

УДК 622.271:001.89

Ю.Г. ВИЛКУЛ, В.Г. БЛИЗНЮКОВ, доктора техн. наук, проф.,  
С.А. ЛУЦЕНКО, канд. техн. наук, доц.,  
И.В. БАРАНОВ, О.Ю. БЛИЗНЮКОВА, ассистенты,  
ГВУЗ «Криворожский национальный университет»

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ПЛАНИРОВАНИЯ ГОРНЫХ РАБОТ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ КАРЬЕРОВ

Описаны основные направления исследований кафедры открытых горных работ и использование их при планировании горных работ и проектировании карьеров.

Особенностью проектирования горных предприятий является отсутствие типовых проектов из-за оригинальности природных условий залегания, качества полезного ископаемого и огромных объемов выемки горной массы. В связи с этим на кафедре открытых горных работ одним из основных направлений исследования является: совершенствование методов планирования горных работ, проектирование карьеров и эколого-экономической оценки деятельности горнодобывающих предприятий.

Так за последние годы в методах планирования горных работ была усовершенствована методика профессора Арсентьева А.И. определения и усреднения эксплуатационных коэффициентов вскрыши с применением графиков  $V=f(P)$  в части учета взаимосвязи режима вскрышных работ и производительности карьера и сокращения области возможных вариантов режима горных работ.

Данная методика была использована институтом «Кривбасспроект» при планировании горных работ Анновского карьера ПАО «СЕВГОК» и позволила получить значительный экономический эффект составляющий десятки миллионов гривен в год.

Разработка месторождений полезных ископаемых сопровождается, как правило, негативным влиянием на окружающую среду, нарушая ее природное равновесие. В настоящее время наметилась четкая тенденция – рассматривать горные предприятия как объекты природопользования с одновременной оценкой последствий их техногенного воздействия на окружающую среду. Поэтому был разработан критерий эколого-экономической оценки деятельности как отдельного горно-обогатительного комбината, так горных предприятий региона [1]. Данный критерий характеризуется соотношением суммарного пылегазовыделения горных предприятий региона и суммарной прибыли промышленного региона от производства товарной продукции.

Проблема отставания вскрышных работ от необходимых для стабильной и безопасной работы карьеров сопровождает горно-обогатительные комбинаты практически с начала ввода их в эксплуатацию. Стремление добыть руду с меньшими затратами за счет сокращения объемов вскрышных работ приводило к уменьшению ширины рабочих площадок, сокращению активного фронта горных работ, созданию стесненных, а иногда и опасных условий для работы горно-транспортного оборудования.

В последние 6-8 лет о проблеме вскрышных работ, как основной причине неудовлетворительной работы карьеров, специалисты стали говорить меньше. Действительно, в эти годы были вложены крупные инвестиции в развитие карьеров, во многом направленные на ликвидацию отставания вскрышных работ. Частично проблема была снята и за счет снижения нормы готовых к выемке запасов руды и объемов пустых пород с 2,5 месяцев до 1,5 месяца.

Однако практика работы железорудных карьеров Украины показывает, что проблема отставания вскрышных работ полностью не решена и может обостряться, особенно в периоды увеличения производительности карьеров по руде. Поэтому были установлены технологические взаимосвязи вскрышных и добычных работ, и на их основе предложен метод определения объемов вскрышных работ, необходимых для стабильной и экономичной работы карьера при заданной производительности по руде. Метод может быть использован для ежегодной проверки годовых программ горных работ с целью недопущения отставания вскрышных работ.

Анализ современного состояния горных работ карьеров Кривбасса показал, что практически во всех карьерах наблюдается отставание вскрышных работ. Поэтому планирование горных работ в карьерах необходимо производить с учетом их современного состояния, выявлен-

ных взаимосвязей добычных и вскрышных работ и с постоянным соблюдением норм технологического проектирования по наличию в карьерах готовых к выемке запасов горной массы. Доказано, что увеличение производительности карьера по руде как правило, сопровождается увеличением коэффициента вскрыши, а не как многие считают пропорциональным увеличением объемов вскрышных работ.

Доказано, что минимальное значение коэффициента вскрыши является критерием оценки вариантов режима горных работ. В свою очередь режим горных работ влияет как на производительность карьера по руде, так и на объемы вскрышных работ. При прочих равных условиях, чем больше производительность карьера по руде, тем больше можно произвести концентрата и больше получить денежных средств от его реализации. С другой стороны для достижения большей производительности по руде необходимо развивать горные работы во всех направлениях, где залегают любое количество руды, что может привести к непропорциональному увеличению объемов вскрышных работ. Увеличение коэффициентов вскрыши приведет к увеличению затрат на производство железорудного концентрата. То есть, изменения режима горных работ, и производительности карьера неоднозначно влияют на экономические показатели производства железорудного концентрата. И можно утверждать, что в данном случае использование коэффициента вскрыши, как критерия оценки работы комбината, не целесообразно.

