

© С.О. Жуков<sup>1</sup>, С.О. Луценко<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ДВНЗ «Криворізький національний університет», Кривий Ріг, Україна

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПРОДУКТИВНОСТІ КАР'ЄРУ ЗА РУДОЮ І ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ РОЗРОБКИ НА ІНТЕНСИВНІСТЬ ВІДПРАЦЮВАННЯ РОДОВИЩА

© S. Zhukov<sup>1</sup>, S. Lutsenko<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Kryvyi Rih National University, Kryvyi Rih, Ukraine

## STUDYING THE INFLUENCE OF ORE QUARRY PRODUCTIVITY AND DEVELOPMENT SYSTEM PARAMETERS ON INTENSITY OF FIELD MINING

**Мета.** Основною метою роботи є удосконалити науково-методичну базу в області проектування і планування відкритих гірничих робіт шляхом розробки нових і коригування існуючих методів визначення продуктивності кар'єру по руді, які повинні враховувати взаємозв'язок параметрів системи розробки і продуктивності кар'єру по руді, виходячи з умови забезпечення нормативного обсягу готових до виймання запасів. Обґрунтувати вплив продуктивності кар'єру за рудою й параметрів системи розробки, що знаходяться у взаємозв'язку, виходячи із забезпечення нормативу готових до виймання запасів, на інтенсивність відпрацювання родовища.

**Методика.** Дослідження впливу параметрів системи розробки та продуктивності кар'єру по руді на інтенсивність відпрацювання родовища необхідно здійснювати з урахуванням взаємозв'язку ширини робочого майданчика і довжини фронту гірничих робіт, які забезпечують норматив готових до виймання запасів для прийнятої продуктивності кар'єру по руді. При цьому взаємозв'язок параметрів системи розробки враховується за допомогою графічних методів гірничо-геометричного аналізу кар'єрного поля.

**Результати дослідження.** Встановлено взаємозв'язок продуктивності кар'єру за рудою і параметрів системи розробки, виходячи із забезпечення нормативу готових до виймання запасів, який визначає інтенсивність відпрацювання родовища при зміні продуктивності кар'єру за рудою.

**Наукова новизна.** Зміна продуктивності кар'єру за рудою можлива за рахунок зміни параметрів системи розробки, що забезпечують норматив готових до виймання запасів, і призводить до зміни інтенсивності відпрацювання родовища. При цьому збільшення кута укусу робочого борта кар'єру за рахунок зменшення ширини робочої площадки призводить до зниження продуктивності кар'єру за рудою, а також швидкості горизонтального посування і швидкості поглиблення дна кар'єру.

**Практичне значення.** Результати виконаних досліджень можуть бути використані проектними організаціями і гірничодобувними підприємствами при визначенні продуктивності кар'єру по руді, складанні календарних планів гірничих робіт.

**Ключові слова:** відкриті гірничі роботи, продуктивність кар'єру по руді, ширина робочої площадки, інтенсивність розвитку гірничих робіт, параметри системи розробки.

**Вступ.** Метою розробки родовища є видобуток корисних копалин у встановленому обсязі при досягненні максимального економічного ефекту, тобто максимального прибутку. Найважливішим питанням при визначенні виробничої потужності кар'єру є забезпечення найкращих техніко-економічних результатів розробки [1].

Нормальні умови для видобутку корисних копалин вимагають формування робочої зони кар'єру робочими площадками, що включають нормативні запаси скельної гірничої маси, що готові до виймання [2]. Для збільшення продуктивності кар'єру по руді необхідно зробити розширення робочих площадок з метою ліквідації розкривного відставання. В таких умовах складання виробничих програм підприємств, а надалі і їх виконання, стає все більш проблематичним, що підтверджується практикою виробництва, тому в першу чергу необхідно дослідити вплив продуктивності кар'єру за рудою і параметрів системи розробки, що знаходяться у взаємозв'язку виходячи із забезпечення нормативу готових до виймання запасів на інтенсивність відпрацювання родовища.

