

В.Ю. Медяник, І.В. Ткачук

ТЕХНОЛОГІЯ ЗВЕДЕННЯ ОХОРОННИХ СМУГ ЗМІННОЇ ЖОРСТКОСТІ ПРИ КОМБІНОВАНІЙ СИСТЕМІ РОЗРОБКИ ПОЛОГИХ ВУГІЛЬНИХ ПЛАСТІВ НА ГЛИБОКИХ ГОРИЗОНТАХ

Розглянуто питання охорони та підтримки підготовчих виробок на глибоких горизонтах при комбінованій системі розробки. Запропоновано напрями удосконалення технології зведення охоронних смуг змінної жорсткості з метою поліпшення техніко-економічних показників, безпеки праці та екології.

Рассматриваются вопросы охраны и поддержания подготовительных выработок на глубоких горизонтах при комбинированной системе разработки. Предложены направления усовершенствования технологии возведения охранных полос переменной жесткости с целью улучшения технико-экономических показателей, безопасности работы и экологии.

The problems of underground working guard and support on deep horizontes are looked out. The ways of winning works technology improvement combined systems for slice seams mining on deep horizontes are given with goals of improvement of technical-economical factors, work safety and ecology.

Вступ. Подальша розробка вугільних родовищ веде до переходу гірничих робіт на більш глибокі горизонти і відповідно призводить до погіршення стійкості підготовчих виробок.

У зв'язку зі збільшенням глибини розробки на шахтах Чистяково-Сніжнянського району стали переходити зі стовпкової на комбіновану систему розробки із проведенням конвеєрного ходка (штреку) слідом за очисним вибоєм. Основна причина такої тенденції – погіршення стану підготовчих виробок і підвищена трудомісткість їх підтримки в масиві, особливо при стовпковій системі, у зоні випереджального опорного тиску від очисних робіт.

Досвід роботи і дослідження у цих регіонах [1, 2] показує на існування деяких зв'язків стійкості виробок з низкою важливих чинників, основними з яких є рівень напруженості бічних порід. Тому розробка нових технологічних рішень з охорони і підтримки підготовчих виробок, для повторного використання, актуальне питання і повинно бути направлено в першу чергу по шляху нейтралізації цього основного чинника, тобто в напрямку пониження концентрації напружень в оточуючих виробку породах.

Сутність питання. В основу методів підвищення стійкості підготовчих виробок у [2] покладено спорудження спеціальних охоронних елементів змінної жорсткості, призначення яких має на меті в штучному зміщенні зони максимального опорного тиску, що є в боках біля виробки, в глибину породного масиву чи у вироблений простір. А в [3] попереду лави бурінням свердловин розвантаження порід досягається у тому випадку, коли виробка охороняється позаду лави подвійними буттовими стрічками, але із щільністю, яка збільшується внаслідок віддалення від контуру штреку. Піддатливі ж елементи (бутова або розпушена полоса) розташовуються безпосередньо біля виробки, допускаючи плавний прогин порід покрівлі і розвантаження порід підшви.

Метою статті є обґрунтування параметрів технології зведення охоронних смуг змінної жорсткості при комбінованій системі розробки пологих вугільних пластів.

Основна частина. Результати аналізу виробничого досвіду й раніше виконаних досліджень, а також додатково проведених шахтних замірів були покладені в основу розробки теоретичної схеми напружено-деформованого стану масиву гірських порід навколо підготовчої виробки, яка охороняється смугами змінної жорсткості. Відповідно до цієї схеми, навколо виробки формується склепіння рівноваги, що опирається на більш щільні (тверді) ділянки буттових смуг. Під захисну дію такого зведення, обмеженого кутами зрушення порід, попадає гірнична виробка з примикаючими до неї ділянками буттової смуги більш низької щільності. У разі, коли в протилежній від буттової смуги стороні виробки розташовується вугільний масив, зменшення жорсткості приконтурної зони можна досягти шляхом розвантаження свердловинами необхідної довжини й тим самим змістити підвищений опорний тиск від виробки вглиб масиву, концентруючи його в недоторканій, більш твердій частині [4].

Розроблена технологія охорони підготовчої виробки смугами змінної жорсткості з рекомендованими параметрами була випробувана на шахті «Прогрес» ДП «Горезантрацит» при проведенні 8-го південного бортового хідника по пласту h_8 «Фомінський». Пласт розробляється на горизонті 1140 м. Кут падіння пласта $3-5^\circ$, виймальна потужність 1,12 м. У підшві пласта залягає алевроліт, у покрівлі – сланцюватий аргіліт, із заміщенням на сланцюватий алевроліт. Площа поперечного перерізу виробки у світлі $S_{ce} = 10,4 \text{ м}^2$, у проходці $S_{np} = 13,52 \text{ м}^2$. Для тимчасового кріплення використовується висувне кріплення.

