянці робочої зони, що забезпечує виконання заданої продуктивності кар'єру по руді; 6 – обсяги виймання руди та розкритвних порід при розширенні робочих майданчиків

$$A'_p = \sum_{k=1}^K A_k^{yq}, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (1)$$

де  $A_k^{yq}$  - продуктивність по руді  $k$ -ї ділянки робочої зони кар'єру,  $\text{м}^3/\text{рік}$ ;  
 $k$  – індекс ділянки робочої зони кар'єру;  
 $K$  – кількість ділянок робочої зони кар'єру одночасно залучених у розробку, шт.

Дослідженнями встановлено, що взаємозв'язок ширини робочого майданчика та довжини активного фронту гірничих робіт є ключовим фактором, що визначає продуктивність кар'єру [3]. Оптимізація цих параметрів дозволяє забезпечити необхідний запас руди, готовий до виймання. Ширина робочого майданчика має бути розрахована з урахуванням довжини активного фронту гірничих робіт, таким чином, щоб забезпечити необхідний обсяг готових до виймання запасів для досягнення та підтримки планової продуктивності кар'єру по руді.

Таким чином, при збільшенні річної продуктивності кар'єра по руді з величини  $A_p$  до  $A'_p$  нормальна ширина робочого майданчика на кожному горизонті  $k$ -ої ділянки робочої зони збільшиться з величини  $B_{H(k)}$  до  $B'_{H(k)}$ .

В цьому випадку ширина робочого майданчика  $B'_{H(k)}$ , а також її збільшення  $\Delta B_{H(k)}$  на різних ділянках робочої зони визначається за нормативами залежно від

продуктивності ділянки  $A_k^{yq}$  та довжини фронту на даній ділянці  $L'_{p(k)}$ .

Поточний коефіцієнт розкриття визначається за формулою [8]:

$$n_t = \frac{A_v}{A_p} = \frac{L_v \cdot h_y \cdot I_v}{L_p \cdot h_y \cdot I_p}, \text{ м}^3/\text{м}^3, \quad (2)$$

де  $I_v$  і  $I_p$  – швидкість горизонтального посування розкритвних і рудних уступів,  $\text{м}/\text{рік}$ .

При прийнятих ширині робочого майданчика, висоті уступів, продуктивності по руді та порожнім породам, кут укосу робочого борту кар'єру буде постійним, а поточний коефіцієнт розкриття визначитися співвідношенням активних фронтів робіт з порожніх порід ( $L_v$ ) та руди ( $L_p$ ):

$$n_t = \frac{L_v}{L_p}, \text{ м}^3/\text{м}^3 \quad (3)$$

Необхідне посування  $i$ -го горизонту забезпечує розширення робочих майданчиків до величини  $B'_{H(k)}$  і визначається за формулою:

$$\Pi_{(ki)} = (i-1) \cdot \Delta B_{H(k)} + \sum_{j=2}^i \Pi_{(kj)}^{сум}, \text{ м} \quad (4)$$

де  $\Pi_{(kj)}^{сум}$  - горизонтальне просування  $j$ -го горизонту  $k$ -ої ділянки за рахунок збільшення існуючої ширини робочого майданчика до нормативного значення  $B_{H(k)}$ ,  $\text{м}$ ;

$$\Pi_{(kj)}^{сущ} = B_{H(k)} - B_{сущ(k)}, \text{ м.} \quad (5)$$

Гірничі роботи на кожному уступі ведуться доти, доки не буде досягнуто проектні контури кар'єру. Тому для правильного визначення обсягів гірничих робіт на кожному і-му горизонті необхідно, щоб дотримувалася умова:

$$\Pi_{(ki)} < \Pi_{(ki)}^{max} \quad (6)$$

де  $\Pi_{(ki)}^{max}$  - максимально можливе посування фронту гірничих робіт на і-му горизонті к-ої ділянки, що обмежується проектними контурами кар'єру, м.

Якщо умова (6) не дотримується, посування фронту гірничих робіт на і-му горизонті буде дорівнювати:

$$\Pi_{(ki)} = \Pi_{(ki)}^{max} \quad (7)$$

Крім цього для правильного визначення обсягів гірничих робіт на рудних горизонтах необхідно, щоб дотримувалася умова:

$$\Pi_{(ki)} < \Pi_{p(ki)}^{max} \quad (8)$$

Якщо умова дотримується, значить горизонтальне посування фронту гірничих робіт по руді ( $\Pi_{p(ki)}$ ) на і-му горизонті становитиме:

$$\Pi_{p(ki)} = \Pi_{(ki)} \quad (9)$$

Якщо умова (8) не дотримується значить фронт гірничих робіт і-го горизонту виходить за контури рудного тіла, і посування за довжиною рудного фронту необхідно здійснювати як по корисним копалинам так і по розкривним породам. Тоді

$$\Delta A_{vB(k)} = \sum_{i=2}^I (\Pi_{(ki)} \cdot L_{v(ki)} \cdot h_{y(ki)}) + \sum_{i=2}^I (\Pi_{vp(ki)} \cdot L_{p(ki)} \cdot h_{y(ki)}), \text{ м}^3/\text{год} \quad (13)$$

