УДК 622.833

О.М. ШАШЕНКО, д-р техн. наук, проф., Н.В. ХОЗЯЙКІНА, канд. техн., доц.

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»

О.І. ДУБОВИК, інж.

Державне підприємство «Вугільна компанія «Краснолиманська»

ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ДОЦІЛЬНОСТІ ПОВТОРНОГО ВИКОРИСТАННЯ ПІДГОТОВЧИХ ВИРОБОК НА ШАХТІ «КРАСНОЛИМАНСЬКА»

Мета. Аналіз етапу вугільної галузі як в Україні, так і в світі свідчить про те, що з часом альтернативні джерела енергії замінять теплову генерацію. Період переходу до принципово іншої енергетики за оцінкою спеціалістів становить 30-50 років. За цей час ефективність теплової генерації електричної енергії буде суттєво залежати від собівартості вугілля, що видобувається. Таким чином, обґрунтування параметрів технологій, що забезпечують найбільш економічно доцільний видобуток вугілля є актуальною задачею сьогодення. Одним із таких напрямів технологічного прориву є повторне використання підготовчих виробок. У статті розглянуті різні критерії економічної доцільності такого використання і наведено розрахунок для гірничо-геологічних умов шахти «Краснолиманська».

Методи. Методологія досліджень полягає в чисельному моделюванні стійкості виробки і конструюванні кріплення з набором таких елементів, при яких зміщення контуру виробки не перевищить 0,3-0,4 м. Кожен варіант супроводжується відповідним економічним розрахунком, що дозволяє порівняти вартість спорудження нового штреку з ремонтом повторно використовуваного.

Наукова новизна. Особливістю розрахунків є сукупність аналітичних, і натурних досліджень, що дозволила в гірничо-геологічних умовах шахти «Краснолиманська» обґрунтувати параметри і конструкції кріплення для повторного використання конвеєрного штреку.

Практична значимість. Для вирішення питання актуалізації ресурсозбереження при підготовці виїмкових ділень, для обґрунтування економічної доцільності повторного використання виробок запропоновані відповідні критерії. Ці критерії включають три умови, що є необхідними для доцільного повторного використання виробок.

У результаті перебору був рекомендований варіант кріплення підготовчої виробки, що включає анкери двох рівнів, податливе кріплення і охоронну смугу.

Результати. Використання рекомендацій, отриманих в результаті досліджень, дозволило отримати економічний ефект 5 314 065 гривень, або 3 640 гривень на 1 м виробки. Тобто, при умові перекріплення і підживки 50 % довжини виробки технічні рішення, що наведені у статті направлені на забезпечення її стійкості, є економічно доцільними.

Ключові слова: гірничо-геологічні умови, конвеєрна виробка, вентиляційний штрек, очисні роботи, економічно доцільний видобуток, критерії економічної доцільності, повторне використання виробок.

doi: 10.31721/2306-5451-2018-1-47-165-169

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Останніми роками світова громадськість все більше уваги приділяє економічним аспектам промислових технологій. Особливий наголос щодо означеної проблеми був зроблений на міжнародному форумі, що відбувся у 2018 році польському місті Катовіце [1, 2]. особливо шкідливим в екологічному плані є теплова генерація електричної енергії, що ґрунтується на спалюванні вугілля. Відзначається, що видобуток вугілля буде скорочуватись внаслідок того, що генерація електроенергії все ширше буде відбуватися за рахунок відновлюваних джерел енергії: сонце, вітер, тепло надр [3-5]. Відбувається цей процес переходу не за короткий проміжок часу. Спеціалісти стверджують, що для цього знадобиться 25-40 років. В час перехідного періоду ефективність теплової генерації електроенергії буде суттєво залежати від собівартості вугілля, що видобувається.

Таким чином, технологічні рішення, що направлені на удосконалення процесу видобутку, збагачення і спалювання вугілля є актуальною проблемою сучасності.

Аналіз досліджень і публікацій. Одним із напрямів удосконалення процесів видобутку вугілля є повторне використання підготовчих виробок, що оконтурюють стовпи, призначені для їх подальшого відпрацювання.

Останніми роками, у зв'язку з актуалізацією напрямку ресурсозбереження при підготовці виїмкових ділень, для обґрунтування економічної доцільності повторного використання виробок низькою дослідників запропоновані відповідні критерії [6].

У роботах І.М. Поповича [7, 8] у якості критерія пропонується використовувати граничні зміщення контуру виробки, що забезпечують залишковий перетин штреку, достатній для подальшої безпечної експлуатації виробки після першого проходження лави.

