

**УДК 622.271.33**

**Луценко С. А., к.т.н., доцент** (Государственное высшее учебное заведение «Криворожский национальный университет», г. Кривой Рог)

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ ШИРИНЫ РАБОЧЕЙ ПЛОЩАДКИ И ДЛИНЫ ФРОНТА ГОРНЫХ РАБОТ**

**В статье рассматривается вопрос установления взаимосвязи между шириной рабочей площадки и длиной активного фронта горных работ в карьере, обеспечивающих нормативный запас руды и ее влияние на производительность по руде. Выполнен анализ исследований в области определения производственной мощности карьера и запасов руды готовых к выемке. Показано, что существующие методы определения производительности карьера по горным возможностям учитывают только длину активного фронта горных работ, при этом ширина рабочей площадки и ее влияние на длину фронта горных работ не учитывается. На примере условного карьера показано влияние ширины рабочей площадки, на длину активного фронта горных работ, а также на величину запаса руды готового к выемке. Обосновано, что при определении производительности карьера по руде длина активного фронта горных работ и ширина рабочей площадки должны учитываться не обособленно, а с учетом их взаимосвязи.**

***Ключевые слова:* ширина рабочей площадки, длина фронта горных работ, производительность карьеров.**

### **Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.**

В современных экономических условиях, особенно на месторождениях с большими запасами, наибольший экономический эффект достигается при производственной мощности карьера, максимально возможной по горнотехническим факторам и условиям сбыта продукции. Поэтому при проектировании должны быть определены численные значения параметров элементов системы разработки, которые полностью описывают создание, развитие и поддержание рабочей зоны карьера на таком уровне, который позволяет обеспечить плановость, ритмичность и надежность выполнения вскрышных и добычных работ. При этом большое значение имеет выбор таких элементов, как ширина рабочих площадок и протяженность активного фронта горных ра-

бот.

Для ведения горных работ на каждом действующем горизонте образуют рабочие площадки, состоящие из двух элементов: площадки для размещения погрузочного оборудования, транспортных коммуникаций и при полускальных и скальных породах — развала взорванной горной массы; резервной полосы готовых к выемке запасов.

Как известно размер резервной полосы и соответственно ширины рабочей площадки определяется продолжительностью периода на которой создаются готовые к выемке запасы [1] и зависит от производительности карьера по руде и длины активного фронта горных работ [2]. Наряду с этим при увеличении ширины рабочей площадки уменьшается количество рабочих уступов в пределах залежи [3], что приводит к снижению длины активного фронта горных работ. Это говорит о том, что между шириной рабочей площадки, обеспечивающей нормативный запас руды готовый к выемке и длиной активного фронта горных работ существует взаимосвязь.

**Анализ исследований и публикаций.** В научной литературе имеется большое количество работ посвященных вопросу определения оптимальной производственной мощности карьера [4; 5] и запасов руды готовых к выемке [6]. В общем случае установление оптимального значения производительности карьера по руде сводится к следующему [7]. При проектировании путем анализа находят ограничивающие факторы (проезная способность транспортных коммуникаций, интенсивность развития горных работ, количество добычных экскаваторов) и устанавливают максимально возможную производственную мощность карьера. Затем, принимая в установленных пределах несколько вариантов, а также учитывая условия сбыта продукции и размер инвестиций на разработку карьера, делают экономическую оценку и находят оптимальное значение мощности карьера. После этого определяют необходимый нормативный запас руды готовый к выемке, который выражается нормальной шириной рабочей площадки. Т.е. ширину рабочей площадки и необходимый запас руды готовый к выемке определяют только после установления оптимальной производительности карьера по руде. Это говорит о том, что существующие методы определения производительности карьера по горным возможностям учитывают только длину активного фронта горных работ, при этом ширина рабочей площадки и ее влияние на длину фронта горных работ не учитывается. Так при развитии горных работ с минимальной шириной рабочей площадки производительность карьера, по максимальной интенсивности раз-

вития горных работ, исходя из количества добычных экскаваторов, будет максимальной [8]. Однако, если исходить из резерва готовых к выемке запасов (*горные работы на уступе с минимальной рабочей площадкой должны быть приостановлены до создания необходимого резерва готовых к выемке запасов горной массы, что достигается определенным подвиганием верхнего уступа* [9]), то производительность карьера будет равна нулю.

