

УДК 658: 622.272

М.І. Ступнік, д-р. техн. наук, доц.,  
 О.В. Калініченко, канд. екон. наук,  
 В.О. Калініченко, д-р. техн. наук, проф.

Державний вищий навчальний заклад „Криворізький  
 національний університет“, м. Кривий Ріг, Україна,  
 e-mail: kpv\_p@hotmail.com

## ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ САМОХІДНОЇ ТЕХНІКИ НА ШАХТАХ КРИВБАСУ

M.I. Stupnik, Dr. Sci. (Tech.), Associate Professor,  
 O.V. Kalinichenko, Cand. Sci. (Econ.),  
 V.O. Kalinichenko, Dr. Sci. (Tech.), Professor

State Higher Educational Institution “Krivoy Rog National  
 University”, Krivoy Rog, Ukraine, e-mail: kpv\_p@hotmail.com

## TECHNICAL AND ECONOMIC STUDY OF SELF-PROPELLED MACHINERY APPLICATION EXPEDIENCY IN MINES OF KRIVOROZHNSKY BASSIN

**Мета.** Метою роботи є техніко-економічне обґрунтування доцільності застосування самохідної техніки на шахтах Кривбасу за рахунок впровадження нових технологій розкриття та підготовки родовищ, нарізки очисних блоків.

**Методика.** Для техніко-економічного обґрунтування доцільності застосування самохідної техніки на підземних рудниках басейну використовувались загальнонаукові та спеціальні методи дослідження: метод критичного аналізу й узагальнення теоретичних досліджень; лабораторні дослідження; метод системного підходу; метод економіко-математичного моделювання. Забезпечення оперативності й точності розрахунків здійснювалось в програмі Excel 7.0 операційної системи Windows XP Professional.

**Результати.** Доведено, що проблему впровадження самохідної бурової та навантажувально-доставочної техніки на шахтах Криворізького басейну доцільно вирішувати комплексно. Для цього необхідно й економічно доцільно застосувати нові технології: розкриття родовища, підготовки горизонтів та нарізки блоків.

**Наукова новизна.** Встановлено нові залежності собівартості видобутку руди від гірничо-геологічних та технологічних умов відпрацювання залізних руд підземним способом. Встановлено кореляційні залежності при порівнянні продуктивності застосованих та запропонованих технологій доставки відбитої руди в підземних умовах.

**Практична значимість.** Запропонована технологічна схема комплексної реконструкції шахт Криворізького басейну. При розкритті родовищ на глибоких горизонтах запропоновано застосовувати схему розкриття концентраційними горизонтами, за рахунок чого практично в 2 рази зменшуються загальношахтні витрати на гірничокапітальні роботи, термін уведення в експлуатацію робочих горизонтів. При підготовці горизонтів і нарізних роботах у блоках запропоновано технології, що дозволяють зменшити обсяг підготовчо-нарізних робіт на 50%. При очисних роботах запропоновано технології, що дозволяють у 1,5–2,5 рази підвищити інтенсивність процесів розбурювання масиву та доставки відбитої руди з очисних блоків. Запропоновані заходи дозволяють знизити собівартість видобутку руди по системі розробки та по шахті в цілому, що дозволить ефективно застосувати дорогу самохідну техніку на шахтах Кривбасу.

**Ключові слова:** самохідна техніка, шахта, відбійка, доставка, економічна доцільність

**Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями.** Підземні гірничі роботи при відпрацюванні залізних руд Криворізького басейну на теперішній час здійснюються на глибині 1200–1400 м (перша ступінь розкриття). Встановлено, що зі збільшенням глибини розробки значно змінюються та погіршуються геомеханічні властивості рудного покладу, що призводить до збільшення питомих витрат на видобуток залізної руди, зменшення річної продуктивності гірничих підприємств.

Традиційні схеми розкриття та підготовки родовищ проектувалися декілька десятиліть тому і на теперішній час не є передовими. При впровадженні на шахтах Кривбасу самохідної техніки вони потребують значного удосконалення.

**Аналіз досліджень і публікацій.** На сьогоднішній день у світі немає аналогів відпрацювання залізних руд підземним способом на глибинах понад 1500 м. Існуючі технології відпрацювання корисних копалин на глибоких горизонтах характеризуються іншими технологіями очисних робіт і, як наслідок, – іншими закономірностями розвитку гірничого тиску.

Таким чином, підземному Кривбасу необхідно вирішити проблему, що складається з двох основних задач: впровадження самохідної техніки на шахтах Кривбасу та обґрунтування параметрів передових технологій розкриття та підготовки родовищ, нарізки очисних блоків на глибоких горизонтах в умовах високого гірського тиску.