Підривання порід при проведенні хідника здійснювалася буропідривним способом. Хідник кріпився арковим піддатливим кріпленням типу

КМП-А3 22/11,2 із кроком встановлення 0,85 м, затягування боків й покрівлі – всуцільну, дерев’яними розпилами. Система розробки – комбінована з посуванням лави по підняттю пласта. Схема 7-ї північної лави шахти “Прогрес” ДП “Торезантрацит” наведена на рис. 1.

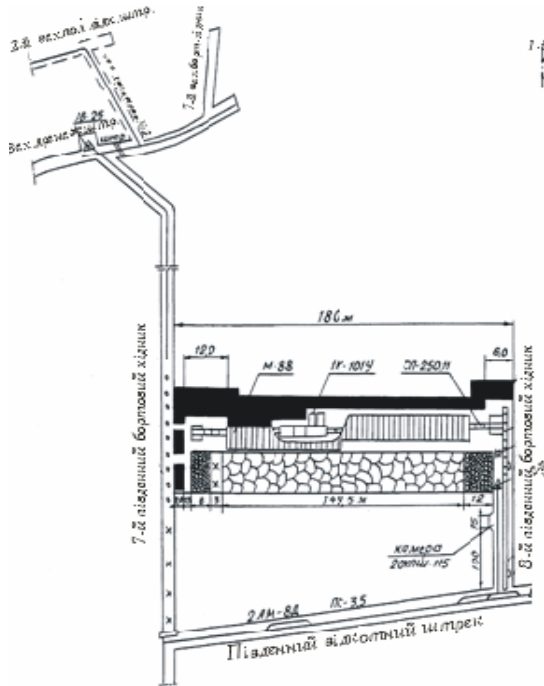


Рис. 1. Схема 7-ї північної лави шахти “Прогрес” ДП “Торезантрацит”

У процесі досліджень ретельно вивчалися гірничо-геологічні й гірничотехнічні умови відпрацювання пласта, його потужність і кут падіння, фізико-механічні властивості вугілля й бічних порід. Особлива увага зверталася на склад і будову покрівлі й безпосередньої підшови. Вивчення зазначених умов визначалося за шахтною документацією й шляхом безпосередніх замірів і візуальних спостережень.

При виборі устаткування для зведення смуг змінної жорсткості необхідно дотримуватися наступної умови: проведення хідника (штреку), спорудження закладки й ін’єктування бутової смуги, буріння розвантажувальних свердловин не повинні стримувати очисні роботи. Для виконання робіт при комбінованій системі розробки обладнання видобувної дільниці повинне мати машини і механізми для ведення очисних, прохідницьких і закладних робіт. При цьому надійність всіх робочих процесів повинна бути максимально високою.

Ефективність роботи очисного, прохідницького й закладного обладнання оцінювалася у взаємодії їх спільної роботи і простоїв одних машин при виконанні виробничих процесів іншими. При цьому фіксувався час простоїв. Наприклад, простої очисних комбайнів у лаві, при вибуруванні розвантажувальних свердловин, веденні БПР, закладанні породи у бутову смугу та ін. При закладанні й ін’єктуванні бу-

тової смуги виконували хронометражні спостереження і заміри за елементами циклу з видобутку.

Схема розміщення приладів й обладнання на експериментальній дільниці на замірних станціях у лаві наведена на рис. 2.