**Постановка задач.** Цель настоящей работы – исследовать влияние ширины рабочей площадки, на длину активного фронта горных работ, а также на величину запаса руды готового к выемке.

**Изложение материалов и результаты.** Для выполнения исследований был рассмотрен пример условного карьера разрабатывающего месторождение, которое подобно, по условиям залегания и технологии открытой разработки, мощным месторождениям бедных железистых кварцитов, обрабатываемым карьерами Кривбасса и выполнен горно-геометрический анализ карьерного поля при работе с различной шириной рабочей площадки. Ширина рабочей площадки изменяется от минимальной до максимальной (от 35 до 145 м). Углубку карьера осуществляли по краю рудной залежи со стороны всячего бока. Угол падения залежи –  $70^\circ$ , горизонтальная мощность – 500 м; протяженность – 600 м. Параметры карьера составляют: угол откоса рабочего борта – в зависимости от ширины рабочей площадки; угол откоса проектного борта –  $42^\circ$ ; конечная глубина карьера – 500 м.

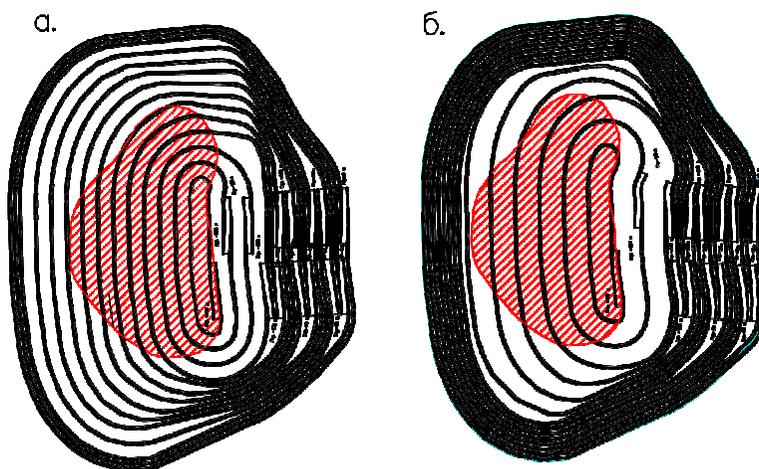


Рис. 1. Сводные планы горных работ на момент вскрытия и подготовки гор. -210 м при работе с шириной рабочей площадки:

а – 45 м; б – 75 м

Объемы горных работ подсчитывались через каждые 30 м уве-

личения глубины карьера. На рис. 1 представлены сводные планы горных работ на момент вскрытия и подготовки горизонта -210 м при работе с различной шириной рабочей площадки.

На рис. 2 показано изменение длины активного фронта горных работ от изменения ширины рабочей площадки. Из рисунка видно, что при увеличении ширины рабочей площадки длина активного фронта горных работ в карьере уменьшается, при этом в каждом случае в работу вовлекается вся рабочая зона карьера, т.е. для каждого варианта ширины рабочей площадки длина борта карьера вовлекаемого в работу была неизменной. Поэтому очевидно, что существует зависимость длины фронта горных работ от ширины рабочей площадки, которую необходимо учитывать при определении производительности карьера по руде. В качестве доказательства этого рассмотрим пример. Допустим производительность карьера по руде принята на уровне 10 млн м<sup>3</sup>/год. Минимальная ширина рабочей площадки составляет 35 м. Ширина рабочих площадок в карьере составляет 40 м, при этом, согласно рис. 2, длина активного фронта горных работ составляет 6500 м (линия А-В-С).

