

8. **Казаченко Г. В.** Исследование поворота колесных машин с бортовой схемой управления: автореф. дис. на соиск. научн. степ. канд. техн. наук / **Г. В. Казаченко.** - Минск: БПУ, 1982. - 21 с.
9. **Каплина Т. Ю.** Эксплуатационная эффективность карьерного автотранспорта // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2007. - С. 340-345.
10. **Клебанов А. Ф.** Система управления тяговым электроприводом карьерных автосамосвалов (СУТЭП): текущее состояние и перспективы развития [Электронный ресурс] / **А. Ф. Клебанов, И. В. Кузнецов** // Горное оборудование и электромеханика, 2006. - №9. Режим доступа: <http://www.vistgroup.ru/pressroom/7/27/>
11. **Кондаков С. В.** Повышение подвижности быстроходной гусеничной машины путем автоматизации системы управления криволинейным движением: автореф. дис. на соиск. научн. степ. доктора техн. наук : спец. 05.05.03 "Колесные и гусеничные машины" / **С. В. Кондаков** - М., 2009. - 32 с.
12. **Кудин С.Н., Бигель Н.В., Пехтерев А.А.** // Автомобильная промышленность. - 2005. - № 10. - Режим доступа к журналу: <http://www.avtomash.ru/guravto/2005/20051012.htm>.
13. **Ларин В.В.** Теория движения полноприводных колесных машин: учебник / **Ларин В.В.** - М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2010. - 391.
14. **Макаров Л.Н.** Комплект тягового электрооборудования электрической трансмиссии переменного тока самосвала грузоподъемностью 240 тонн / **Макаров Л.Н., Сафроненков Ю.А., Флоренцев С.Н.** // Горный информационно-аналитический бюллетень. Отдельный выпуск 8: Горные машины, 2008. - С. 87-105.
15. Маневренность и тормозные свойства колесных машин / **М. А. Подригало, В. П. Волков, В. И. Кирчатый, А.А. Бобошко** / под ред. **М. А. Подригало.** - Харьков: Изд-во ХНАДУ, 2003. - 403с.
16. **Монастырский Ю.А.** Врахування специфіки гірничотехнічних умов роботи автосамоскидів як шлях до підвищення продуктивності кар'єрної техніки / **Ю. А. Монастырский, А.В. Веснин, В. А. Систук** // Теорія та практика раціонального проектування, виготовлення та експлуатації машинобудівних конструкцій: Тези доповідей. - Львів: КІНПАТРИ ЛТД. - 2012. - С. 82-84.
17. **Монастырский Ю. А.** Закономерности движения колесной машины на повороте при принудительном регулировании вращения ведущих колес / **Ю.А. Монастырский, В.А. Систук** // Вісник національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Серія: Автомобіле- і тракторобудування. - №29. - Харків: НТУ «ХПІ». - 2013. - С. 65-71.
18. **Монастырский Ю.А.** Определение причин потерь рабочего времени экскаваторно-автомобильных комплексов на Петровском карьере ОАО «ЦГОКа» / **Ю. А. Монастырский, В. А. Систук** // Разработка рудных месторождений. - Вып.94. - Кривой Рог. - 2011. - С.293-297.
19. **Монастырский Ю.А.** Снижение времени маневрирования и погрузки при транспортировании рудной массы большегрузными карьерными автосамосвалами / **Ю. А. Монастырский, А.В. Веснин, В. А. Систук** // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. Володимира Дала: Науковий журнал. - Ч. 1. - №9(180). - Луганськ. - 2012. - С. 17-23.
20. **Носов Н. А.** Расчет и конструирование гусеничных машин / **Носов Н. А.** - Л.: Машиностроение, 1972. - 560с.

Рукопис подано до редакції 21.02.13

УДК 622.271.067.2.5-83

**В.Г. БЛИЗНЮКОВ**, д-р техн. наук, проф.,  
**С.А. ЛУЦЕНКО**, **Ю.М. НАВИТНИЙ**, канд. техн. наук, доц.,  
**О.Ю. БЛИЗНЮКОВА**, ассистент, **А.В. САВИЦКИЙ**, аспирант,  
 ГВУЗ «Криворожский национальный университет»

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ КРИТЕРИЙ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ РЕЖИМА ГОРНЫХ РАБОТ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ КАРЬЕРА ПО РУДЕ

Дано описание разработанных методик выбора направления развития горных работ, определения производительности карьеров по руде и технологического критерия комплексной экономической оценки режима горных работ. Освещены причины отставания вскрышных работ на железорудных карьерах.

