

7. **Биренберг И.Э.** Стационарная система автоматического непрерывного контроля метана с диагностикой термодатчика. / **И.Э. Биренберг, Е.Ш. Ланда, Г.С. Тросман** // Системы автоматизации и связи в угольной промышленности. - М: 1986. – С. 38 – 46.

8. **Алексеев М.О.** Автоматична діагностика стану стаціонарних термокаталітичних газоаналізаторів / **М.О. Алексеев, О.В. Голинько** // Збірник наукових праць НГУ. – Д.: ДВНЗ «НГУ», 2018 – № 53 – С. 223-229

9. **Голинько В.И.** Разработка метода контроля чувствительности термокаталитических датчиков метана / **В.И. Голинько, А.К. Котляров** // Гірничя електромеханіка та автоматика: Наук.-техн. зб. – 2004. Вип. 73. – С. 54-60.

10. **Голинько В.И., Котляров А.К.** Контроль взрывоопасности среды в горных выработках и оборудовании угольных шахт. Монография / **В.И. Голинько, А.К. Котляров** – Днепропетровск: изд-во «Лира», 2010. – 368 с.

11. **Голинько В.И.** Совершенствование термокаталитических средств контроля содержания метана / **В.И. Голинько, В.В. Белоножко** // Гірничя електромеханіка та автоматика: Наук. техн. зб. – 2003. – Вип. 70. – С. 92 – 100.

12. **Голинько В.И.** Исследование процесса окисления метана в термокаталитических датчиках / **В.И. Голинько, В.В. Белоножко** // Науковий вісник НГУ. - Дніпропетровськ, 2003 - №7, с. 62-65.

Рукопис подано до редакції 12.05.2020

УДК 622.271.4:622.271.32-027.235

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

Ю.И. ГРИГОРЬЕВ, канд. техн. наук

Криворожский национальный университет

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЪЕМОВ ВСКРЫШНЫХ РАБОТ ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ В КАРЬЕРЕ НОРМАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ДЛЯ ДОБЫЧИ ПОЛЕЗНОГО ИСКОПАЕМОГО

Цель. Усовершенствовать научно-методическую базу в области проектирования и планирования открытых горных работ путем разработки методов определения объемов вскрышных работ, обеспечивающих в карьере нормальные условия добычи полезного ископаемого при изменении его производительности, которые должны учитывать взаимосвязь параметров системы разработки, исходя из условия обеспечения нормативного объема готовых к выемке запасов.

Методы. 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. Выведены формулы для определения текущих коэффициентов вскрыши при расширении рабочих площадок, а также объемов задолженности по вскрыше.

Научная новизна. При снижении производительности карьера по руде уменьшение коэффициента вскрыши достигается за счет уменьшения ширины рабочих площадок вследствие чего верхние горизонты (вскрышные) имеют меньшую скорость горизонтального подвигания, чем нижние горизонты (рудные). 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.

Практическая значимость. 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.

Результаты. Выведены формулы для определения текущих коэффициентов вскрыши, а также объемов задолженности по вскрыше при снижении производительности карьера по руде.

Ключевые слова: железорудные карьеры, вскрышные работы, коэффициент вскрыши, рабочая площадка уступа, опережение вскрышных работ, ширина рабочей площадки.

doi: 10.31721/2306-5435-2020-1-107-22-26

Проблема и ее связь с научными и практическими заданиями. В современных условиях разработки месторождений, вопросы, связанные с выбором направления развития и установления рационального режима горных работ, занимают одно из ведущих мест в горном деле. В процессе эксплуатации большинства месторождений Кривбасса, особенно за последнее десятилетие, невыполнялись объемы вскрышных работ, что привело к накоплению значительных объемов задолженности по вскрыше. Такая тенденция привела к тому, что составление произ-

водственных программ предприятий, а в последующем и их выполнение, становится все более проблематичным, что подтверждается практикой производства.

Развитие карьера в этих условиях осложняется наличием в рабочей зоне целых участков временно нерабочих уступов, характеризуемых зауженными площадками до размеров транспортных и предохранительных берм. При этом, объем готовых к выемке запасов горной массы не отвечает нормативным требованиям, а производство горных работ характеризуется значительным их рассредоточением по карьерному пространству.

