

щенням електричних схем та налаштуванням відповідних ним електронним вузлам. Також відбувається спрощення електричної схеми, що тягне за собою спрощення у налаштуванні електронних вузлів у неї. Як наслідок збільшення надійності самого електрообладнання та зменшення капітальних витрат на його обслуговування. Що в свою чергу дозволяє збільшити економічний ефект від впровадження даної системи на металургійному підприємстві. збільшення рентабельності самого підприємства для закупки нового обладнання, або модернізації іншого наявного на ньому обладнання на більш енергозберігаюче за рахунок збільшення ККД, і т.д. Отже, було розроблено ряд рекомендацій, що можуть бути використані проектувальниками електромеханічних систем на основі вентильних двигунів. Перевірено експериментально ефективні способи параметричної корекції, з покращенням статичних характеристик досліджуваного вентильного двигуна.

Список літератури

1. Ануфрієв В., Лужбінін А., Шумилин С. Мікросхема перетворювача кут – код для індуктивних датчиків // Сучасна електроніка. 2015 рік, № 3. С. 2 – 5
2. О.З. Попков Основи перетворювальної техніки, учбовий посібник для вузів, – М. 2007 рік, – 200 с. іл.
3. Бєленький Ю. М., Зеленков Г. С., Мікєрена А. Г. Досвід розробки і застосування безконтактних моментних приводів. Л.: ЛДНТП, 1987 рік, 28 с.
4. Герман – Галкін С. Г. Matlab&Simulink. Проектування мехатронних систем на ПК. СПб.: КОРОНА – Век, 2008 рік, 368 с. іл.
5. Гутников В. С. Інтегральна електроніка в вимірювальних приладах. Л.: Енергія, 1980 рік, 248 с. іл.
6. Овчинников І. Е. Вентильні електричні двигуни і привід на їх основі (мала і середня потужність). СПб.: КОРОНА – Век, 2007 рік, 336 с. іл.
7. Практика приводної техніки. Сервоприводи [Електронний ресурс]. URL: <http://www.sew-eurodrive.ru/files/pdf/11322853.pdf>
8. Соловійов В. А. Вентильний двигун зі зворотним зв'язком по струмів фазних обмоток // Електрика. 1995 рік, № 1. с. 56 – 61
9. Стародубцев Ю. М. Теорія і розрахунок трансформаторів малої потужності. М., 2005 рік 320 с. іл.
10. Драчов Г. І. Теорія електроприводу: навчальний посібник – Челябінськ, ЮУрГУ, 2006 рік, частина 2 – 193 с. іл.
11. Закладний О. М., Праховник А. В., Соловей О. І. Енергозбереження засобами промислового електропривода, навчальний посібник, – К., Кондор, 2012 рік, – 408 с. іл.
12. Косулін В. Д, Михайлов Г. Б., Омельченко В. В., Путніков В. В. Вентильні електродвигуни малої потужності для промислових роботів. Л., Енергоатоміздат, 1988 рік, 184с. іл.
13. Боровіков М. А., Доманов В. І., Нашатиркін В. Е. Слідкуючий електропривод з обчислювачами координат по сигналам датчика положення ротора, Електрика, 1990 рік, №10, с. 76 – 80
14. Е. М. Овсяніков Електричний привід, М., Форум, 2011 рік, 224 с. іл.
15. Петухов С. В., Кришьяніс М. В. Електропривод промислових установок: навчальний посібник – Архангельск: С (А)ФУ, 2015 рік. – 303 с. іл.

Рукопис подано до редакції 06.04.2018

УДК 622.27: 622.271.4

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ РАЗРАБОТКИ НА ОТСТАВАНИЕ ВСКРЫШНЫХ РАБОТ В КАРЬЕРЕ

Цель. Усовершенствовать научно-методическую базу в области проектирования и планирования открытых горных работ путем разработки новых и корректировки существующих методов определения параметров системы разработки. Обосновать влияние метода определения ширины рабочей площадки, учитывающий ее взаимосвязь с длиной активного фронта горных работ и производительностью по руде на отставание по вскрыше.

Методы исследования. Исследование влияния параметров системы разработки на отставание вскрышных работ необходимо осуществлять с учетом взаимосвязи ширины рабочей площадки и длины фронта горных работ, которые обеспечивают норматив готовых к выемке запасов для принятой производительности карьера по руде. При этом взаимосвязь параметров системы разработки учитывается с помощью графических методов горно-геометрического анализа карьерного поля.

