

Исследование взаимосвязи параметров системы разработки

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 не учитывается. В процессе определения ширины рабочей площадки при заданной производительности карьера по руде учитывается только длина фронта горных работ на момент оценки. При этом не учитывается влияние на нее длины активного фронта горных работ.

На примере условного карьера показано влияние ширины рабочей площадки, на длину активного фронта горных работ, а также на величину запасов руды готовых к выемке. Приведены результаты исследований изменения длины активного фронта горных работ в зависимости от увеличения ширины рабочей площадки при различных значениях производительности карьера по руде. 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.

Введение. При проектировании карьеров большое внимание уделяется установлению производительности по полезному ископаемому. Этот фактор значительно влияет на все основные технико-экономические показатели разработки месторождения: себестоимость добычи и удельные капитальные затраты, время отработки месторождения и соответственно получения полезных ископаемых и прибыль от их реализации и т.д.

Нормальные условия для добычи полезного ископаемого требуют формирования рабочей зоны карьера рабочими площадками, включающими нормативные запасы скальной горной массы, готовые к выемке.

Ширина рабочей площадки является основной исходной информацией при проектировании развития горных работ. Она определяет объемы вскрышных работ и выход различных видов полезных ископаемых, надежную и безопасную работу горнотранспортного оборудования, возможности усреднения качества руд и другие показатели разработки.

Поэтому приступая к моделированию развития горных работ для заданной производительности карьера по руде в первую очередь необходимо определить значения ширины рабочей площадки и длины активного фронта горных работ, удовлетворяющие требованиям нормируемых запасов.

Как известно ширина резервной полосы и соответственно ширина рабочей площадки определяется продолжительностью периода, на который 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 последних 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]. Анализ научных публикаций показал, что в процессе определения ширины рабочей площадки при заданной производительности карьера по руде учитывается только длина активного фронта по руде и вскрышным породам на момент оценки [7]. При этом не учитывается влияние на нее изменения ширины рабочей площадки, которое заключается в том, что при увеличении ширины рабочей площадки длина фронта уменьшается. Кроме этого, 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 развития 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 – установить взаимосвязь ширины рабочей площадки и длины активного фронта горных работ, которые обеспечивают норматив готовых к выемке запасов для заданной производительности по руде.

Изложение основного материала. 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 висячего бока.

Объемы горных работ подсчитывались через каждые 30 м увеличения глубины карьера. На рисунке 1 представлены сводные планы горных работ на момент вскрытия и подготовки горизонта –210 м при работе с различной шириной рабочей площадки.

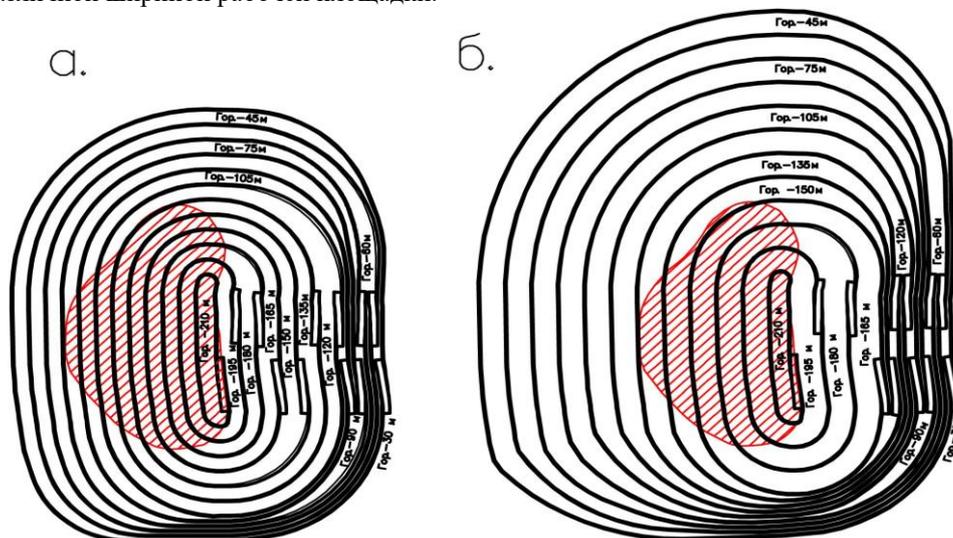


Рис. 1. Сводные планы горных работ на момент вскрытия и подготовки гор. –210 м при работе с шириной рабочей площадки: а – 45 м; б – 75 м

На рисунке 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 8,4 млн. м³/год. Минимальная ширина рабочей площадки составляет 35 м. Ширина рабочих площадок в карьере составляет 45 м, при этом, согласно рисунку 2, длина активного фронта горных работ составляет 3700 м (линия А-В-С).

