

Подальші дослідження планується спрямувати у напрямку розширення умов застосування запропонованого способу.

Список літератури

1. **Купрін В.П., Коваленко І.Л., та ін.** Розробка і впровадження емульсійних вибухових речовин на кар'єрах України. – Дніпропетровськ:ДВНЗ УДХТУ, 2012. – 243 с.
2. **Биков К.Є., Носов В.М. та ін.** Пат. 31419 Україна МПК7F42D1/02. Пристрій для розосередження заряду вибухової речовини в обводненій свердловині //опубл.10.04.2008, Бюл №7.
3. **Купрін В.П. та ін.** Оцінка детонаційних характеристик емульсійних вибухових речовин марки Україніт та Емоніт // Інформац. Бюл. – УСПВ . – 2012. – №1. – С.6-12.
4. **Ефремов Э.И.** Выбор метода размещения и параметров промежуточных детонаторов при использовании скважинных зарядов / Ефремов Э.И., Ищенко Н.И., Пономарев А.В. // информационный бюллетень УСПВ, №1, 2011. – С.2-6.
5. **Мельников Н.В.** Влияние конструкции зарядов на результаты взрывных работ, - В кн. Сборник докладов IV симпозиума в г. Ролла (США, 1961), Госгортехиздат, М., 1962.
6. **Марченко Л.Н.** Опыт применения зарядов с воздушными промежутками. Тезисы и материалы научно-технического семинара «Совершенствование буровзрывных работ на открытых разработках». Днепропетровск, «Промінь», 1963.
7. **Ефремов Э.И.** Взрывание с внутрискважинными замедлениями., «Наукова думка», Киев – 1971. – 167с.
8. **Кук М.А.** Наука о промышленных взрывчатых веществах. Пер. с англ. Под. Ред. Г. П. Демидюка и Н.С. Бажаревич. М., Недра, 1980. 453с. – Пер. изд.: США, 1974, с.382-385.
9. **Duvall W.I/ and T.C. Atchison**, “Rock Brekage by Explosives”, RI 5356 (Bur. of Mines), Sept/ 1957; Missouri School of Mines and Metallurgy, Symposium of Mining Research, TS No/ 97, p. 100 (1959), L. Obert, Bur. of Mines RI 6053 (1962).
10. **Hino K.**, Theory and Practice of Blasting, Nippon, Kayaku Co., Ltd., 1959.
11. **Johansson C.H. and P.A. Persson**, Detonics of High Explosives, Academic Press, New York, London, 1970; P.A. Persson, N. Lundborg, and C.H. Johansson, “The Basic Mechanisms in Rock Blasting”, Proceedings of the Second Congress of the International Society of Rock Blasting 5 – 3, Belgrade, Yugoslavia, 1970.

Рукопис подано до редакції 22.03.16

УДК 622.272: 624.191.5

А.Н. РОЕНКО, д-р техн. наук, проф., Национальный горный университет
С.А. ХАРИН, д-р техн. наук, проф., Институт предпринимательства «Стратегия»

РАЗРАБОТКАМОДЕЛИОПТИМИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА ГЛУБОКИХ ГОРИЗОНТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БИБЛИОТЕКИ SWING ЯЗЫКА JAVA

Указаны факторы, характеризующие современное состояние железорудной промышленности страны - изношенность основных производственных фондов предприятий, особенно их активной части, исчерпанность богатых легкодоступных месторождений полезных ископаемых, большая глубина ведения работ на карьерах, проблемы, связанные с масштабами и темпами вскрышных работ, экологический ущерб, связанный с деятельностью горных предприятий. Отмечено, что отрасль может выдерживать конкуренцию при активном внедрении комплекса мероприятий, направленных на повышение качества продукции, снижение ее себестоимости, обеспечение ритмичности производства.

Констатируется, что разработка железных руд на больших глубинах целесообразна при высоких объемах годовой добычи на шахтах, с наиболее благоприятным сочетанием различных условий. При этом месторождение будет обрабатываться сравнительно короткое время и образуется эффект от экономии условно-постоянных затрат.

Для условий глубоких шахт можно рекомендовать вскрытие горизонтов с применением слепых вертикальных стволов. Строительство горизонта второй ступени возможно: с использованием одной точки приложения работ – от главного ствола; двух – от главного ствола и одного из фланговых; трех точек – от главного ствола и обоих фланговых или – от главного ствола, флангового и временного околотрекового; пяти точек - от главного ствола, двух фланговых и двух временных околотрековых.