**Постановка завдання.** Метою роботи є техніко-економічне обґрунтування доцільності застосування самохідної техніки на шахтах Кривбасу за рахунок

впровадження нових технологій розкриття та підготовки родовищ, нарізки очисних блоків.

**Викладення матеріалу та результати.** На сьогоднішній день на шахтах Криворізького залізрудного басейну всі родовища розкриті вертикальними стволами, пройденими в лежачому боці покладу. Через кожні 80–90 м у стволах пройдені приствольні двори з квершлагами в бік рудних покладів. Підготовка поверхів здійснюється ортовою тупиковою або ортовою кільцевою схемою. В якості систем розробки застосовують поверхово-камерні та підповерхово-камерні системи розробки (близько 50%), а також системи підповерхового обвалення руди та вмшуючих порід. Доставка руди здійснюється: на підповерхах та при відпрацьованні залізних руд середньої та нижче середньої міцності – скреперними лебідками, при поверхово-камерних системах розробки – віброживильниками. Собівартість обох способів доставки практично рівна.

Для техніко-економічного обґрунтування доцільності застосування самохідної техніки на шахтах Кривбасу необхідно виконати відповідні розрахунки.

Нижче наведені розрахунки скреперної доставки для усереднених умов: довжина панелі – 25 м, відстань між приймальними виробками – 10 м, середня довжина скреперування – 12 м. Руда – залізна, дрібнокускова, об'ємною вагою 3,7 т./м<sup>3</sup> [1].

Для доставки прийнята лебідка типу 30ЛС-2СМ і скрепер гребковий місткістю 0,4 м<sup>3</sup>.

Об'ємна вага руди в розпушеному стані, т./м<sup>3</sup>

$$\gamma_p = \frac{3,7}{1,5} = 2,47.$$

Технічна продуктивність скреперної установки складе, м<sup>3</sup>/год

$$P_m = \frac{3600 \cdot V_c \cdot K_n}{\frac{l_{cep}}{v_\theta} + \frac{l_{cep}}{v_x} + t_1},$$

де  $V_c$  – місткість скрепера, м<sup>3</sup>;  $K_n$  – коефіцієнт заповнення скрепера рудою;  $l_{cep}$  – середня довжина скреперування, м;  $l_1, l_2$  – відповідно, мінімальна та максимальна довжина скреперування, що визначається конструкцією й параметрами прийомного горизонту, м;  $v_\theta, v_x$  – відповідно, швидкість руху скрепера при вантажному й холостому ходах, м/с;  $t_1$  – час на переключення ходів та завантаження скрепера, с.

$$P_m = \frac{3600 \cdot 0,4 \cdot 0,95}{\frac{12,0}{1,3} + \frac{12,0}{1,77} + 20} = 38.$$

Норма виробки на доставку руди становитиме, м<sup>3</sup>/зм

$$H_{zm} = \frac{380 \cdot 38}{1,15 \cdot 3 \cdot 38 + 63} = 74,4.$$

Продуктивність праці скрепериста з урахуванням 10% перевиконання змінної норми складе, т./зм

$$P_{zm} = 74,4 \cdot 1,1 \cdot 2,47 = 202.$$

Тоді продуктивність скреперної лебідки за весь термін її існування складе, т.

$$P = P_{zm} \cdot n_{zm} \cdot n_{pd} \cdot n_p = 202 \cdot 3 \cdot 256 \cdot 2 = 310272.$$

Для порівняння виконаємо розрахунок доставки відбитої руди ковшовою навантажувально-доставочною машиною (НДМ) TORO-400E, з ковшем місткістю 4,3 м<sup>3</sup>. Об'ємна вага руди в розпушеному стані  $\gamma_p = 2,4$  т./м<sup>3</sup>, швидкість руху завантаженої машини  $v_\theta = 12$  км/год, порожньої – 18 км/год.

Технічна продуктивність TORO-400E в режимі навантажувача складе, т./год

$$P_m = \frac{60 \cdot q_k \cdot n_u \cdot K_n \cdot K_m \cdot K_h}{K_p},$$

де  $q_k$  – місткість ковша, м<sup>3</sup>;  $n_u$  – кількість циклів черпання за хвилину;  $K_n$  – коефіцієнт заповнення ковша;  $K_m$  – коефіцієнт зменшення продуктивності за рахунок видалення негабаритних кусків;  $K_h$  – коефіцієнт зменшення продуктивності в залежності від висоти навалу;  $K_p$  – коефіцієнт розпушення руди.

$$P_m = \frac{60 \cdot 4,3 \cdot 0,9 \cdot 2,4}{2,5} = 222,9.$$

Змінна експлуатаційна продуктивність цієї машини становитиме, т./зм

$$P_e = 222,9 \cdot 7 \cdot 0,6 = 936.$$

Тоді продуктивність навантажувально-доставочної машини за весь термін її існування складе, т.