Особенностью проектирования горных предприятий является отсутствие типовых проектов из-за оригинальности природных условий залегания, качества полезного ископаемого и огромных объемов выемки горной массы. Для дальнейшего эффективного развития действующих горнодобывающих предприятий необходима оценка возможностей их сырьевой базы. В связи с этим, совершенствование методов планирования горных работ и проектирования карьеров, является одним из основных направлений исследований в области разработки железорудных месторождений открытым способом.

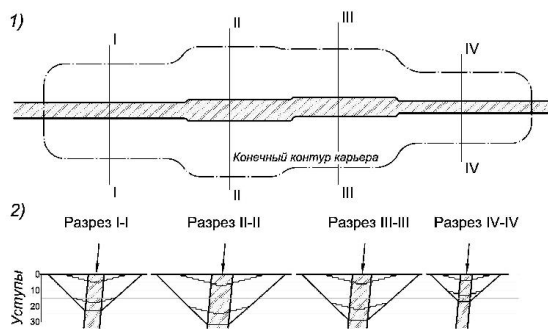
Решением этой проблемы занимались известные всему миру ученые: доктора наук А.И. Арсентьев [1], М.Г. Новожилов [2], В.В. Ржевский [3] и в настоящее время в Украине занимают их ученики и последователи доктора наук В.Г. Близнюков, И.Л. Гуменик, А.Ю. Дрижен-

ко, М.С. Четверик и др. Они создали методы управления режимом горных работ, позволяющие снижать объемы вскрышных работ при нормальной работе карьеров.

Так за последние годы кафедрой открытых горных работ ГВУЗ «КНУ» при выполнении научно-исследовательских работ, связанных с определением перспективных границ отработки карьеров, установление их производственной мощности по руде и режима 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. Также разработаны методики выбора направления развития вскрышных работ, определения производительности карьера по руде и обоснован технологический критерий комплексной экономической оценки режима горных работ и производительности карьера по руде.

Методика выбора направлений развития вскрышных работ в карьере позволяет обеспечить: работу карьера с минимальными текущими коэффициентами вскрыши; работу с максимальной производительностью по руде.

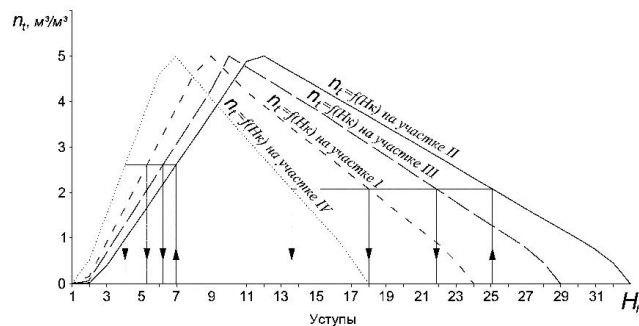
Суть разработанной методики заключается в следующем. Для определения текущих коэффициентов вскрыши на различных участках месторождения на всех разрезах отстраиваем положение горных работ по мере их понижения с уступа на уступ. На рис. 1. показано условное месторождение вытянутой формы с различной горизонтальной мощностью по всей длине.



**Рис. 1.** Конечные контуры карьера при отработке условного месторождения: 1 - Конечные контуры карьера по поверхности; 2 - характерные разрезы

Далее подсчитываем текущие объемы пустых пород и руды по мере понижения горных работ. По этим замерам подсчитываем текущий коэффициент вскрыши по отдельным участкам месторождения. Для наглядности строим графики изменения текущих коэффициентов вскрыши по мере понижения горных работ с уступа на уступ на каждом участке месторождения (рис. 2).

Как видно из рис. 2, понижение горных работ с уступа на уступ на различных участках месторождения сопровождается различными коэффициентами вскрыши: первоначально наблюдаются наименьший коэффициент вскрыши на участке с наибольшей горизонтальной мощностью залежи полезного ископаемого, наибольший - с наименьшей горизонтальной мощностью залежи.