Разработаны математическая модель и программа с использованием библиотеки Swing языка Java, позволяющие выполнить исследования сочетаний темпов проведения комплекса выработок и значений эксплуатационных производительностей различного проходческого оборудования, обеспечивающих эти темпы и, в совокупности, позволяющих достигать минимальных затрат.

Ключевые слова: железорудная промышленность, модели оптимизации, повышение качества продукции.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Ритмичная работа железорудного отрасли является важным фактором стабильности хозяйства страны. Необходимость поддержания производственных мощностей в условиях больших глубин добычи сырья должна сопровождаться разносторонними исследованиями, направленными на дальнейшее совершен-

ствование технологических процессов, которые требуют широкой автоматизации для оперативного получения результатов.

Анализ исследований и публикаций. Анализ опубликованных работ, освещающих различные аспекты рассматриваемой проблемы, показывает на значительное число публикаций, посвященных различным вопросам вскрытия месторождений [1-5] и относящихся к широкому периоду времени.

В целом изучение литературных источников и актуальных проектов проводящегося в настоящее время строительства железорудных предприятий показывает, что вопросы разработки железорудных месторождений на больших глубинах, в части схем ступенчатого вскрытия и организации строительства выработок, не являются сегодня детально проработанными.

Постановка задачи. Разработать математическую модель и программу с использованием библиотеки Swing языка Java, применение которых позволит выполнить исследования сочетаний темпов проведения комплекса выработок и значений эксплуатационных производительностей различного проходческого оборудования, обеспечивающих эти темпы и, в совокупности, позволяющих достигать минимальных затрат.

Изложение материала и результаты. Развитие мировой экономики в эпоху глобального рынка характеризуется постепенным уменьшением значимости традиционных стран-поставщиков сырья и переносом центра тяжести на высокотехнологичные отрасли производства, нередко возникающие в новых регионах планеты. В этих условиях железорудная промышленность Украины может выдерживать конкуренцию в значительной мере продолжительный период только при активном внедрении комплекса мероприятий, связанных с повышением качества продукции, снижением ее себестоимости, обеспечением высоких объемов производства.

Нынешний этап функционирования железорудной промышленности страны характеризуется, в частности, следующим:

изношенностью основных производственных фондов предприятий, особенно их активной части;

значительными колебаниями мировой рыночной конъюнктуры;

исчерпанностью богатых легкодоступных месторождений полезных ископаемых;

большой глубиной ведения работ на карьерах, проблемами, связанными с масштабами и темпами вскрышных работ;

экологическим ущербом, связанным с деятельностью горных предприятий;

возрастанием себестоимости продукции при открытом способе разработки бедных руд и их последующем обогащении, ввиду применения энергозатратных технологий и высокой стоимостью энергоносителей на мировом рынке. Кроме того, следует подчеркнуть постоянный характер роста мировых цен на энергетические ресурсы, что позволяет прогнозировать дальнейшее возрастание себестоимости продукции;

значительной потребностью металлургических предприятий Украины в железорудном сырье;

необходимостью обеспечения критически важных экспортных поставок металлургической и железорудной продукции, что усиливается невозможностью экспорта высокотехнологичной продукции;

близостью к исчерпанию запасов природно-богатых железных руд, разрабатываемых в настоящее время подземным способом и вскрытых с помощью одной ступени.

Указанное позволяет предполагать возможность в перспективе разработки на больших глубинах (свыше 1500 м) природно-богатых железных руд на действующих шахтах Криворожского бассейна с использованием второй и более высоких ступеней вскрытия месторождений.

Месторождения железных руд в Криворожском бассейне в различное время вскрывались вертикальными и конвейерными стволами; в той или иной мере использовалась их комбинация.

Хотя наиболее глубокие шахты мира (табл. 1), как правило, находятся в ЮАР и связаны с добычей золота, некоторые, например, канадская CreightonnickelMine, разрабатывает руды, содержащие медь и цинк. Самые глубокие шахты приближаются к отметке 4 км, что весьма существенно отличает их от шахт Криворожского бассейна.

Наличие в Кривбассе на больших глубинах весьма крупных запасов железных руд с высоким содержанием железа, имеющаяся инфраструктура и кадры, и, напротив сожалению, существующий комплекс трудноразрешимых проблем, связанный с открытым способом разработки

в бассейне, позволяют утверждать о возможности дальнейшей разработки сырья в глубину с отметки 1500 м, с учетом ряда факторов.