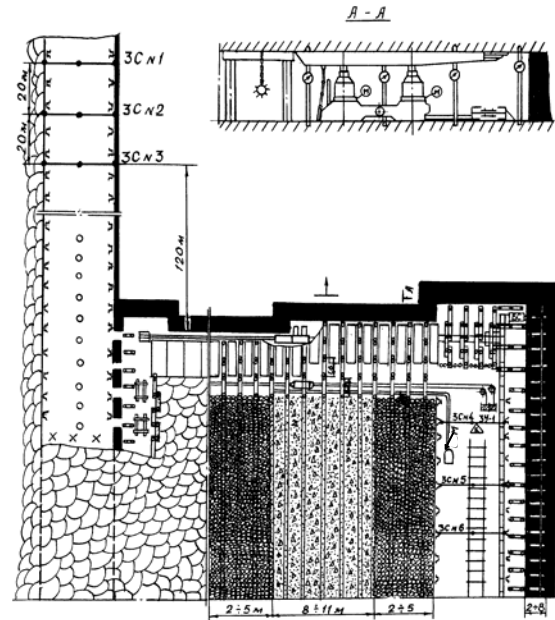


Рис. 2. Схема розміщення приладів і устаткування на експериментальній дільниці

Для викладення бутової смуги використовується порода від проведення бортових хідників. Закладання здійснюється закладною скреперною установкою типу ЗУ-1М або комплексом ЗК02 (03) [5, 6]. Скреперна установка слугує для транспортування породи в закріпну частину лави та її ущільнення. Скрепер ємністю 0,1 м³ застосовується на пластах потужністю 0,5-0,7 м і 0,2 м³ – на пластах потужністю 0,7-1,2 м. Експлуатаційна продуктивність установок становить 4 м³/год [5]. Установка ЗУ-1М дозволяє робити закладання за падінням та підняттям на пластах з кутом падіння до 12°. Максимальна довжина розкосини, що закладається установкою ЗУ-1М, – 35-40 м. Як приклад прийнято розрахунок параметрів закладних робіт за [5]. У табл. 1 наведені вихідні дані для розрахунку.

За результатами розрахунків побудовані номограми (рис. 3) визначення витрат часу, швидкості й трудомісткості проведення підготовчої виробки при закладанні породи у вироблений простір лави (комбінована система розробки).

Для зведення охоронної бутової смуги змінної жорсткості застосовано 70% бутового каміння – породи від проходження бортового хідника, пісок (технічний) – 22%, цементу 5% М-500 ПЦ І-500 Н – навал і технічна вода 3%.

Для спорудження розвантажувальних свердловин у вугільному пласті на бермі з протилежного від лави боку застосовується бурова установка “Старт”, що виготовляється Ново-Горловським машинобудівним заводом. Технічна характеристика наведена у [7].

Розрахунок тривалості й трудозатрат на буріння розвантажувальних свердловин виконано в [5]. Виходячи із цього розрахунку, необхідно, щоб

буровий верстат “Старт” здійснював в зміну (6 годин) буріння шести свердловин довжиною 2-10 м і діаметром 250-400 мм.

Таблиця 1

Основні й допоміжні операції при зведенні бутових смуг

Найменування операцій	Виймальна потужність пласт, м	Норматив часу на 1 м ³ породи в щільному пілі, чол/хв			
		при ширині смуги, що закладається, м			
		6,0-9,0	12,0-15,0	15,0-18,0	18,0-21,0
Основні (t ₀) Викладення бутових стінок, перекидання й закладання породи у розкосину.	0,96-1,05	52,60	73,1	83,4	93,5
	1,06-1,15	48,90	67,6	76,8	85,2
	1,16-1,25	44,90	63,1	71,6	-
	1,26-1,45	42,00	59,1	-	-
Допоміжні (t ₂) Зачищення майданчика, що закладається породою, від вугілля, розбирання й розкайловка великих кусків породи, оббирання покрівлі. Вибивання, витягування й збирання дерев'яних, металевих стояжків із простору, що закладається, і на «брівці» виробки, установлення запобіжних стояжків, що оконтурюють смугу.	0,96-1,05	8,66	9,85	10,7	11,55
	1,06-1,15	8,33	9,67	10,32	11,34
	1,16-1,25	8,02	9,37	9,93	-
	1,26-1,45	7,75	9,03	-	-
Разом (t ₂)	0,96-1,05	15,6	18,1	19,6	21,4
	1,06-1,15	15,0	17,6	19,1	20,8
	1,16-1,25	14,2	16,9	-	-
	1,26-1,45	13,6	16,2	-	-
Разом (t ₀ + t ₂)	0,96-1,05	68,2	91,2	103,0	114,9
	1,06-1,15	64,9	85,2	95,9	106,0
	1,16-1,25	59,1	80,0	89,8	-
	1,26-1,45	55,6	64,8	75,3	-