Нормальная ширина рабочей площадки 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, м³/год; ψ – 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.

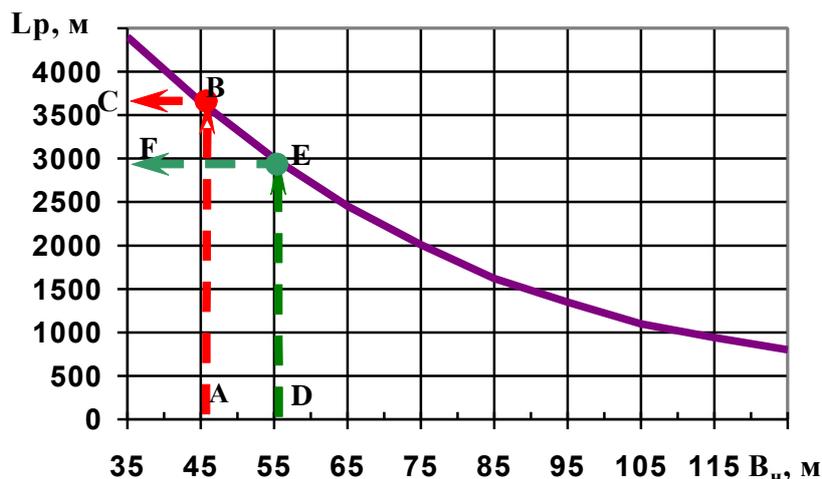


Рис. 2. Изменение длины активного фронта горных работ в зависимости от изменения ширины рабочей площадки

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 $B_n = f(L_p)$. Однако, из рисунка 2 видно, что длина активного фронта горных работ, в свою очередь, определяется шириной рабочей площадки $L_p = f(B_n)$. 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 55 м. Однако из рисунка 2 видно, что максимальная длина активного фронта горных работ в карьере при ширине рабочей площадки 55 м составляет 2950 м (линия D-E-F), что значительно меньше принятой длины фронта в расчетах (3700 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) [10].

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

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

Отсюда возможная производительность карьер по руде для заданных условий составит 6,84 млн.т/год, что на 1,56 млн. м³/год меньше, чем заданная производительность.

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 (увеличение скорости горизонтального подвигания нижних (рудных) уступов приведет к уменьшению ширины рабочей площадки на верхних вскрышных уступах, сдвиганию и страиванию уступов), что в свою очередь в дальнейшем приведет к негативным последствиям (отставание вскрышных работ, невыполнением производственной программы по руде, аварийным условиям работы карьера).

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 рисунке 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 рисунка 2, а запас руды готовый к выемке определялся по формуле:

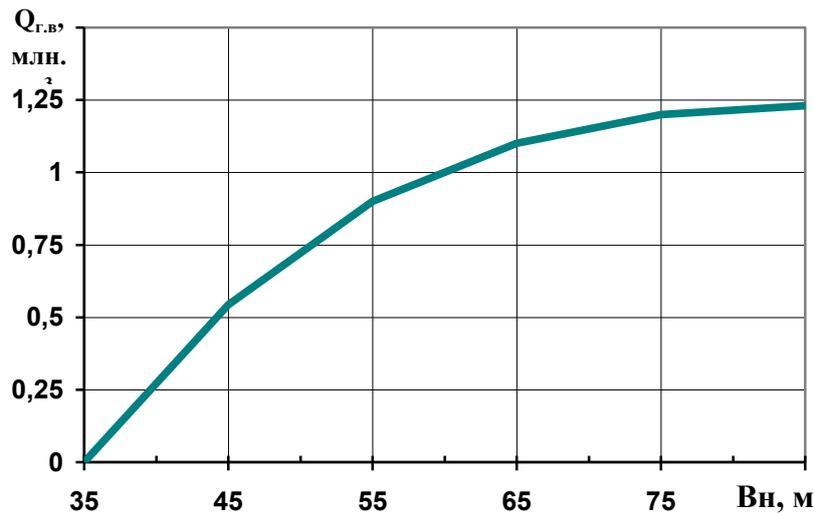


Рис. 3. Изменение запаса руды готового к выемке в зависимости от изменения ширины рабочей площадки

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

Анализ рисунков 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).

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 рисунке 3 с увеличением ширины рабочей площадки запас руды является величиной переменной.

