

С.А. ЛУЦЕНКО, канд. техн. наук, доц., Криворожский национальный университет»

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ ШИРИНЫ РАБОЧЕЙ ПЛОЩАДКИ И ДЛИНЫ ФРОНТА ПРИ КОНЦЕНТРАЦИИ ГОРНЫХ РАБОТ

Актуальность. Поддержание размеров действующей части рабочей зоны глубоких карьеров, необходимой для получения запланированного объема добычи полезного можно достичь за счет изменения ширины рабочих площадок и протяженности активного фронта работ. В результате выполненного анализа научных публикаций было установлено, 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.

Методы исследований. Исследование изменения длины активного фронта горных работ при увеличении ширины рабочей площадки, с помощью графических методов горно-геометрического анализа карьерного поля, позволяет определить необходимые параметры системы разработки, обеспечивающие в карьере нормативный запас руды готовый к выемке, а также размер активной части рабочей зоны для различных значений производительности по руде.

Постановка задач. Целью работы является исследование зависимости длины активного фронта горных работ от ширины рабочей площадки для различных вариантов производительности по руде при концентрации горных работ в карьере.

Результаты. Обосновано, что в случае концентрации горных работ на отдельных участках рабочей зоны карьера для заданной производительности при определении ширины рабочей площадки и длины активного фронта горных работ 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. Установлены основные факторы, влияющие на изменение длины активного фронта горных работ, которые необходимо учитывать при определении параметров системы разработки.

Выводы. В результате исследований было установлено, что определение параметров системы разработки, которые удовлетворяют нормируемым запасам для заданной производительности карьера по руде необходимо осуществлять с учетом размеров активной части рабочей зоны карьера.

Ключевые слова: ширина рабочей площадки, длина фронта горных работ, производительность карьера, готовые к выемке запасы, параметры системы разработки.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. 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.

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]. При этом большое значение имеет выбор таких элементов, как ширина рабочих площадок и протяженность активного фронта работ.

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 ширина резервной полосы и соответственно ширина рабочей площадки определяется продолжительностью периода, на который создаются готовые к выемке запасы [2] и зависит от производительности карьера по руде и длины активного фронта горных работ [3].

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 [4].

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 техни-

ко-экономические результаты разработки [5]. 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 [6]. 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 [7] (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.

Однако, 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 настоящей 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. Ширина рабочей площадки в карьере определяется по нормативам, м

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

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.

Отсюда, длина фронта горных работ составит, м

$$L_p = \frac{A_p \cdot \psi}{(B_H - B_{min}) \cdot h_y}, \quad (2)$$

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.

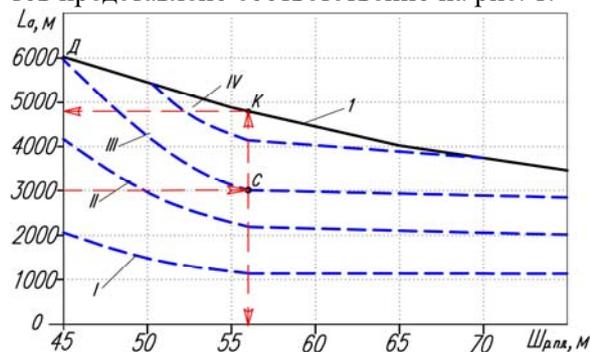


Рис. 1. Изменение длины фронта горных работ в зависимости от увеличения нормативной ширины рабочей площадки при вовлечении в разработку всей рабочей зоны (1): I – линия уровня производительности 2,5 млн м³; II - 5 млн м³; III - 7,5 млн м³; IV - 10 млн м³

При этом необходимо чтобы выполнялось условие возможности обеспечения производительности карьера по руде исходя из расстановки максимального количества добычных экскаваторов [8].

Полученные на рис. 1 кривые (I-IV) явля-

ются линиями уровня производительности карьера по руде. Эти линии уровня представляют собой линии, в каждой точке которых определен 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.

Полученные аналитическим путем кривые не учитывают геометрические параметры рудного тела (форма, длина по простиранию, углы падения и т.д.). В связи с этим для проектируемого карьера необходимо выполнить горно-геометрический анализ при углубке с различной шириной рабочей площадки и установить значения максимально возможной длины активного фронта горных работ в зависимости от ширины рабочей площадки.