**Рис. 2.** График изменения текущих коэффициентов вскрыши  $n_i$  с увеличением глубины карьера  $H_k$  на различных участках месторождения

Очевидно, для работы всего карьера с минимальным текущим коэффициентом вскрыши понижать горные работы необходимо начинать на участке с большей горизонтальной мощностью залежи, и до тех пор, пока коэффициент вскрыши не сравнится с ближайшим по величине коэффициентом вскрыши любого другого участка. В дальнейшем отрабатывают два разных участка с равными коэффициентами вскрыши до тех пор, пока с увеличением глубины разработки не подключится третий участок.

Основным условием момента вовлечения в разработку любого участка карьера является равенство текущего коэффициента вскрыши этого участка и текущего коэффициента вскрыши в целом по карьере.

Работа карьера с минимальным текущим коэффициентом вскрыши будет обеспечена, лишь при равенстве текущих коэффициентов вскрыши на всех участках месторождения.

Исследования показали, что наибольшая производительность по руде при работе карьера с минимальными текущими коэффициентами вскрыши возможна лишь при равенстве текущих

коэффициентов вскрыши на всех участках месторождения.

Эта методика позволяет осуществить выбор режима горных работ для протяженных залежей и переменной мощностью полезного ископаемого на различных участках месторождения и отличается от известных учетом взаимосвязей режима вскрышных работ и производительности карьера.

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

В дальнейшем была разработана новая методика определения производительности карьера по руде [4], которая учитывает заданное направление развития горных работ в карьере. Методика, также, позволяет определить развитие горных работ, обеспечивающее работу карьера с минимальными текущими коэффициентами вскрыши при любой заданной производительности по руде.

Суть методики заключается в следующем. Для определения максимально возможной производительности карьера по руде необходимо определить производительность, которую может обеспечить каждый уступ по мере углубки дна карьера в соответствии с заданным направлением развития горных работ.

Одним из показателей, определяющих производительность уступа по руде при заданном направлении развития горных работ, является величина горизонтального подвигания уступа в разных направлениях от сложившегося состояния.

Различие в величине горизонтального подвигания фронта горных работ в различных направлениях обусловлено выбранным развитием горных работ, обеспечивающим работу карьера с минимальными коэффициентами вскрыши.

При этом должны соблюдаться условия, что при каждой углубке дна карьера, фронт горных работ каждого уступа должен в горизонтальном направлении (по всем участкам работы) одновременно подойти к линии, характеризующей выбранное развитие горных работ.

Поэтому производительность по руде составит, м<sup>3</sup>/год

$$A_{p(i,j)} = \frac{l_{p,\max} \cdot h_y}{\Pi_{\max}} (L_{p(i,j)}^{юг} \Pi_{(i,j)}^{юг} + L_{p(i,j)}^{сев} \Pi_{p(i,j)}^{сев}), \quad (1)$$

где  $\Pi_{\max}$  - максимальное подвигание рудного фронта при  $j$ -й углубке дна карьера;  $L_{p(i,j)}^{юг}, L_{p(i,j)}^{сев}$  - длина активного рудного фронта на каждом уступе при  $j$ -й углубке в соответствующем направлении, м;  $\Pi_{(i,j)}^{юг}, \Pi_{p(i,j)}^{сев}$  - подвигание рудного фронта на каждом уступе при  $j$ -й углубке дна карьера в соответствующем направлении, м;  $h_y$  - высота уступа, м.

Данная методика позволяет определить максимально возможную производительность карьера по руде при порядке развития горных работ, обеспечивающем работу карьера с минимальными текущими коэффициентами вскрыши.

При оценке деятельности предприятия за длительный период будут меняться как затраты на производство, так и цена продукции. Изменения этих показаний зависят от многих факторов, трудно подлежащих прогнозированию. Поэтому практически невозможно получить точную экономическую оценку деятельности предприятия на длительный период времени. Для комплексной оценки режима горных работ и производительности карьера по руде лучше всего использовать технологический критерий. При принятой технологии добычи руды и передела ее до товарной продукции на конкретном предприятии и других равных условиях, экономическая эффективность работы горного предприятия будет зависеть от объемов руды и пустых пород и их изменения во времени.

