

конгресса (V Международной научно-технической конференции) «Экология и безопасность жизнедеятельности промышленно – транспортных комплексов» ELPIT 2011 (Тольятти – Самара, Россия, 21-25 сентября 2011 года): сборник научных докладов: в 2 т./ под ред. А. В. Васильева. – Тольятти: Изд – во ТГУ, 2011. – Т. 1. – С. 72-77

Рукопис подано до редакції 23.10.2019

УДК 622.271.4:622.271.32-027.235

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

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМОВ ЛИКВИДАЦИИ ВСКРЫШНОГО ОТСТАВАНИЯ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ КАРЬЕРА ПО РУДЕ

Цель. Для увеличения производительности карьера по руде необходимо произвести расширение рабочих площадок с целью ликвидации вскрышного отставания. В таких условиях составление производственных программ предприятий, а в последующем и их выполнение, становится все более проблематичным, что подтверждается практикой производства, поэтому в первую очередь необходимо определить годовые объемы ликвидации вскрышного отставания. Целью данной работы является усовершенствование научно-методической базы в области проектирования и планирования открытых горных работ путем разработки критериев и методов определения годовых объемов ликвидации вскрышного отставания, обеспечивающих в карьере нормальные условия добычи полезного ископаемого при изменении его производительности, которые должны учитывать взаимосвязь параметров системы разработки, исходя из условия обеспечения нормативного объема готовых к выемке запасов.

Методы исследования. При определении годовых объемов ликвидации вскрышного отставания необходимо исходить из граничных объемов ликвидации вскрышного отставания, а также количества горного оборудования, которое предусмотрено для обеспечения производственной мощности по горной массе. При этом необходимо учитывать взаимосвязь параметров системы разработки, которые обеспечивают в карьере необходимый объем готовых к выемке запасов.

Научная новизна. Предложенная методика определения годовых объемов ликвидации вскрышного отставания при изменении производительности карьера по руде позволяет учитывать взаимосвязь режима горных работ и производительности карьера по руде при условии обеспечения в карьере норматива готовых к выемке запасов.

Практическая значимость. Результаты выполненных исследований могут быть использованы проектными организациями и горнодобывающими предприятиями при определении производительности карьера по руде.

Результаты. Разработана методика определения оптимальных годовых объемов ликвидации вскрышного отставания при изменении производительности карьера по руде, а также критерий оценки вариантов работы карьера в условиях ликвидации вскрышного отставания. Определена область возможных вариантов производительности по руде в переходные периоды работы карьера.

Ключевые слова: железорудные карьеры, вскрышные работы, коэффициент вскрыши, рабочая площадка уступа, ликвидация вскрышного отставания.

doi: 10.31721/2306-5451-2020-1-50-78-82

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Перспектива развития горного производства заключается в росте объемов добычи полезных ископаемых при усложнении условий эксплуатации месторождений. Основные тенденции открытых горных работ на ближайшую перспективу характеризуются постоянным ростом объемов выемки вскрышных пород, что в наибольшей степени вызвано увеличением глубины ведения работ и ростом спроса на полезное ископаемое [1]. Современное состояние железорудных карьеров Кривбасса характеризуется значительной их глубиной (более 400 м), которая и в дальнейшем будет увеличиваться до проектных отметок.

При изменении производительности карьера по руде, что характерно для современной экономики, соответственно будут меняться и параметры системы разработки, в частности ширина рабочей площадки и длина фронта горных работ. Увеличение производительности карьера по руде приводит к увеличению ширины рабочих площадок. Поэтому выполнение заданной производительности карьера по руде возможно за счет изменения режима горных работ [2] вследствие корректировки параметров системы разработки для обеспечения нормативных запасов руды готовых к выемке [3]. Невыполнение данного объема вскрыши при увеличении производительности по руде приведет к нарушению законов развития карьерного пространства и как следствие этого неплановому накоплению объемов вскрышных пород. В данных условиях ликвидации отставания по вскрыше осуществляется с нарушением планомерного и равномерного

развития вскрышных и добычных работ. Поэтому составление производственных программ предприятий, а в дальнейшем и их выполнения, становится все более проблематичным, что подтверждается практикой производства, поэтому в первую очередь необходимо определить годовые объемы ликвидации отставания по вскрыше.