В качестве примера, воспользуемся условным карьером. Угол падения залежи - 65°, горизонтальная мощность - 450 м; протяженность - 600 м. Параметры карьера составляют: угол откоса проектного борта - 42°; конечная глубина карьера - 500 м. Для рассматриваемого карьера был выполнен горно-геометрический анализ карьерного поля и определено изменение длины активного фронта горных работ при увеличении ширины рабочей площадки, которое представлено на рис. 1 (линия I).

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 рабочей 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. В связи с этим нужно четко выделить факторы, влияющие на изменение длины активного фронта горных работ и учитывать их при определении параметров системы разработки:

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

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 D 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 C на рис. 1). Однако, исходя из максимального рудного фронта при ширине рабочей площадки 56 м (точка K 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 превы-

шать 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.

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).

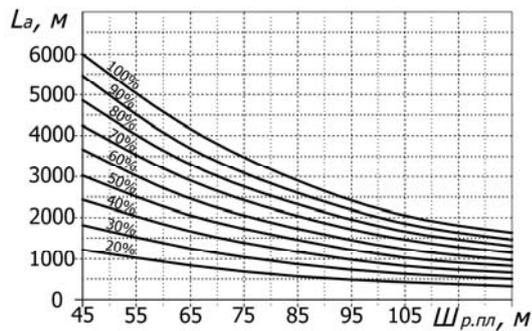


Рис. 2. Длина фронта горных работ в зависимости от ширины рабочей площадки при уменьшении активной площади рабочей зоны карьера

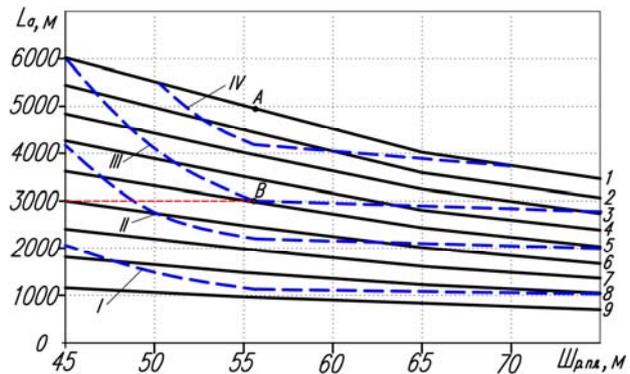


Рис. 3. Определение параметров системы разработки, обеспечивающих заданную производительность по руде: 1 – при уменьшении активной площади рабочей зоны на 0%; 2- 10 %; 3-20 %; 4 – 30 %; 5 – 40 %; 6 – 50%; 7 – 60 %; 8 – 70 %; 9 – 80 %. I – линия уровня производительности 2,5 млн м³; II - 5 млн м³; III - 7,5 млн м³; IV - 10 млн м³

Для заданных условий максимально возможная производительность карьера по горным возможностям составляет 12,5 млн м³/год (точка A на рис. 3). При этом в работу вовлекается вся рабочая зона карьера, параметры системы разработки составляют: ширина рабочей площадки - 57 м, длина активного рудного фронта - 4800 м.

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 B 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 карьере 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 производительность карьер составит 6 млн м³/год.

Выводы. В результате исследований было установлено, что в случае концентрации горных работ на отдельных участках рабочей зоны карьера для заданной производительности при определении ширины рабочей площадки и длины активного фронта горных работ 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.

Список литературы

1. Кумачев К.А. Проектирование железорудных карьеров / К.А.Кумачев, В.Я.Майминд. – М.: Недра, 1981. – 464 с.
2. Норми технологичного проектування гірничодобувних підприємств із відкритим способом розробки родовищ корисних копалин. – Міністерство промислової політики України, м. Київ, 2007. – 279 с.
3. Арсентьев А.И. Определение производительности и границ карьеров / А.И. Арсентьев – М.: «Недра», 1970. – 320 с.
4. Аннстратов Ю.И. Проектирование карьеров / Ю.И. Аннстратов, К.Ю. Аннстратов – М.: Издательство НПК «Гемос Лимитед», 2002. – 176 с.