Научная новизна. Несоответствие фактической длины активного фронта горных работ длине фронта принятой при определении максимально возможной производительности карьера по руде и составлении перспективного кале-

ндарного плана горных работ без учета взаимосвязи ширины рабочей площадки и длины активного фронта горных работ, обеспечивающих норматив готовых к выемке запасов приводит к нарушению равенства скоростей перемещения руд-ных и нерудных уступов и соответственно к накоплению отставания вскрышных работ в карьере.

Практическая значимость. Результаты выполненных исследований могут быть использованы проектными органами-заявками и горнодобывающими предприятиями при определении производительности карьера по руде.

Результаты. Отставанием вскрышных работ в карьере необходимо считать недовыполнение объемов вскрыши, которые рассчитываются относительно положения горных работ в карьере, обеспечивающее норматив готовых к выемке запасов для заданной производительности карьера по руде, с учетом ее изменения на конец каждого года эксплуатации карьера.

Ключевые слова: открытые горные работы, производительность карьера по руде, режим горных работ, длина активного фронта горных работ, отставание вскрышных работ.

doi: 10.31721/2306-5435-2018-1-104-76-81

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. В процессе эксплуатации железорудных месторождений карьерами, соотношение объемов добычи руды и извлечения вскрышных пород определяется проектами их разработки, которые составляются в соответствии с нормами технологического проектирования [1]. Установленное соотношение определяет необходимые параметры системы разработки для эффективной и безопасной добычи полезных ископаемых [2]. Такая работа считается нормальной и определена требованием, формировать рабочую зону карьера с рабочими площадками, включающими нормативные запасы руды и вскрышных пород готовыми к выемке [3]. Размер резервной полосы и соответственно ширины рабочей площадки определяется продолжительностью периода, на который создаются готовые к выемке запасы и зависит от производительности карьера по руде и длины активного фронта горных работ [4].

Несоответствие фактических значений параметров системы разработки плановым приводит к нарушению законов развития карьерного пространства и как следствие этого неплановому накоплению отставания вскрышных работ [5].

Поэтому приступая к моделированию развития горных работ для заданной производительности карьера по руде в первую очередь необходимо определить значение ширины рабочей площадки и длины активного фронта горных работ, удовлетворяющих требованиям нормируемых запасов.

Анализ исследований и публикаций. В результате выполненного анализа научных публикаций 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 [6,7]. При этом не учитывается влияние на нее изменения ширины рабочей площадки, которое заключается в том, что при увеличении ширины рабочей площадки длина фронта уменьшается [8,9].

Постановка задач. Цель настоящей работы – обосновать влияние метода определения ширины рабочей площадки, который учитывает ее взаимосвязь с длиной активного фронта горных работ и производительностью по руде на отставание по вскрыше.

Изложение основного материала. Для выполнения исследований был рассмотрен пример условного карьера разрабатывающего месторождение, которое подобно, по условиям залегания и технологии открытой разработки, мощным месторождениям бедных железистых кварцитов, отрабатываемым карьерами Кривбасса и выполнен горно-геометрический анализ карьерного поля при работе с различной шириной рабочей площадки.

На рис. 1 показано изменение длины активного фронта горных работ от изменения ширины рабочей площадки. Из рисунка видно, что при увеличении ширины рабочей площадки длина активного фронта горных работ в карьере уменьшается, при этом в каждом случае в работу вовлекается вся рабочая зона карьера.

Нормальная ширина рабочей площадки определяется по формуле [10]

$$B_H = B_{\min} + \frac{A_p \cdot \psi}{L_p \cdot h_y}, \text{ м}, \quad (1)$$

где B_{\min} – минимальная ширина рабочей площадки в карьере, м; A_p – производительность карьера по руде, м³/год; ψ – нормативный коэффициент готовых к выемке запасов руды (при полу-

торамесячном запасе руды этот коэффициент равен 0,125); L_p – длина активного рудного фронта в карьере, м; h_y – высота рудного уступа, м.

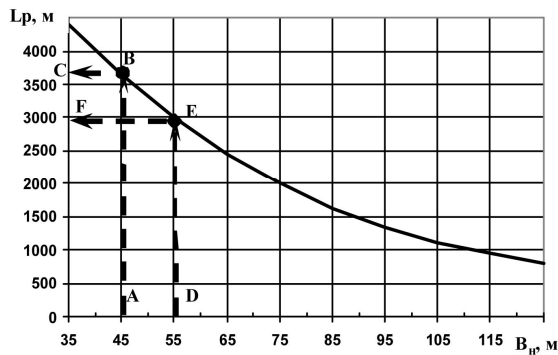


Рис. 1. Изменение длины активного фронта горных работ в зависимости от изменения ширины рабочей площадки

Как видно из формулы (1) ширина полосы готовых к выемке запасов (в данной формуле представлена вторым слагаемым) зависит от производительности карьера по руде и от длины активного фронта горных работ, и влияет на ширину рабочей площадки, т.е. ширина рабочей площадки зависит от производительности карьера по руде и длины активного фронта горных работ.