Анализ рисунков 2 и 3 показал, что при увеличении ширины рабочей площадки длина активного фронта горных работ уменьшается, а запас руды готовый к выемке увеличивается. 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.

1. 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.

2. При определении ширины рабочей площадки для заданной производительности карьера по руде необходимо принимать длину активного фронта по руде и вскрышным породам не на момент оценки, а с учетом ее взаимосвязи с шириной рабочей площадки, обеспечивающих в карьере норматив готовых к выемке запасов.

3. При определении производительности карьера по руде длина активного фронта горных работ и ширина рабочей площадки должны учитываться не обособленно, а с учетом их взаимосвязи.

Список использованной литературы:

1. Норми технологичного проектування гірничодобувних підприємств із відкритим способом розробки родовищ корисних копалин / Міністерство промислової політики України. – К., 2007. – 279 с.
2. Арсентьев А.И. Определение производительности и границ карьеров / А.И. Арсентьев. – М. : «Недра», 1970. – 320с.
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. Арсентьев А.И. Производительность карьеров / А.И. Арсентьев ; Санкт-Петербургский горный институт. – СПб, 2002. – 85 с.
5. Ржевский М.Г. 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. Близиюков. – М. : Недра, 1972. – 152 с.

7. *Анистратов Ю.И.* Проектирование карьеров : учеб. пособие / Ю.И. Анистратов, К.Ю. Анистратов. – М. : Изд-во НПК «Гемос Лимитед», 2002. – 176 с.
8. *Близиюков В.Г.* Область возможного регулирования режима горных работ при геометрическом анализе карьерного поля / В.Г. Близиюков, Ю.М. Навитний, О.Ю. Близиюкова // 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.
10. *Луценко С.А.* Методика определения объемов вскрышных работ при увеличении производительности карьера по руде / С.А. Луценко // Вісник ЖДТУ. – Житомир. – 2017. – № 1 (79). – С. 191–197.

References:

1. Ministerstvo promyslovoi' polityky Ukrainy (2007), *Normy tehnologichnogo proektuvannja girnychodobuvnyh pidprijemstv iz vidkrytym sposobom rozrobky rodovyshh korysnyh kopalyn*, Kyi'v, 279 p.
2. Arsent'ev, A.I. (1970), *Opredelenie proizvoditel'nosti i granic kar'erov*, Nedra, Moskva, 320 p.
3. Shpanskij, O.V., Ligockij, D.N. and Borisov, D.V. (2004), *Proektirovanie proizvodstvennoj moshhnosti kar'erov*, Sankt-Peterburgskij gosudarstvennyj gornyj institut, SPb, 96 p.
4. Arsent'ev, A.I. (2002), *Proizvoditel'nost' kar'erov*, Sankt-Peterburgskij gornyj institut, SPb, 85 p.
5. Rzhetskij, V.V., Novozhilov, M.G. and Jumatov, B.P. (1971), *Nauchnye osnovy proektirovanija kar'erov*, Nedra, Moskva, 600 p.
6. Arsent'ev, A.I., Sovetov, G.A., Hohrjakov, V.S., Bevz, N.D. and Bliznjukov, V.G. (1972), *Planirovanie razvitija gornyh rabot v kar'erah*, Moskva, 152 p.
7. Anistratov, Ju.I. and Anistratov, K.Ju. (2002), *Proektirovanie kar'erov*, Izd-vo NPK «Gemos Limited», Moskva, 176 p.
8. Bliznjukov, V.G., Navitnij, Ju.M. and Bliznjukova, O.Ju. (2015), «Oblast' vozmozhnogo regulirovanija rezhima gornyh rabot pri geometricheskom analize kar'ernogo polja», *Gornyj zhurnal*, No. 5, pp. 50–51.
9. Kumachev, K.A. and Majmind, V.Ja. (1981), *Proektirovanie zhelezorudnyh kar'erov*, Nedra, Moskva, 464 p.
10. Lucenko, S.A. (2017), «Metodika opredelenija ob'emov vskryshnyh rabot pri uvelichenii proizvoditel'nosti kar'era po rude», *Visnik ZhDTU*, No. 1 (79), Zhitomir, pp. 191–197.

Луценко Сергей Александрович – кандидат технических наук, доцент, докторант, доцент кафедры открытых горных работ ГВУЗ «Криворожский национальный университет».

Научные интересы:

- совершенствование и разработка методов планирования горных работ и проектирования карьеров;
- совершенствование и разработка методов реконструкции карьеров.

Тел.: 38 (067) 289–64–56.

E-mail: LutsenkoSergeiA@ukr.net.

Статья поступила в редакцию 04.05.2018.