

УДК 622.831.3

### ШАХТНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЯВУ ГІРСЬКОГО ТИСКУ ДЛЯ УМОВ ШАХТ ПАТ «ДТЕК ДОБРОПІЛЛЯВУГІЛЛЯ»

**О. Є. Григор'єв, Р. М. Терещук, В. В. Коваленко**

Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет»

просп. К. Маркса, 19, м. Дніпропетровськ, 49005, Україна. E-mail: grigorievae@mail.ru

Визначені геометричні параметри ціликів для конкретних гірничо-геологічних умов за нормативною методикою і запропонованою, що базується на чисельному моделюванні. Наведені результати натурних спостережень за замірними станціями на ділянці ходка, що охороняється ціликом, розміри якого зменшені. Виконано порівняння отриманих величин зміщень контуру ходку з прогнозними, та визначена стійкість виробки на ділянці спостереження.

**Ключові слова:** запобіжний цілик, замірна станція, похила виробка, коефіцієнт стійкості виробки.

### ШАХТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЯВЛЕНИЯ ГОРНОГО ДАВЛЕНИЯ ДЛЯ УСЛОВИЙ ШАХТ ПАО «ДТЭК ДОБРОПОЛЬЕУГОЛЬ»

**А. Е. Григорьев, Р. Н. Терещук, В. В. Коваленко**

Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет»

просп. К. Маркса, 19, г. Днепропетровск, 49005, Украина. E-mail: grigorievae@mail.ru

Определены геометрические параметры целиков для конкретных горно-геологических условий по нормативной методике и предложенной, которая базируется на численном моделировании. Приведены результаты натурных наблюдений за замерными станциями на участке ходка, охраняемого целиком, размеры которого уменьшены. Выполнено сравнение полученных величин смещений контура ходка с прогнозируемыми, и определена устойчивость выработки на участке наблюдения.

**Ключевые слова:** предохранительный целик, замерная станция, наклонная выработка, коэффициент устойчивости выработки.

**АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ.** Ефективність роботи вугільної шахти визначається станом підземних гірничих виробок, що забезпечують транспортування корисних копалин, доставку людей і матеріалів, вентиляцію, водовідлив та ін. Нормальний експлуатаційний стан більшості виробок, у свою чергу, залежить від заходів, що спрямовані на їх захист від дії гірського тиску. Такі заходи передбачаються в період будівництва, експлуатації виробок і, що особливо важливо з точки зору економії використання грошових ресурсів, на стадії проектування.

Проте охоронні заходи далеко не завжди дозволяють зберегти стійкість гірничих виробок, що є особливо характерним для шахт, видобувні ділянки яких наразі переходять на все глибші горизонти. В цьому випадку спостерігається істотне зростання експлуатаційних витрат грошових і трудових ресурсів на ремонт і підтримку виробок, а також знижуються продуктивність і безпека праці.

У той же час мають місце випадки, коли в результаті реалізації прийнятих проектних рішень, стійкість виробок забезпечується за рахунок зайвої витрати запасів корисної копалини в межах природних охоронних об'єктів – ціликів. Саме за рахунок залишення ціликів забезпечується охорона переважної більшості капітальних виробок від дії опорного тиску, а також охорона об'єктів поверхні і меж шахтного поля. При цьому втрати вугілля в ціликах сягають 10...15 % від загального об'єму балансових запасів шахти.

Тому геомеханічне обґрунтування параметрів запобіжних ціликів є актуальною задачею, вирішення якої дозволить знизити об'єми витрат, збільшити навантаження на видобувні стовпи і зменшити кінцеву собівартість видобутого вугілля.

Мета роботи – дослідження особливостей проявів гірського тиску в похилих виробках та визначення величин зміщень їх контуру.

**МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.** Отримані у [1, 2] закономірності дозволяють визначити розміри запобіжних ціликів залежно від гірничо-геологічних умов, в яких споруджуються виробки, що охороняються.