Повышение эффективности разработки действующих карьеров и вовлечение в разработку открытым способом новых месторождений требуют тщательного предварительного анализа и ответственной проектной работы с применением современных научных методов и средств. Это объясняется тем, что реконструкция действующих карьеров или освоение новых месторождений требуют больших капитальных затрат с длительным сроком их окупаемости и любое необоснованное решение или ошибка в проекте может привести к снижению эффективности капиталовложений, усложнению и удорожанию эксплуатации месторождения.

Однако практика работы железорудных карьеров Украины показывает, что проблема отставания вскрышных работ полностью не решена и может обостряться, особенно в периоды изменения производительности карьеров по руде.

В этих условиях большое значение приобретают научные исследования, связанные с установлением оптимальных параметров системы разработки, определением размеров отставания вскрышных работ и его расположения в карьерном пространстве.

Поэтому поиск новых конструктивных технологических решений регулирования режима вскрышных работ, методов определения задолженности карьеров по вскрышным работам и путей ликвидации данной задолженности имеет важное значение.

При работе ГОКов в рыночных условиях происходит постоянное изменение потребности в различных видах полезных ископаемых и их цен, что приводит к изменению плановых показателей по добыче того или иного вида минерального сырья. В периоды кризисных явлений при падении спроса на минеральное сырье на карьерах снижают производительность. Коэффициенты вскрыши в эти периоды принимаются постоянными на уровне запланированных в проектах, а иногда и необоснованно уменьшаются. При этом одной из важнейших задач при разработке месторождений открытым способом, является поддержание работоспособности карьеров в условиях, как сокращение объемов добычи полезных ископаемых, так и их увеличения.

Анализ исследований и публикаций. Большинство исследований направленных на установление объемов отставания вскрышных работ [1-6] не учитывают взаимосвязь режима горных работ и производительности карьера по руде [7] исходя из условия обеспечения в карьере норматива готовых к выемке запасов руды. Анализ научных публикаций показал, 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 нее изменение ширины рабочей площадки [8, 9].

Для определения отставания вскрышных работ разработаны методики [10, 11] определения объемов вскрышных работ, обеспечивающих в карьере нормальные условия для добычи полезного ископаемого. При этом данные методики не учитывают возможность уменьшения производительности карьера по руде в периоды снижения спроса на продукцию горно-обогатительных комбинатов.

Это свидетельствует об актуальности разработки новых и корректировки существующих методик определения объемов вскрышных работ, обеспечивающих в карьере нормальные условия для добычи полезного ископаемого, особенно в условиях рыночных отношений, что требует надежных оптимальных проектных решений.

Постановка задач. Целью работы является усовершенствование методики определения объемов вскрышных работ, обеспечивающих в карьере нормальные условия добычи полезного ископаемого при снижении его производительности.

Изложение основного материала и результаты. Исследованиями установлено, что снижение производительности карьера по руде обеспечивается, как за счет уменьшения количества участков вовлекаемых в разработку, а также размеров данных участков [12], так и за счет увеличения угла откоса рабочего борта карьера [7] на одном участке рабочей зоны, что приводит к снижению коэффициентов вскрыши.

Методику определения объемов вскрышных работ при снижении производительности карьера по руде рассмотрим на примере условного карьера (рис. 1).