При такому підході до оцінки доцільності повторного використання з урахуванням збереження перерізу виробки в межах 60 ... 70% від початкового, зміщення контуру U_0 повинні складати не більше 0,4 м за умови їх приблизно рівномірного наростання в покрівлі, боках і ґрунті.

У роботах О.О. Логунової [9, 10] в якості критерія економічної доцільності повторного використання підготовчої виробки пропонується граничне значення залишкової площі перетину, що більшою мірою відповідає гірничо-геологічними умовами шахт ДП «Селідовугілля» і становить $S_{ост} = 8,5 \text{ м}^2$.

У дослідженнях І.В. Дудки [11, 12] при обґрунтуванні можливості повторного використання виробок в умовах ДП «Антрацит» також розглядається економічна доцільність збереження виробок для повторного використання при стійких породах підшви і значних деформаціях порід в покрівлі і бортах, що викликають необхідність перекріплення виробки. Для розглянутих умов у якості критерія прийнято залишкову площу перетину виїмкових виробок – $S_{ост} = 8,0 \text{ м}^2$.

В роботі Дубовика А.І. [13] в якості критерія економічної доцільності розглядається граничний рівень експлуатаційних витрат, визначення яких сформульовано як задачу про викиди випадкової функції за заданий рівень.

Розглянуті критерії по суті включають три умови, що є необхідними для доцільного повторного використання виробок:

геомеханічна умова – взаємодія елементів кріплення і охорони виробки з породним масивом не повинні призводити до некерованих деформацій приконтурного масиву (наприклад, до перекріплення або систематичним підривам ґрунту);

технологічна умова – площа виробки на сполученні з лавою повинна бути достатньою для розміщення обладнання і безпечного виконання робіт;

економічна умова – сумарні витрати на проведення виробки і додаткові заходи, спрямовані на її збереження не повинні перевищувати вартість проведення нової.

Машуркой С.В. при виборі критерію доцільності повторного використання виробок для умов ШУ «Південнодонбаське № 1» були враховані дані умови з урахуванням специфіки розвитку деформаційних процесів, до яких слід віднести наявність слабких порід, що вміщують в підшви виробки і необхідність їх неодноразової підривання.

Здимання, а також опускання порід покрівлі, призводять до деформацій і руйнування кріплення, викликають необхідність підривання ґрунту і перекріплення виробки. Машуркой при визначенні вартості робіт на спорудження і підтримку виробок для повторного використання допускається, що протягом терміну служби виробки буде потрібно не більше однієї підривки порід підшви ($n \leq 1,0$), а зміщення покрівлі не викликає необхідність перекріплення. Запропонований показник ремонтності P_n , який враховує можливі сумарні зміщення покрівлі і ґрунту і необхідність проведення ремонтних робіт, повинен бути не більше 2,25, що може вважатися критерієм геомеханічної і економічної доцільності повторного використання виробок, закріплених металевою арковою конструкцією кріплення [14, 15].

Постановка задачі. Метою роботи є технологічне і економічне обґрунтування повторного використання виробок, що призведе до зниження експлуатаційних витрат при їх утриманні.

Викладення матеріалу та результатів. Шахта «Краснолиманська» є однією з найбільш перспективних підприємств вугільної галузі, що знаходяться у державній власності. Вугілля марки Ж (коксівне) на шахті видобувається на глибині 850-1087 м з пластів потужністю від 1,1 до 3,2 м. Вугільні пласти газонасичені, схильні до раптових викидів вугілля і газу.

На прикладі цього конвеєрного штреку виконані розрахунки вартості підтримки підготовчої виробки із умов, що підтримується у робочому стані 50 % її протяжності, як то впливає із розрахунків за критерієм [12] (табл. 1) та вартості спорудження нової (вентиляційної) виробки (табл. 2).

Таблиця 1

Витрати на підтримку 4-го північного конвеєрного штреку уклону № 1 пласта m^2_4	
Показники	Підтримка (відновлення) 730 м
Норма виробітку	0,146
Вартість підтримки одного погонного метра	1 465, грн.
Об'єм гірської маси	8 030 m^3
Витрати всього	43 260 765 грн.
на 1 п.м.	29 631 грн.

Таблиця 2

Витрати на спорудження 4-го північного вентиляційного штреку уклону № 1 пласта m^2_4	
Показники	Підтримка (відновлення) 1460 м
Норма виробітку	0,202
Вартість підтримки одного погонного метра	1 139 грн.
Об'єм гірської маси	23 360 м ³
Витрати всього	48 594 831 грн.
на 1 п.м.	33 284 грн.

Обґрунтовуючи той чи інший критерій доцільності повторного використання транспортних підготовчих виробок, як витікає з наведеного вище аналізу, обов'язковою є розробка таких конструкцій кріплення і параметрів технологій їх зведення, при яких рівень стійкості виробки не буде перевищувати певну критичну величину.