Одним із параметрів, що визначають стан виробки є рівень зміщень її контуру, прогнозні значення яких і визначаються за такими закономірностями. Порівняння прогнозованих зміщень на контурі виробки з реальними, що визначаються під час проведення шахтних вимірювань дозволяє визначити достовірність отриманих теоретичних результатів.

Розробка рекомендацій щодо визначення геометричних параметрів виконувалась для ціликів між другою лавою і панельним північним вантажним ходком пласту  $l_8$  горизонту 550 м ТДВ «Шахта Білозерська» ПАТ «ДТЕК ДОБРОПІЛЛЯВУГІЛЛЯ».

Гірничо-геологічні і гірничотехнічні умови, для яких визначається ширина цілику є характерними для усіх шахт регіону і мають наступні параметри. Ділянка вантажного ходку уклону № 1 гор. 550 м. пл.  $l_8$  охороняється від шкідливого впливу очисних робіт другої південної лави. Ходок проведений з верхнім і нижнім підриванням з кріпленням АП–13,8 і залізобетонною затяжкою. Середня висота виробки на ділянці  $h_в=3,2$  м (проектна  $h_{впр}=3,58$  м), ширина –  $b_в=4,7$  м ( $b_{впр}=5,12$  м). Глибина розробки конвеєрним штреком складає  $H=473$  м, вентиляційним –  $H=444$  м.

Вугільний пласт складної будови потужністю  $m_в=2,05...2,12$  м, корисна потужність –  $m_{вк}=1,69...1,77$  м, середня  $m_{вс}=1,73$  м. Вугілля чорне,

блискуче, тріщинувате. Пласт несхильний до самозаймання, небезпечний за газодинамічними явищами, вибухонебезпечний за пилом.  $R_c=20$  МПа.

Безпосередня покрівля пласту аргіліт потужністю  $m_a=2,1\dots3,0$  м, темно-сірий, однорідний  $R_c=31$  МПа. На цій ділянці на відміну від інших безпосередня покрівля складається із аргіліту, в той час як на більшості інших ділянок у покрівлі вугільного пласта залягає або алевроліт, або пісковик.

Основна покрівля – пісковик – потужністю  $m_n=11,3\dots14,0$  м, середньозернистий, середньостійкий,  $R_c=53$  МПа.

Безпосередня і основна підшва алевроліт потужністю  $m_a=8,3\dots10,35$  м, сірий, середньозернистий, слюдистий,  $R_c=34$  МПа.

Розрахункова ширина цілику визначається відповідно до нормативної методики [3] наступним чином:

1. Розрахункова глибина  $H_p$  визначається з урахуванням коефіцієнту концентрації напружень  $k$ , який обумовлюється дією тектонічних процесів і для заданих умов дорівнює  $k=1$ . Тому розрахункова глибина становить  $H_p=458,5$  м як середнє між глибинами закладення вентиляційного і конвеєрного штреків.

2. Розрахунковий опір порід масиву на стиснення визначається роздільно за елементами виробки (підшва, покрівля, бік) для усіх пластів, які перетинаються виробкою, на глибину, що дорівнює її ширині  $b_e$ . При цьому враховується додаткова порушеність масиву (тріщинуватість, наявність дзеркал сковзання або глинистих прошарків і т.д.) шляхом введення до розрахункової формули коефіцієнта  $k_m$ :

$$R_i = R_{ci} k_m.$$

Відповідно до проекту визначення розмірів ціликів, яких виконано маркшейдерським відділом ТДВ «Шахта Білозерська»,  $k_m=0,9$ , а розрахункові величини опору порід масиву становлять: для пісковика (основна покрівля)  $R_n=47$  МПа; для аргіліту (безпосередня покрівля)  $R_n=28$  МПа; для алевроліту (підшва)  $R_n=31$  МПа; для вугілля (бік)  $R_n=18$  МПа.

3. Вантажний ходок пройдений у неоднорідному шаруватому середовищі, значення опору стисненню порід якого відрізняється в межах дослідної ділянки більш ніж на 30 %, тому розрахунок підсумкового опору на стиснення виконується окремо для порід підшви, покрівлі і боків.

