

УДК 622.271.33«37»: 622.013

С.А. ЖУКОВ, д-р техн. наук, проф., С.А. ЛУЦЕНКО, канд. техн. наук, доц.  
Криворожский национальный университет

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ КАРЬЕРА НА ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАЗРАБОТКИ

**Цель.** Усовершенствовать научно-методическую базу в области проектирования и планирования открытых горных работ путем разработки новых и корректировки существующих методов определения производительности карьера по руде, которые должны учитывать взаимосвязь режима горных работ и производительности карьера по руде, исходя из условия обеспечения нормативного объема готовых к выемке запасов.

**Методика.** При определении производительности карьера по руде необходимо учитывать влияние взаимосвязи режима горных работ и производительности, исходя из условия обеспечения нормативного объема готовых к выемке запасов, на себестоимость добычи руды и производства концентрата

**Результаты.** С увеличением производительности по руде себестоимость добычи руды, а также себестоимость производства концентрата уменьшаются. При этом максимально возможная производительность карьера по полезными ископаемыми, обеспечивает максимальную экономическую эффективность разработки месторождения при выбранном направлении углубки карьера. Уменьшение производительности по полезным ископаемым на 20 и 40% влечет за собой уменьшение прибыли от разработки месторождения соответственно на 10 и 20%.

**Научная новизна.** Установлено, что увеличение угла откоса рабочего борта карьера значительно снижает экономическую эффективность разработки месторождения в связи с тем, что работа карьера с большим углом откоса влечет за собой не только уменьшение текущих коэффициентов вскрыши в результате улучшения режима горных работ, но и уменьшение производительности по руде, что уменьшает приведенную ценность товарной продукции вследствие увеличения периода разработки месторождения.

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

**Ключевые слова:** открытые горные работы, производительность карьеров по руде, режим горных работ, себестоимость добычи руды, себестоимость концентрата.

doi: 10.31721/2306-5451-2018-1-47-139-143

**Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.** Для выбора производительности карьера, обеспечивающей максимальную эффективность разработки месторождения, необходим всесторонний технико-экономический анализ работы предприятия, учитывающий в том числе и влияние фактора времени на оценку результатов его работы [1,2].

Существующая взаимосвязь параметров системы разработки, обеспечивающих в карьере норматив готовых к выемке запасов [3], обуславливает при изменении производительности по полезному ископаемому изменение и коэффициентов вскрыши [4]. В свою очередь изменение коэффициентов вскрыши отражается на объемах горной массы и их распределении по годам эксплуатации, что в конечном итоге является одним из основных факторов, влияющих на экономические показатели работы карьера [5]. При этом максимальная производительность по руде обуславливает и максимальную или близкую к максимальной производительность по горной массе, что приводит к увеличению затрат на разработку месторождения. Таким образом, увеличение производительности карьера по полезному ископаемому сопровождается ростом не только доходов, но и затрат.

В связи с этим возникает вопрос, будет ли целесообразной с точки зрения экономической эффективности работа карьера с максимально возможной производительностью по полезному ископаемому.

**Анализ исследований и публикаций.** Большинство количество исследований направленных на установление влияния производительности карьера на экономические показатели разработки существующую взаимосвязь развития горных и добычных работ в карьере рассматривают только исходя из условия, что изменение угла откоса рабочего борта карьера приводит к изменению текущих коэффициентов вскрыши [6-8]. При этом не учитывается необходимость обеспечения нормативного объема готовых к выемке запасов [9].

Известно, что по мере роста производственной мощности карьера и уменьшении срока его эксплуатации, при одних и тех же запасах, изменяются удельные условно-постоянные затраты, а значит изменяется и себестоимость добычи руды [10]. Поэтому необходимо исследовать из-

менение себестоимости добычи руды и производства конечной товарной продукции с учетом изменения коэффициентов вскрыши при увеличении производительности по руде.