5. Трубецкой К.Н. Проектирование карьеров / К.Н. Трубецкой, Г.Л. Краснянский, В.В. Хронин. - М.:Высшая школа, 2009. - 694с.
6. Близиюков В.Г. Концентрация горных работ в карьере / В.Г. Близиюков, В.А. Ковальчук // Разраб. рудн. месторожд. – Киев: Техника, 1990. - Вып. 49. - С. 31-34.
7. Близиюков В.Г. Влияние концентрации горных работ на технико-экономические показатели разработки / В.Г. Близиюков, В.А. Ковальчук. – Изв. вузов. - Горный журнал. - №8.- 1992. - С. 76-79.
8. Арсентьев А.И. Производительность карьеров / А.И.Арсентьев. – Санкт-Петербургский горный институт. СПб, 2002.– 85 с.
9. Гавришев С.Е. Интенсивность формирования рабочей зоны глубоких карьеров / С.Е. Гавришев, К.В. Бурмистров, А.А. Колодюк. - Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. тех. ун-та им. Г.И. Носова, 2013. - 189 с.

Рукопись поступила в редакцию 17.03.17

UDC 622.235: 622.27

E.A. NESMASHNY, G.I. TKACHENKO, doctor of science (engineering), professor
SIHE “Kryvyi Rih National University”

STABILITY EVALUATION OF JSC "YuGOK" EASTERN PIT WALL TAKING INTO ACCOUNT SEISMIC MASS BLASTING EFFECT

Intention. In the reconstruction of the transport system of pit "YuGOK" in order to maintain its production capacity it was necessary to build a spiral deep trench for rail transport. This construction, especially in the eastern wall, is to be produced in limited working area and under unfavorable geological conditions (presence of planes of weakness with a slide in the pit and a close residential village). Therefore, the numerical estimation of seismic influence on the stability of mass blasting on rock benches to determine safe DBO parameters during their construction is an important scientific task.

Problem of Research. Definition of the seismic influence caused by holding mass blasting on the stability of the benches and bench groups is currently a poorly understood issue. In the above mentioned methodological instructions only the fact that the negative impact of seismic mass blasting on the stability of open mines is mentioned, but analytical expressions for the numerical determination of the influence are not given.

Methodology of Research. Provides theoretical aspects of the geomechanical process that take place in the open-pit mine slope. The calculation of the safety degree along the redesigned most dangerous sliding surface is performed by means of the algebraic summation of the forces. The refraction point of the sliding surface is determined by a gradual approximation using incremental calculations. The bench stability calculation in case of eastern pit wall bench groups of "YuGOK" is based on their designed position after the completion of the railway spiral V-shaped extended trench. The geotechnical schemes used to calculate the stability of the benches and bench groups. To determine the numerical value of the rock massif vibration acceleration in mass blasting, let us use the results of seismic monitoring.

Results of Research. Based on analysis of previous works, the analytical expressions for determining the degree of stability of open pit mining considering seismic impact of mass blasting were obtained.. The parameters of the drilling and blasting operations (DBO), the use of which provide the long-term sustainability for benches and bench groups in the pit were elaborated.

Key words: mass blasting, stability factor, seism safe parameters of drilling and blasting operations (DBO).

Statement of the scientific problem. The degree of stability of open pits is usually determined by either at the design of mining companies, or at their reconstruction [3]. So in the reconstruction of the transport system of pit "YuGOK" in order to maintain its production capacity it was necessary to build a spiral deep trench for rail transport. This construction, especially in the eastern wall, is to be produced in limited working area and under unfavorable geological conditions (presence of planes of weakness with a slide in the pit and a close residential village). Therefore, the numerical estimation of seismic influence on the stability of mass blasting on rock benches to determine safe DBO parameters during their construction is an important scientific task.

Analysis of research and publications Analysis of the literature shows when calculating stability of pit benches and slopes usually engineering methods are used, which are based on the fundamentals of the limit equilibrium theory and are recommended as regulations[1,2].

Basic reference data of these methods is based on the fact that the limit equilibrium is not ensured in all the points of the massif, but only on its inner boundary (most probable slide surface), for which the value is determined by retaining ΣF_{ud} and shear forces ΣF_{sdv} . Their ratio determines the value of the safety factor on this n_z surface subsidence

$$n_z = \frac{\Sigma F_{ud}}{\Sigma F_{sdv}}, \quad (1)$$