

УДК 622.271.33

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ РАЗРАБОТКИ ПРИ КОНЦЕНТРАЦИИ 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 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. При этом не учитывается влияние на нее изменение ширины рабочей площадки. На примере условного карьера показано влияние размера активной части рабочей зоны карьера на параметры системы разработки, которые удовлетворяют нормируемым запасам для заданной производительности карьера по руде. Обосновано, что в случае концентрации горных работ на отдельных участках рабочей зоны карьера при определении параметров системы разработки необходимо учитывать как обеспечение нормативов готовых к выемке запасов при сокращении длины вовлекаемых в отработку уступов, так и уменьшение максимально возможной длины активного фронта горных работ на этих участках за счет увеличения ширины рабочей площадки.

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

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. 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 планомерность, ритмичность и надежность выполнения вскрышных и добычных работ [1].

Переход на экономические механизмы, основанные на изменяющемся спросе на сырье и изменение цен на полезные ископаемые требуют согласования режима горных работ, а также параметров системы разработки с финансово-экономическими показателями проектируемого предприятия, которые зависят от возможностей реализации товарной продукции [2].

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.

Нормальные условия для добычи полезного ископаемого требуют формирования рабочей зоны карьера рабочими площадками, включающими нормативные запасы скальной горной массы, готовые к выемке. Размер резервной полосы и соответственно ширины рабочей площадки определяется продолжительностью периода, на который создаются готовые к выемке запасы, и зависит от производительности карьера по руде и длины активного фронта горных работ.

Длина фронта горных работ карьера, которая складывается из протяженности фронтов отдельных уступов, должна быть достаточной для обеспечения установленной производственной мощности карьера по полезному ископаемому и по горной массе, а также для подготовки новых горизонтов. Длина фронта работ уступов определяется размерами карьерного поля в плане, текущей глубиной карьера и принятой системой разработки [3].

С увеличением глубины разработки увеличивается число добычных уступов и, как следствие этого, возрастает протяженность фронта добычных работ. Известно, что чрезмерное уменьшение или увеличение фронта против необходимой величины способно ухудшить технико-экономические результаты разработки [4]. Так при большой длине фронта увеличиваются капитальные затраты на транспортные коммуникации и линии электропередач при перемещении горной массы железнодорожным транспортом. Из-за перепробега автомашин резко увеличиваются затраты на транспортирование. Наряду с этим появляется возможность выдерживания нормируемых запасов, при меньшей ширине рабочей площадки, которая определяет объемы вскрышных работ [5]. При этом текущие объемы вскрышных работ уменьшаются.

Уменьшением длины фронта горных работ, за счет концентрации их на отдельных участках карьера, достигается снижение себестоимости добычи полезного ископаемого [6] (уменьшается дальность транспортирования, увеличивается производительность экскаваторов). При этом для обеспечения норматива готовых к выемке запасов руды ширину рабочей площадки, на этих участках, необходимо увеличить, что повлечет за собой увеличение коэффициентов вскрыши.

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. При этом не учитывается влияние на нее изменения ширины рабочей площадки, которое заключается в том, что при увеличении ширины рабочей площадки длина фронта уменьшается.

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 при различной степени концентрации горных работ.

Постановка задач. Цель работы – исследовать изменение длины активного фронта горных работ в зависимости от увеличения ширины рабочей площадки при различных значениях производительности карьера по руде.

Изложение материалов и результаты. 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_H – средняя ширина рабочей площадки в карьере, обеспечивающая наличие в нем нормативного запаса руды и объема пустых, готовых к выемке, м; 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.

Исходя из формулы (1), длина фронта горных работ составит:

$$L_p = \frac{A_p \cdot \psi}{(B_n - B_{min}) \cdot h_y}, \text{ м.} \quad (2)$$

Подставив значения показателей в выражение (2), определим длину активного фронта горных работ при различных значениях производительности карьера по руде. При этом каждое возможное изменение длины активного фронта горных работ должно обеспечивать соответствующее значение производительности карьера, по горным возможностям исходя из максимального количества добычных экскаваторов. Производительность карьера по руде изменяется от 2,5 млн м³ до 10 млн м³ с шагом 2,5 млн м³. Графическое изображение полученных результатов представлено соответственно на рис. 1. Кроме этого, необходимо соблюдение условия возможности обеспечения производительности карьера по руде исходя из расстановки максимального количества добычных экскаваторов [7].