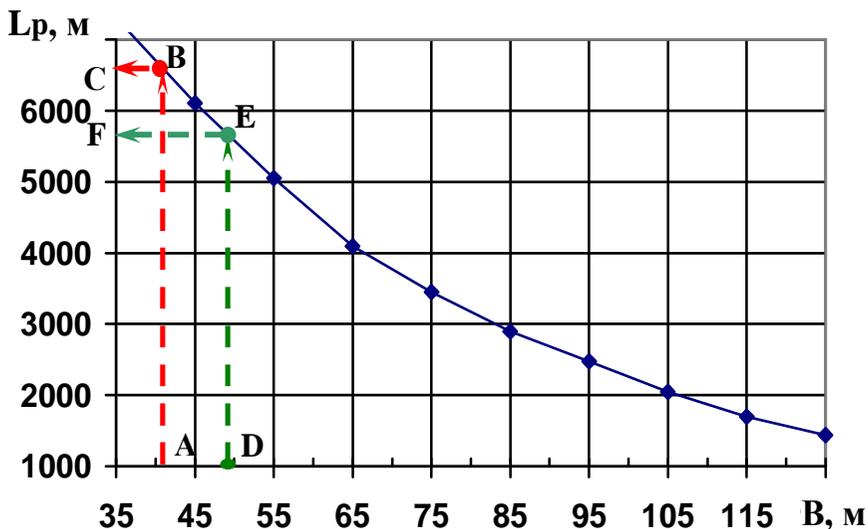


Рис. 2. Изменение длины активного фронта горных работ в зависимости от изменения ширины рабочей площадки

Нормальная ширина рабочей определяется по формуле

$$B_H = B_{min} + \frac{A_p \cdot \psi}{L_p \cdot h_y}, \text{ м}, \quad (1)$$

где  $B_{min}$  – минимальная ширина рабочей площадки в карьере, м;  $A_p$  –

производительность карьера по руде, м<sup>3</sup>/год;  $\psi$  – нормативный коэффициент готовых к выемке запасов руды (при полуторамесячном запасе руды этот коэффициент равен 0,125);  $L_p$  – длина активного рудного фронта в карьере, м;  $h_y$  – высота рудного уступа, м.

Как видно из формулы (1) ширина полосы готовых к выемке запасов (в данной формуле представлена вторым слагаемым) зависит от производительности карьера по руде и от длины активного фронта горных работ, и влияет на ширину рабочей площадки, т.е. ширина рабочей площадки зависит от производительности карьера по руде и длины активного фронта горных работ. В том случае если принять  $A_p = \text{const}$  и  $h_y = \text{const}$ , то ширина рабочей площадки будет зависеть от длины активного фронта горных работ  $B_H = f(L_p)$ . Однако, из рис. 2 видно, что длина активного фронта горных работ, в свою очередь, определяется шириной рабочей площадки  $L_p = f(B_H)$ . Это свидетельствует о том, что производительность карьера по руде необходимо определять не только с учетом длины активного фронта горных работ, но и с учетом влияния на фронт ширины рабочей площадки.

Так для заданных условий согласно формулы 1 ширина рабочей площадки должна составлять 52 м. Однако из рис. 2 видно, что максимальная длина активного фронта горных работ в карьере при ширине рабочей площадки 52 м составляет 5700 м (линия D-E-F), что значительно меньше принятой длины фронта в расчетах (6500 м). В данном случае для выполнения заданной производительности карьера по руде, в связи с отсутствием необходимого запаса руды готового к выемке, а также меньшей длины фронта горных работ произойдет уменьшение ширины рабочей площадки, что в свою очередь в дальнейшем приведет к негативным последствиям (отставание вскрышных работ, невыполнением производственной программы по руде, аварийным условиям работы карьера).

При этом производительность карьера по руде, которую можно обеспечить без нарушения норм технологического проектирования, определяется по формуле

$$A_p = \frac{(B_H - B_{min})L_p \cdot h_y}{\psi}, \text{ м}^3/\text{год}. \quad (2)$$

Отсюда возможная производительность карьер по руде для заданных условий составит 8,8 млн т/год, что на 1,2 млн м<sup>3</sup>/год меньше, чем заданная производительность.