В том случае если принять $A_p=const$ и $h_y=const$, то ширина рабочей площадки будет зависеть от длины активного фронта горных работ $B_n=f(L_p)$. Однако, из рис. 1 видно, что длина активного фронта горных работ, в свою очередь, определяется шириной рабочей площадки $L_p=f(B_n)$. Это свидетельствует о том, что производительность карьера по руде необходимо определять не только с учетом длины активного фронта горных работ, но и с учетом влияния на фронт ширины рабочей площадки.

Допустим производительность карьера по руде принята на уровне 8,4 млн. м³/год. Минимальная ширина рабочей площадки составляет 35 м. Ширина рабочих площадок в карьере составляет 45 м, при этом, согласно рис. 1, длина активного фронта горных работ составляет 3700 м (линия А-В-С). Тогда, для заданных условий согласно формулы 1 ширина рабочей площадки должна составлять 55 м. Однако из рис. 1 видно, что максимальная длина активного фронта горных работ в карьере при ширине рабочей площадки 55 м составляет 2950 м (линия D-E-F), что значительно меньше принятой длины фронта в расчетах (3700 м). В данном случае для выполнения заданной производительности карьера по руде, в связи с отсутствием необходимого запаса руды готового к выемке, а также меньшей длины фронта горных работ произойдет уменьшение ширины рабочей площадки, что в свою очередь в дальнейшем приведет к негативным последствиям (отставание вскрышных работ, невыполнением производственной программы по руде, аварийным условиям работы карьера) [11].

Выполним исследования степени влияния отклонения фактической длины фронта горных работ от ее планового значения на отставание вскрышных работ в карьере.

Основным условием работы карьера является равенство скоростей перемещения рудных и вскрышных уступов [12]

$$l_p=l_v; \tag{2}$$

$$l_p = \frac{A_p}{L_p h_y}, \quad l_v = \frac{A_v}{L_v h_y}, \tag{3}$$

где A_p, A_v – производительность карьера соответственно по руде и вскрыше, м³/рік; L_p, L_v – длина активного фронта горных работ соответственно по руде и вскрыше, м; h_y – высота уступа, м.

Равенство (2) можно записать в виде

$$\frac{A_p}{L_p h_y} = \frac{A_v}{L_v h_y}. \tag{4}$$

Производительность карьера по руде поставлена под особый контроль, в связи с чем чаще всего выполняется. Поэтому равенство скоростей перемещения рудных и нерудных (вскрышных) уступов может быть нарушено из-за несоответствия фактической длины активного фронта горных работ длине фронта принятой при определении максимально возможной производительности карьера по руде и составлении перспективного календарного плана горных работ без учета взаимосвязи ширины рабочей площадки и длины активного фронта горных работ, обеспечивающих норматив готовых к выемке запасов. Уменьшение длины фронта горных работ на рудных уступах связано с тем, что при увеличении ширины рабочей площадки рудный фронт концентрируется на меньшем количестве уступов в нижней части карьера. При этом вскрыш-

ной фронт горных работ увеличивается за счет увеличения количества нижележащих вскрышных уступов.

В этом случае отставание вскрышных работ в карьере характеризуется величиной отклонения фактического угла откоса рабочего борта карьера от проектного.

Пусть рабочий борт карьера на начало года занимает положение 1 (рис. 2). Если фактическая длина фронта горных работ соответствует запланированному значению, то на конец года рабочий борт займет положение 2 (годовое подвигание составит Π_r), которое характеризуется сохранением ширины рабочей площадки и угла откоса рабочего борта такими, что и на начало года.