$$P = P_e \cdot n_{zm} \cdot n_{pd} \cdot n_p = 936 \cdot 3 \cdot 256 \cdot 5 = 3594240.$$

Загальні експлуатаційні затрати на самохідну техніку, згідно з [2], можна визначити з виразу, грн

$$C_e = C_{ам} + C_{п.м.м.} + C_{рем} + C_{ш} + C_{з.п.},$$

де  $C_{ам}$  – річна сума амортизаційних відрахувань, грн;  $C_{п.м.м.}$  – затрати на паливно-мастильні матеріали, грн;  $C_{рем}$  – затрати на ремонт і обслуговування устаткування, грн;  $C_{ш}$  – вартість повного комплексу шин, грн;  $C_{з.п.}$  – затрати на заробітну плату, грн.

При експлуатації самохідних НДМ з дизельним двигуном слід враховувати, що для цього типу устаткування встановлено наступні види обслуговування:

- щоденне технічне обслуговування (ЩТО);
- планове технічне обслуговування №1 (ТО-1)

через 50 год роботи двигуна, що включає операції ЩТО, а також ревізію двигуна та всіх його систем, трансмісії, електрообладнання, змащення й інші операції згідно з інструкцією фірми-виробника;

- технічне обслуговування №2 (ТО-2) через 250 год роботи двигуна (включає всі операції ТО-1 та додатково заміну фільтрів тонкого та грубого очищення, каталітичних елементів у нейтралізаторі тощо).

Ремонт самохідного устаткування здійснюється згідно з планово-попереджувальними ремонтами та,

як правило, виконується найбільш прогресивним агрегатно-вузловим методом, при якому агрегати та вузли, що вийшли з ладу, замінюють новими або заздалегідь відремонтованими. Перший, другий та третій поточні ремонти здійснюються, відповідно, через 500, 1000 і 2000 машино-годин роботи двигуна.

Капітальний ремонт самохідного устаткування виконують через декілька поточних ремонтів або, приблизно, через 2500 машино-годин роботи машини.

При організації провітрювання виробок, де працюють самохідні НДМ з дизельним приводом, необхідно враховувати, окрім обсягів повітря для забезпечення гранично-допустимих концентрацій (ГДК) шкідливих компонентів відпрацьованих продуктів роботи двигунів, додатково витрати повітря на роботу двигунів, що знаходяться в межах 4,4–6,4 м<sup>3</sup>/хв на 1 кВт встановленої потужності двигуна машини.

Таким чином, якщо продуктивність навантажувально-доставочної машини за весь термін її існування перевищує аналогічний показник скреперної доставки в 10–12 разів, то вартість самохідної техніки, з урахуванням експлуатаційних затрат на самохідну техніку, перевищують аналогічний показник скреперної доставки в 100–120 разів.

Унаслідок цього, собівартість доставки відбитої руди самохідною технікою буде, приблизно, в 10 разів вища, ніж собівартість скреперної доставки.

Отже, механічна заміна скреперної доставки самохідними навантажувально-доставочними машинами без заміни існуючих технологічних схем підготовки й нарізки блоків призведе до автоматичного подорожчання собівартості видобутку 1 т. руди.

Аналогічна картина вимальовується й при механічній заміні застарілого бурового обладнання самохідними буровими верстатами без заміни існуючих технологій і технологічних схем розбурювання масиву.

Нами розробляється технологічна схема комплексної реконструкції шахт Криворізького басейну.

При розкритті родовищ на глибоких горизонтах нами запропоновано застосовувати схему розкриття концентраційними горизонтами, за рахунок чого, практично у 2 рази, зменшуються загальношахтні витрати на гірничокапітальні роботи, термін введення в експлуатацію робочих горизонтів.

При підготовці горизонтів і нарізних роботах у блоках запропоновані технології, що дозволяють зменшити обсяг підготовчо-нарізних робіт на 50%.

При очисних роботах запропоновані технології, що дозволяють у 1,5–2,5 рази підвищити інтенсивність процесів розбурювання масиву та доставки відбитої руди із очисних блоків.

Запропоновані заходи дозволяють знизити собівартість видобутку руди по системі розробки та по шахті в цілому, що дозволить ефективно застосувати дорогу самохідну техніку на шахтах Кривбасу.

**Висновки.** Таким чином, застосування самохідної техніки на шахтах Кривбасу можливе та економічне доцільно лише за умов впровадження комплексних заходів, що включають у себе розробку нових

технологій розкриття та підготовки родовищ, нарізки очисних блоків.

### Список літератури / References

1. Кулешов А.А. Самоходный транспорт для подземных горных работ / Кулешов А.А., Фокин В.А. – СПб.: Санкт-Петербургский гос. горный ин-т, 1999. – 102 с.