Анализ исследований и публикаций. В результате выполненного анализа научных публикаций посвященным вопросам уменьшения объемов вскрышных работ [4-8] было установлено, что существующие методы планирования горных работ не учитывают взаимосвязь режима горных работ и производительности карьера по руде [9, 10] при условии обеспечения в карьере норматива готовых к выемке запасов в случае изменения производительности.

Постановка задач. Цель настоящей работы – разработка методики определения годовых объемов ликвидации вскрышного отставания, а также определение возможных вариантов работы карьера при увеличении производительности карьера по руде.

Изложение основного материала и результатов. Исследованиями было установлено, что увеличение производительности по руде должно осуществляться с учетом изменения режима горных работ, который характеризуется количеством и продолжительностью периодов усреднения, а также значениями эксплуатационных коэффициентов вскрыши по каждому из периодов. В соответствии с этим изменится и производственная мощность по горной массе, которая определяет минимально необходимое количество единиц горного оборудования.

Поэтому при увеличении производительности карьера по руде с величины A_p до A'_p значение эксплуатационного коэффициента вскрыши изменится с n до n' , а производственной мощности по горной массе с $Q_{зм}$ до $Q'_{зм}$. Прирост производственной мощности по горной массе определяется по формуле, m^3

$$\Delta Q_{зм} = Q'_{зм} - Q_{зм} = A'_p (1+n') - A_p (1+n). \quad (1)$$

Ликвидация вскрышного отставания должна предшествовать увеличению производительности по руде, и производится в переходные периоды работы карьера от одного положения рабочего борта к другому, продолжительность которых, для обеспечения покрытия спроса на железорудную продукцию, должна быть минимальна. При этом переходные периоды характеризуются значительным увеличением текущих коэффициентов вскрыши и соответственно производственной мощности по горной массе. В связи, с чем потребуются дополнительные капитальные вложения на приобретение основного горного оборудования, что является нецелесообразным ввиду краткосрочности переходных периодов. Поэтому необходимо стремиться произвести ликвидацию вскрышного отставания без дополнительных капитальных затрат.

Чтобы запланировать производственные показатели карьера в период ликвидации вскрышного отставания необходимо определить годовые объемы ликвидации вскрышного отставания, которые и определяют необходимое количество основного горного оборудования.

Годовые объемы ликвидации вскрышного отставания определяются:

исходя из граничных объемов ликвидации вскрышного отставания;

исходя из количества горного оборудования, которое предусмотрено для обеспечения производственной мощности по горной массе $Q'_{зм}$ при производительности карьера по руде A'_p .

При известной производительности карьера по руде и граничном коэффициенте ликвидации вскрышного отставания можно определить годовой объем ликвидации вскрышного отставания по формуле, $m^3/\text{год}$,

$$V_{отст}^{zod} = n^{zod} A_p. \quad (2)$$

Исходя из количества горного оборудования объем вскрышного отставания, который можно ликвидировать за один год без дополнительных капитальных вложений определяется по формуле, m^3

$$V_{отст}^{zod} = Q_{np}^{z.o.} - (A_{p(i)} n_{(i)} + A_{p(i)}), \quad (3)$$

где $Q_{np}^{z.o.}$ - суммарная производительность горного оборудования в карьере, $m^3/\text{год}$; i – вариант увеличения производительности карьера по руде в диапазоне от A_p до A'_p ; $n_{(i)}$ - эксплуатационный коэффициент вскрыши, обеспечивающий нормальную работу карьера с производительностью $A_{p(i)}$, $m^3/\text{т}$.

Время ликвидации вскрышного отставания определяется по формуле, лет

$$t_{\text{лво}} = \frac{V'_{\text{отст}}}{V_{\text{отст}}^{\text{год}}}, \quad (4)$$

где $V'_{\text{отст}}$ - объем вскрышного отставания который необходимо ликвидировать при увеличении производительности карьера с A_p до A'_p .

Графическое решение по определению области возможных вариантов работы карьера, обеспечивающих ликвидацию вскрышного отставания представлено на рис. 1.