Для досягнення запланованих обсягів видобутку руди та їх подальшого зростання потрібне збереження нормативних параметрів робочих майданчиків на всіх горизонтах. Тому швидкість горизонтального руху видобувних уступів ( $I'_{p(k)}$ ) повинна дорівнювати швидкості горизонтального посування розкривних уступів ( $I'_{v(k)}$ ). З цього випливає, що після реконструкції борту кар'єру для забезпечення заданої продуктивності по руді  $A'_p$  фронт гірничих робіт і-го горизонту к-ї ділянки за

$$\Pi_{p(ki)} = \Pi_{p(ki)}^{max} \quad (10)$$

$$\Pi_{pv(ki)} = \Pi_{(ki)} - \Pi_{p(ki)}^{max} \quad (11)$$

де  $\Pi_{pv(ki)}$  - посування фронту гірничих робіт з розкривних порід на ділянці рудного фронту на і-му горизонті к-ї ділянки, м.

Додатковий обсяг видобутку руди при розширенні робочих майданчиків на к-й ділянці визначається за формулою:

$$\Delta A_{pB(k)} = \sum_{i=2}^I (\Pi_{p(ki)} \cdot L_{p(ki)} \cdot h_{y(ki)}), \quad (12)$$

де  $L_{p(ki)}$  - довжина активного рудного фронту на і-му горизонті при ширині робочого майданчика  $B_{H(k)}$ , м;

$I$  - кількість робочих уступів у кар'єрі.

Швидкість переміщення робочого борту кар'єру в горизонтальному напрямку на к-й ділянці робочої зони, що забезпечує задане збільшення продуктивності визначиться за формулою:

$$I'_{p(k)} = \frac{A_{(k)}^{yч} - \Delta A_{pB(k)}}{L'_{p(k)} \cdot h_{y(k)}}, \text{ м/год.}$$

де  $L'_{p(k)}$  - довжина активного рудного фронту в кар'єрі при ширині робочого майданчика  $B'_{H(k)}$ , м.

Додатковий обсяг розкривних робіт ( $\Delta A_{vB(k)}$ ) при розширенні робочих майданчиків до  $B'_{H(k)}$  визначається за виразом:

рік має бути посунуто на величину  $\Pi_{l(ki)}$ , яка визначається швидкістю горизонтального посування:

$$\Pi_{l(ki)} = 1 \cdot I'_{v(k)}, \text{ м} \quad (14)$$

При цьому повинна дотримуватися умова: сумарне річне посування фронту гірничих робіт і-го горизонту повинно бути меншим або дорівнювати максимально можливому посуванню фронту гірничих робіт на цьому горизонті

$$\Pi_{(ki)} + \Pi_{l(ki)} \leq \Pi_{(ki)}^{max} \quad (15)$$

Якщо умова (15) не дотримується, значить на даному горизонті гірничі роботи виходять на проектні контури кар'єру, а необхідне посування фронту гірничих робіт, що забезпечує задану продуктивність кар'єру після розширення робочих майданчиків на і-му горизонті ( $\Pi_{l(ki)}$ ) визначається виходячи з умови (6).

Якщо умова (6) дотримується, то  $\Pi_{l(ki)}$  визначитися за формулою:

$$\Pi_{l(ki)} = \Pi_{(ki)}^{max} - \Pi_{(ki)}, \text{ м} \quad (16)$$

$$\Delta A_{v(k)} = \Delta A_{vB(k)} + A_{vl(k)} = \sum_{i=2}^I (\Pi_{(ki)} \cdot L_{v(ki)} \cdot h_{y(ki)}) + \sum_{i=2}^I (\Pi_{pv(ki)} \cdot L_{p(ki)} \cdot h_{y(ki)}) + L'_{v(ki)} \cdot h_{y(ki)} \cdot \Pi_{l(ki)}, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (18)$$

$$A_{vl(k)} = L'_{v(ki)} \cdot h_{y(ki)} \cdot \Pi_{l(ki)} \quad (19)$$

де  $A_{vl(k)}$  - обсяг розкривних робіт при паралельному переміщенні борту к-ї ділянки робочої зони, м<sup>3</sup>/рік;

