

Findings. Based on the obtained dependencies, it is necessary to introduce temperature compensation into the calibration of the devices for on-line quality control of ferruginous quartzites and to provide a stable tension on the inductance

Originality is a systematic approach to solving the formulated problem, determining factors that affect the operational quality control of ferruginous quartzites in iron-ore quarries.

Practical implications. Increasing the accuracy of the content of the useful component in the operational control of the quality of ferruginous quartzites will increase the efficiency of the quality management system of the ore-bearing ore of the mining and processing plant.

Keywords: *The operative control of the quality of ferruginous quartzites, the content of the useful component, the frequency and intensity of the magnetic field, the moisture content and the granulometric composition of iron ore*

УДК 622.271

© О.О. Анісімов, І.В. Леонтьук, О.М. Воробйова

ВИЗНАЧЕННЯ ШВИДКОСТІ ПОНИЖЕННЯ РОБОЧИХ ПЛОЩАДОК КРУТИХ ШАРІВ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ В УМОВАХ ПОЛТАВСЬКОГО ГЗК

© O. Anisimov, I. Leontyuk, O. Vorobiova

DETERMINATION OF SPEED REDUCTION OF WORKING AREAS OF STEEP LAYERS IN DEPENDENCE FROM TECHNOLOGICAL SCHEMES IN THE CONDITIONS OF POLTAVA GOK

Проаналізовані технологічні схеми формування крутих шарів в умовах кар'єру Полтавського гірничо-збагачувального комбінату та визначена залежність швидкості пониження робочих уступів в крутому шарі від ширини і довжини робочої площадки уступу. Отримано середнє значення швидкості пониження крутого шару при відпрацюванні екскаватором EX 3600-5.

Проанализированы технологические схемы формирования крутых слоев в условиях карьера Полтавского горно-обогатительного комбината и определена зависимость скорости понижения рабочих уступов в крутом слое от ширины и длины рабочей площадки уступа. Получено среднее значение скорости понижения крутого слоя при отработке экскаватором EX 3600-5.

Вступ. Стійкість бортів глибоких кар'єрів при максимально можливих їхніх кутах укусу забезпечується технічними і технологічними способами. Збільшення крутості неробочих бортів до граничного стійкого стану залежно від часу їхнього стояння технічно здійснюється шляхом здвоювання і зтроювання

уступів, зменшення ширини транспортних берм при використанні автосамоскидів, спеціального зміцнення укосів бортів, їх завідкоски [1]. Технологічно збільшення кутів укосів як неробочих, так і робочих бортів досягається при поетапній розробці родовищ, відпрацюванні їх високими уступами, крутими шарами, діагональними і поперечними заходками, з концентрацією гірничих робіт на одному з бортів або на частини уступів [2, 3].

В умовах Полтавського ГЗК (ПГЗК) до розробки залучаються запаси Горішне-Плавнинського родовища до глибини 700 м (позначка дна мінус 635 м) на південній ділянці та до глибини 500 м (позначка дна мінус 435 м) на центральній ділянці. Відробка Лавриковського родовища (північна ділянка) передбачається відкритим способом до глибини 240 м (позначка дна мінус 174 м) і далі підземним способом до глибини 400 м. Плановий термін експлуатації кар'єру з урахуванням затухання гірничих робіт складе 40 років [4].

Відповідно до прийнятого гірничого обладнання, а також з урахуванням фізико-механічних властивостей порід, що розробляються, та досвіду експлуатації діючого кар'єру, подальша розробка передбачається уступами висотою 10÷15 м. Круті шари в умовах кар'єру ПГЗК формують у вигляді панелей довжиною 600-1200м при залізничному транспорті й 300-400м при автомобільному, які розміщують уздовж сформованих бортів кар'єру.