Цей критичний рівень дорівнює 0,5 при умові, що показник стійкості обчислюється за формулою

$$\omega = \frac{\bar{S}}{S}, \quad (1)$$

де S – загальна довжина виробки, $\bar{S}$ – довжина виробки, що не потребує виконання ремонтних робіт.

Виробка має повну стійкість при $\omega = 1$ і повністю підлягає ремонту при $\omega = 0$. У свою чергу показник стійкості, як це випливає з рис. 1 нелінійно залежить від переміщень контуру виробки, тобто

$$\omega = f\left(\frac{U_0}{R_0}\right), \quad (2)$$

де U_0 – величина переміщень контуру виробки; R_0 – половина ширини виробки.

Узагальнена залежність (2), що була отримана у результаті натурних вимірів у різних гірничо-геологічних умовах, в тому числі і в умовах шахти «Краснолиманська», була апроксимована наступною залежністю

$$\omega = 0,0021 \times \left(\frac{U_0}{R_0}\right)^{-2,202} \quad (3)$$

з похибкою $R^2=0,9807$.

Виходячи з того, що величина ω не повинна перевищувати 0,5, отримаємо ту максимальну величину переміщень контуру виробки, що повинна забезпечити система кріплення і елементи охорони з боку виробленого простору, тобто

$$0,5 = 0,0021 \times \left(\frac{U_0}{R_0}\right)^{-2,202}, \quad (4)$$

звідки витікає, що $\frac{U_0}{R_0} \leq 0,083$.

Рис. 1. Залежність зміни показника стійкості виробки ω від переміщень контуру виробки

Схема кріплення і підтримки 4-го північного конвеєрного штреку уклону № 1 пласта m_4^2 на рис. 2.

Рис. 2. Паспорт кріплення і охорони штреку на ділянці за лавою

Із наведених у таблицях розрахунків витікає, що при прийнятій технології підтримки і кріплення 4-го північного вентиляційного штреку уклону № 1 пласта m_4^2 економічний ефект становить 5 314 065 гривень, або 3 640 гривень на 1 м виробки.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Таким чином, при умові перекріплення і підтримки 50 % довжини виробки технічні рішення, направлені на забезпечення її стійкості, є економічно доцільними, що направляє на подальше дослідження конструкцій кріплення для повторного використання конвеєрного штреку на чисельних моделях.

Список літератури

1. Електронний ресурс. XXIV конференция, проводимая в рамках Рамочной конвенции ООН об изменении климата (COP 24) и 14-я в рамках совещания сторон по Киотскому протоколу (CMP-14)). Режим доступа: – <http://infoclimatе.org/sobytiye/katowice-2018/>
2. Shashenko A., Khoziaikina N., Cherednyk V., Pashkevych M. Energy-saving technologies of the coal seams development / Advanced Engineering Forum Vol. 25 Submitted. Trans Tech Publications, Switzerland. – 2017. – P. 11-19.
3. Pivnyak G.G., Shashenko O.M. Trends of World Coal Mining Development and Thermal Power Generation / Materials of the International Scientific and Practical Conference "Physical and Chemical Geotechnologies - 2018". Дніпро: НТУ "ДП", 2018. - С. 7-10.
4. Хозяйкина Н.В. Технологии Synchro-mining на базе угольных шахт, подлежащих закрытию // «Уголь Украины». – Издатель: ГП «Институт» УкрНИИпроект». - № 6. – 2018 (738). – С. 9-14.
5. Зинченко А., Михайленко А. «Зеленая» революция в Украине: для всех или для избранных. – 16 февраля 2018. Режим доступа: <https://www.epravda.com.ua/rus/publications/2018/02/16/634141/>
6. Логунова А.О., Дубовик А.И., Король А.Ю. К вопросу о выборе критерия целесообразности повторного использования подготовительных выработок угольных шахт / Матеріали міжнародної конференції «Форум гірників - 2018», 10.10 - 13.10.2018 р. Геомеханіка і геотехніка. – Дніпро: Середняк Т.К.: НТУ «Дніпровська політехніка», 2018. – С. 125 – 127.
7. Попович И.Н. Исследование эффективности элементов крепления и охраны выемочных выработок в условиях шахты «Партизанская» ГП «Антрацит» // Форум гірників-2014: Матеріали міжнародної наук.-техн. конференції. 1-4 жовтня 2016 р. Т. 2. – Дніпропетровськ, РВК НГУ. – 2014. – С. 97-103.
8. Попович И.Н. Обоснование параметров способа охраны выработок для повторного использования на ОП «Шахта «Комсомольская» ГП «Антрацит» // Міжнародна наук.-техн. конференція «Сталий розвиток промисловості та суспільства» 21.05.2015 р. Т. 1. – КНУ. – 2015. – С. 20-21.
9. Гапеев С.Н., Григорьев А.Е., Логунова А.О. Критерияльная величина остаточного сечения конвейерного

штрека, используемого повторно // Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва. – Кременчук: КрНУ, 2015. – Вип. 2 (16). – С. 90-99.