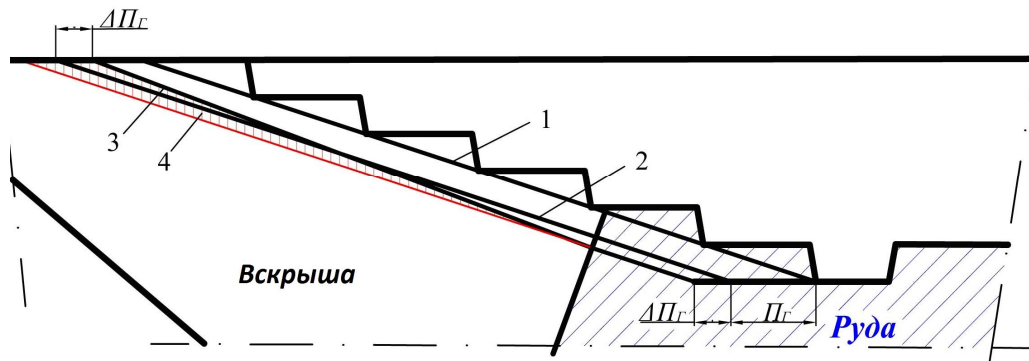


Рис. 2. Схема к обоснованию отставания вскрышных работ в карьере при отклонении фактической длины активного фронта горных работ от ее планового значения

В том случае, если фактическая длина фронта горных работ меньше запланированного значения для выполнения плана по руде, исходя из формулы (3), необходимо увеличить годовое подвигание рудных уступов на величину $\Delta\Pi_r$, а рудная зона борта карьера переместиться в положение представленное линией 3 (рис. 2). При этом для обеспечения обязательного горизонтального подвигания рудных уступов годовое подвигание нижнего вскрышного уступа необходимо также увеличить на величину $\Delta\Pi_r$. Однако, максимальное годовое горизонтальное подвигание вскрышной зоны ограничивается производительностью и имеющимся количеством горного оборудования, которое рассчитывается исходя из плановой производительности по вскрышным породам. Поэтому, исходя из производительности и имеющегося количества вскрышного оборудования, годовое подвигание верхнего вскрышного уступа уменьшится на величину $\Delta\Pi_r$, а вскрышная зона борта карьера переместиться в положение представленное линией 3 (рис. 2). Данное положение рабочего борта карьера характеризуется изменением ширины рабочей площадки и угла откоса рабочего борта по пустым породам, т.е. отставанием вскрышных работ (позиция 4, рис. 2).

Необходимое увеличение скорости подвигания рудных уступов в горизонтальном направлении определить по формуле, м/год

$$\Delta l_p = \frac{A_p}{(L_p^{nl} - L_p^\phi) h_y}, \quad (5)$$

где L_p^{nl} , L_p^ϕ - плановая и фактическая длина активного рудного фронта горных работ, м.

На рис. 3 показано зависимость приращения скорости горизонтального подвигания рудных уступов (Δl_p) при увеличении отклонения (Δl_p) фактической длины фронта горных работ от ее планового значения. На рис. 4 показан график зависимости приращения угла откоса рабочего борта карьера при увеличении отклонения (Δl_p) фактической длины фронта горных работ от ее планового значения для различных вариантов высоты вскрышной зоны борта карьера.

Из рисунков видно, что отклонение фактической длины фронта горных работ от ее планового значения значительным образом влияет на угол откоса рабочего борта карьера вне рудной зоны и приводит к накоплению отставания вскрышных работ в карьере.

Поэтому, при определении ширины рабочей площадки при заданной производительности карьера по руде необходимо принимать длину активного фронта по руде и вскрышным породам не на момент оценки, а с учетом ее взаимосвязи с шириной рабочей площадки, обеспечивающих в карьере норматив готовых к выемке запасов.

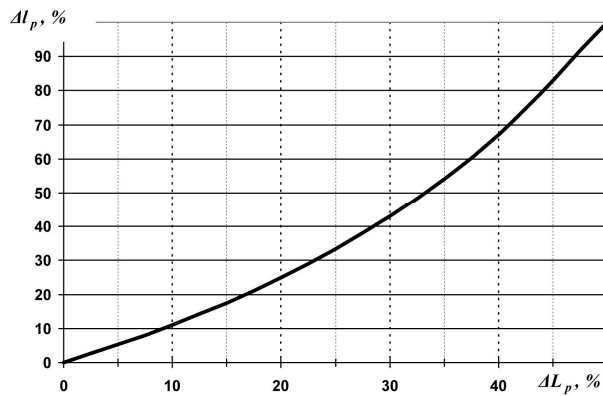


Рис. 3. Изменение приращения скорости горизонтального подвигания рудных уступов (Δl_p) при увеличении отклонения (ΔL_p) фактической длины активного фронта горных работ от ее планового значения