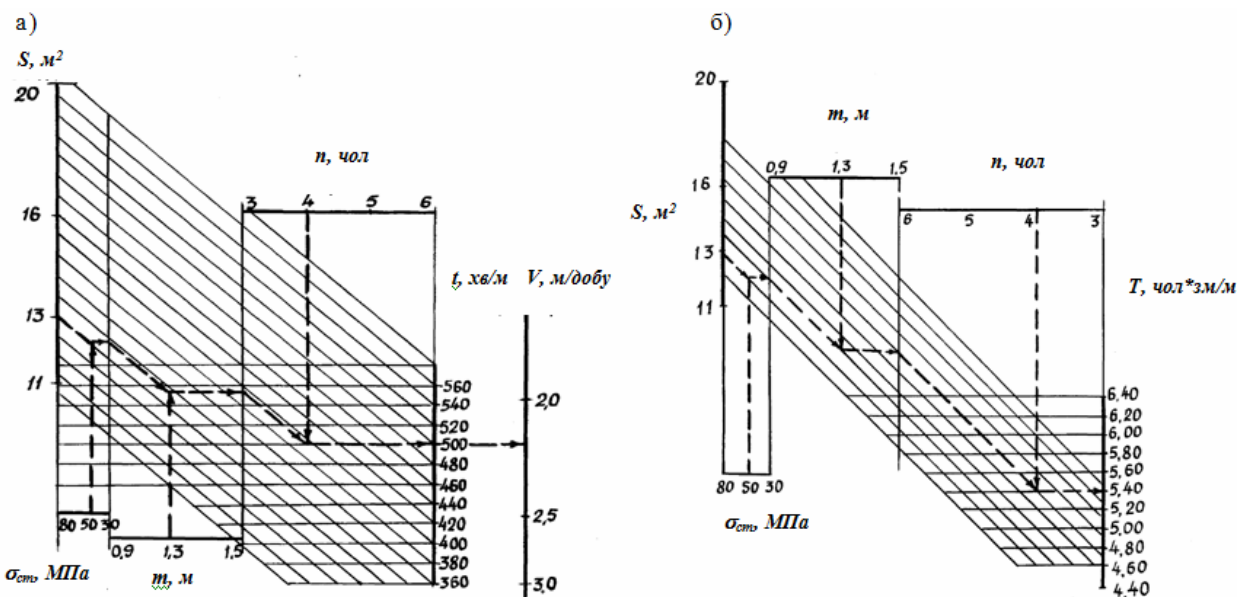


Рис. 3. Номограми визначення: а – витрат часу, швидкості; б – трудомісткості проведення 1 м виробки із закладанням породи скреперною установкою

Аналіз устаткування для нагнітання в'язких розчинів з метою створення жорсткої частини бутової смуги показав, що для зведення смуг з швидкотвердіючих матеріалів або ін'єктування порід, крім набризкмашин, можуть бути використані агрегати “Моноліт-2” і розчинонасоси СО-10А. Їх технічні характеристики задовольняють вимогам ефективної технології [7, 8].

На експериментальній ділянці 8-го бортового хідника була застосована високопродуктивна нагніта-

льна установка “Моноліт-2”. Доставка до неї в'язких матеріалів здійснювалася в шахтних вагонетках. Розчин готувався безпосередньо установкою в процесі завантаження приймального бункера в'язким матеріалом. Готовий розчин від агрегату подавався у металевих трубах (сталеві безшовні гарячедеформовані труби СТ СЕВ 1483-78) діаметром 75 мм. Як гнучкі елементи трубопроводів напірної лінії застосовувались рукави: гумові напірні з нитко-

вими кільцями (ДСТ 10362-76) або гумотканинні напірні (ДСТ 18698-79) [9]. Щоб уникнути закупорки труб і значних втрат часу на їх усунення установку "Моноліт-2" встановлювали в безпосередній близькості від сполучення з лавою. Максимальне віддалення установки від очисного вибою досягало 35 м.

Експериментальні дослідження технології нагнітання в'язучого розчину у бутуву смугу за допомогою установки "Моноліт-2" показали, що застосування цього обладнання дозволяє проводити ін'єкційні роботи в одну зміну практично при будь-яких досягнутих швидкостях посування очисного вибою.

Ін'єкційний спосіб полягає в подачі по трубах в'язучого розчину у вироблений простір, попередньо заповненого подрібненою породою. Розчин проникає в порожнини породи й перетворює її в моноліт певної, заздалегідь визначеної міцності. Ін'єктори розташовують у шаховому порядку. Відстань між рядами ін'єкторів визначається за формулою $a = 1,5g$, а між ін'єкторами в ряді $b = 1,73g$, де g – радіус закріплення від одного суміжного ін'єктора. Проникнення цементних, піщаних та інших частинок у порожнини сипучого середовища залежить від розмірів порожнин, конфігурації і взаємозв'язку, розмірів частинок, складу і консистенції розчину, що нагнітається, тиску й режиму нагнітання. Допустимий діаметр порожнин $d_n > (6-7) d_{ч}$, де $d_{ч}$ – діаметр частинок у розчині.