Kuleshov, A.A. and Fokin, V.A. (1999), *Samokhodny transport dlya podzemnykh gornyykh robot* [Self-Propelled Transport for Underground Mining], St. Petersburg State Mining Institute, St. Petersburg, Russia.

2. Мартинов В.К. Розрахунки основних виробничих операцій, процесів та систем розробки рудних родовищ / В.К. Мартинов, М.Б. Федько. – Кривий Ріг: Мінерал, 2008. – 436 с.

Martunov, V.K. and Fedko, M.B. (2008), *Rozrakhunky osnovnykh vyrobnychykh operatsii, protsesiv ta system rozrobky rudnykh rodovysch* [Calculation of Basic Productive Operations, Processes and Systems of Development of Ore Deposits], Mineral, Kryviy Rih, Ukraine.

**Цель.** Целью работы является технико-экономическое обоснование целесообразности применения самоходной техники на шахтах Кривбасса за счет внедрения новых технологий вскрытия и подготовки месторождений и нарезки очистных блоков.

**Методика.** Для технико-экономического обоснования целесообразности применения самоходной техники на подземных рудниках бассейна использовались общенаучные и специальные методы исследования: метод критического анализа и обобщения теоретических исследований; лабораторные исследования, метод системного подхода, метод экономико-математического моделирования. Обеспечение оперативности и точности расчетов осуществлялось на в программе Excel 7.0 операционной системы Windows XP Professional.

**Результаты.** Доказано, что проблему внедрения самоходной буровой и погрузочно-доставочной техники на шахтах Криворожского бассейна целесообразно решать комплексно. Для этого необходимо и экономически целесообразно применить новые технологии: вскрытия месторождения, подготовки горизонтов и нарезки блоков.

**Научная новизна.** Установлены новые зависимости себестоимости добычи руды от горно-геологических и технологических условий отработки железных руд подземным способом. Установлены корреляционные зависимости при сравнении производительности применяемых и предлагаемых технологий доставки отбитой руды в подземных условиях.

**Практическая значимость.** Предложена технологическая схема комплексной реконструкции шахт Криворожского бассейна.

При вскрытии месторождений на глубоких горизонтах предложено применять схему вскрытия концентрационными горизонтами, за счет чего практически в 2 раза уменьшаются общешахтные расходы

на горнокапитальные работы, срок ввода в эксплуатацию рабочих горизонтов.

При подготовке горизонтов и нарезных работах в блоках предложены технологии, которые позволяют уменьшить объем подготовительно-нарезных работ на 50%.

При очистных работах предложены технологии, которые позволяют в 1,5–2,5 раза повысить интенсивность процессов бурения и доставки отбитой руды из очистных блоков.

Предложенные меры позволяют снизить себестоимость добычи руды по системе разработки и по шахте в целом, что позволит эффективно использовать дорогую самоходную технику на шахтах Кривбасса.

**Ключевые слова:** самоходная техника, шахта, отбойки, доставка, экономическая целесообразность

**Purpose.** To present technical and economic substantiation of self-propelled machinery application expediency in mines of Krivorozhsky basin through the introduction of new technologies for stoped excavation opening and room cutting.

**Methodology.** For the technical and economic substantiation of self-propelled machinery application expediency in underground mines in the basin the following general scientific and special methods of investigation have been used: a method of critical analysis and synthesis of theoretical studies, laboratory studies, a method of systematic approach, a method of economic and mathematical modeling. The software Excel 7.0 for OS Windows XP Professional was used for controlling of timeliness and accuracy of the calculations.

**Findings.** The problem of introduction of self-propelled drilling, and loading and haul equipment in the

mines of Krivoy Rog basin should be solved in complex. For this purpose it is necessary and economically reasonable to apply the new technologies for development mining, preparation of horizons and block cutting.

**Originality.** New correlations between costs and geological and technological conditions of iron ore mining by underground methods were set. And performance correlations when comparing the proposed and existing technologies of broken ore transportation in underground conditions.

**Practical value.** The flow sheet of complex reconstruction of the mines of Krivoy Rog basin has been developed.

For opening the ore fields in the deep horizons we propose to apply the scheme of opening horizons of concentration resulting almost 2-fold decrease of costs spent on mine capital work and the time commissioning work horizons.

We offer the technology of preparing the horizon and first workings able to reduce the amount of preparing operations by 50%.

We offer technologies resulting 1.5–2.5 times increase of the intensity of drilling and transportation of broken ore from rooms.

The proposed measures can reduce the cost of mining in the mine in whole, and allow efficient use of expensive self-propelled machinery in mines of Krivoy Rog basin.

**Keywords:** *self-propelled machinery, mine, ore breaking, transportation, economic feasibility*

*Рекомендовано до публікації докт. техн. наук Б.М. Андреевим. Дата надходження рукопису 06.03.12.*