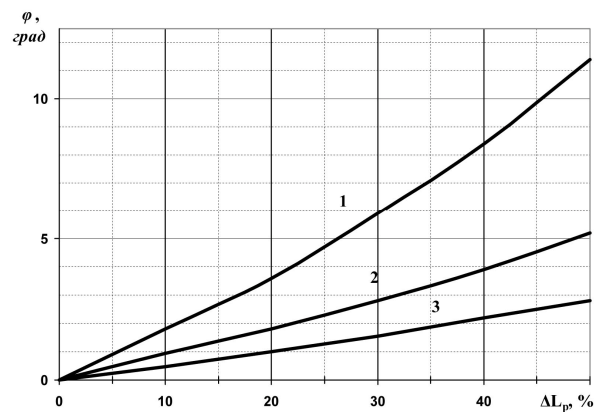


Рис. 4. График зависимости приращения угла откоса рабочего борта карьера (φ) при увеличении отклонения фактической длины фронта горных работ от ее планового значения для различных вариантов высоты вскрышной зоны борта карьера: 1 – 100м, 2 – 200 м, 3 – 300м

В данной работе отставанием вскрышных работ в карьере считается невыполнение объемов вскрыши, рассчитанное относительно положения горных работ в карьере, которое обеспечивает норматив готовых к выемке запасов для заданной производительности карьера по руде, с учетом ее изменения на конец каждого года эксплуатации карьера.

Выводы. Несоответствие фактической длины активного фронта горных работ длине фронта принятой при определении максимально возможной производительности карьера по руде и составлении перспективного календарного плана горных работ без учета взаимосвязи ширины рабочей площадки и длины активного фронта горных работ, обеспечивающих норматив готовых к выемке запасов приводит к нарушению равенства скоростей перемещения рудных и нерудных уступов и соответственно к накоплению отставания вскрышных работ в карьере. При этом отставанием вскрышных работ в карьере необходимо считать невыполнение объемов вскрыши, которые рассчитываются относительно положения горных работ в карьере, обеспечивающее норматив готовых к выемке запасов для заданной производительности карьера по руде, с учетом ее изменения на конец каждого года эксплуатации карьера.

Список литературы

1. Норми технологичного проектування гірничодобувних підприємств із відкритим способом розробки родовищ корисних копалин. – Міністерство промислової політики України, м. Київ, 2007. – 279 с.
2. **Анистратов Ю.И.** Проектирование карьеров / Ю.И. Анистратов, К.Ю. Анистратов. – М.: ГЕМОС Лимитед, 2003. – 176 с.
3. **Ковальчук В.А.** Исследование взаимосвязи отставания вскрышных работ и производительности карьера / В.А.Ковальчук // Разработка рудных месторождений. – Кривой Рог. – 1999. – Вып. 67. – С. 3-7.
4. **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.
5. **Черепанов Е.В.** Обоснование технологи горных работ на рудных карьерах, имеющих отставание по вскрыше / Е.В.Черепанов // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М.Ф.Решетнева. – 2006. – №5. – С. 267–270.
6. **Арсентьев А.И.** Производительность карьеров / А.И.Арсентьев. – Санкт-Петербургский горный институт. СПб, 2002. – 85 с.
7. **Близнюков В.Г.** Область возможного регулирования режима горных работ при геометрическом анализе карьерного поля / В.Г.Близнюков, Ю.М.Навитный, О.Ю.Близнюкова // Горный журнал. – 2015. – №5. – С.50–51.
8. **Луценко С. А.** Определение параметров системы разработки при изменении производительности карьера по руде / С.А. Луценко // Збірник наукових праць Державного підприємства «Науково-дослідний гірничорудний інститут». – Кривий Ріг: ДП «НДГРІ». – 2016. - №56. С. 68-74
9. **Луценко С. А.** Исследование взаимосвязи параметров системы разработки / С.А. Луценко // Вісник ЖДТУ. – Житомир, 2018. - №1 (81). – С. 269-273.
10. **Арсентьев А.И.** Производительность карьеров / **А.И.Арсентьев.** – Санкт-Петербургский горный институт. СПб, 2002. – 85 с.
11. **Луценко С.А.** Методика определения объемов вскрышных работ при увеличении производительности карьера по руде / С.А. Луценко // Вісник ЖДТУ. – Житомир, 2017. - №1 (79). – С. 191-197.
12. **Арсентьев А.И.** Законы формирования рабочей зоны карьера / А.И. Арсентьев. – Л.: Изд. ЛГИ, 1986. – 54 с.

Рукопись поступила в редакцию 09.04.2018