Постановка проблеми. Аналіз сучасного стану і перспектив розвитку відкритого видобутку залізних руд на кар'єрі Полтавського ГЗКа показує, що на цей час в кар'єрі, в робочій зоні використовують тимчасово неробочі і законсервовані ділянки бортів, які представлені скельними породами розкриву і мають кут укосу близький до проектного. Продовження експлуатації кар'єру пов'язано не тільки з поглибленням, але й з необхідністю розносу тимчасово неробочих бортів по породах розкриву, удосконаленню гірничо-транспортних схем і режиму виймання порід розкриву. У цьому зв'язку здійснено огляд наукових досліджень і проектних рішень, присвячених технологіям керування режимом гірничих робіт, методам оптимізації параметрів системи розробки при поглибленні залізородних кар'єрів і систем їхньої розробки, які дозволяють зробити наступні висновки [5, 6]:

1. Гірська маса діючого залізородного кар'єру ПГЗК на 80-100 % представлена міцними скельними різновидами. Зі збільшенням глибини розробки питома вага скельних порід у загальному обсязі гірської маси, що видобувається, приймає усе більше значення, збільшується відстань її переміщення. Розконсервація тимчасово неробочих уступів у глибинній зоні кар'єрів вимагає відповідного розносу верхніх уступів. Проектна продуктивність кар'єру з глибиною підтримується, в основному, шляхом надання робочим бортам все більшого кута укосу, що досягається шляхом консервації ряду уступів, як по периметру, так і по глибині.

2. Продуктивність кар'єру ПГЗК по корисній копалині та породам розкриву можливо ефективно регулювати застосуванням поетапного відпрацювання

кар'єрного поля, змінюючи напрямок та інтенсивність розвитку робочої зони в плані і профілі, збільшуючи величину кута укосу робочих бортів кар'єру.

3. Для поліпшення режиму гірничих робіт в кар'єрі застосовується поетапна розробка родовища. Для цього використовується методика постановки розкривних уступів у тимчасово неробоче положення. У той же час зі збільшенням глибини розробки виникає необхідність у подальшому переміщенні таких бортів до постановки в граничне положення для чого застосовують круті шари.

Мета роботи обґрунтування ефективних технологічних схем і їх параметрів при формуванні борту кар'єру крутими шарами, які дозволять зменшити об'єми виймання порід розкриття та визначити швидкість пониження уступів, що відпрацьовують у крутому шарі.

Виклад основного матеріалу. Кар'єр Полтавського ГЗКа розробляє запаси Горишне-Плавинського та Лавриковського родовищ залізистих кварцитів. Гірничі роботи у кар'єрі проводяться на 29 горизонтах (найглибший розкритий горизонт мінус 320 м). Довжина кар'єру по верху складає 6,0 км, ширина у південній частині 2 км, у північній – 1,1 км. Глибина кар'єру у південній частині – 370 м, у північній – 150 м.

Виймально-навантажувальні роботи у вибоях, на перевантажувальних майданчиках та на відвалах проводяться екскаваторами: ЕХ 5500-5, ЕХ 3600-5, РС-4000, РС-3000, ЕКГ-10, ЕКГ-8 І. Гірська маса з вибоїв доставляється автомобілями ЕН3500АСІІ (180т), САТ 785С (136т), БелАЗ-7513 (130т), БелАЗ-121 (75145) і HD 1200-1 (120т), а також HD 785-5 і САТ 777D (90т) до перевантажувальних площадок й автомобільних відвалів.

Основні параметри що впливають на швидкість пониження уступів при відпрацюванні крутих шарів це продуктивність виймально-навантажувального обладнання, ширина площадки і довжина робочої панелі.

Визначення швидкості пониження крутого шару здійснюється по відомій формулі:

$$v_e = \frac{n_3^B \cdot Q_3^B}{L_{ei} \cdot Ш_{pn}}, \quad \text{м/рік}, \quad (3)$$

де L_{ei} – середня довжина фронту гірничих робіт на i -ом розкривному уступі, м

$Ш_{pn}$ – ширина робочої площадки / ширина крутого шару, м.

Мінімальна ширина робочої площадки по скельних породах при однобічному навантаженні в засоби транспорту (рис. 1, а) визначиться [4]:

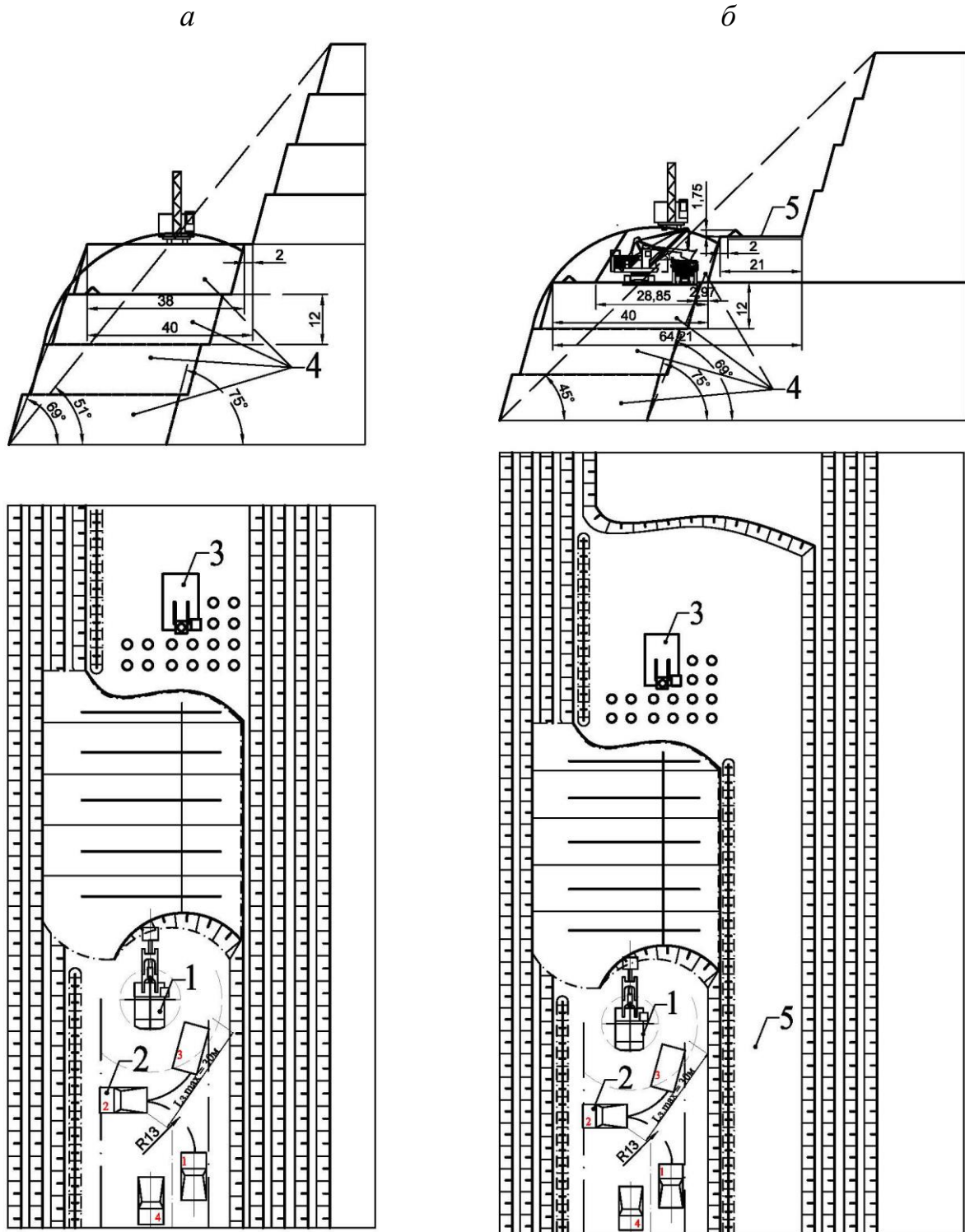


Рис. 1. Схема вибою роботи гірничого обладнання при відпрацюванні крутих шарів з мінімальною шириною площадки (а) і з використанням додаткової транспортної площадки (б): 1 – екскаватор; 2 – автосамоскид; 3 – буровий верстат; 4 – уступи крутого шару; 5 – транспортна площадка, що розміщується вище основного робочого горизонту і слугує для переміщення допоміжного транспорту до буропідривного блоку

$$Шр.n = Z + b_b + C_1 + T + g = 35 \dots 36 \text{ м}, \quad (1)$$

де Z – ширина призми обвалення робочого уступу, м, $Z = 0,15 h = 2,25 \approx 2,3$ м (уточнюється маркшейдером); b_a – ширина ґрунтового валу, $b_a = 5,0$ м; C_1 – відстань від підшови захисного вала до краю площадки для маневрів автосамоскиду при подачі під навантаження, $C_1 = 1,0$ м; T – ширина площадки для маневрів автосамоскидів при подачі під навантаження, м. Для автосамоскиду САТ-789С $T = 27$ м; g – відстань між краєм площадки для маневрів автосамоскидів при подачі під навантаження і нижнею брівкою уступу, $g = 1,0$ м.