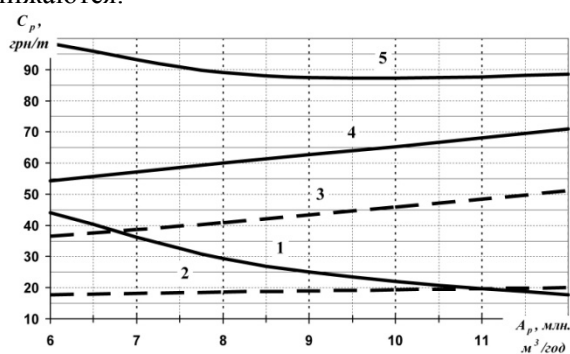
**Постановка задач.** Основной целью работы является - усовершенствовать научно-методическую базу в области проектирования и планирования открытых горных работ путем разработки новых и корректировки существующих методов определения производительности карьера по руде, которые должны учитывать взаимосвязь режима горных работ и производительности карьера по руде, исходя из условия обеспечения нормативного объема готовых к выемке запасов.

**Изложение основного материала.** Создание нормальных условий работы карьера для различных вариантов производительности по руде, в пределах максимально возможного значения, возможно за счет изменения ширины рабочих площадок, благодаря чему обеспечивается норматив готовых к выемке запасов. При этом увеличение ширины рабочих площадок приводит к уменьшению количества рабочих уступов в пределах залежи и соответственно к изменению длины фронта горных работ, как на рудных горизонтах, так и на вскрышных, что в значительной мере определяет расстояние транспортирования горной массы в карьере. С увеличением ширины рабочей площадки расстояние транспортирования увеличивается как на рудных горизонтах, так и на вскрышных. Это связано с тем, что при увеличении ширины рабочей площадки рудный фронт концентрируется на меньшем количестве уступов в нижней части карьера. При этом вскрышной фронт горных работ увеличивается за счет увеличения количества нижележащих вскрышных уступов. Поэтому при определении себестоимости добычи руды и производства конечной товарной продукции необходимо учитывать, что с увеличением производительности по руде будет увеличиваться ширина рабочих площадок, а также плечо откатки от забоев до вскрывающей выработки. Следовательно, даже небольшое увеличение расстояния транспортирования при значительных объемах перевозок приведет к существенному увеличению затрат.

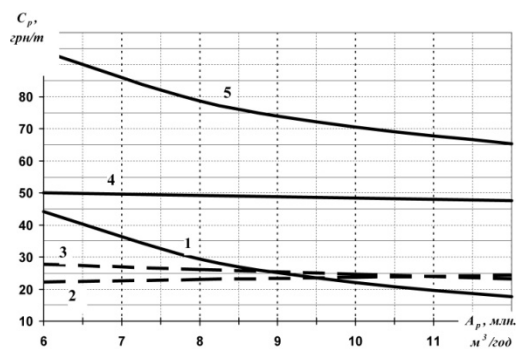
Для условий, близких горно-обогатительным комбинатам Кривбасса, проанализируем влияние производительности карьера на себестоимость производства конечной товарной продукции. Исследуем работу карьера, разрабатывающего крутопадающее месторождение полезного ископаемого. Карьерное поле разделим по глубине на зоны, внутри которых закономерность изменения объемов горной массы с понижением горных работ остается постоянной.

Проведенные исследования позволяют установить степень влияния различных затрат на производственную себестоимость концентрата при изменении производительности карьера по руде.

Из рис. 1 и 2 видно, что удельные условно-постоянные затраты на добычу руды (линия 1) как в первом, так и во втором периоде одинаковы и с увеличением производительности по руде снижаются.



**Рис. 1.** Влияние производительности карьера по руде на производственную себестоимость добычи руды и ее составляющие на первом этапе его работы: 1 – удельные условно-постоянные затраты на добычу руды; 2 – удельные условно-переменные затраты на добычу руды без затрат на вскрышу; 3 – удельные условно-переменные затраты на выемку вскрышных пород; 4 – удельные условно-переменные затраты на добычу руды; 5 – удельная производственная себестоимость руды



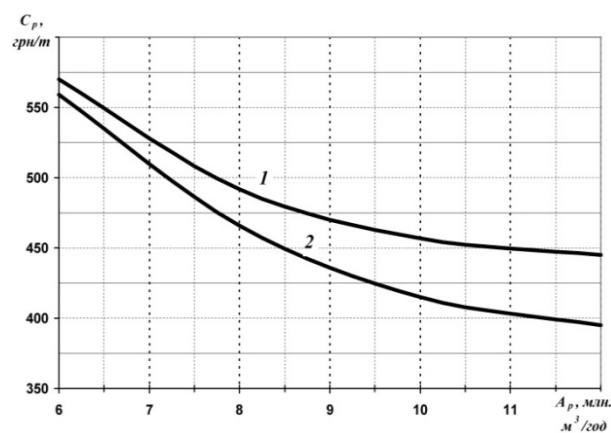
**Рис. 2.** Влияние производительности карьера по руде на производственную себестоимость добычи руды и ее составляющие на втором этапе его работы:

1 – удельные условно-постоянные затраты на добычу руды; 2 – удельные условно-переменные затраты на добычу руды без затрат на вскрышу; 3 – удельные условно-переменные затраты на выемку вскрышных пород; 4 – удельные условно-переменные затраты на добычу руды; 5 – удельная производственная себестоимость руды

В первом периоде работы карьера с увеличением производительности по руде вследствие увеличения дальности транспортирования и коэффициентов вскрыши удельные условно-переменные затраты на добычу руды увеличиваются (линия 4, рис. 1).

Однако во втором периоде вследствие уменьшения коэффициентов вскрыши удельные условно-переменные затраты на добычу руды при увеличении производительности незначительно уменьшаются (линия 4, рис. 2).

Кривая 5 (рис. 1, 2) показывает изменение производственной себестоимости руды в зависимости от производительности карьера по руде при уже выбранном направлении развития горных работ и свидетельствует о наличии оптимального значения производительности. На рис. 3 показано изменение себестоимости производства концентрата от производительности карьера по руде для первого (линия 1) и второго (линия 2) периодов работы. Из рисунков видно, что с увеличением производительности по руде себестоимость добычи руды, а также себестоимость производства концентрата уменьшаются.



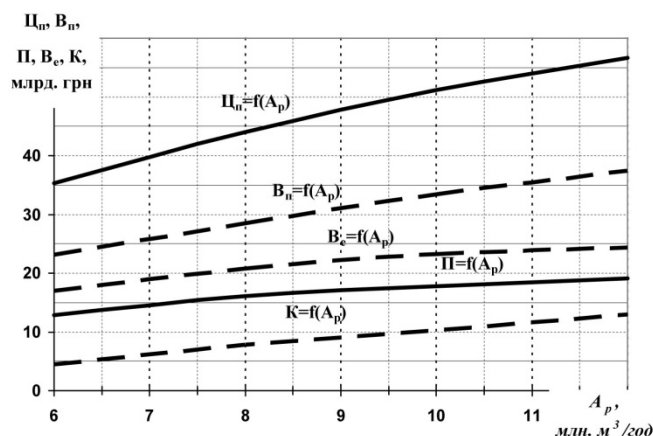
**Рис. 3.** Влияние производительности карьера по руде на производственную себестоимость концентрата на первом (1) и втором (2) этапе работы карьера

Однако себестоимость не может полностью характеризовать тот прирост продукции, ради которого ведется разработка. Основной целью деятельности предприятия является получение прибыли. Поэтому более рационально решать задачу определения оптимальной производительности карьера по прибыли от реализации товарной продукции ГОКа.

В качестве критерия оптимальности при сравнении вариантов принята прибыль от реализации товарной продукции (концентрата). Для соизмеримости разновременных затрат и доходов их приводили к одному моменту оценки.

Подсчитываем затраты и доходы от разработки месторождения полезного ископаемого и производства концентрата при работе карьера с различными значениями производительности и цене на концентрат, при этом для каждого варианта производительности задаемся определенными скоростями углубки горных работ. Вместе с тем, при изменении производительности карьера по руде необходимо учитывать изменение угла откоса рабочего борта карьера вследствие изменения параметров системы разработки обеспечивающих в карьере норматив готовых к выемке запасов. Что приводит к изменению коэффициентов вскрыши и дальности транспортирования горной массы.

Эти расчеты выполнены для определенного варианта развития горных работ в карьере и лишь указывают на наличие оптимальной производительности. Изменение направления развития