10. Барабаш М.В., Дубовик А.И., Логунова А.О. Повторное использование подготовительных выработок угольных шахт. – Днепропетровск: Литограф, 2015. – 65 с.

11. Дудка И.В. Обоснование параметров охраны выемочных выработок при бесцеликовой отработке в условиях шахты «Партизанская» ГП «Антрацит» / XI Міжнародна наук.-техн. конф. «Розробка, використання та екологічна безпека сучасних гранульованих та емульсійних вибухових речовин»: матеріали конференції. Кременчук-Сваліява, 1-7 лютого 2015 р. – Кременчук: КрНУ, 2015. – С. 78-81.

12. Солодянкин А.В., Машурка С.В., Дудка И.В. К вопросу об эффективности повторного использования выработок в сложных геомеханических условиях // Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва. – Кременчук: КрНУ, 2015 – № 2 (16). – С. 99-109.

13. Шащенко А.Н., Дубовик А.И. Обоснование критерия целесообразности повторного использования подготовительных выработок угольных шахт // Вісті Донецького гірничого інституту. – 2016. – № 1(38). – С. 61-63.

14. Solodyankin O., Hryhoriev O., Dudka I., Mashurka S. Criterion to select rational parameters of supports to reduce expenditures connected with construction and maintenance of development working // Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu. – 2017. – №2. – Р. 19-27.

15. Чередник В.А., Хозяйкина Н.В. Разработка и верификация геомеханической модели деформирования подрабатываемой слоистой породной толщи в горно-геологических условиях ГП «Угольная компания «Краснолиманская» / Матеріали міжнар. конф. «Форум гірників - 2018», 12.10-14.10.2018 р. Геомеханіка і геотехніка. – Д.: НТУ «Дніпровська політехніка», 2018. – С. 102-108.

Рукопис подано до редакції 19.04.2018

УДК 622.833:622.26

Д.В. БАБЕЦ, канд.техн.наук, проф., Е.А. СДВИЖКОВА, доц.техн.наук, проф.,

Д.О. СОСНА, аспірант

Национальный технический университет «Днепропетровская политехника»

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ТРЕЩИН ПРИ ОЦЕНКЕ ПРОЧНОСТИ ПОРОДНОГО МАССИВА

Цель. Совершенствование методики определения прочности породного массива, основанной на вероятностно-статистическом подходе, с учетом различных характеристик трещиноватости пород. Установление зависимости реальной прочности породного массива от качества поверхностей потери сплошности на основе многовариантного моделирования дефектного породного массива с использованием метода дискретных элементов.

Методика. Проанализированы основные отечественные и зарубежные подходы к определению реальной прочности массива горных пород. Показаны преимущества применения вероятностно-статистического подхода при аналитическом определении коэффициента структурного ослабления. Использована статистическая теория прочности для определения коэффициента структурного ослабления, с учетом различных характеристик трещиноватости. С использованием метода дискретных элементов разработана численная модель породного массива пересеченного трещиной. Метод нелинейного регрессионного анализа применен к результатам численного моделирования для аппроксимации функции учета качества поверхности трещины.

Результат. Проведенные исследования позволили сделать очередной шаг к решению актуальной задачи определения реальной прочности сложноструктурного породного массива, содержащего дефекты. Усовершенствована вероятностно-статистическая модель прочности дефектного породного массива, что позволило повысить адекватность определения коэффициента структурного ослабления.

Научная новизна. Впервые при определении коэффициента структурного ослабления на основе статистической теории прочности количественно учитывается качество поверхности потери сплошности.

Практическая значимость. Получена зависимость коэффициента вариации (необходимого элемента определения коэффициента структурного ослабления) от качества поверхности трещины, расстояния между трещинами и угла падения трещин в массиве горных пород. Разработана методика обобщения качественной информации о состоянии трещины и сведения ее к единому количественному индексу.

Ключевые слова: прочность массива горных пород, коэффициент структурного ослабления, статистическая теория прочности, метод дискретных элементов, численное моделирование, трещиноватость.

doi:

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Определение прочности породного массива, содержащего дефекты структуры, является одной из наиболее сложных исследовательских задач геомеханики. Кроме того, сложно переоценить практическое значение