**Аналіз досліджень й публікацій.** Більшість досліджень спрямованих на встановлення впливу продуктивності кар'єру на економічні показники розробки існуючий взаємозв'язок розвитку гірничих і видобувних робіт в кар'єрі розглядають тільки виходячи з умови, що зміна кута укусу робочого борту кар'єру призводить до зміни поточних коефіцієнтів розкриву [3-5]. При цьому не враховується необхідність забезпечення нормативного обсягу готових до виймання запасів [6].

**Мета роботи.** Основною метою роботи є удосконалити науково-методичну базу в області проектування і планування відкритих гірничих робіт шляхом розробки нових і коригування існуючих методів визначення продуктивності кар'єру по руді, які повинні враховувати взаємозв'язок параметрів системи розробки та продуктивності кар'єру по руді, виходячи з умови забезпечення нормативного обсягу готових до виймання запасів.

**Викладання основного матеріалу.** Проведені дослідження [7-8] показали, що при визначенні продуктивності кар'єру за рудою необхідно враховувати нормативний запас руди готовий до виймання, який визначається шириною робочої площадки і довжиною активного фронту гірничих робіт, з урахуванням їх взаємозв'язку. Тому при визначенні максимально можливої продуктивності кар'єру за рудою необхідно враховувати її залежність від ширини робочої площадки і довжини фронту гірничих робіт, що забезпечують нормативний запас руди готовий до виймання.

У зв'язку з цим для умовного кар'єру було виконано гірничо-геометричний аналіз кар'єрного поля. Отримані результати зміни довжини фронту гірничих робіт і готових до виймання запасів руди при різній ширині робочої площадки, дозволили встановити залежність можливої продуктивності кар'єру за рудою від ширини робочої площадки для різних методів визначення продуктивності (рис. 1).

Аналіз отриманих результатів показав, що рівень максимально можливої продуктивності кар'єру за рудою визначається точкою перетину (т. А) кривих 1 і 2 на рис. 1. Опустивши перпендикуляр з т. А на вісь абсцис визначається оптимальне значення ширини робочої площадки, при якій забезпечується максимально можлива продуктивність кар'єру за рудою, а також норматив готових до виймання запасів руди.