Ширина крутого шару з урахуванням транспортної полоси, що розміщується вище основного робочого горизонту і слугує для переміщення допоміжного транспорту до буропідривного блоку (рис. 1, б) визначається за формулою

$$Шрк = Шрn + h \cdot ctg \alpha + Z + b_b + 2 \cdot C_1 + П + k = 64 \dots 65 \text{ м}, \quad (2)$$

де $П$ – транспортна смуга при односторонньому русі і ширині автосамоскиду 2,6 м згідно СНиП 2.05.07.91 приймається не менш $П = 6,0$ м; k – ширина водовідвідної каналу уздовж уступу, $k = 3,5$ м.

Для визначення швидкості пониження гірничих робіт у крутому шарі необхідно визначити продуктивність екскаватору. Для досліджень був обраний існуючий на ПГЗК екскаватор ЕХ 3600-5 з ємністю ковша 23 м^3 . Час роботи екскаватору у зміну складає 12 годин. При цьому продуктивність цього екскаватору з урахуванням поправочного коефіцієнту підчищення вибою бульдозером, (0,97); поправочного коефіцієнту зачищення покрівлі корисної копалини (0,9); поправочного коефіцієнту селективної виїмки корисної копалини і наявності негабаритів (10%) – 0,95 склала $17557 \text{ м}^3/\text{зміну}$ при навантаженні у автосамоскиди вантажністю 136 т.

Річна продуктивність екскаватора буде визначатися за формулою

$$Q_{\text{год}} = Q_3 \cdot n_{\text{см}} \cdot N_{\text{дн}} \cdot K_{\text{и}} = 9164754 \text{ м}^3/\text{рік}, \quad (4)$$

де Q_3 – змінна продуктивність екскаватора, м^3 ; $n_{\text{см}}$ – кількість змін у добу, 3; $N_{\text{дн}}$ – кількість робочих днів у році, 290; $K_{\text{и}}$ – коефіцієнт використання екскаватора, 0,75.

Продуктивність дає змогу визначити швидкість пониження у крутому шарі за формулою 3.

Було розглянуто розробку крутих шарів з шириною площадки від 40 до 70 м і отримані данні обсягів виїмання гірських порід. Об'єми виїмання порід на горизонтах що складають від 1 до 6 з висотою уступів 12 м показані на рис. 2.



Рис. 2. Об'єми порід при відпрацюванні крутих шарів з висотою уступу 12 м: n – кількість уступів (горизонтів), що формують у крутому шарі

Об'єми порід що виймають у крутому шарі залежать від основних параметрів робочих площадок, таких як, довжина фронту, ширина робочої площадки, висота уступу і їх кількості при формуванні крутого шару. Визначені об'єми при вийманні крутих шарів з різною шириною площадки. При вийманні порід на уступах з висотою 12 м, довжиною 600 м і шириною площадки від 40 до 70 м об'єми складають від 288 до 504 тис м³.

Для визначення формули швидкості пониження уступів яка б враховувала ширину робочої площадки, довжину панелі і кількість уступів в крутому шарі необхідно зробити регресійний аналіз, який був здійснений у програмі Microsoft Excel.

Рівняння для прямої лінії з наявністю декількох діапазонів значень x має такий вигляд:

$$y = m_1x_1 + m_2x_2 + \dots + b,$$

де y - залежне значення; x - функція незалежного значення; m – коефіцієнти, що відповідають кожній незалежній змінній x ; b – постійна.

Відповідно для різної кількості уступів було розрахована швидкість пониження крутого шару з урахуванням застосування у якості виймально-навантажувального обладнання екскаватора EX 3600-5 (рис. 3).