Поэтому можно утверждать, что при определении производительности карьера по руде длина активного фронта горных работ и ширина рабочей площадки должны учитываться не обособленно, а с

учетом их взаимосвязи.

На рис. 3 показано изменение запаса руды готового к выемки от изменения ширины рабочей площадки. При этом значения параметров системы разработки (ширина рабочей площадки, длина фронта горных работ) принимались согласно рис. 2, а запас руды готовый к выемке определялся по формуле

$$Q_{г.в.} = (B_H - B_{min}) \cdot L_p \cdot h_y, \text{ м}^3. \quad (3)$$

Анализ рис. 2 и 3 показал, что при увеличении ширины рабочей площадки длина активного фронта горных работ уменьшается, а запас руды готовый к выемке увеличивается. При этом запас увеличивается не постоянно, а имеет максимальное значение (т. А на рис. 3) после чего снижается.

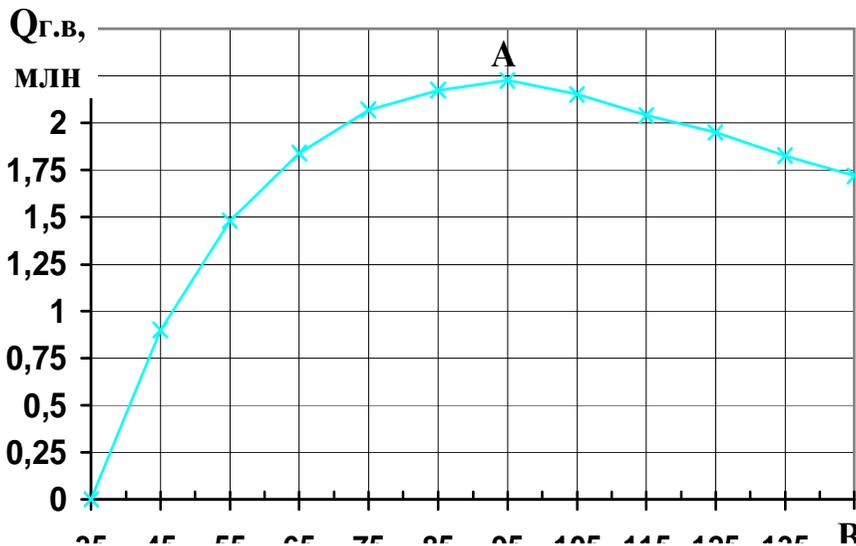


Рис. 3. Изменение запаса руды готового к выемке в зависимости от изменения ширины рабочей площадки

Исходя из норм технологического проектирования в карьере должен быть создан запас руды обеспечивающий бесперебойную работу в течении 1,5 месяцев, т.е. запас руды готовый к выемке определяет возможную производительность карьера по руде. Согласно кривой на рис. 3 с увеличением ширины рабочей площадки запас руды является величиной переменной. Из рисунков следует, что максимального значения запас руды готовый к выемке достигает при оптимальных значениях параметров системы разработки. При этом при минимальном значении нормальной ширины рабочей площадки и максимальном значении длины фронта горных работ обеспечивается минимальное значение готового к выемке запаса руды.

**Выводы.** При определении максимально возможной по горнотехническим условиям производительности карьера по руде необходимо учитывать нормативный запас руды готовый к выемке, который определяется шириной рабочей площадки и длиной активного фронта горных работ с учетом их взаимосвязи. Поэтому при определении производительности карьера по руде необходимо учитывать ее зависимость от ширины рабочей площадки и длины фронта горных работ, обеспечивающих нормативный запас руды готовый к выемке.