Шахта	Глубина, м	Страна
TauTonaMine	3902	ЮАР
Mponeng Mine	3900	ЮАР
SavukaMine	3774	ЮАР
Bambananimine	3680	ЮАР
East Rand Mine	3585	ЮАР
KusasaletuMine	3566	ЮАР
Kloof Gold Mine	3350	ЮАР
Blyvooruitzicht Gold Mine (“Blyvoor”)	3213	ЮАР
Champion Reef’s Mine	3200	Индия
South Deep Gold Mine	2995	ЮАР
KiddMine	2800	Канада
Creighton nickel Mine	2493	Канада

Растущее потребление ресурсов на планете, вызванное стремительным ростом численности населения, вызовет их дальнейшее удорожание. Добыча железной руды на больших глубинах будет становиться все более экономически оправданной; технические возможности такой добычи в настоящее время уже имеются.

Разработка железных руд целесообразна при больших объемах годовой добычи на шахтах с наиболее благоприятным сочетанием различных условий.

При этом месторождение будет отрабатываться сравнительно короткое время и образуется эффект от экономии условно-постоянных затрат.

Необходимо использовать эффективное оборудование современного технического уровня, в т.ч. проходческое, подъемные машины, водоотливные установки и т.п. Важным условием эффективности будет сочетание высокой производительности и сравнительно низких энергетических и других затрат.

В силу требований комплексного характера необходимо обеспечить сравнительно низкую численность рабочих, особенно подземных, высокую производительность труда, что возможно при масштабной механизации и автоматизации производства.

Анализ применения способов вскрытия месторождений, выполненный, в частности, с учетом работ [1-3], позволил установить следующее.

Вертикальные стволы могут быть пройдены высокими темпами и использоваться одновременно для подъема руды, породы, для проветривания, доставки материалов и оборудования, спуска-подъема людей, прокладки трубопроводов и кабельных линий, что невозможно или неэкономично при наклонных конвейерных стволах. В связи с этим на глубокой шахте высокой производительности при вертикальном подъеме число стволов (главных и вспомогательных) на 30-50% меньше, чем при конвейерном подъеме в аналогичных условиях.

Проходка вертикальных стволов более безопасна даже в условиях высокого горного давления и горных ударов: число рудоподъемных стволов на крупных шахтах можно увеличивать по мере возрастания глубины разработки и уменьшать при доработке месторождения, используя освободившиеся стволы для вентиляции.

Конвейерные стволы требуется проходить сразу в запроектированном комплексе на глубину очереди, а затем нести по ним эксплуатационные расходы в полном объеме независимо от колебаний в добыче руды.

При конвейерном подъеме большую долю в затратах составляют амортизация капитальных вложений, стоимость конвейерных лент, поддерживающих роликов, расходы на электроэнергию и обслуживание стволов. Необходимы также дополнительные стволы для подачи воздуха в шахту и выполнения вспомогательных операций; для перегрузочных узлов необходимы большие камеры, что допустимо в особо прочных породах и на ограниченных глубинах.

Как представляется в этой связи, для условий глубоких шахт можно рекомендовать вскрытие горизонтов с применением слепых вертикальных стволов.

Строительство горизонта второй ступени возможно с использованием: одной точки приложения работ - от главного ствола; двух - от главного ствола и одного из фланговых; трех точек - от главного ствола и обоих фланговых или - от главного ствола, флангового и временного околотрекового; пяти точек - от главного ствола, двух фланговых и двух временных околотрековых.

Необходимо разработать математическую модель, позволяющую выполнить исследования сочетаний темпов проведения комплекса выработок и значений эксплуатационных производительностей средств бурения, погрузки и крепления, обеспечивающих эти темпы, а в совокупности позволяющих достигать минимальных затрат на используемое проходческое оборудование.

Методика оптимизации проектирования строительства глубоких горизонтов шахт по стоимости эксплуатации оборудования в общем виде может содержать следующие предварительные положения (табл. 2) и целевую функцию (1).