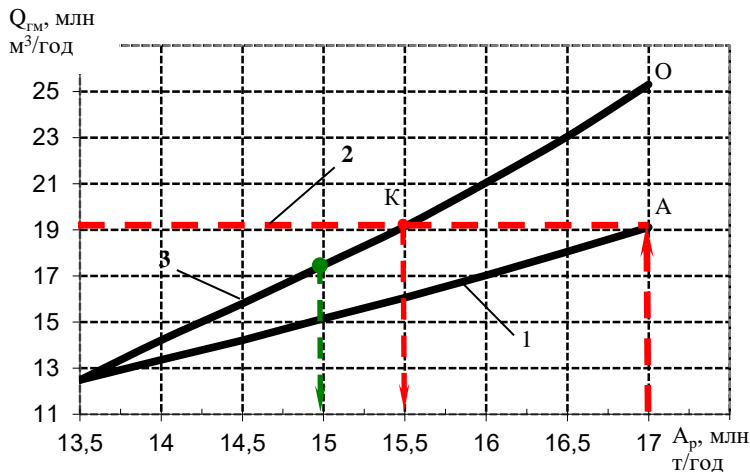


Рис. 1. Определение области возможных вариантов производительности по руде в переходные периоды работы карьера

На рис. 1 линия 1 показывает изменение объемов выемки горной массы при увеличении производительности по руде без учета объемов вскрышного отставания (объемов горной массы, которые извлекаются при реконструкции борта карьера [11]). Линия 2 показывает суммарную производительность основного горного оборудования в карьере.

Для обеспечения в карьере нормативов готовых к выемке запасов необходимо произвести расширение рабочих площадок с целью ликвидации вскрышного отставания. Линия 3 показывает изменение объемов выемки горной массы при увеличении производительности по руде с учетом объемов вскрышного отставания. Таким образом, для обеспечения запланированного увеличения производительности по руде необходимо ликвидировать 6,2 млн м³ вскрышного отставания (AO).

Точка пересечения линии 3 с линией 2 (точка K) показывает граничный вариант производительности по руде при которой возможна ликвидация вскрышного отставания. Отсюда можно определить варианты производительности карьера по руде (в пределах 13,5-15 млн т/год), которые позволяют ликвидировать вскрышное отставание без дополнительных капитальных вложений на приобретение основного горного оборудования.

Варианты работы карьера отличаются как режимом горных работ и годовыми объемами ликвидации вскрышного отставания, так и производительностью карьера по руде. Поэтому в качестве критерия оценки предлагается рассматривать максимум чистой современной стоимости денежных потоков, грн,

$$NPV = \sum_{t=1}^T \frac{CF_t}{(1+E)^t} - \sum_{t=1}^T \frac{K_t}{(1+E)^t}, \quad (5)$$

где CF_t – чистый денежный поток (суммарная прибыль от реализации железорудного товарной продукции) в t -й год, грн; E – ставка дисконта, доли ед; K – капитальные инвестиции в t -м году на увеличение производительности карьера, грн; T – оцениваемый период времени, лет.

Капитальные инвестиции, необходимые для дальнейшего развития карьера и увеличение производственной мощности, согласно условию (1) одинаковы. В дальнейшем капитальные инвестиции, вложенные в производственные фонды, постепенно возвращаются в виде амортизационных отчислений. Поэтому для упрощения экономической оценки эффективности вариантов работы карьера можно исключить из расчетов как капитальные инвестиции, которые не оказывают существенного влияния на разницу между вариантами, так и амортизационные отчисления.

Таким образом, формула определения NPV приобретет следующий вид, грн

$$NPV = \sum_{t=1}^T \frac{CF_t}{(1+E)^t}. \quad (6)$$

Оптимальный вариант определяется исходя из максимального размера чистой современной стоимости денежного потока за оцениваемый период

$$NPV \rightarrow \max \quad (7)$$

Чистый денежный поток представляет собой разницу между положительным денежным потоком (поступлением денежных средств) и отрицательным денежным потоком (расходом денежных средств). Чистый денежный поток определяется следующим образом, грн

$$CF_{(t)} = (CIF_{(t)} - COF_{(t)}) \times (1 - N), \quad (8)$$

где $CIF_{(t)}$ – денежные поступления (выручка) от реализации товарной продукции в t -й год, грн; $COF_{(t)}$ – денежные затраты (эксплуатационные расходы) предприятия, грн; N – ставка налога на прибыль, выраженная десятичной дробью.