Для покрівлі (2,4 м – аргіліт, 11,3 м – пісковик)  $R_c=44$  МПа, для підшви (7,85 м алевроліт)  $R_c=31$  МПа, для боків (2,1 м – вугілля, 0,6 м – аргіліт; 0,5 м – алевроліт)  $R_c=22$  МПа.

4. За табл. 6.1 з нормативних методичних вказівок [3] ширина цілику з боку вентиляційного штреку – 83 м, з боку конвеєрного – 86 м. З урахуванням вичерпаності податливості кріплення північного ходку визначена ширина цілику приймається як проектна.

Аналіз методики визначення ширини цілику дає змогу відмітити, що визначальним елементом масиву, спираючись на міцнісні характеристики якого обираються геометричні параметри цілику, є найбільш слабкий (у даному випадку – вугілля), в той час як більш міцні породні шари масиву, що, безу-

мовно, впливають на загальну стійкість всієї системи, майже не враховуються.

Використовуючи методику чисельного моделювання, що наведена в [1, 2], для заданих умов з метою визначення припустимих розмірів цілику було сформовано шість моделей відповідно до аналізу результуючих картин розподілу напружень, в яких побудовані залежності зміни величини радіусу зони непружних деформацій  $r_L$  та переміщень  $U$  від ширини цілику  $b_y$  (рис. 1).

За отриманими залежностями можливе визначення припустимої мінімальної ширини цілику, яка складає  $b_y=45$  м у середньому перерізі. Крім того, заслуговує на увагу і той факт, що визначені за нормативною методикою значення припустимої ширини цілику знаходяться у межах ділянки графіку  $b_y=80\dots120$  м, в яких зміщення на контурі ходку мінімальні, а, відповідно, стан самої виробки відповідає стану поза межами впливу очисних робіт. Це свідчить про суттєвий запас міцності ціликів, розміри яких визначаються за нормативною методикою.

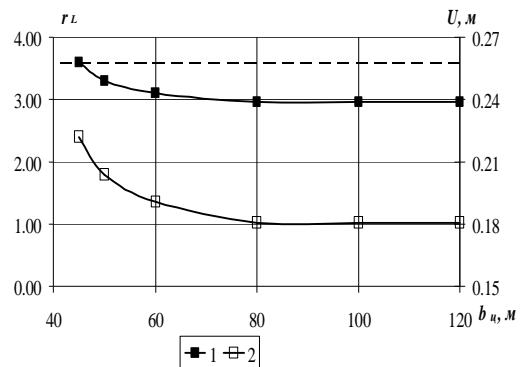


Рисунок 1 – Графік залежності відносного радіусу непружних деформацій  $r_L$  (1) та переміщень  $U$  (2) від ширини цілику  $b_y$  між лавою та ходком при  $m_n=11,3$  м,  $m_a=3$  м

З метою зменшити вплив можливих неврахованих факторів ширина цілику була визначена за формулою:

$$b_{ye} = \frac{b_{yn} - b_{yp}}{2} + b_{yn},$$

де  $b_{ye}$ ,  $b_{yn}$ ,  $b_{yp}$  – ширина цілику експериментальна, визначена за нормативною методикою і рекомендована за результатами чисельного моделювання відповідно.

Кінцеві значення ширини запобіжного цілику становили  $b_{ye}=60$  м для вентиляційного штреку та  $b_{ye}=65$  м для конвеєрного штреку, а розраховані значення фактично складають 50 % від пропонованого зменшення розмірів (табл. 1).

Для експериментальних значень ширини цілику, використовуючи залежності (рис. 1), прогнозовані зміщення складатимуть  $U=0,19$  м при критичних значеннях  $U^*=0,22$  м.

Для оцінки стану північного вантажного ходку уклону № 1 пласта  $l_8$  горизонту 550 м ТДВ «Шахта Білозерська» на ділянці між вентиляційним і конвеєрним штреками другої північної лави було встановлено дві контурні замірні станції на ПК18 та ПК23.