При підборі режиму нагнітання повинна бути забезпечена безперервність процесу ін'єкування. Розчини повинні мати високу рухливість і проникати на велику відстань, забезпечувати якісне заповнення порожнин і необхідну міцність заін'єктованого масиву.

Для рівномірного ін'єкування по всій довжині свердловини застосовуються ін'єктори з перфорацією корпусу. Вони виготовляються із суцільнотягнутих товстостінних труб діаметром 32-50 мм. Довжина глухої ланки ін'єктора 1-1,5 м. Діаметр отворів перфорованої ланки 2-5 мм. Для розвідної мережі застосовують гумові або прогумовані армовані металом рукави діаметром 25-50 мм, які розраховані на тиск до 3-4 МПа. Установлені в свердловині ін'єктори обладнують сталевими конусними й кульовими кранами.

З погляду технології й організації доцільно застосовувати розчини, що мають більші строки схоплювання в момент провадження робіт і мінімальні – після їх закінчення. Малі строки схоплювання рекомендують при обмеженні радіуса ін'єкції з метою створення зміцнених зон. Оптимальні строки можуть бути забезпечені шляхом відповідного вибору складу розчинів. Зонне омоноличення закладного масиву дає можливість припинити процес подальшого обваллення порід і використати для закладання шахтну породу без додаткового подрібнення і видачі її на поверхню.

У міру посування очисного вибою й утворення за ним виробленого простору, слідом за пересуванням механізованого кріплення, подається порода із проведеного слідом за лавою 8-го південного бортового хідника (штреку) для формування комбінованої трисмугової бутувої опори. Для більш наочного і конкретного відображення запропонованої технології наведені розрізи сполучень (рис. 4).