1. Норми технологичного проектування гірничодобувних підприємств із відкритим способом розробки родовищ корисних копалин. – Міністерство промислової політики України, м. Київ, 2007. – 279 с. 2. Арсентьев А. И. Определение производительности и границ карьеров / Арсентьев А. И. – М. : Недра, 1970. – 320 с. 3. Шпанский О. В. Проектирование производственной мощности карьеров: Учеб. пособие / О. В. Шпанский, Д. Н. Лигоцкий, Д. В. Борисов. – Санкт–Петербургский государственный горный институт. – СПб, 2004. – 96 с. 4. Производительность карьеров / А. И. Арсентьев. – Санкт–Петербургский горный институт. – СПб, 2002. – 85 с. 5. Ржевский В. В. Научные основы проектирования карьеров / В. В. Ржевский, М. Г. Новожилов, Б. П. Юматов. – М. : Недра, 1971. – 600 с. 6. Планирование развития горных работ в карьерах / А. И. Арсентьев, Г. А. Советов, В. С. Хохряков, Н. Д. Бевз, В. Г. Близиуков. – М. : Недра, 1972. – 152 с. 7. Анистратов Ю. И. Проектирование карьеров : учебное пособие для ВУЗов / Анистратов Ю. И., Анистратов К. Ю. – М. : Издательство НПК «Гемос Лимитед», 2002. – 176 с. 8. Близиуков В. Г. Область возможного регулирования режима горных работ при геометрическом анализе карьерного поля / В. Г. Близиуков, Ю. М. Навитний, О. Ю. Близиукова // Горный журнал. – № 5.– 2015. – С. 50–51. 9. Кумачев К. А. Проектирование железорудных карьеров / К. А. Кумачев, В. Я. Майминд. – М. : Недра, 1981. – 464 с.

Рецензент: д.т.н., профессор Жуков С. А. (ГВУЗ «КНУ»)

---

**Lutsenko S. A., Candidate of Engineering, Associate Professor**  
(State Higher Education Establishment «Kryvyi Rih National University», Kryvyi Rih)

## **STUDY OF INTERRELATION BETWEEN OPERATION AREA WIDTH AND MINING OPERATION LINE LENGTH**

**The article includes study of the following issue: determination of interrelation between operation area width and active mining operation line length in open pit, which ensures normal ore reserve**

and its impact on ore extraction productivity. The analysis of studies in terms of mine operational capacity and ore reserves ready to be extracted was done. It was shown that the current methods of open pit productivity based on its mining resources determination includes only length of active mining operation line but width of operation area and its impact on length of mining operation line isn't included. By the example of conventional mine the impact of operation area width on active mining operation line and ore volume ready for extraction was shown. It was proved that when defining the open pit productivity the length of active mining operation line and width of operation area are to be considered not separately but considering their interrelation. *Keywords:* width of operation area, length of mining operation line, open-pit productivity.

---

Луценко С. О., к.т.н., доцент (Державний вищий навчальний заклад «Криворізький національний університет», м. Кривий Ріг)

### **ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКУ ШИРИНИ РОБОЧОГО МАЙДАНЧИКА І ДОВЖИНИ ФРОНТУ ГІРНИЧИХ РОБІТ**

У статті розглядається питання встановлення взаємозв'язку між шириною робочого майданчика і довжиною активного фронту гірничих робіт в кар'єрі, що забезпечують нормативний запас руди та його вплив на продуктивність по руді. Виконано аналіз досліджень в області визначення виробничої потужності кар'єра і запасів руди готових до виймання. Показано, що існуючі методи визначення продуктивності кар'єра за гірничими можливостями враховують тільки довжину активного фронту гірничих робіт, при цьому ширина робочого майданчика та її вплив на довжину фронту гірничих робіт не враховується. На прикладі умовного кар'єра показано вплив ширини робочого майданчика, на довжину активного фронту гірничих робіт, а також на величину запасу руди готового до виймання. Обґрунтовано, що при визначенні продуктивності кар'єра за рудою довжина активного фронту гірничих робіт і ширина робочого майданчика повинні враховуватися не відокремлено, а з урахуванням їх взаємозв'язку.

*Ключові слова:* ширина робочого майданчика, довжина фронту гірничих робіт, продуктивність кар'єрів.

---