Таблиця 1 – Розміри цілика для охорони північного вантажного ходка уклону № 1 гор. 550 м пласту  $l_8$  від впливу 2-ої північної лави

№ з/п	Назва виробки	Розміри цілика, м		
		Нормативні	Експериментальні	Рекомендовані
1	Вентиляційний штрек	83	60	45
2	Конвеєрний штрек	86	65	

Вибір місця розташування станцій пояснюється необхідністю виключити можливий вплив на стан виробки сполучень штреків і ходку. З іншого боку вимірювання слід виконувати як найближче до цих самих сполучень, тому що ширина ціликів за нормативною методикою визначається на відмітках закладення ділянкових підготовчих штреків.

Станції влаштовувались на ділянках, які відповідають наступним вимогам: рами кріплення відповідають паспорту; можливість демонтажу двох зтя-

жок для доступу до породного контуру виробки, відсутнє гірниче обладнання.

Облаштування контурної замірної станції (рис. 2) виконувалось наступним чином. За центральною віссю у покрівлю та на висоті 1000 мм від рівня головки рейки в боки виробки були пробурені три шпури глибиною 300...350 мм. В шпури шляхом розклинення закладалися дерев'яні колодки діаметром 30 мм, в які закручувалися гачки.

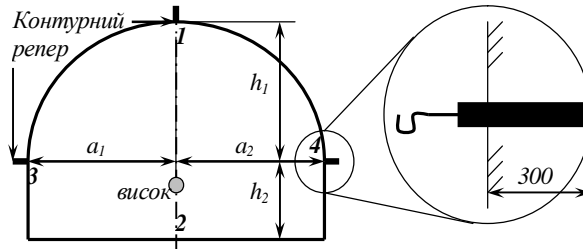


Рисунок 2 – Схема замірної станції з контурним репером

Для виконання замірів до центрального гачка у покрівлі підвішувався висок, між нижньою частиною якого і реперами у боках виробки замірялися відстані  $a_1$  і  $a_2$ . Між гачками в боках виробки натягувалася капронова нитка, від якої замірювалися відстані до репера у покрівлі ( $h_1$ ) і до рейок на підшві ( $h_2$ ). Сума вимірюваних значень за вертикаллю і горизонталлю становить загальну висоту і ширину виробки відповідно.

Крім того, прийнята схема вимірювань дозволяла визначити не тільки загальну величину зміщень контуру, але й напрям, за яким такі зміщення найбільші.

Враховуючи проектну і фактичну дату призупинення лави (14.01.2009 р.) заміри виконувались співробітниками маркшейдерської служби ТДВ «Шахта Білозерська» в режимі:

- грудень 2008 року – 1 раз на тиждень;
- січень 2009 року – 3 рази на тиждень;
- лютий–березень 2009 року – 1 раз на тиждень.

За результатами вимірювань визначені підсумкові зміщення на контурі виробки (табл. 2). Максимальні зміщення спостерігаються у підшві виробки на обох реперах, а розкид отриманих значень порівняно з прогнозними не перевищує 10 %. Мінімальні зміщення приурочені до боків виробки.

Таблиця 2 – Зміщення на контурі ходку по закінченню вимірювань

№ станції	Зміщення*, мм					$\Delta = \frac{U_n - U_{max}}{U_n} \cdot 100\%$
	$U_1$	$U_2$	$U_3$	$U_4$	Прогноз $U_n$	
1	90	180	50	30	190	5,3
2	110	200	60	30		5,3

\*Індекси відповідають номерам реперів

Загальний стан виробки після призупинення лави в цілому задовольняє експлуатаційним вимогам за факторами вентиляції і витримки габаритів рухомого складу і зазорів, що підтверджується контрольними замірами висоти ( $h_0=2,9$  м) і ширини виробки

( $b_0=4,6$  м). Але об'єктивне визначення стану виробки потребує відповідного обґрунтування у числовому вигляді.