Технологический критерий комплексной экономической оценки режима горных работ и производительности карьера по руде имеет вид

$$\left( A_1 \cdot \sum_{t=1}^{t_1} \frac{1}{(1+E)^t} + A_2 \cdot \sum_{t=t_1+1}^{t_1+t_2} \frac{1}{(1+E)^t} + \dots + A_i \cdot \sum_{t=T-t_i+1}^T \frac{1}{(1+E)^t} \right) - \delta \cdot \left( A_1 m_1 \cdot \sum_{t=1}^{t_1} \frac{1}{(1+E)^t} + A_2 m_2 \cdot \sum_{t=t_1+1}^{t_1+t_2} \frac{1}{(1+E)^t} + \dots + A_i m_i \cdot \sum_{t=T-t_i+1}^T \frac{1}{(1+E)^t} \right) \rightarrow \max, \quad (2)$$

где  $A_1, A_2, \dots, A_i$  - производительность карьера по руде в 1, 2, ...,  $i$ -м периоде эксплуатации карьера, т/год;  $t_1, t_2, \dots, t_i$  - продолжительность 1, 2, ...,  $i$ -го периодов эксплуатации карьера с постоянными объемами руды и пустых пород в пределах этих периодов, лет;  $m_1, m_2, \dots, m_i$  - коэффициенты гор-

ной массы в различные периоды эксплуатации [5], т/т;  $T$  - продолжительность оцениваемого периода эксплуатации месторождения, лет;  $E$  - принятая ставка дисконта

$$\delta = \left( a/u_k \right) - \text{const} \quad (3)$$

где  $u_k$  - цена концентрата, грн./т;  $a = a_0 + a_{11}$  - себестоимость добычи  $a_0$  и передела  $a_{11}$  1 т руды до концентрата без затрат на вскрышные работы.

Коэффициент горной массы показывает, какое количество горной массы извлекается из карьера при производстве одной тонны концентрата.

Учитывая свойства критерия и постоянство цены концентрата  $u_k$  и себестоимости добычи и передела руды  $a$  при оценке вариантов режима горных работ и производительности карьера по руде одного и того же горнообогатительного комбината,  $a/u_k$  можно заменить постоянной величиной  $\delta$ . Тогда максимум прибыли от эксплуатации месторождения за исследуемый период будет соответствовать максимальному значению показателя (2).

Таким образом, впервые обоснован технологический критерий комплексной экономической оценки режима горных работ и производительности карьера по руде. Логическим обоснованием возможности приведения физических объемов горных работ к одному моменту оценки является, принятая практика измерения объемов производства в денежном и натуральном выражениях.

В дальнейшем 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 увеличении его производительности по руде. Метод может быть использован для ежегодной проверки годовых программ горных работ с целью недопущения отставания вскрышных работ.

Проблема отставания вскрышных работ от необходимых для стабильной и безопасной работы карьеров сопровождается 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.

Стремление уменьшать объемы вскрышных работ институт «ЛенГипроруда» ограничил, предусмотрев норму по обеспеченности карьера запасами руды и объемами вскрышных пород, готовыми к выемке, на 2,5 месяца [6].

Частично проблема была снята за счет того, что в последние годы были вложены крупные инвестиции в развитие карьеров, во многом направленные на ликвидацию отставания вскрышных работ, а также за счет снижения нормы готовых к выемке запасов руды и объемов пустых пород с 2,5 месяцев до 1,5 месяца [7].

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.

Расчеты показали [8], что при увеличении производительности карьера по руде объем вскрышных работ увеличивается не пропорционально росту производительности, т.е. растет коэффициент вскрыши. Последнее объясняется необходимостью увеличения ширины рабочей площадки для обеспечения в карьере нормативного запаса руды и объемов пустых пород, готовых к выемке.

При увеличении производительности карьера по руде не всегда удается работать с минимальными текущими коэффициентами вскрыши.

Иногда для этого необходимо дополнительно вовлекать в разработку участки месторождения с большими объемами пустых пород.

Зависимость текущего коэффициента вскрыши от увеличения производительности карьера по руде примет вид кривой 1 на рис. 3.

В случае, когда увеличение коэффициента вскрыши связано только с реконструкцией рабочего борта карьера зависимость текущего коэффициента вскрыши от увеличения производительности карьера по руде примет вид кривой 2 на рис. 3.

Зависимость увеличения производительности по вскрыше от увеличения производительности карьера по руде показано кривыми 3 и 4 на рис. 3.

Здесь причиной непропорциональности роста текущего коэффициента вскрыши является необходимость изменения режима горных работ: вовлечение в разработку дополнительных объемов руды с худшими показателями по вскрыше.