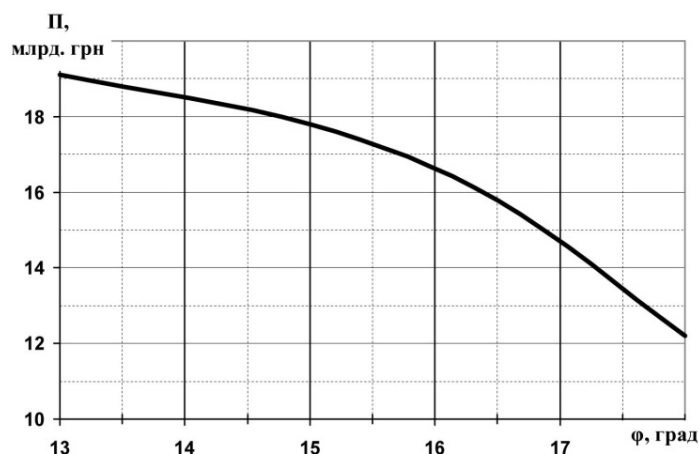
**Рис. 4.** Изменение затрат и доходов от разработки месторождения полезного ископаемого и производства концентрата в зависимости от производительности карьера по полезному ископаемому

горных работ влечет за собой изменение календарного распределения объемов вскрышных и добычных работ.

Результаты расчетов представлены на рис. 4. Из графиков функции  $K=f(A_p)$ ,  $Z_s=f(A_p)$  видно, что приведенные суммарные капитальные ( $K$ ) и эксплуатационные ( $Z_s$ ) затраты с увеличением производственной мощности карьера возрастают.

На рис. 5 показано влияние угла откоса рабочего борта карьера на приведенную прибыль от разработки месторождения при обеспечении в карьере норматива готовых к выемке запасов.

Из графика видно, что увеличение угла откоса рабочего борта значительно снижает экономическую эффективность разработки месторождения. Это объясняется тем, что работа карьера с большим углом откоса рабочего борта влечет за собой уменьшение производительности не только по пустым породам, но и по руде, что уменьшает приведенную ценность товарной продукции вследствие увеличения периода разработки месторождения.



**Рис. 5.** График изменения прибыли от разработки месторождения в зависимости от угла откоса рабочего борта карьера

**Выводы.** Увеличение угла откоса рабочего борта значительно снижает экономическую эффективность разработки месторождения в связи с тем, что работа карьера с большим углом откоса влечет за собой не только уменьшение текущих коэффициентов вскрыши в результате изменения режима горных работ, но и уменьшение производительности по руде, что уменьшает приведенную

ценность товарной продукции вследствие увеличения периода разработки месторождения.

Максимально возможная производительность карьера по полезным ископаемым, обеспечивает максимальную экономическую эффективность разработки месторождения при выбранном направлении углубления карьера. Уменьшение производительности по полезным ископаемым на 20 и 40% от максимального значения влечет за собой уменьшение прибыли от разработки месторождения соответственно на 10 и 20%.

#### Список литературы

1. Романенко А.В. Обзор и анализ проектных решений по технологии открытых горных работ на глееватском карьере ПАО «ЦГОК» / А.В. Романенко, А.Е.Биленко, В.В.Терещенко, В.Г.Пшеничный // Гірничий вісник КНУ: збірник наук. праць, Вип. 95 (1). - Кривий Ріг, 2012.- С.25-31.
2. Lutsenko. A. Sergey. Open pits productivity control along with iron ore products demand variation / Quality – Access to Success. – 2017. – vol. 18(S1) – С. 226-230.
3. Луценко С.А. Разработка метода определения максимальной, по горным возможностям, производительности карьера по руде / С.А. Луценко // Геотехническая механика. – Днепропетровск, 2017. - №130. С. 168-175.
4. Вилкул Ю.Г. О проблеме отставания вскрышных работ в железорудных карьерах / Ю.Г.Вилкул, С.А. Луценко, О.Ю. Близнюкова // Металлургическая и горнорудная промышленность, №3. – 2013 – С. 92-96.
5. 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.
6. Ржевский В.В. Научные основы проектирования карьеров / В.В.Ржевский, М.Г.Новожилов, Б.П.Юматов. – М.: Недра, 1971.– 600 с.
7. Арсентьев А.И. Производительность карьеров / А.И.Арсентьев. – Санкт-Петербургский горный институт. СПб, 2002.– 85 с.
8. Полищук А.К. О влиянии параметров карьера на экономические показатели разработки месторождения / А.К. Полищук, В.Г. Близнюков, А.И. Руденко // Разработка рудных месторождений, Вып. 5. – Кривой Ріг, 1968. – С. 23-26.
9. 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.
10. Шестаков В.А. Проектирование горных предприятий. Изд. 3-е перераб. и доп / В.А. Шестаков. — М.: МГУ, 2003. – 795 с.

Рукопись поступила в редакцию 05.04.2018