Полученные на рис. 1 кривые (I-IV) являются линиями уровня производительности карьера по руде. Эти линии уровня представляют собой линии, в каждой точке которых определенный уровень производительности сохраняет одинаковое значение.

Из рис. 1 видно, что для производительности по руде 10 млн м³ при увеличении ширины рабочей площадки, от минимального значения до 56 м производительность карьера будет определяться из условия обеспечения нормативного запаса руды готового к выемке. При увеличении ширины рабочей площадки свыше 56 м, производительность карьера будет определяться из условия расстановки максимального количества добычных экскаваторов [8].

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, определено изменение длины активного фронта горных работ при увеличении ширины рабочей площадки, которое представлено на рис. 1 (линия 1).

Линия 1 на рис. 1 ограничивает область возможных значений длины активного фронта горных работ и ширины рабочей площадки, удовлетворяющих требованиям нормируемых запасов для различных вариантов производительности по руде проектируемого карьера.

Исходя из кривых (I-IV), видно, что при увеличении ширины ра-

бочей площадки для достижения необходимого уровня производительности длина фронта горных работ может быть уменьшена за счет сокращения длины вовлекаемых в отработку уступов. Наряду с этим положение линии 1 показывает, что при увеличении ширины рабочей площадки также уменьшается максимально возможная длина активного фронта горных работ в случае вовлечения в работу всей рабочей зоны карьера. Поэтому можно утверждать, что длина фронта горных работ является зависимой переменной. В связи с этим были установлены факторы, влияющие на изменение длины активного фронта горных работ:

1. Уменьшение длины активного фронта горных работ происходит при сокращении длины вовлекаемых в отработку уступов, т.е. за счет концентрации горных работ на отдельных участках рабочей зоны карьера. В данном случае основным условием уменьшения длины активного фронта горных работ является уменьшение длины участка рабочей зоны карьера, на котором ведутся горные работы;

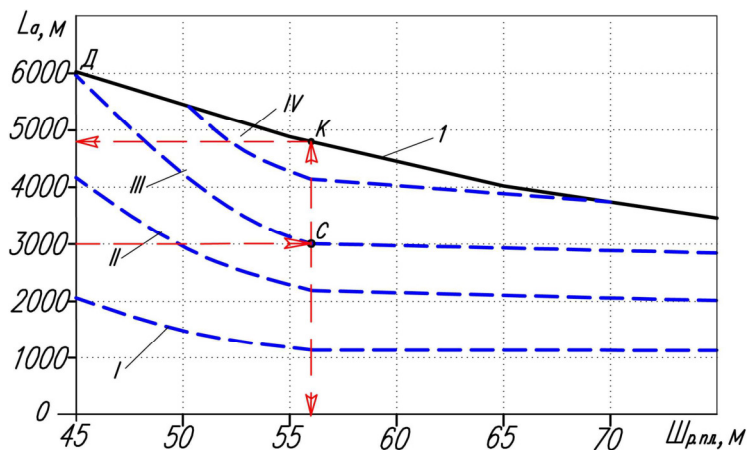


Рис. 1. Изменение длины фронта горных работ в зависимости от увеличения нормативной ширины рабочей площадки при вовлечении в разработку всей рабочей зоны (1): I – линия уровня производительности 2,5 млн м³; II – 5 млн м³; III – 7,5 млн м³; IV – 10 млн м³

2. Уменьшение длины активного фронта горных работ происходит только за счет увеличения ширины рабочей площадки. В данном случае основным условием уменьшения длины фронта горных работ является сокращение количества рабочих уступов в рабочей зоне карьера. При этом длина участка карьера, на котором ведутся горные работы, остается постоянной.

Поэтому для заданной производительности карьера по руде, в

случае выделения в карьере участков концентрации горных работ, при определении параметров системы разработки необходимо учитывать не только сокращение длины вовлекаемых в отработку уступов, но и уменьшение максимально возможной длины активного фронта горных работ при увеличении ширины рабочей площадки.