Для визначення стійкості виробки достатньо поширеним є коефіцієнт стійкості  $\omega$ , що визначається

за формулою:

$$w = \frac{n - n_0}{n},$$

де  $n$ ,  $n_0$  – загальна кількість та кількість зруйнованих рам кріплення виробки на дослідному відрізку відповідно.

До зруйнованих рам належать ті, в яких має місце розриви суцільності профілю СВП, відсутні або зруйновані замки та їх елементи, суттєве викривлення рам та ін.

До початку виконання вимірювань на ділянці між ПК 18...23 були пораховані рами з відповідними дефектами і визначена величина коефіцієнту стійкості,  $\omega=0,78$  (при  $n=200$ ,  $n_0=44$ ). Після призупинення лави за тією ж процедурою повторно визначений коефіцієнт стійкості склав  $\omega=0,75$  (при  $n=200$ ,  $n_0=51$ ), що лише на 5 % менше початкової величини.

**ВИСНОВКИ.** Таким чином, аналіз результатів виконаних вимірювань на замірних станціях та підсумкового значення коефіцієнту стійкості виробки показав, що обґрунтоване на базі математичного моделювання зменшення ширини запобіжного цілику призводить до прогнозованих за величиною змі-

шень контуру виробки, що охороняється, але суттєвого погіршення стану виробки при цьому не відбувається.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. К вопросу определения допустимых размеров предохранительных ленточных целиков угольных шахт / А.Н. Шашенко, А.Е. Григорьев, Р.Н. Терещук, В.Ф. Панибратченко // Форум гірників–2011: матеріали міжнародної конференції, Дніпропетровськ, 12–15 жовтня 2011 р. – Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2011. – С. 224–230.

2. Григорьев А.Е. Обоснование ширины целиков, охраняющих капитальные панельные горные выработки, с использованием метода конечных элементов // Збірник наукових праць НГУ. – Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2010. – № 34, т. 2. – С. 125–133.

3. Расположение, охрана и поддержание горных выработок при отработке угольных пластов на шахтах; КД 12.01.01.201–98. Мінвуглепром України. – К., 1998. – 150 с.

#### MINE RESEARCH OF ROCK PRESSURE MANIFESTATION FOR CONDITIONS OF MINES THE PJSC "DTEK DOBROPOL'YEUGOL'"

**O. Grigoriev, R. Tereschuk, V. Kovalenko**

State higher educational institution "National Mining University"

prosp. Karl Marx Ave., 19, Dnepropetrovsk, 49005, Ukraine. E-mail: grigorievae@mail.ru

The geometric parameters of the pillars for specific mine and geological conditions are determined on both the normative and the proposed methods, which are based on numerical simulations. The results of field observations of gauging stations at the site of walker, protected by pillar with reduced dimensions are shown. Comparison of the obtained values of contour displacements of walker with the predicted ones is fulfilled and stability of working at the site of observation is determined.

**Key words:** safety pillar, gauging station, inclined working, coefficient of stability of a working.

#### REFERENCES

1. To a question of determination of the admissible sizes of the safety tape pillar coal mines / A.N. Shashenko, A.E. Grigoriev, R.N. Tereschuk, V.F. Panibratchenko // *Forum of miners–2011: materials of international conference*, 12–15 october 2011, Dnepropetrovsk. – Dnepropetrovsk: National Mining University, 2011. – PP. 224–230. [in Russian]

2. Grigoriev A.E. Substantiation of width of pillars, protecting capital panel workings, with use of a method of final elements // *Collection of scientific labours*

*NMU*. – Dnepropetrovsk: National Mining University, 2010. – № 34, vol. 2. – PP. 125–133. [in Russian]

3. *An arrangement, protection and maintenance of mine drives at working off of coal seams on mines*; КД 12.01.01.201-98. Ministry of coal industry of Ukraine. – К., 1998. – 150 p. [in Russian]

Стаття надійшла 12.06.2012.

Рекомендовано до друку  
д.т.н., проф. Чебенком В.М.