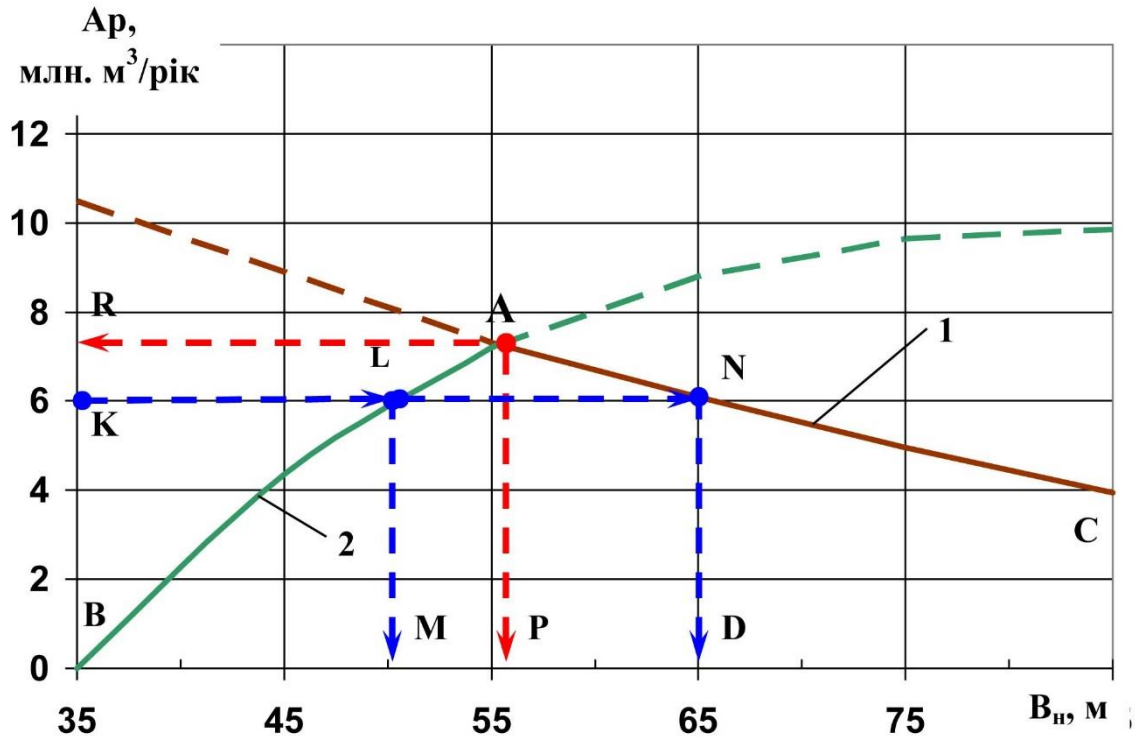


Рис. 1. Зміна можливої продуктивності кар'єру за рудою при різній ширині робочої площадки для різних методів визначення продуктивності: 1 – за максимальною інтенсивністю розвитку гірничих робіт; 2 – за забезпеченістю нормативів готових до виймання запасів

При збільшенні або зменшенні ширини робочої площадки від оптимального значення, продуктивність кар'єру за рудою буде тільки зменшуватися. Звідси виходить, що продуктивність кар'єру повинна визначатися не тільки виходячи з максимальної інтенсивності розвитку гірничих робіт (максимальної розстановки видобувних екскаваторів), але і з урахуванням взаємозв'язку ширини робочої площадки і довжини активного фронту гірничих робіт, які забезпечують в кар'єрі необхідний обсяг готових до виймання запасів. Крім цього зміна продуктивності кар'єру за рудою можлива тільки при зміні параметрів системи розробки.

Встановлений взаємозв'язок продуктивності кар'єру по руді і параметрів системи розробки, виходячи із забезпечення нормативу готових до виймання запасів, впливає на динаміку формування робочої зони кар'єру. Тому необхідно дослідити вплив ширини робочої площадки, з урахуванням її взаємозв'язку з продуктивністю кар'єру по руді на інтенсивність ведення гірничих робіт.

Швидкість горизонтального посування визначається за формулою:

$$l_p^{необх} = \frac{A_p}{L_{ф.р.} \times h}, \text{ м/рік}, \quad (1)$$

де  $A_p$  – продуктивність кар'єру за рудою, м<sup>3</sup>/рік;  $h$  – висота уступу, м;  $L_{ф.р.}$  – довжина активного фронту гірничих робіт за рудою, м.

Можлива швидкість поглиблення кар'єру визначиться за виразом:

$$h_z \leq \frac{l_p^{необх}}{(ctg\varphi + ctg\beta)}, \text{ м/рік}, \quad (2)$$

де  $\varphi$  – кут укосу робочого борту кар'єру при нормальній ширині робочих площадок, м;  $\beta$  – кут поглиблення кар'єру, град.

При визначенні швидкостей горизонтального посування уступів і поглиблення дна кар'єру необхідно враховувати взаємозв'язок продуктивності кар'єру за рудою і параметрів системи розробки, виходячи із забезпечення нормативу готових до виймання запасів. Звідси