Швидкість зниження гірничих робіт у крутому шарі

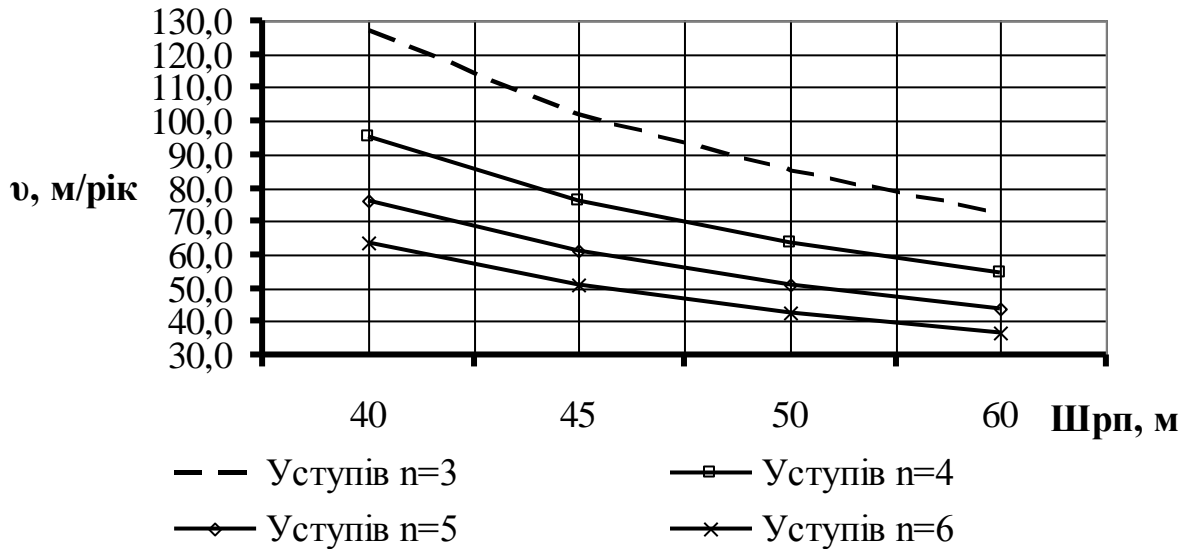


Рис. 3. Швидкість пониження гірничих робіт у крутому шарі при різних значеннях ширини робочої площадки (40-60 м)

У результаті регресійного аналізу швидкості пониження уступів у крутому шарі були отримані дані табл. 1, 2 й аналітична залежність швидкості пониження гірничих робіт у крутому шарі від кількості уступів у крутому шарі, довжини виймального блоку і ширини робочої площадки.

Регресійна статистика для визначення швидкості пониження гірничих робіт у крутому шарі показує значний показник відповідності отриманих даних R-квадрат дорівнює 0,92. Що дозволило з регресійного аналізу отримати залежність визначення швидкості пониження гірничих робіт у крутому шарі, яка визначається для екскаваторів EX 3600-5 в умовах ПГЗК за наступною формулою

$$v = 220,75 - 12,4971 \cdot n - 0,06888 \cdot L - 1,00829 \cdot Шрп \text{ м/рік}, \quad (5)$$

де n – кількість уступів у крутому шарі (3-6), од.;

L – довжина блоку крутого шару, м (від 600 до 1000);

Шрп – ширина робочої площадки, (40-70) м.

Середня швидкість пониження крутого шару, що має параметри довжини – 800 м, ширини робочої площадки – 55 м і відпрацьовується екскаватором EX 3600-5 складає – 53,95 м/рік.

При розгляданні двох схем відпрацювання робочих площадок (рис. 1) в умовах Полтавського ГЗК для технологічної схеми рис. 1 (а) окрім основного

обсягу виймання додаткові витрати підуть на створення капітальних або тимчасових з'їздів, що дають можливість дістатися до буропідривного блоку.