Таблица 2

Методика оптимизации строительства

Порядок расчета	Формула	Значения
Находим время строительства горизонта 2-ступени	$T_{nc} = k_{nc} T_{zop}$	T_{nc} - продолжительность сооружения протяженных выработок горизонта второй ступени, мес.; k_{nc} - удельный вес протяженных выработок в общем времени строительства горизонта; T_{zop} - общая продолжительность сооружения горизонта второй ступени, мес.
Находим скорости строительства каждой протяженной выработки методом случайного поиска	$T_{nc} = \frac{W_{зкв}}{v_{зкв}} + \frac{W_{шт}}{v_{шт}} + \frac{W_{вкв}}{v_{вкв}} + \frac{W_3}{v_3}$	$W_{зкв}$ - объем работ по сооружению главного квершлага, м; $v_{зкв}$ - скорость проходки главного квершлага, м/мес.; $W_{шт}$ - объем работ по сооружению штрека, м; $v_{шт}$ - скорость проходки штрека, м/мес.; $W_{вкв}$ - объем работ по сооружению вентиляционного квершлага, м; $v_{вкв}$ - скорость проходки вентиляционного квершлага, м/мес.; W_3 - объем работ по сооружению засечек, м; v_3 - скорость проходки засечек, м/мес.
Для каждого типа выработки (например, для главного квершлага) по полученным выше скоростям, находим объемы работ в расчете на проходческий цикл:	бурение $W_{бур} = \frac{v_{зкв}}{\eta n_{цк}} N_{шт}$	$W_{бур}$ - объем буровых работ на цикл по сооружению главного квершлага, м; η - коэффициент использования шпуров (КИШ); $n_{цк}$ - время проходческого цикла, приходящееся на операции бурения шпуров, погрузки породы и крепления выработки, ч; $N_{шт}$ - число шпуров в забое выработки;
	погрузка $W_{ногр} = S \frac{v_{зкв}}{n_{цк}} \mu$	$W_{ногр}$ - объем погрузочных работ на цикл по сооружению главного квершлага, м ³ ; S - площадь сечения выработки в проходке, м ² ; μ - коэффициент излишка сечения (КИС);
	крепление $W_{кр} = S_0 \frac{v_{зкв}}{n_{цк}}$	$W_{кр}$ - объем крепления на цикл по сооружению главного квершлага, м ² ; S_0 - площадь крепления выработки на 1 погонный м, м ² .
Находим время проходческих операций бурения, погрузки и крепления в пределах цикла. Зададим условие $t_B + t_P + t_K = t_{цк}$,	время бурения $t_B = \frac{W_{бур}}{B}$	t_B - время бурения шпуров на цикл, ч; t_P - время погрузки породы на цикл, ч; t_K - время крепления на цикл, ч; $t_{цк}$ - время цикла проходки, ч; B - эксплуатационная производительность средств бурения, м/ч; P - эксплуатационная производительность средств погрузки, м ³ /ч; K - эксплуатационная производительность средств крепления, м ² /ч.
	время погрузки $t_P = \frac{W_{ногр}}{P}$	
	время крепления $t_K = \frac{W_{кр}}{K}$	

$$C_{nзop} = \left(C_B^{зкв} t_B + C_P^{зкв} t_P + C_K^{зкв} t_K \right) \frac{W_{зкв} n_{цк}}{v_{зкв}} + \left(C_B^{шт} t_B + C_P^{шт} t_P + C_K^{шт} t_K \right) \frac{W_{шт} n_{цк}}{v_{шт}} + \left(C_B^{вкв} t_B + C_P^{вкв} t_P + C_K^{вкв} t_K \right) \frac{W_{вкв} n_{цк}}{v_{вкв}} + \left(C_B^3 t_B + C_P^3 t_P + C_K^3 t_K \right) \frac{W_3 n_{цк}}{v_3} \rightarrow \min, \quad (1)$$

где $C_{nзop}$ - стоимость эксплуатации проходческого оборудования при строительстве горизонта 2-й ступени; $C_B^{зкв}$, $C_B^{шт}$, $C_B^{вкв}$, C_B^3 - стоимость 1 ч эксплуатации средств бурения определенной производительности при строительстве соответственно главного квершлага, штрека, вентиляционного квершлага, засечек; $C_P^{зкв}$, $C_P^{шт}$, $C_P^{вкв}$, C_P^3 - стоимость 1 ч эксплуатации средств погрузки определенной производительности при строительстве соответственно главного квершлага, штрека, вентиляционного квершлага, засечек; $C_K^{зкв}$, $C_K^{шт}$, $C_K^{вкв}$, C_K^3 - стоимость 1 ч эксплуатации средств крепления определенной производительности при строительстве соответственно главного квершлага, штрека, вентиляционного квершлага, засечек; t_B, t_P, t_K - время эксплуатации соответственно средств бурения, погрузки и крепления определенной производительности, ч; $n_{цк}$ - число проходческих циклов в месяц.