Денежные поступления или выручка включает в себя денежные средства, полученные в результате реализации товаров, готовой продукции, работ, услуг. Денежные поступления определяются, грн

$$CIF_{(t)} = \varphi \cdot A_{p(t)} \cdot \gamma_k, \quad (9)$$

где φ – цена реализации товарной продукции, грн/т; $A_{p(t)}$ – производительность карьера по руде в t -й год, т; γ_k – выход товарной продукции из добываемой руды, доли ед.

Денежные затраты включают в себя все издержки (затраты), понесенные предприятием на производство и реализацию товарной продукции.

В связи с тем, что на протяжении исследуемого периода возможны значительные колебания объемов выемки вскрышных пород и руды, то расчет денежных затрат необходимо осуществлять на основании условно-постоянных и условно-переменных затрат.

Тогда затраты можно представить в виде формулы, грн

$$COF_{(t)} = COF_{(t)}^{Ak} + COF_{(t)}^{Ap} + COF_{(t)}^{omcm}, \quad (10)$$

где $COF_{(t)}^{Ap}$ – производственные затраты на добычу руды в t -й год, грн; $COF_{(t)}^{Ak}$ – производственные затраты на переработку руды и реализацию продукции в t -й год, грн; $COF_{(t)}^{omcm}$ – производственные затраты на ликвидацию вскрышного отставания в t -й год, грн

Производственные затраты на добычу руды составят, грн

$$COF_{(t)}^{Ap} = A_{p(t)} c_p^{y.nep.} + 3K^{y.nocm.}, \quad (11),$$

где $3K^{y.nocm.}$ – условно-постоянные затраты на добычу руды, грн; $c_p^{y.3M.}$ – удельные условно-переменные затраты на добычу руды, грн/т;

$$c_p^{y.nep.} = a_o^{y.nep.} + n \cdot b^{y.nep.}, \quad (12)$$

$a_o^{y.nep.}$ – удельные условно переменные затраты на добычу руды без затрат на вскрышу, грн/т;

$$a_o^{y.nep.} = f(A_{p(t)}, L_{p.a.}, B_n), \quad (13)$$

n – эксплуатационный коэффициент вскрыши, обеспечивающий нормальную работу карьера с производительностью $A_{p(t)}$, м³/т; $b^{y.nep.}$ – удельные условно переменные затраты на выемку вскрышных пород, грн/м³

$$b^{y.nep.} = f(A_{p(t)}, L_{p.a.}, B_n). \quad (14)$$

Производственные затраты на производство и реализацию товарной продукции определяются по формуле, грн,

$$COF_{(t)}^{Ak} = 3\Phi_{(t)}^{y.3M.} + 3\Phi_{(t)}^{y.nocm.}, \quad (15)$$

$3\Phi_{(t)}^{y.nep.}$ – условно-переменные затраты на переработку руды и реализацию продукции в t -й год, грн; $3\Phi_{(t)}^{y.nocm.}$ – условно-постоянные затраты на переработку руды и реализацию продукции, грн.

Производственные затраты на ликвидацию вскрышного отставания определяются по формуле, грн

$$COF_{(t)}^{omcm} = V_{omcm(t)}^{zod} \cdot b^{y.nep.}, \quad (16)$$

После преобразования получим конечный вид критерия

$$NPV = \sum_{t=1}^T \left(\frac{A_{p(t)} \gamma_k \cdot \varphi}{(1+E)^t} - \left(\frac{A_{p(t)} (a_o^{y.3M.} + n \cdot b^{y.3M.}) + 3K^{y.nocm.}}{(1+E)^t} \right) + \right.$$

$$+ \frac{3\Phi_{(t)}^{y.пер} + 3\Phi_{(t)}^{y.пост} + V_{отст(t)}^{год} b^{y.пер}}{(1+E)^t} \times (1-N) \rightarrow \max. \quad (17)$$

Таким образом, конкретизированной критерий направлен на максимизацию прибыли в условиях увеличения производительности карьера по руде с учетом ликвидации отставания по вскрыше.