$$A_p = f(B_H) \quad (3)$$

$$L_{ф.р.} = f(B_H) \quad (4)$$

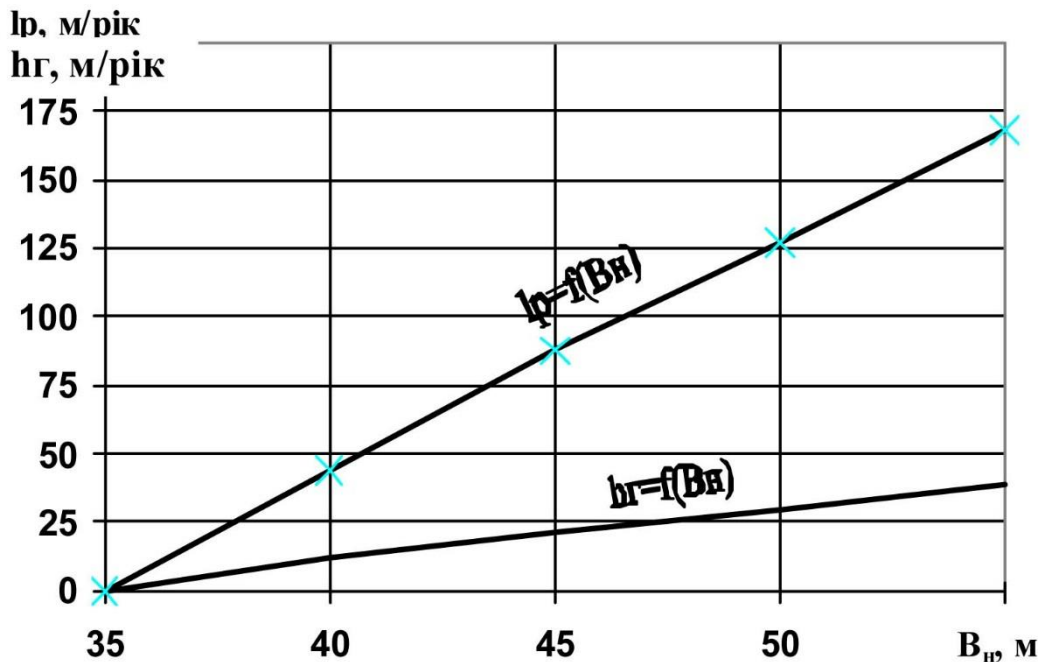


Рис. 2. Зміна швидкості горизонтального посування гірничих робіт і швидкості поглиблення дна кар'єру при збільшенні ширини робочої площадки

Як видно з рис. 2 при збільшенні ширини робочої площадки внаслідок збільшення продуктивності кар'єру за рудою збільшується, як швидкість горизонтального посування гірничих робіт, так і швидкість поглиблення дна кар'єру.

На рис. 3 і 4 представлена залежність інтенсивності розвитку гірничих робіт і продуктивності кар'єру за рудою від кута нахилу робочого борту кар'єру відповідно.

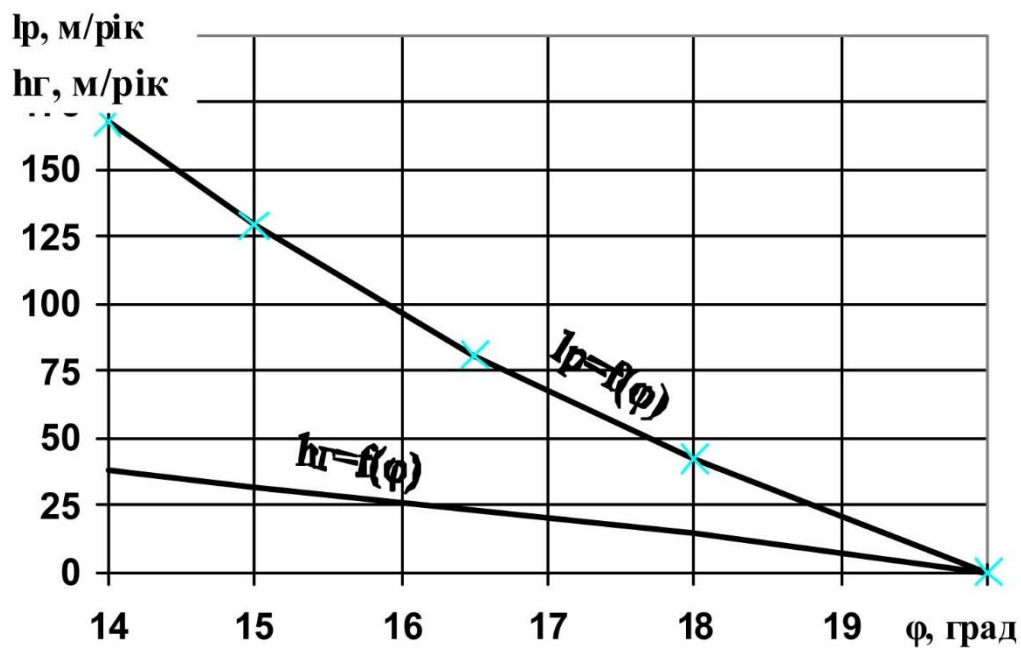


Рис. 3. Зміна швидкості горизонтального посування гірничих робіт і швидкості поглиблення дна кар'єру при збільшенні кута укосу робочого борта кар'єру