Для подтверждения этого рассмотрим пример. Допустим, производительность карьера по руде принята на уровне 7,5 млн м³/год. Минимальная ширина рабочей площадки составляет 35 м. Ширина рабочих площадок в карьере – 45 м, длина активного фронта горных работ – 6000 м. Из длины рудного фронта горных работ (точка Д на рис. 1) следует, что горные работы ведутся по всей рабочей зоне карьера. В случае выделения в карьере двух участков концентрации горных работ заданный объем добычи руды можно сосредоточить на меньшем по длине рудном фронте. При этом фронт горных работ составит 3000 м, а ширина рабочей площадки – 56 м (точка С на рис. 1). Однако, исходя из максимального рудного фронта при ширине рабочей площадки 56 м (точка К на рис. 1), который составляет 4800 м, можно утверждать, что при выделении в карьере двух равных по длине участков концентрации горных работ длина рудного фронта на каждом участке не будет превышать 2400 м, что на 600 м меньше, чем необходимая длина для выполнения заданной производительности. Из этого следует, что при определении параметров системы разработки в случае выделения в карьере участков концентрации горных работ необходимо учитывать уменьшение максимально возможной длины активного фронта горных работ при увеличении ширины рабочей площадки.

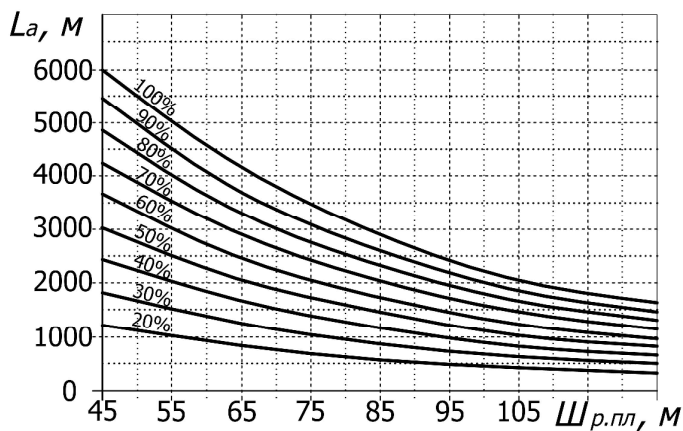


Рис. 2. Длина фронта горных работ в зависимости от ширины рабочей площадки при уменьшении активной площади рабочей зоны карьера

Для этого необходимо определить изменение длины активного фронта горных работ в зависимости от ширины рабочей площадки при уменьшении активной площади рабочей зоны карьера (рис. 2). Под активной площадью рабочей зоны понимается часть рабочей зоны карьера (участка карьера), которая вовлекается в разработку в течение планируемого периода [9]. Кроме этого на данном графике необходимо отобразить линии уровня производительности карьера по руде (рис. 3).

Для заданных условий максимально возможная производительность карьера по горным возможностям составляет 12,5 млн м³/год (т. А на рис. 3). При этом в работу вовлекается вся рабочая зона карьера, параметры системы разработки составляют: ширина рабочей площадки – 56 м, длина активного рудного фронта – 4800 м.

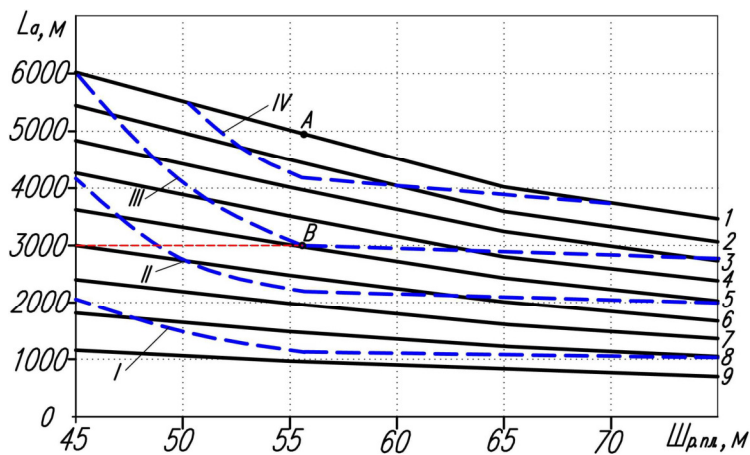


Рис. 3. Определение параметров системы разработки, обеспечивающих заданную производительность по руде:

- 1 – при уменьшении активной площади рабочей зоны на 0%; 2 – 10%,
3 – 20%, 4 – 30%, 5 – 40%, 6 – 50%, 7 – 60%, 8 – 70%, 9 – 80%; I – линия уровня производительности 2,5 млн м³; II – 5 млн м³; III – 7,5 млн м³;
IV – 10 млн м³

Таким образом, для обеспечения производительности карьера по руде 7,5 млн м³/год при уменьшении длины активного фронта горных работ до 3000 м активная площадь рабочей зоны в которой концентрируются горные работы должна быть не менее 60% от общей площади рабочей зоны (точка В на рис. 3). При этом линия характеризующая вовлечение в разработку 50% (линия 6) рабочей зоны карьера не пересекается с линией уровня производительности по руде 7,5 млн м³/год. Это говорит о том, что в случае выделения в ка-

рьеру двух равных участков концентрации горных работ (активная площадь рабочей зоны должна составлять 50% от общей площади рабочей зоны) заданную производительность карьера по руде в 7,5 млн м³/год достичь не возможно. В этом случае возможная производительность карьер составит 6 млн м³/год.