Стоимость строительства горизонта второй ступени вскрытия может быть определена как функция суммы произведений продолжительности работы средств бурения, погрузки и крепления на стоимость единицы времени их функционирования в условиях обеспечения в совокупности поддержания директивной скорости проходки выработки данного типа в сочетании с аналогичными произведениями для других типов выработок, отвечающих их директивным скоростям проходки. Это в совокупности обеспечивает строительство горизонта второй ступени вскрытия в директивные сроки, что позволяет находить варианты сочетания скоростей проходки различных выработок комплекса и эксплуатационных производительностей средств бурения, погрузки и крепления, отвечающие этим скоростям, достигая минимальных затрат на используемое проходческое оборудование. Тогда оптимальное по стоимости эксплуатации использование проходческого оборудования с определенной производительностью может быть определено с помощью выражения

Для автоматизации процесса исследований нами разработаны алгоритм (рис. 1) и компьютерная программа с использованием библиотеки Swing (рис. 2), которая используется для создания графического интерфейса на языке Java [7,8].

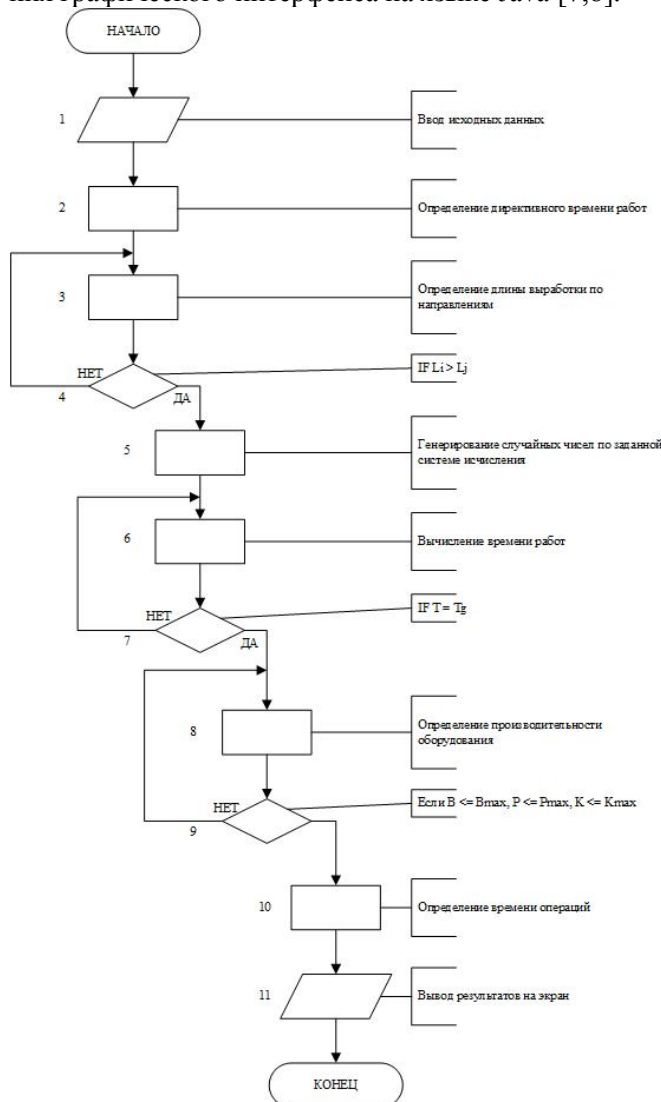


Рис. 1. Алгоритм программы исследований

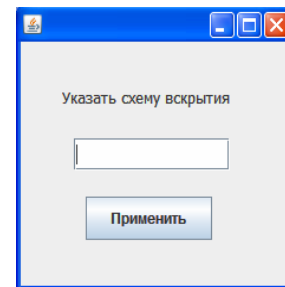


Рис. 2. Использование библиотеки Swing языка Java

Директивное время строительства определяется исходя из возможности построения нового горизонта до того, как будет отработан действующий горизонт. Сумма длин выработок по направлениям, соответственно, L_i и L_j определяется с учетом принятой схемы строительства, при этом выполнение условия $L_i > L_j$ означает, что L_i лежит на критическом пути. В дальнейшем происходит генерирование случайных чисел - скоростей сооружения выработок в рамках принятой системы ограничений, при этом выполнение условия $T = T_g$ (время строительства горизонта T соответствует директивному времени T_g) свидетельствует о приемлемости генерированных скоростей.

Эксплуатационные производительности средств бурения, погрузки породы и крепления выработок не должны превышать максимальные значения, т.е. соответственно $B \leq B_{\max}$, $P \leq P_{\max}$, $K \leq K_{\max}$.