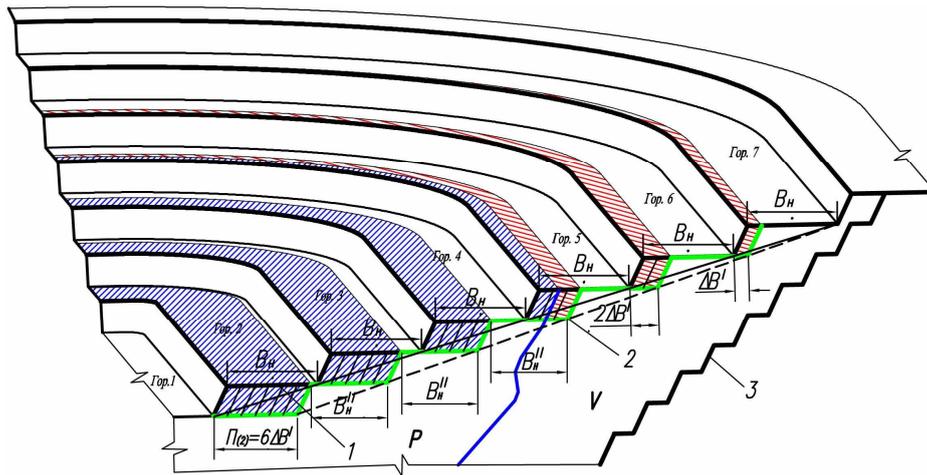


Рис. 1. Схема для определения объемов вскрышных работ при снижении производительности карьера по руде: 1 и 2 – положение рабочего борта карьера при работе с производительностью по руде A_p и A''_p ; 3 – проектный контур карьера; B_H – нормальная ширина рабочей площадки при производительности карьера по руде A_p ; B''_H – нормальная ширина рабочей площадки при работе карьера с производительностью по руде A''_p

При снижении годовой производительности карьера по руде с величины A_p до A''_p нормальная ширина рабочей площадки на каждом горизонте изменится с B_H до B''_H , т.е. уменьшится на DB'_H , м

$$DB'_H = B''_H - B_H. \quad (1)$$

Как видно с рис. 1, при снижении производительности карьера по руде до A''_p можно уменьшить ширину рабочей площадки на *гор. 6* на величину DB'_H ; на нижележащем горизонте (*гор. 5*) – на величину $2DB'_H$ и так далее до самого нижнего рабочего уступа. В этом случае все рабочие площадки в карьере уменьшаются до нормативных размеров.

Текущий коэффициент вскрыши определяется по формуле, $\text{м}^3/\text{м}^3$,

$$n_t = \frac{A_v}{A_p} = \frac{L_v \times h_y \times l_v}{L_p \times h_y \times l_p}, \quad (2)$$

где l_v и l_p – скорость горизонтального подвигания вскрышных и рудных уступов, м/год.

При принятых ширине рабочей площадки, высоте уступов, производительности по руде и пустым породам, угол откоса рабочего борта карьера будет постоянным, а текущий коэффициент вскрыши определится соотношением активных фронтов работ по пустым породам (L_v) и руде (L_p), $\text{м}^3/\text{м}^3$

$$n_t = \frac{L_v}{L_p}. \quad (3)$$

Необходимое подвигание i -го горизонта обеспечивающее уменьшение рабочих площадок до величины B''_H определяется по формуле, м

$$\Pi_{(i)} = (I - i) \times DB'_H. \quad (4)$$

Текущий коэффициент вскрыши с учетом объемов добычи руды и выемки вскрышных, которые извлекаются при уменьшении ширины рабочих площадок станет равным, $\text{м}^3/\text{м}^3$

$$n_t = \frac{\sum_{i=2}^I (\Pi_{(i)} \times L_{v(i)} \times h_{y(i)}) + \sum_{i=2}^I (\Pi_{pv(i)} \times L_{p(i)} \times h_{y(i)}) + L''_{v(i)} \times h_{y(i)} \times \Pi'_{l(i)}}{A''_p}. \quad (5)$$

Объем опережения вскрышных работ составит, м^3

$$Q_{\text{вн}} = DA_{pB} \frac{L''_v}{L''_p} - DA_{vB} \cdot \quad (6)$$

Исходные данные и результаты расчетов по определению объемов вскрышных работ при снижении производительности карьера по руде представлены в табл. 1.

Таблица 1

Исходные показатели и результаты расчетов для условного примера

Показатели	Варианты					
	Базовый (1)	2	3	4	5	6
Производительность карьера по руде, м ³ /год	3000000	2750000	2500000	2250000	2000000	1750000
Снижение производительности по руде, м ³ /год	0	250000	500000	750000	1000000	1250000
Производительность карьера по вскрыше, м ³ /год	9000000	7749000	6524000	5267000	4032000	2782000
Длина рудного фронта, м	1600	1670	1760	1870	1990	2120
Длина вскрышного фронта, м	3400	3300	3190	3080	2960	2810
Минимальная ширина рабочей площадки В _н , м	35	35	35	35	35	35
Нормативная ширина рабочей площадки, м	50	48	46	45	43	42
Текущий коэффициент вскрыши с учетом опережения вскрышных работ, м ³ /м ³	2,1	1,8	1,33	0,98	0,53	0,2

На рис. 2 и 3 показано изменение текущих коэффициентов вскрыши и объемов выемки вскрышных пород в зависимости от изменения производительности карьера. Точка A_6 характеризует достигнутый уровень производительности карьера по руде (базовый вариант). Заштрихованные области на графике показывают опережение объемов выемки вскрышных пород (4) при уменьшении производительности карьера по руде. Линия 3 характеризует работу карьера с постоянным коэффициентом вскрыши.