Якщо умова (6) не дотримується, то  $\Pi_{l(ki)}$  приймаємо рівним 0

$$\Pi_{l(ki)} = 0 \quad (17)$$

Сумарний обсяг розкривних порід, який необхідно видалити з кар'єру для забезпечення заданої продуктивності кар'єру по руді  $A'_p$  в залежності від стану гірничих робіт у кар'єрі та прийнятої технології розробки визначається за формулою:

$L'_{v(i)}$  - довжина фронту розкривних робіт на к-ій ділянці робочої зони при ширині робочого майданчика  $B'_{H(k)}$ , м.

Тоді збільшення ширини робочих майданчиків відбудеться з коефіцієнтом розкриття:

$$\Delta n = \frac{\sum_{k=1}^K \sum_{i=2}^I (\Pi_{(ki)} \cdot L_{v(ki)} \cdot h_{y(ki)}) + \sum_{k=1}^K \sum_{i=2}^I (\Pi_{pv(ik)} \cdot L_{p(ik)} \cdot h_{y(ik)})}{\sum_{k=1}^K \sum_{i=2}^I (\Pi_{p(ki)} \cdot L_{p(ki)} \cdot h_{y(ki)})}, \text{ м}^3/\text{м}^3, \quad (20)$$

В результаті розширення робочих майданчиків очікується зміна поточного коефіцієнта розкриття, що обумовлено

зміною балансу між обсягами руди, що видобувається, і розкривних порід:

$$n_t = \frac{\sum_{k=1}^K \sum_{i=2}^I (\Pi_{(ki)} \cdot L_{v(ki)} \cdot h_{y(ki)}) + \sum_{k=1}^K \sum_{i=2}^I (\Pi_{pv(ki)} \cdot L_{p(ki)} \cdot h_{y(ki)}) + \sum_{k=1}^K L'_{v(ki)} \cdot h_{y(ki)} \cdot \Pi_{l(ki)}}{A'_p}, \text{ м}^3/\text{м}^3, \quad (21)$$

Обсяг відставання за розкритвом становитиме:

$$Q_3 = \sum_{k=1}^K \Delta A_{vB(k)} - \frac{L'_{v(k)}}{L'_{p(k)}} \Delta A_{pB(k)}, \quad (22)$$

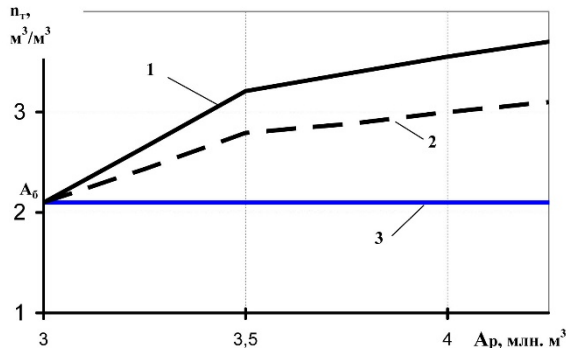
На рис. 2, 3 наведено результати порівняння удосконаленої методики з базовою. Аналіз рисунка показує, що при збільшенні продуктивності кар'єру виключно за рахунок зміни кута укусу робочого борту в межах однієї ділянки ( $A_p = 3; 3,25; 3,5$ ), значення, отримані при використанні базової та вдосконаленої методик, ідентичні. При

збільшенні продуктивності кар'єру за рахунок одночасної розробки кількох ділянок робочої зони розрахунки за базовою методикою демонструють суттєве відхилення від фактичних даних (рис. 2  $A_p = 3,75; 4; 4,25$ ). Відносна похибка таких розрахунків досягає 11-24% (див. рис. 2).

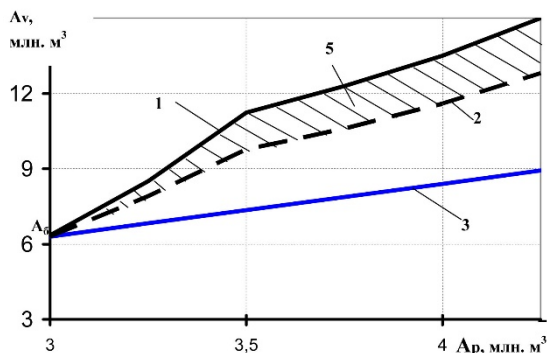
### Висновки.