Несоблюдение выявленных закономерностей при планировании горных работ часто приводило и может привести в дальнейшем к отставанию вскрышных работ, выбытию производственной мощности по руде, появлению стесненных, а иногда и опасных условий работы горнотранспортного оборудования.

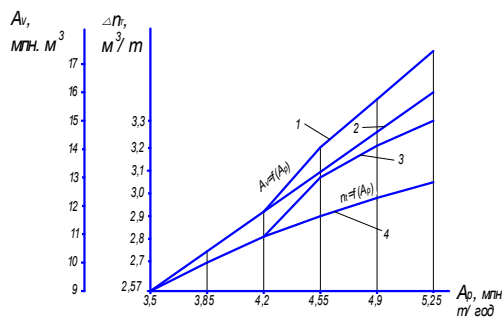


Рис. 3. Зависимость объемов вскрышных работ и текущего коэффициента вскрышки от производительности карьера по руде: 1,3 - для случая вовлечения в разработку участка месторождения с большими объемами пустых пород; 2,4 - для случая, обусловленного только реконструкцией рабочего борта карьера

Анализ современного состояния горных работ карьеров Кривбасса показал, что практически во всех карьерах существует проблема отставания вскрышных работ. Поэтому планирование горных работ в карьерах необходимо производить с учетом их современного состояния, выявленных взаимосвязей добычных и вскрышных работ и с постоянным соблюдением норм технологического проектирования по наличию в карьерах готовых к выемке запасов горной массы.

Во избежание отставания вскрышных работ увеличение производительности карьера по руде должно сопровождаться увеличением коэффициента вскрышки.

Разработана методика выбора режима горных работ для протяженных залежей и переменной мощностью полезного ископаемого на различных участках месторождения, которая отличается от известных учетом взаимосвязей режима вскрышных работ и производительности карьера.

#### Список литературы

1. Арсентьев А.И. Производительность карьера.- Санкт-Петербург, 2002.
2. Новожилов М.Г. Открытые горные работы. - М.: Госгортехиздат, 1961.
3. Ржевский В.В. Технология и комплексная механизация открытых горных работ.- М.: Недра, 1968.
4. Луценко С.А., Баранов И.В., Близиюкова О.Ю. Определение производительности карьера по руде при заданном направлении развития горных работ / Гірничий вісник. - Вып. 95(1). - Кривой Рог, 2012. - С.12-16.
5. Близиюков В.Г. Определение главных параметров карьера с учетом качества руды.- М.: Недра, 1978.- 151с.
6. Нормы технологического проектирования горнодобывающих предприятий черной металлургии с открытым способом разработки. – Л.: Гипроруда. – 1963.
7. Норми технологічного проектування гірничодобувних підприємств із відкритим способом розробки родовищ корисних копалин. – Міністерство промислової політики України, Київ, 2007.- 279 с.
8. Вилкул Ю.Г., Луценко С.А., Близиюкова О.Ю. О проблеме отставания вскрышных работ в железорудных карьерах / Металлургическая и горнорудная промышленность. - Вып. 3(1). - Днепропетровск, 2013. - С.92-96.

Рукопис подано до редакції 21.02.13

621.926: 34.13

В.М. РАДИОНОВ, аспирант, В.В. РАДИОНОВ, студент  
ГВУЗ «Криворожский национальный университет»

## СПОСОБЫ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОГРАМНО-АППАРАТНЫХ РЕСУРСОВ В АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ГИДРОЦИКЛОНОМ

Предложена общая структура адаптивной системы управления гидроциклоном на основе средств ультразвукового воздействия и контроля. Рассмотрены некоторые подходы к оптимизации программно-аппаратных ресурсов

**Ключевые слова:** структурная схема элементов системы управления, ультразвуковой контроль, оптимизация ресурсов.

**Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.** Ультразвуковые средства контроля параметров различных сред имеют ряд преимуществ и уникальных особенностей, на основе которых можно идентифицировать ранее недоступные измерению параметры. Это позволяет производить коррекцию существующих моделей различных процессов обогатительного передела, разрабатывать качественно новые модели и создавать на их основе эффективные системы автоматического управления. Для сложных динамических объектов, к которым в частности можно отнести аппараты измельчения, классификации, сепарации, доступны измерению