Выводы и направления дальнейших исследований. Таким образом, анализ показал, что современное состояние горной промышленности Кривбасса характеризуется близостью к исчерпанию в достаточно недалекой перспективе запасов природно-богатых железных руд, разрабатываемых в настоящее время подземным способом и вскрытых с помощью одной ступени вскрыши.

Для условий глубоких шахт можно рекомендовать вскрытие горизонтов с применением слепых вертикальных стволов. Строительство горизонта второй ступени возможно: с использованием одной точки приложения работ - от главного ствола; двух - от главного ствола и одного из фланговых; трех точек - от главного ствола и обоих фланговых или - от главного ствола, флангового и временного околотрекового; пяти точек - от главного ствола, двух фланговых и двух временных околотрековых. Разработаны математическая модель и программа с использованием библиотеки Swing языка Java, позволяющие выполнить исследования сочетаний темпов проведения комплекса выработок и значений эксплуатационных производительностей различного проходческого оборудования, обеспечивающих эти темпы, в совокупности позволяющих достигать минимальных затрат. Дальнейшие исследования в рамках данной проблемы целесообразно сосредоточить на изучении взаимного влияния различных факторов организации горного производства.

Список литературы

1. Агошков М.И., Малахов Г.М. Подземная разработка рудных месторождений. М., «Недра», 1966. - 663 с.
2. Титов В.Д. Основы проектирования глубоких железорудных шахт. М., «Недра», 1977, 229 с.
3. Криворізький залізорудний басейн. До 125-річчя з початку промислового видобутку залізних руд. / Ю.Г. Вілкул, Л.В. Дояр, М.І. Дядечкін, О.С. Колодезнев та ін. - Кривий Ріг: Видавничий центр КТУ, 2006. - 583 с.
4. Покровский Н.М. Технология строительства подземных сооружений и шахт. - М.: Недра, 1977. -400 с.
5. Смирняков В.В., Вихарев В.И., Очуров В.И. Технология строительства горных предприятий. - М.: Недра, 1989. -573 с.
6. <http://bergminer.blogspot.nl/2013/07/the-deepest-mines-in-the-world.html>
7. Лонг Ф., Мохиндра Д., Сикорд Р., Сазерленд Д., Свобода Д. Руководство для программиста на Java: 75 рекомендаций по написанию надежных и защищенных программ. Пер. с англ. - М.: Вильямс, 2014. - 256 с.
8. Хорстман, С., Корнелл Г. Java 2. Библиотека профессионала. Основы. Пер. с англ. под ред. В.В. Вейтмана. - М.: Вильямс, 2007. - 896 с.

Рукопись поступила в редакцию 24.03.16

УДК 622.271.4: 622.271.32-027.235

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

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМОВ ВСКРЫШНЫХ РАБОТ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ КАРЬЕРА ПО РУДЕ

Актуальность. Снижение текущих коэффициентов вскрыши можно достичь за счет уменьшения ширины рабочей площадки до минимальной ее величины. Нормальные условия для добычи полезного ископаемого требуют формирования рабочей зоны карьера рабочими площадками, включающими нормативные запасы скальной горной массы, готовые к выемке. Увеличение производительности карьера по руде приводит к увеличению ширины рабочих площадок. 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.

Методы исследований. При определении отставания вскрышных работ необходимо учитывать взаимосвязь ширины рабочей площадки и длины активного фронта горных работ, которые обеспечивают в карьере необходимый объем готовых к выемке запасов.

Постановка задач. Целью данной работы является усовершенствование методики определения отставания вскрышных работ, которая позволит определять необходимые объемы вскрышных работ при увеличении производительности карьера по руде, как в случае вовлечения в разработку одного, так и нескольких участков рабочей зоны карьера.

Результаты. Выведены формулы для определения текущих коэффициентов вскрыши при расширении рабочих площадок, а также объемов задолженности по вскрыше. Установлено, что при увеличении производительности карьера по руде, за счет вовлечения в разработку нескольких участков рабочего борта карьера характеризующимися различными коэффициентами вскрыши, скорость горизонтального подвигания, а также ширина рабочей площадки, должны определяться отдельно для каждого участка в зависимости от его производительности.

Выводы. Усовершенствована методика определения объемов вскрышных работ, обеспечивающих в карьере нормальные условия добычи полезного ископаемого при изменении его производительности. Применение методики возможно, как в случае вовлечения в разработку одного, так и нескольких участков рабочей зоны карьера.