При оценке деятельности предприятия за длительный период будут меняться как затраты на производство, так и цена продукции. Изменения этих показателей зависят от многих факторов, трудно подлежащих прогнозированию. Поэтому практически невозможно получить точную экономическую оценку деятельности предприятия на длительный период времени. Для оценки и выбора лучшего варианта режима горных работ и производительности карьера по руде был разработан технологический критерий, при принятой технологии добычи руды и передела ее до товарной продукции и других равных условиях зависящей только от объемов руды и пустых пород и их изменения во времени. Данный критерий учитывает взаимозависимость режима горных работ и производительности карьера и основан на приведении к одному моменту оценки физических объемов горных пород.

После перехода горнодобывающих предприятий с государственной формы собственности в частную перед новым владельцем в первую очередь возникает вопрос оценки возможностей сырьевой базы для дальнейшего развития предприятия. Поэтому были проведены исследования, направленные на определение перспективных контуров карьера.

Одним из основных параметров при проектировании открытых горных работ являются границы карьера. Экономическая эффективность и срок работы предприятия, полнота использования запасов полезных ископаемых и объемы инвестиций прямо зависят от выбранной глубины открытых горных работ.

Было установлено, что существующие методики определения границ карьеров, не учитывают возможность изменения граничного коэффициента вскрыши в связи с непостоянством технико-экономических показателей, в частности, себестоимости добычи руды в конкурентной среде. На предприятиях ведущих разработку полезных ископаемых открытым способом идет постоянное изменение объемов вскрыши, приходящихся на тонну добытой руды, что влечет за собой существенные изменения в себестоимости товарной продукции. Игнорирование изменения граничного коэффициента вскрыши во времени может привести не только к превышению, как в данном примере, но и к занижению экономически целесообразной глубины проектируемых и действующих карьеров.

Поэтому было предложено учитывать динамику внешней конкурентной среды горнодобывающего предприятия и определять границы открытых горных работ, исходя из того, что себестоимость добычи руды на проектируемом карьере должна в каждый из периодов эксплуатации быть не больше, чем на других предприятиях этого же рынка, ведущих горные работы как открытым, так и подземным способом.

В связи с этим была разработана новая методика определения границ карьеров, с учетом изменения граничного коэффициента вскрыши во времени, которая позволяет предприятию оставаться конкурентоспособным в течении всего срока эксплуатации месторождения [2].

На основе выше перечисленных исследований и разработок были определены перспективные границы и производительность карьера ПАО «ИнГОК» и Анновского карьера ПАО «СевГОК». Запас руды в новых контурах этих карьеров и соответственно промышленный потенциал

горных предприятий увеличивается практически в 2 раза.

Производительность по руде один из основных параметров карьера, определяющих экономические показатели открытой разработки любого месторождения полезных ископаемых. Она устанавливается в пределах горных возможностей месторождения по потребности в полезном ископаемом. Какова бы не была потребность в полезном ископаемом, ее стремятся удовлетворить с минимальными затратами на вскрышные работы. Поэтому в практике проектирования чаще всего выбирают направление развития горных работ, обеспечивающее работу карьера с минимальными текущими коэффициентами вскрыши. Однако такая работа на некоторое время может исключать добычу руды на участках, не обеспечивающих минимальные текущие коэффициенты вскрыши, что исключит возможность увеличения производительности карьера. Если развивать горные работы во всех направлениях, где прослеживается полезное ископаемое, то производительность увеличится, но текущий коэффициент вскрыши выйдет за рамки минимального.

В конечном итоге необходимо будет решать экономическую задачу: выгодно работать с меньшей производительностью и меньшими коэффициентами вскрыши или с большей производительностью и большими текущими коэффициентами вскрыши. Но при любом ответе на этот вопрос, учитывая взаимосвязь направления развития горных работ в карьере и его производительности, необходимо определять максимально возможную производительность при данном направлении развития горных работ.

Поэтому была разработана новая методика определения производительности карьера по руде, которая учитывает заданное направление развития горных работ в карьере [3]. Методика, также, позволяет определить развитие горных работ, обеспечивающее работу карьера с минимальными текущими коэффициентами вскрыши при любой заданной производительности по руде.

Увеличение производительности комбинатов по сырой руде, при условии нормального развития горных работ в карьере, требует создания большего объема готовых к выемке запасов руды, что влечет за собой увеличение текущего коэффициента вскрыши. В таких условиях работы карьеров еще большую остроту приобретает процесс отвалообразования от своевременного выполнения, которого зависит ритмичная и эффективная работа всего горно-обогатительного предприятия.

В настоящее время в эксплуатации горнодобывающих предприятий находится различное количество отвалов представляющие собой сооружения, высота которых достигает 90-130 м и более, и имеют различные показатели по своей производительности, занятым и оставшимся земельным площадям. Появляется возможность и необходимость внутрикарьерного размещения вскрышных пород, т.е. применения комбинированного отвалообразования.

