

Луценко С.А., к.т.н., доц.; Титов Д.А., студ., гр. ЗГР-17-2,  
горно-металлургический факультет;  
Заярский Р.С., магистр, ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог»;  
Научный руководитель: Жуков С.А., д.т.н., проф.  
*Криворожский национальный университет*

## **ОБОСНОВАНИЕ РЕЖИМА ГОРНЫХ РАБОТ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕГО ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ КАРЬЕРА ПО РУДНОЙ ПРОДУКЦИИ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ПОТРЕБНОСТИ В НЕЙ**

Одним из важнейших условий эффективной разработки любого месторождения, является обоснованное определение его производственной мощности. При этом производительность карьера по руде относится к стратегическим проектным решениям, которые в случае возникшей необходимости весьма трудно изменить.

На современном этапе развития открытых горных работ горнодобывающие предприятия работают с постоянной производственной мощностью, в то время как на рынках минерального сырья наблюдается существенное колебание цен и спроса на железорудное сырье. Предусмотреть эти колебания в долгосрочной перспективе практически невозможно, потому что они в основном зависят от состояния мировой экономики, политической ситуации в стране и т.д. Поэтому, при работе карьеров с постоянной производственной мощностью, возникают дополнительные расходы, связанные с хранением нереализованной готовой продукции на складе – в период падения спроса, а также предприятия упускают возможность увеличить прибыль в период роста спроса из-за невозможности оперативной интенсификации производства для покрытия потребности рынка. В связи с этим изменились цели отечественных горных предприятий. Первостепенное значение приобрели вопросы обеспечения конкурентоспособности, которая зависит от принятой стратегии развития горных работ. В этих условиях производительность горного предприятия должна корректироваться в соответствии с изменяющимися внешними условиями на протяжении всего срока его эксплуатации. Т.е. существенно повысить экономическую эффективность разработки возможно за счёт реализации гибкого изменения объемов добычи при изменении спроса на добываемую продукцию. Производительностью необходимо управлять, как на уровне отдельного карьера или группы карьеров ГОКа, так и на уровне группы предприятий одного владельца с целью получения максимума прибыли. Если в состав горно-обогатительного комбината входит несколько карьеров, то производительность каждого из них следует определять, исходя из наибольшей эффективности работы ГОКа.

Увеличение потребности в полезном ископаемом приводит к увеличению объемов производства, при этом коэффициенты вскрыши не изменяются, снижение спроса – к уменьшению объемов добычи полезного ископаемого, простоям оборудования, зданий и сооружений, сокращению трудящихся, снижению коэффициента использования оборудования во времени. При этом для снижения себестоимости товарной продукции уменьшаются коэффициенты вскрыши.

Однако существующие методики планирования горных работ не предусматривают изменения производительности карьера по руде в течение длительных периодов разработки месторождения. Кроме этого отсутствуют механизмы по обоснованному выбору производственной мощности карьера и режима горных работ с учетом их взаимосвязи при изменении потребности в железорудном сырье.

Следствием этого является наличие на предприятиях отставания по вскрышным работам, возникновение внеплановых временно нерабочих бортов за счет нарушения закона соразмерного ведения работ и развития карьерного пространства, а также – формирование временно нерабочих бортов в добычной зоне, что является недопустимым. Поэтому возникает необходимость в адаптации горных производств к меняющимся условиям рынка.

В связи с этим была разработана методика перераспределения производительности группы карьеров, входящих в состав горно-обогатительного комбината, которая учитывает взаимосвязь режима горных работ и производительности по руде при изменении потребности в железорудной продукции.

На примере Анновского и Первомайского карьеров, входящих в состав Северного ГОКа, было выполнено перераспределение производительности по руде без изменения общей стратегии производства товарной продукции комбината.

Производительность по руде – один из основных параметров карьера, определяющих экономические показатели открытой разработки любого месторождения полезных ископаемых. Каковой бы не была потребность в полезном ископаемом, ее стремятся удовлетворить с минимальными затратами на вскрышные работы.

Снижения текущих коэффициентов вскрыши можно достичь за счет уменьшения ширины рабочей площадки до минимальной ее величины. При этом считают, что достигается максимальное значение производительности карьера по руде. Известно, что увеличение ширины рабочей площадки приводит к снижению количества рабочих уступов, т.е. к снижению производительности. Вместе с тем при работе с минимальной шириной рабочей площадки практически исчезает резерв запасов полезных ископаемых и пород, готовых к выемке. А учитывая то, что режим горных работ должен обеспечить достижение заданной производительности карьера по руде, возникают сомнения в возможности работы карьера с заданной производительностью при минимальной ширине рабочей площадки.