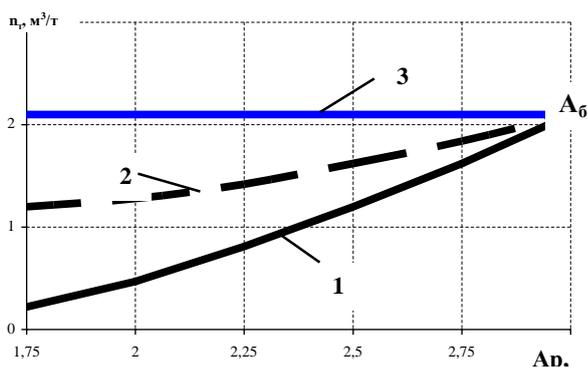


Рис. 2. Зависимость текущих коэффициентов вскрыши от изменения производительности карьера по руде:

1 - с учетом объемов горной массы, извлекаемых при реконструкции борта карьера; 2 - без учета объемов горной массы, извлекаемых при реконструкции борта карьера; 3 - постоянный коэффициент вскрыши

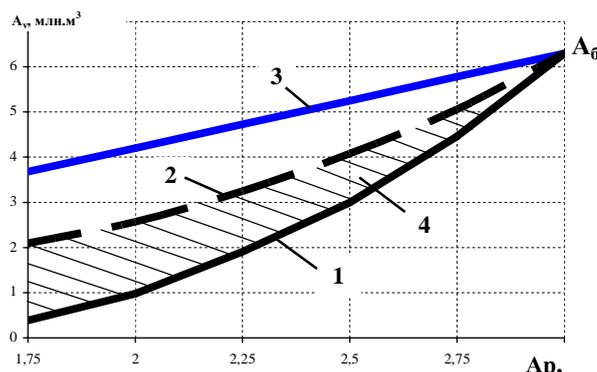


Рис. 3. Зависимость объемов вскрышных пород от изменения производительности карьера по руде:

1 - с учетом объемов горной массы извлекаемых при реконструкции борта карьера; 2 - без учета объемов горной массы извлекаемых при реконструкции борта карьера; 3 - при постоянном коэффициенте вскрыши; 4 - опережение вскрышных работ

Выводы и направление дальнейших исследований. Расчеты показали, что при снижении производительности карьера по руде снижается коэффициент вскрыши. Это объясняется тем, что за счет уменьшения ширины рабочей площадки верхние горизонты (вскрышные) имеют меньшую скорость горизонтального подвигания, чем нижние горизонты (рудные) и как следствие этого некоторый объем руды извлекается из карьера с меньшим коэффициентом вскрыши. В результате выполненных исследований была усовершенствована методика определения объемов вскрышных работ, обеспечивающих в карьере нормальные условия добычи полезного

ископаемого при изменении его производительности. Применение методики возможно, как в случае вовлечении в разработку одного, так и нескольких участков рабочей зоны карьера.