Выводы. В результате исследований было установлено, что:

1. Определение оптимальных параметров системы разработки, которые удовлетворяют нормируемым запасам для заданной производительности карьера по руде необходимо определять с учетом размеров активной части рабочей зоны карьера.

2. В случае концентрации горных работ на отдельных участках рабочей зоны карьера для заданной производительности при определении параметров системы разработки необходимо учитывать как обеспечение нормативов готовых к выемке запасов при сокращении длины вовлекаемых в отработку уступов, так и уменьшение максимально возможной длины активного фронта горных работ на этих участках за счет увеличения ширины рабочей площадки.

1. Кумачев К. А., Майминд В. Я. Проектирование железорудных карьеров. М. : Недра, 1981. – 464 с. 2. Lutsenko A. Sergey. Open pits productivity control along with iron ore products demand variation. *Quality – Access to Success*. 2017. Vol. 18(S1). P. 226–230. 3. Анистратов Ю. И., Анистратов К. Ю. Проектирование карьеров. М. : Издательство НПК «Гемос Лимитед», 2002. 176 с. 4. Трубецкой К. Н., Краснянский Г. Л., Хронин В. В. Проектирование карьеров. М. : Высшая школа, 2009. 694 с. 5. Близнюков В. Г., Ковальчук В. А. Концентрация горных работ в карьере. *Разработка рудных месторождений*. Киев : Техника, 1990. Вып. 49. С. 31–34. 6. Близнюков В. Г., Ковальчук В. А. Влияние концентрации горных работ на технико-экономические показатели разработки. *Известия высших учебных заведений. Горный журнал*. № 8. 1992. С. 76–79. 7. Арсентьев А. И. Производительность карьеров. СПб, 2002. 85 с. 8. Луценко С. А. Разработка метода определения максимальной, по горным возможностям, производительности карьера по руде. *Геотехническая механика*. Днепропетровск, 2017. № 130. С. 168–175. 9. Гавришев С. Е., Бурмистров К. В., Колонюк А. А. Интенсивность формирования рабочей зоны глубоких карьеров. Магнитогорск : Изд-во Магнитогорск. гос. тех. ун-та им. Г.И. Носова, 2013. 189 с.

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

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

INVESTIGATION OF THE RELATIONSHIP OF DEVELOPMENT SYSTEM PARAMETERS AT CONCENTRATION OF MINING WORKS

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 is shown that in the process of determining the working platform width for a given open pit ore productivity, only the length of the active front on the ore and overburden at the time of assessment is taken into account. And it does not take into account the effect of changing the width of the working platform on it. The influence of the size of the active part of the working zone of open pit on the parameters of the mining system that satisfy the standard reserves for a given ore open pit productivity is shown on the example of a conditional quarry. It is substantiated that in the case of the concentration of mining works on separate sections of the working area of the open pit, when determining the parameters of the mining system, it is necessary to take into account both the provision of standards for stocks ready for excavation, with a reduction in the length of the pit banks, involved in mining, and the reduction of the maximum possible length of the active front of the mining works in these areas by means the increase in the width of the working platform.

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 ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ РОЗРОБКИ ПРИ КОНЦЕНТРАЦІЇ 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'єру і запасів руди готових до виймання. Показано, що в процесі визначення ширини робочого майданчика при заданій продуктивності кар'єру за рудою враховується тільки довжина активного фронту за рудою й розкритим породам на момент оцінки. При цьому не враховується вплив на неї зміни ширини робочого майданчика. На прикладі умовного кар'єру показано вплив розміру активної частини робочої зони кар'єру на параметри системи розробки, які задовольняють нормованим запасам для заданої продуктивності кар'єру за рудою. Обґрунтовано, що у випадку концентрації гірничих робіт на окремих ділянках робочої зони кар'єру при визначенні параметрів системи розробки необхідно враховувати, як забезпечення нормативу готових до виймання запасів при скороченні довжини уступів, так і зменшення максимально можливої довжини активного фронту гірничих робіт на цих ділянках за рахунок збільшення ширини робочого майданчика.

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