Выводы и направление дальнейших исследований. В результате выполненных исследований была разработана методика определения оптимальных годовых объемов ликвидации вскрышного отставания при изменении производительности карьера по руде, а также критерий оценки вариантов работы карьера в условиях ликвидации вскрышного отставания.

Список литературы

1. Соколовский А.В. Принципы проектирования развития действующего карьера / А.В.Соколовский // Горн. инф.-аналит. бюлл. – 2007. - №12. – С.21-26.
2. Луценко С. А. Исследование режима горных работ, обеспечивающего достижение максимально возможной производительности карьера по руде / С.А.Луценко // Вісник НТУУ "КПІ". – Київ. – 2017. - Вип. 34. – С34-40.
3. Луценко С. А. Определение ширины рабочей площадки и длины фронта горных работ при изменении производительности карьера по руде / С.А.Луценко // Збірник наукових праць НГУ. - Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2017. - №50. С. 63-69.
4. Арсентьев А.И. Проектирование горных работ при открытой разработке месторождений / А.И. Арсентьев, Г.А. Холодняков – М.: Недра, 1994. – 336 с.
5. Новожилов М.Г. Технология открытой разработки полезных ископаемых. Ч.2 / М.Г. Новожилов, В.С. Хохряков, Г.Д. Пчелкин, В.С. Эскин. – М.: Недра, 1971. – 552с.
6. Ржевский В.В. Научные основы проектирования карьеров / В.В. Ржевский, М.Г. Новожилов, Б.П. Юматов. – М.: Недра, 1971. – 600 с.
7. Близнюков В.Г. Один из путей сохранения нормальной ширины рабочей площадки при уменьшении объемов вскрышных работ в карьере / В.Г. Близнюков, С.Ю. Оводенко // Разработка рудных месторождений. – Изд-во: «Техника», 1988. – №45. – С. 11–14.
8. Близнюков В.Г. Планирование режима вскрышных работ с учетом производительности карьера по полезному ископаемому / В.Г. Близнюков, А.В. Савицкий, О.Ю. Близнюкова // Горный журнал. – 2013. – №5. – С. 4–8.
9. Lutsenko A. Sergey. Open pits productivity control along with iron ore products demand variation / A. Sergey Lutsenko // Quality – Access to Success. – 2017. – vol. 18(S1) – С. 226-230.
10. Близнюков В.Г. Improvement of technical criteria for comparative evaluation of mining operation options of iron ore open pits / В.Г. Близнюков, С.А. Луценко // Науковий вісник НГУ. – Д.:ДВНЗ «НГУ», 2017. - №1. С. 44-49.
11. 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.

Рукопись поступила в редакцию 07.02.2020

УДК 622.2

Б.І. РИМАРЧУК, д-р техн. наук, проф., О.Л. ШЕПЕЛЬ, канд. техн. наук, доц.,
М.В. ХУДИК, канд. техн. наук, ст. викладач
Криворізький національний університет

ПРО ПИТАННЯ ЗНИЖЕННЯ ГІРНИЧОГО ТИСКУ ПРИ ВИПУСКУ РУДИ З ОБВАЛЕНИХ БЛОКІВ

Мета. Метою даної роботи є аналіз досліджень ефективності випуску руди, як основного процесу підземних гірничих робіт при системах розробки підповерхового обвалення руди й вмщувальних порід, які забезпечують покращення параметрів випуску руди.

Методи. У роботі використано такі методи: детальний аналіз та дослідження вітчизняного досвіду випуску обваленої руди з панелей та блоків, що актуальний на теперішній час; аналітичні дослідження процесу випуску руди по всій площині блоку при горизонтальному контакті між рудою й налягаючими породами й відсутності сильного гірського тиску на підготовчі виробки; експериментальні дослідження випуску руди в лабораторних умовах на моделях максимально приближених до реальних умов; програмні методи для оброблення результатів експериментів.

Наукова новизна. В процесі аналізу випуску руди по всій площині панелі або блоку припущено, що випуск обваленої руди із блоку або панелі викликає перерозподіл тиску в зоні очисних робіт. Встановлено закономірності зміни тиску обвалених порід на днищі блоку при розробці потужних крутоспадних покладів великого простягання. Наведено певні співвідношення між вихідними параметрами, за якими можна регулювати величину тиску обвалених