В этой связи необходимо усовершенствование существующих систем отработки месторождений за счет переориентации транспортных схем на работу карьеров с таким видом отвалообразования с обоснованием технологии и параметров внутреннего складирования вскрышных пород. Причем такое обоснование должно выполняться с обязательной привязкой этой технологии к будущей динамике горных работ в карьере. Формирование внешних отвалов в календарном их развитии должно осуществляться так, чтобы не создавалось никаких препятствий для выполнения производственных программ и достигалось снижение затрат на выполнение вскрышных работ по комбинату в целом. Это немаловажно также при развитии горных работ в период подготовки и перехода комбината на режим работы с внутренним отвалом.

На примерах карьера Ингулецкого ГОКа и карьеров № 3 и № 4 Центрального ГОКа исследована возможность, экономическая целесообразность применения комбинированного отвалообразования, а также выполнена оптимизация работы группы внешних отвалов и выбор места для размещения вскрышных пород как для одного, так и для группы карьеров.

Для этого были разработаны методики выбора места общих отвалов, порядка использования земельных площадей, формирования грузопотоков вскрышных пород на внешние отвалы с учетом применения внутреннего отвалообразования и комплексный критерий для определения оптимальных параметров комбинированного отвалообразования [4].

Также были разработаны технологические схемы отвалообразования при внутрикарьерном складировании вскрышных пород на железорудных карьерах и выполнена оценка вредного воздействия горных работ на окружающую среду при применении различных способов отвало-

образования на железорудных карьерах [5]. Параметры технологических схем обеспечивают безопасные условия совместного ведения горных и отвальных работ в карьере.

Кафедра открытых горных работ в дальнейшем планирует на основе разработанной программы «Определения перспектив развития и параметров реконструкции карьеров Кривбасса с целью поддержания и увеличения промышленного потенциала ГОКов на основе местной сырьевой базы» выполнить научно-исследовательские работы по другим ГОКам Кривбасса.

Кроме того кафедра открытых горных работ участвует в целевой региональной программе «Переход горнодобывающих предприятий, подконтрольных Криворожскому горнопромышленному территориальному управлению Госгорпромнадзора Украины, на бестротиловые экологически безопасные взрывчатые вещества». В рамках данной программы было разработано новое дешевое взрывчатое вещество «Игданит МК-1» для дробления горных пород в условиях шахт и карьеров. Данное взрывчатое вещество «Игданит МК-1» прошло все необходимые испытания и приказом Госгорпромнадзора Украины было допущено к постоянному применению [6].

#### *Список литературы*

1. Вилкул Ю.Г., Близиюков В.Г., Бересневич П.В. Критерий эколого-экономической оценки комплексной механизации карьера // Проблемы повышения эффективности горнорудного производства. – НИГРИ, Кривой Рог, 1993. – С. 15 - 22.
2. Близиюков В.Г., Савицкий А.В. Определение границ карьеров при работе горнодобывающих предприятий в условиях рыночной экономики // Матеріали міжнародної конференції „Форум гірників - 2011”.- Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2011.
3. Луценко С.А., Баранов И.В., Близиюкова О.Ю. Определение производительности карьера по руде при заданном направлении развития горных работ // Разраб. рудн. месторожд.- Вып. 95(1). - Кривой Рог, 2012.
4. Баранов И.В. Определение экономической целесообразности производительности группы отвалов горнообогатительного комбината / И.В. Баранов // Разраб. рудн. месторожд., 2006. - Вып. 90. - С. 36-40.
5. В.Г. Близиюков, Баранов И.В. Технологические схемы отвалообразования при внутрикарьерном складировании вскрышных пород на железорудных карьерах // Матеріали міжнародної конференції «Форум гірників-2006». – Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2006. - С. 119-123.
6. Вилкул. Ю.Г., Близиюков В.Г., Бригинец Ю.В. Бестротиловое ВВ «Игданит МК-1»/Комбинированные технологии разработки месторождений глубокими карьерами и шахтами. - Сб. науч. тр.- Дионис.- Кривой Рог, 2011.- 218 с.

Рукопись поступила в редакцию 11.04.13

УДК 621.926: 34.16

В.С. МОРКУН, д-р техн. наук, проф., Н.С. ПОДГОРОДЕЦКИЙ, канд. техн. наук, ГВУЗ «Криворожский национальный университет»

### **ЭКСПЕРТНОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ФАЗИРОВАННОЙ РЕШЕТКИ**

Изложены основные принципы формирования диаграммы направленности ультразвуковой фазированной решетки для экспертного обследования строительных объектов.

**Ключевые слова:** экспертное обследование, ультразвуковой контроль, фазированная решетка.

**Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.** Технология ультразвуковых фазированных решеток имеет ряд достоинств, которые выгодно отличают ее от других известных подходов неразрушающего контроля различных изделий и конструкций [1]:

различные углы ввода ультразвуковых пучков могут быть сгенерированы с помощью одного преобразователя, охватывающего гораздо большую контролируемую область, проверяемую на наличие дефектов;

большой охват позволяет, как уменьшать скорость сканирования объекта, так и увеличивать разрешающую способность контроля, или совмещать их;

ускоряется и упрощается получение реальных изображений положения и размеров дефектов, а также их интерпретация;

все данные, учитывающие последовательность контроля, могут быть записаны в реальном времени;