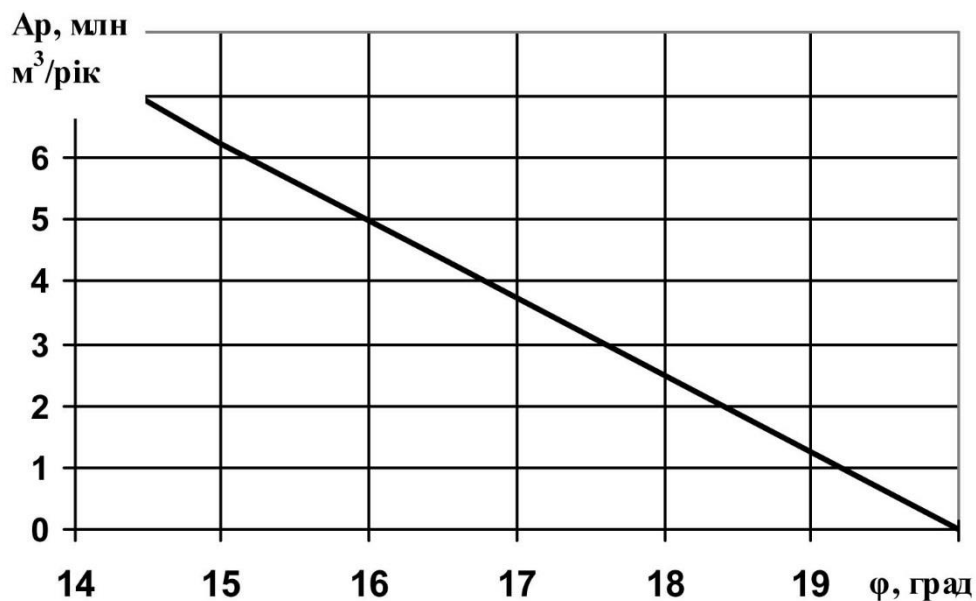


Рис. 4. Зміна продуктивності кар'єру за рудою при збільшенні кута укосу робочого борта кар'єру

З рисунків видно, що при збільшенні кута укосу робочого борта кар'єру швидкість горизонтального посування, швидкість поглиблення дна кар'єру, а також продуктивність кар'єру за рудою знижуються. Тому можна зробити висновок, що зміна продуктивності кар'єру за рудою можлива за рахунок зміни інтенсивності відпрацювання родовища шляхом зміни параметрів системи розробки.

**Висновки.** Встановлено взаємозв'язок продуктивності кар'єру за рудою і параметрів системи розробки, виходячи із забезпечення нормативу готових до виймання запасів, який визначає інтенсивність відпрацювання родовища при зміні продуктивності кар'єру за рудою.

Обґрунтовано, що зміна продуктивності кар'єру за рудою можлива за рахунок зміни параметрів системи розробки, які забезпечують норматив готових до виймання запасів, і призводить до зміни інтенсивності відпрацювання родовища. При цьому збільшення кута укосу робочого борта кар'єру за рахунок зменшення ширини робочої площадки призводить до зниження продуктивності кар'єру за рудою, а також швидкості горизонтального посування і швидкості поглиблення дна кар'єру.

#### Перелік посилань

1. Анистратов, Ю.И. (2003). *Проектирование карьеров*. Москва: ГЕМОС Лимитед.
2. Шпанский, О.В. (2004). *Проектирование производственной мощности карьеров*. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный горный институт.
3. Ржевский, В.В., Новожилов, М.Г., & Юматов, Б.П. (1971). *Научные основы проектирования карьеров*. Москва: Недра.
4. Арсентьев, А.И. (2002). *Производительность карьеров*. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский горный институт.
5. Полищук, А.К., Близиюков, В.Г., & Руденко, А.И. (1968). О влиянии параметров карьера на экономические показатели разработки месторождения. *Разработка рудных месторождений*, 5, 23-26.
6. Луценко, С. А. (2017). Определение ширины рабочей площадки и длины фронта горных работ при изменении производительности карьера по руде *Збірник наукових праць НГУ*, 50, 63-69.
7. Луценко, С. А. (2017). Разработка метода определения максимальной, по горным возможностям, производительности карьера по руде. *Геотехническая Механика*, (130), 168–175.
8. Луценко, С. А. (2018). Исследование взаимосвязи параметров системы разработки. *Вісник ЖДТУ*, 1(81), 269–273.