У результаті наукових досліджень було вдосконалено методику визначення обсягів розкривних робіт, спрямовану на оптимізацію процесу видобутку корисних копалин в умовах змінної продуктивності кар'єру. Це забезпечує оптимальні умови для

видобутку корисних копалин. Дана методика може бути застосовна як під час розробки окремої ділянки робочої зони кар'єру, так і при одночасній розробці кількох ділянок.



**Рис. 2.** Визначення поточних коефіцієнтів розкриття при збільшенні продуктивності кар'єру з видобутку корисних копалин: 1 – за базовою методикою; 2 – за вдосконаленою методикою; 3 – при постійному коефіцієнті розкриття;



**Рис. 3.** Визначення обсягів розкривних робіт при збільшенні продуктивності кар'єру з видобутку корисних копалин: 1 – за базовою методикою; 2 – за вдосконаленою методикою; 3 – при постійному коефіцієнті розкриття; 4 – відставання розкривних робіт.

Збільшення продуктивності кар'єру за рахунок розробки робочої зони декількома ділянками, що характеризується неоднорідністю геологічних умов, потребує диференційованого підходу до визначення параметрів гірничих робіт. Швидкість просування робочих уступів у горизонтальному напрямку і ширина робочого майданчика кожної ділянки повинні встановлюватися з урахуванням його специфічних характеристик, в першу

чергу, коефіцієнта розкриття та необхідної продуктивності.

### Список літератури

1. Норми технологічного проектування гірничодобувних підприємств із відкритим способом розробки родовищ корисних копалин. Міністерство промислової політики України, м. Київ. 2007. – 279 с.

2. Ракишев Б.Р. Проектирование карьеров. Алматы: КазНТУ. 2013. – 298 с.

3. Determination of mining system parameters at a concentration of mining operations / S. Lutsenko et al. Series Of Geology And Technical Sciences. 2023. Vol. 1, no. 457. P. 130–140. URL: <https://doi.org/10.32014/2023.2518-170x.264> (date of access: 19.12.2024).

4. Dryzhenko A., Moldabayev S., Shustov A., Adamchuk A., Sarybayev N. Open pit mining technology of steeply dipping mineral occurrences by steeply inclined sublayers International Multidisciplinary Scientific Geo Conference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM, 2017; 17 (13): 599-606. DOI: 10.5593/sgem2017/13/S03.076

5. Moldabayev S.K., Adamchuk A.A., Toktarov A.A., Aben Ye., Shustov O.O. Approbation of the technology of efficient application of the excavator-automobile complexes in the deep open mines. Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu; 2020, 4 : 30-38.

<https://doi.org/10.33271/nvngu/2020-4/030/>

6. Nemova N.A., Tahanov D., Hussan B., Zhumabekova A. Technological solutions development for mining adjacent rock mass and pit reserves taking into account geomechanical assessment of the deposit. Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetutis 2020 ; (2): 17–23.

<https://doi.org/10.33271/nvngu/2020-2/017>

7. Ю.Г. Вилкул, С.А. Луценко, О.Ю. Близнюкова. О проблеме отставания вскрышных работ в железорудных карьерах. Металлургическая и горнорудная промышленность. Днепропетровск, 2013;3: 92-96.

8. С.А. Луценко. Методика определения объемов вскрышных работ при увеличении производительности карьера по руде. Вісник ЖДТУ. Житомир, 2017; 1 (79): 191-197.

### References

1. Normy tekhnolohichnoho proektuvannia hirnychodobuvnykh pidpriemstv iz vidkrytyim sposobom rozrobky rodovyshch korysnykh kopalyn. (2007). Ministerstvo promyslovoi polityky Ukrainy. Kyiv. [in Ukrainian]

2. Rakyshev, B.R. (2013). Quarry design. Almaty: KazNTU. [in Russian]
3. Lutsenko, S. (2023). Determination of mining system parameters at a concentration of mining operations. *Series Of Geology And Technical Sciences*, 1, 457, 130–140.
4. Dryzhenko, A., Moldabayev, S., Shustov, A., Adamchuk, A., Sarybayev, N. (2017). Open pit mining technology of steeply dipping mineral occurrences by steeply inclined sublayers. *International Multidisciplinary Scientific Geo Conference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM*, 17 (13): 599-606.
5. Moldabayev, S.K., Adamchuk, A.A., Toktarov, A.A., Aben, Ye., Shustov, O.O. (2020). Approbation of the technology of efficient application of the excavator-automobile complexes in the deep open mines. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*; 4 : 30-38.
6. Nemova, N.A., Tahanov, D., Hussan, B., Zhumabekova, A. (2020). Technological solutions development for mining adjacent rock mass and pit reserves taking into account geomechanical assessment of the deposit. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*; 2, 17–23.
7. Vylkul, Yu.H., Lutsenko, S.A., Blyzniukova, O.Iu. (2013). O probleme otstavaniya vskryshnykh rabot v zhelezorudnykh karerakh. *Metallurhicheskaia y hornorudnaia promishlennost. Dnepropetrovsk*; 3: 92-96. [in Russian]
8. Lutsenko, S.A. (2017). Methodology for determining the volume of stripping work while increasing the ore productivity of the quarry. *Visnyk ZhDTU*, 1 (79), 191-197. [in Russian]