Список литературы

1. Арсентьев А.И. Проектирование горных работ при открытой разработке месторождений / А.И.Арсентьев, Г.А.Холодняков. – М.: Недра, 1994. – 336 с.
2. 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.
3. Новожилов М.Г. Технология открытой разработки месторождений полезных ископаемых. Ч.2 / М.Г.Новожилов, В.С.Хохряков, Г.Д.Пчелкин, В.С.Эскин. – Изд-во Недра, 1971. – 552с.
4. Ржевский В.В. Научные основы проектирования карьеров / В.В.Ржевский, М.Г.Новожилов, Б.П.Юматов. – М.: Недра, 1971. – 600 с.
5. Черепанов Е.В. Обоснование технологии 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. Близиюков В.Г. Один из путей сохранения нормальной ширины рабочей площадки при уменьшении объемов вскрышных работ в карьере / В.Г.Близиюков, С.Ю.Оводенко // Разработка рудных месторождений.– Изд-во: «Техника», 1988.– №45. – С. 11–14.
7. Луценко С. А. Исследование режима горных работ, обеспечивающего достижение максимально возможной производительности карьера по руде / С.А. Луценко // Вісник НТУУ "КПІ". – Київ. – 2017. - Вип. 34. – С34-40.
8. Луценко С.А. Разработка метода определения максимальной, по горным возможностям, производительности карьера по руде / С.А. Луценко // Геотехническая механика. – Днепропетровск, 2017. - №130. С. 168-175.
9. Луценко С. А. Исследование взаимосвязи параметров системы разработки / С.А. Луценко // Вісник ЖДТУ. – Житомир, 2018. - №1 (81). – С. 269-273.
10. Близиюков В.Г. Планирование режима вскрышных работ с учетом производительности карьера по полезному ископаемому / В.Г.Близиюков, А.В.Савицкий, О.Ю.Близиюкова // Горный журнал, 2013. - №5. – С. 4-8.
11. Вилкул Ю.Г. О проблеме отставания вскрышных работ в железорудных карьерах / Ю.Г.Вилкул, С.А.Луценко, О.Ю.Близиюкова // Металлургическая и горнорудная промышленность. – Днепропетровск, 2013. - №3. - С. 92-96.
12. Луценко С.А. Исследование взаимосвязи параметров системы разработки при концентрации горных работ / С.А. Луценко // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування: зб. наук. праць. – Вип. 4 (80). – 2017. – С. 194-203.

Рукопись поступила в редакцию 14.02.2020

УДК 624.042.41

С.І. САХНО, Є.В. ЛЮЛЬЧЕНКО, Л.О. ЯНОВА, О.В. ПИЩИКОВА,
кандидати техн. наук, доценти, Криворізький національний університет

АНАЛІЗ ВІТРОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА ЕЛЕМЕНТИ МАЛОПОВЕРХОВИХ БУДІВЕЛЬ ІЗ ДВОСХИЛИМ ДАХОМ МЕТОДОМ ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ ГІДРОГАЗОДИНАМІКИ

Мета. Знаходження вразливих для сильних вітрів місць в конструкції будинків з двоххилим дахом, що не враховуються стандартною методикою обліку вітрових навантажень.

Методи досліджень. Для дослідження розроблена математична твердотільна модель будинку з двоххилим дахом. Розрахунок навантажень, згідно ДБН проводився в програмному комплексі SCAD ++, моделювання розподілу вітрових навантажень твердотільної моделі виконувалося в програмному комплексі SolidWorks корпорації Dassault Systemes. Дослідження проводилися з урахуванням статичних вітрових навантажень при швидкості вітру 25 м/с. Розглядалися впливи з фронтального, бокового та діагонального вітру.

Наукова новизна. В результаті досліджень отримав подальший розвиток метод кінцевих елементів для підвищення надійності елементів будівель, що зазнають вітрові впливи які відрізняються від стандартних. Виявлено значні вітрові впливи в районі піддашкового звису спроможні спричинити руйнування даху. Виявлено, що розподілення вітрових навантажень знайдених методом обчислювальної гідрогазодинаміки не співпадає з розподіленням вітрових навантажень відповідно до ДБН В.1.2-2: 2006.

Практичне значення. Запропонована методика дозволяє, приймаючи за базу стандартні вітрові навантаження, забезпечити більш надійну, довговічну і безпечну роботу елементів даху будівлі, які зазнають вітрових впливів, що відрізняються від стандартних.

Результати. Виявлені розподілення вітрових навантажень на стіни і дах при різних напрямках вітру. Показано, що навантаження не має рівномірно розподілений характер, а концентрується в особливих точках конструкції будівлі. Особливі вітрові впливи спостерігаються в зонах козирків даху та карнизних звисів. В цих зонах на площину даху одночасно діє позитивний тиск знизу і негативний тиск зверху. Різниця в тисках створює великі відривні зусилля

© Сахно С.І., Люльченко Є.В., Янова Л.О., Пищикова О.В., 2020