Таблиця 1

Регресійна статистика для визначення швидкості пониження гірничих робіт у крутому шарі

<i>Регресійна статистика</i>	
Множинний R	0,959418
R-квадрат	0,920483
Нормований R-квадрат	0,915061
Стандартна помилка	6,503482
Спостереження	48

Таблиця 2

Коефіцієнти для визначення швидкості пониження гірничих робіт у крутому шарі

	<i>Коефіцієнти</i>	<i>Стандартна помилка</i>	<i>t-статистика (тест Стьюдента)</i>	<i>P-Значення</i>	<i>Нижні 95%</i>	<i>Верхні 95%</i>
Y-перетинання	220,75	7,5912	29,0794	2,3E-30	205,45	236,04
Змінна X 1	-12,4971	0,8395	-14,8846	8,71E-19	-14,18	-10,80
Змінна X 2	-0,06888	0,0057	-11,9819	1,9E-15	-0,08	-0,057
Змінна X 3	-1,00829	0,0839	-12,0092	1,76E-15	-1,17	-0,839

P-значення – двохстороннє відношення оцінки до стандартної похибки 95%– довірливий інтервал верхнього та нижнього діапазону

Висновки. Встановлена залежність між швидкістю пониження крутого шару і шириною робочої площадки, довжиною виймальної панелі крутого шару і кількістю уступів в крутому шарі при відпрацюванні екскаватором з ємністю ковша 23 м³. Впровадження результатів роботи в умовах кар'єру Полтавського ГЗК дозволить зменшити собівартість виймання порід розкриття за рахунок виймання крутими шарами. В умовах кар'єру ПГЗК при формуванні 4 уступів по 12 м згідно рис. 3 можливість пониження гірничих робіт у крутому шарі при ширині робочої площадки 40 м становить 95 м/рік, а при ширині робочої площадки 65 м – 55м/рік. Отримані середні показники швидкості пониження крутого шару, що відпрацьовується екскаватором EX 3600-5 складає – 53,95 м/рік.

Перелік посилань

1. Symonenko, V. Cherniaiev, O., Hrytsenko, L., (2016). Organization of non-metallic deposits development by steep excavation layers. *Mining of Mineral Deposits*, 10 (4), 68-73.
2. Анисимов, О. (2014). Скорость понижения вскрышных уступов при разработке глубоких карьеров почвоуступными крутонаклонными слоями. *Збірник наукових праць НГУ*, (45), 90-94.
3. Anisimov, O. (2015). The development of deep pits steep slope layers. *Theoretical and Practical Solutions of Mineral Resources Mining*. The Netherlands: CRC Press/Balkema, 243–246.
4. Розробка екологобезпечних технологій ведення гірничих робіт з урахуванням потреб в ліквідації та консервації гірничодобувних підприємств. (2015-2016). Звіт про НДР. Керівник В.І. Симоненко. ДР0115U002301. Державний ВНЗ «НГУ», 301 с.
5. Розробка технологічних, управлінських рішень, нормативної документації, системи екологічного моніторингу щодо природоохоронної діяльності гірничих підприємств. (2012-2013). Звіт про НДР Керівник В.І. Симоненко. ДР 0112U000875. Державний ВНЗ «НГУ», 368 с.
6. Анисимов, О. (2015). Технология строительства и разработки глубоких карьеров. Монография. Д. Национальный горный университет, 272 с.

ABSTRACT

The purpose – substantiation effective technological schemes and their parameters in forming the bench of pit by steep layers, which allow to reduce the volume of removal of rocks and determine the speed of reducing the benches that work out in a steep layer.

Methods of research. Statistical - for analysis of design decisions and determination of the rate of reduction of steep layers; graphic - construction of passports of the work of excavators in the removal by steep layers; analytical – for determination the productivity of equipment and the key indicators of steep layers.

Findings. The relationship between the rate of reduction of steep layer and the width of the working area, the length of the removable panel of the steep layer and the number of benches in a steep layer in working out by an excavator with capacity of bucket 23 m³ was established. The average speed of reduction of a steep layer, which has parameters of length - 800 m, width of a bench - 55 m and is worked out by the excavator EX 3600-5 is - 53,95 m / year.

Originality. The dependence of determination the rate of reduction of mining operations in a steep layer determined for excavators EX 3600-5 in the conditions of Poltava GOK was obtained.

Practical implications. Implementation of the results of work in the conditions of pit of Poltava GOK will reduce the cost of removing rocks due to the removal by steep layers. Volumes in removing steep layers with different width of bench are determined. In removing rocks on the benches with a height of 12 m, a length of 600 m and a width of the bench from 40 to 70 m volumes make from 288 to 504 thousand m³.

Key words: *steep layers, parameters of working benches, deep pits, technological schemes for the development of mineral deposits, Ferrexpo Poltava GOK Corporation*