#### АННОТАЦИЯ

**Цель.** Основной целью работы является усовершенствовать научно-методическую базу в области проектирования и планирования открытых горных работ путем разработки новых и корректировки существующих методов определения производительности карьера по руде, которые должны учитывать взаимосвязь параметров системы разработки и производительности карьера, исходя из условия обеспечения нормативного объема готовых к выемке запасов. Обосновать влияние производительности карьера по руде и параметров системы разработки, находящихся во взаимосвязи, исходя из обеспечения норматива готовых к выемке запасов, на интенсивность отработки месторождения.

**Методика.** Исследование влияния параметров системы разработки и производительности карьера по руде на интенсивность отработки месторождения необходимо осуществлять с учетом взаимосвязи ширины рабочей площадки и длины фронта горных работ, обеспечивающих норматив готовых к выемке запасов для принятой производительности карьера по руде. При этом взаимосвязь параметров системы разработки учитывается с помощью графических методов горно-геометрического анализа карьерного поля.

**Результаты исследования.** Установлена взаимосвязь производительности карьера по рудой и параметров системы разработки, исходя из обеспечения норматива готовых к выемке запасов, который определяет интенсивность отработки месторождения.

**Научная новизна.** Изменение производительности карьера по руде возможно за счет изменения параметров системы разработки, обеспечивающих норматив готовых к выемке запасов, и приводит к изменению интенсивности отработки месторождения. При этом увеличение угла откоса рабочего борта карьера за счет уменьшения ширины рабочей площадки приводит к снижению производительности карьера по руде, а также скорости горизонтального подвигания и скорости углубки дна карьера.

**Практическое значение.** Результаты выполненных исследований могут быть использованы проектными организациями и горнодобывающими предприятиями при определении производительности карьера по руде, составлении календарных планов горных работ.

**Ключевые слова:** *открытые горные работы, производительность карьера по руде, ширина рабочей площадки, интенсивность развития горных работ, параметры системы разработки.*

#### **ABSTRACT**

**Objective.** The main objective of the study is to improve research and methodological base in designing and planning fields of quarry mining by developing new and adjusting existing methods of determining the ore quarry productivity, that shall take into account the relationship between development system parameters and ore quarry productivity, based on provided ratio of reserves ready for extraction. To justify the influence of ore quarry productivity and development system parameters that are interconnected based on provided ratio of reserves ready for extraction, on intensity of field development.

**Method.** The study of development system parameters and ore quarry productivity on intensity of field mining shall be carried out taking into account the relationship between the width of work site and length of front mining that provide for the ready for extraction reserves ratio with respect for regular productivity of the ore quarry. At that, the relationship between the development system parameters is studied by means of the graphical methods of mining and geometry analysis of the quarry field.

**Study results.** The relationship between the productivity of the ore quarry and parameters of development system has been established based on the ratio provided for ready for extraction reserves that determines the intensity of field mining in case of change in ore quarry productivity.

**Scientific novelty.** The change in ore quarry productivity is possible due to change in development system parameters, that provide for the ratio of reserves ready for extraction, and leads to change in intensity of field mining. At that, the increase in slope angle of quarry mining wall due to decrease in the width of work side leads to decrease in ore quarry productivity, as well as to the speed of horizontal movement and the speed of quarry bottom deepening.

**Practical significance.** The results of performed studies can be used by engineering organizations and mining enterprises when determining the productivity of the ore quarry, developing mining operations calendar plans.

**Key words:** *quarry mining, ore quarry productivity, width of the work site, intensity of mining operations development, parameters of development system.*