**Луценко Сергій Олександрович** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри відкритих гірничих робіт, Криворізький національний університет, м. Кривий Ріг, Україна

E-mail: [lutsenkoserhi@knu.edu.ua](mailto:lutsenkoserhi@knu.edu.ua)

**Григор'єв Юліан Ігорович** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри відкритих гірничих робіт, Криворізький національний університет, м. Кривий Ріг, Україна

E-mail: [yulian.hryhoriev@knu.edu.ua](mailto:yulian.hryhoriev@knu.edu.ua)

**Монастирський Юрій Анатолійович** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри автомобільного транспорту, Криворізький національний університет, м. Кривий Ріг, Україна

[monastyrskiy@knu.edu.ua](mailto:monastyrskiy@knu.edu.ua)

**Плотніков Олександр Володимирович** – доктор геологічних наук, професор, професор кафедри геології та екології, Криворізький національний університет, м. Кривий Ріг, Україна

[magnetit@meta.ua](mailto:magnetit@meta.ua)

**Богомаз Ольга Петрівна** – PhD, доцент, доцент кафедри безпеки праці та охорони довкілля, ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», м. Запоріжжя, Україна

[olha.bohomaz@mipolytech.education](mailto:olha.bohomaz@mipolytech.education)

## ADAPTATION OF THE EXPLORATION PLAN TO THE DYNAMICS OF ORE MINING

**Purpose.** The purpose of this paper is to improve the methodology for determining the backlog of stripping operations during dynamic changes in the volume of mineral extraction, including scenarios with partial or full involvement of new areas.

**Methods.** Effective stripping planning requires careful analysis of the relationship between the width of the working area, the length of the active front, and the volume of reserves ready for extraction. The optimal combination of these parameters ensures the required productivity and reduces the risk of stripping backlog.

**Findings.** Mathematical models have been developed that allow calculating the actual values of the overburden ratios when increasing the size of the working areas in the open-pit, as well as determining the amount of backlog of overburden works. It has been established that increasing the productivity of the open-pit by developing the working area in several sections, which is characterized by the heterogeneity of geological conditions, requires a differentiated approach to determining the parameters of mining operations. The speed of advancement of the working ledges in the horizontal direction and the width of the working area of each section should be set taking into account their specific characteristics, primarily the overburden ratios and the required productivity for minerals.

**Originality.** The methodology for determining the volume of stripping operations with variable open-pit productivity has been improved, which takes into account the heterogeneity of geological conditions and provides optimal mining parameters for several sections of the working zone.

**Practical implication.** The developed models and methods allow to increase the efficiency of mineral extraction, minimize the costs of stripping operations and ensure the stability of the technological process in conditions of dynamic open-pit mining development.

*Keywords: adaptation, mining schedule, working area width, open-pit productivity, open-pit working area.*

**Lutsenko Serhii** – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Open-Pit Mining, Kryvyi Rih National University, Kryvyi Rih, Ukraine

E-mail: [lutsenkoserhii@knu.edu.ua](mailto:lutsenkoserhii@knu.edu.ua)

**Hryhoriev Yulian** – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Open-Pit Mining, Kryvyi Rih National University, Kryvyi Rih, Ukraine

E-mail: [yulian.hryhoriev@knu.edu.ua](mailto:yulian.hryhoriev@knu.edu.ua)

**Monastyrskiy Yurii** - Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Road Transport, Kryvyi Rih National University, Kryvyi Rih, Ukraine

E-mail: [monastyrskiy@knu.edu.ua](mailto:monastyrskiy@knu.edu.ua)

**Plotnikov Oleksandr** – Doctor of Geological Sciences, Professor, Professor of the Department of Geology and Ecology, Kryvyi Rih National University, Kryvyi Rih, Ukraine

E-mail: [magnetit@meta.ua](mailto:magnetit@meta.ua)

**Bohomaz Olha** – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Labor Safety and Environmental Protection, Technical University “Metinvest Polytechnic” LLC, Zaporizhzhia, Ukraine

E-mail: [olha.bohomaz@mipolytech.education](mailto:olha.bohomaz@mipolytech.education)