Проектной практикой и многими исследованиями доказано, что экономически целесообразно производительность по полезному ископаемому и горной массе выдерживать постоянной в течение длительных периодов работы карьера. Поэтому возникает необходимость в усреднении объемов вскрышных работ по периодам разработки. Для этого в процессе работы карьера необходимо регулировать угол откоса рабочего борта. Большое внимание многими учеными уделяется влиянию угла откоса рабочего борта карьера

на объемы вскрышных работ. При этом не учитывается влияние угла откоса рабочего борта карьера на производительность по руде.

Исследование взаимосвязи ширины рабочей площадки и длины фронта горных работ показали, что при минимальном значении ширины рабочей площадки длина фронта горных работ имеет максимальное значение, а объем готовых к выемке запасов – минимальное. При увеличении ширины рабочей площадки длина активного фронта горных работ уменьшается, а запас руды готовый к выемке – увеличивается. Это говорит о том, что производительность карьера должна определяться, не только исходя из максимальной интенсивности развития горных работ (максимальной расстановки добычных экскаваторов), но и с учетом взаимосвязи ширины рабочей площадки и длины активного фронта горных работ, которые обеспечивают в карьере необходимый объем готовых к выемке запасов.

Обосновано, что область возможных решений по определению и усреднению эксплуатационных коэффициентов вскрыши должна определяться, исходя из тех углов наклона рабочего борта карьера, которые обеспечивают заданную (плановую) производительность по руде. При этом: чем больше производительность по руде – тем меньше область регулирования режима горных работ.

Установлено, что при определении области регулирования режима горных работ необходимо исходить, не только из углов откоса рабочих бортов карьера, обеспечивающих нормальные условия производства горных работ, но и учитывать возможность достижения заданной производительности карьера по руде. В общем случае область возможного регулирования режима горных работ ограничивается на графике  $V = f(P)$  кривыми, построенными для случаев работы карьера с шириной рабочей площадки, обеспечивающей заданную производительность по руде, исходя из максимальной интенсивности развития горных работ и из обеспеченности нормативов готовых к выемке запасов.

Доказано, что при развитии горных работ с минимальной шириной рабочей площадки производительность карьера, исходя из резерва готовых к выемке запасов, будет значительно ниже максимально возможного ее значения.

В процессе разработки железорудных месторождений карьерами, соотношение объемов добычи руды и выемки вскрышных пород определяется проектами, которые составляются согласно норм технологического проектирования. Установленное соотношение определяет необходимые параметры системы разработки для эффективной и безопасной добычи полезного ископаемого.

Такая работа считается нормальной и определена требованием формировать рабочую зону карьера с рабочей площадкой, включающей нормативные запасы руды и вскрышных пород, готовые к выемке.

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 вследствие корректировки параметров системы разработки для обеспечения нормативных запасов руды, готовых к выемке. При этом объемы вскрыши возрастают, как за счет краткосрочного увеличения скорости горизонтального подвигания каждого вышележащего горизонта, так и за счет изменения режима горных работ. 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. Этот процесс принято называть отставанием вскрышных работ от проектного положения.

В результате отставания вскрышных работ на карьерах уменьшилась ширина рабочих площадок, сократился активный фронт горных работ, были созданы стесненные, а иногда и опасные условия для работы горнотранспортного оборудования. В таких условиях составление производственных программ предприятий, а в последующем и их выполнение, становится все более проблематичным, что подтверждается практикой производства.

Выполнением анализа научных публикаций в области регулирования режима горных работ 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 фронт горных работ изменения ширины рабочей площадки.

Выведены формулы для определения текущих коэффициентов вскрыши при расширении рабочих площадок, а также объемов задолженности по вскрыше. Расчеты показали, что при увеличении производительности карьера по руде коэффициент вскрыши увеличивается, как за счет уменьшения угла откоса рабочего борта карьера, так и за счет краткосрочного увеличения скорости горизонтального подвигания каждого вышележащего горизонта по отношению к нижележащему вследствие расширения рабочих площадок.

Усовершенствована методика определения вскрышных работ, обеспечивающих в карьере нормальные условия добычи полезного ископаемого при изменении производительности карьера по руде, как в случае вовлечения в разработку одного, так и нескольких участков рабочей зоны карьера.

Применение методики возможно и в случае, когда горные работы не достигли проектных контуров карьера по уровню дневной поверхности, и в случае погашения горных работ при выходе рабочих бортов на проектные контуры.

Кроме этого при увеличении производительности карьера по руде, за счет вовлечения в разработку нескольких участков рабочей зоны карьера характеризующихся различными коэффициентами вскрыши, усовершенствованная методика учитывает, что скорость горизонтального подвигания, а также ширина рабочей площадки, должны определяться отдельно для каждого участка в зависимости от его производительности.