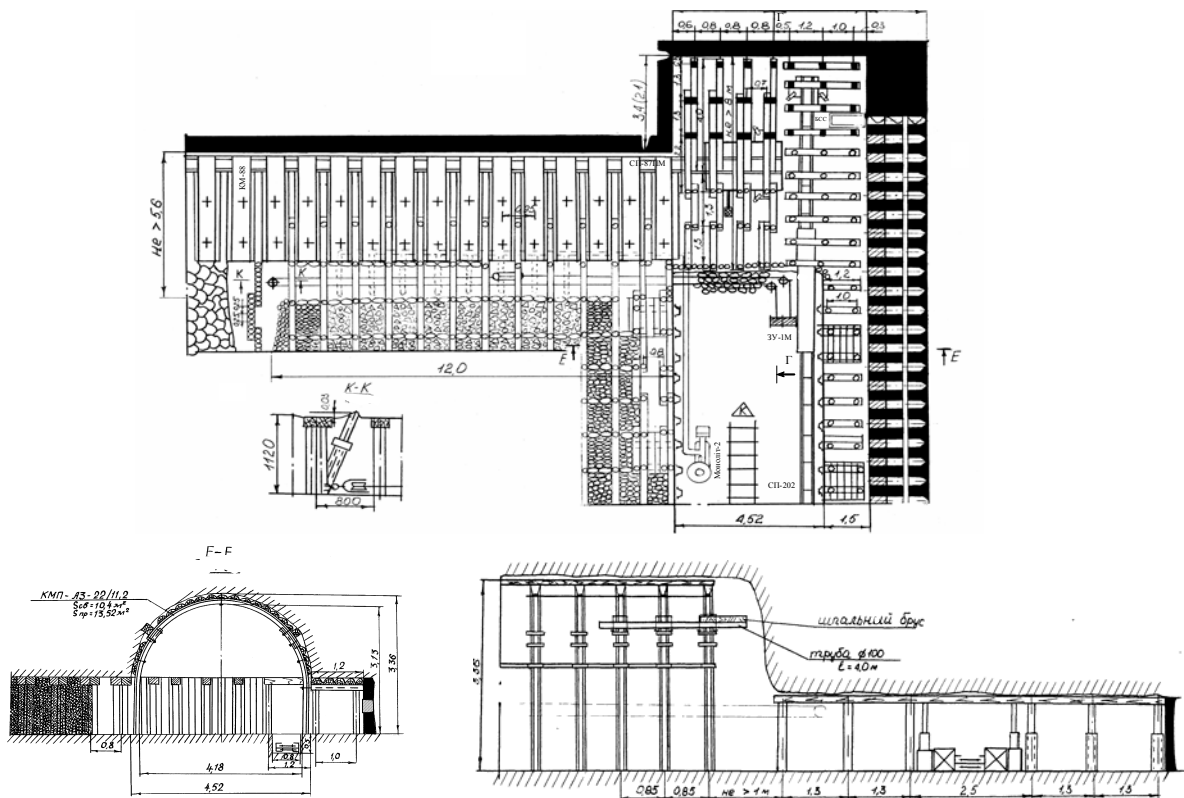


Рис. 4. Сполучення 7-ї дослідно-промислової лави ЮП №3 пласта h_8 з 8-м південним бортовим хідником

До місця впровадження робіт з ін'єктування бутової смуги в ремонтну (як правило першу зміну) у 8-й південний бортовий хідник у спецвагонах ВГ-2,5 доставляють однокінцевим відкочуванням (лебідкою) технічний пісок і цемент марки М-500. Для приготування розчину застосовується технічна вода із протипожежного трубопроводу. В'язкі компоненти готують в співвідношеннях Ц:П:В = 1:5:1,5. Після завантаження в бункер цементного розчину нагнітальною установкою "Моноліт-2" розчин по перфорованій трубі, що перебуває в завалі приблизно в середній частині бутової смуги, нагнітається ін'єкційний розчин у заходку бутової смуги, а на відстані 2-5 м від 8-го бортового хідника (штреку) зводять жорстку ін'єкційну смугу шириною 8 м.

Між бермою 8-го бортового хідника (штреку) і жорсткою смугою залишають бутіву піддатливу смугу з породи шириною до 5 м. Щоб не видавати породи від проведення 8-го бортового хідника на поверхню її закладають у вироблений простір у смугу шириною від 2 до 5 м. Роботи із зведення бутівих смуг змінної жорсткості проводять як у першу, так і в третю зміну, залежно від швидкості посунання очисного вибою.

На протилежній стороні 8-го бортового хідника (штрека) у вугільному масиві також створюють піддатливу смугу, розвантажуючи зону пласта свердловинами діаметром 250 мм довжиною до 8 м. Для цього з випередженням вугільного вибою в масив бурять розвантажувальні свердловини буровим верстатом "Старт" [5], в першу ремонтну зміну (або третю зміну) ГРОВ після виймання ніші й створення випередження вугільного вибою. Піддатлива опора, що утворилася, на відстані до 8 м від бортового хідника (штреку) відділяється (за рахунок вибурування) від вугільного масиву. Від цієї зони в глибині вугільного масиву утвориться жорстка вугільна опора.

Правильність вихідних теоретичних положень була підтверджена математичним моделюванням методом граничних елементів. При моделюванні отримана система лінійних алгебраїчних рівнянь. Їх рішення дозволило одержати кореляційні залежності, що характеризують співвідношення відносних вертикальних і горизонтальних деформацій по контуру кріплення виробки. Результати розрахунків за цими залежностями мали значення коефіцієнтів кореляції відповідно $r^2 = 0,931$ і $r^2 = 0,990$. Отримані розрахункові значення деформацій не перевищували значень, що допускаються «Правилами безпеки у вугільних і сланцевих шахтах» [2].

Висновки

Експериментально встановлено величини зсувів бічних порід, визначено навантаження в різних ділянках охоронних елементів навколо виробки, що охороняється смугами змінної жорсткості при різних параметрах жорсткої й піддатливої частин бутівих смуг. Найменші зсуви мають місце при розмірі жорсткої частини бутової смуги 8 м, піддатливої – 5 м і розвантаженні свердловинами 3 м. Виявлено, що

створення смуг змінної жорсткості забезпечує симетричне навантаження елементів кріплення підготовчої виробки у межах її піддатливості, а також створюються сприятливі й однакові в межах усього шахтного поля геомеханічні умови ведення гірничих робіт, що характеризуються відсутністю небезпечних концентрацій напруг у породах поблизу підготовчих виробок. За таких умов бортовий хідник (штрек) може бути успішно використаний повторно як вентиляційний, задовольняючи ПБ і нормальній роботі наступного очисного вибою. Результати шахтних експериментальних вимірів підтвердили отримані вище результати аналітичних розрахунків з вірогідністю до 20%.

Економічний ефект від застосування комбінованих систем розробок й удосконалювання способу охорони підготовчих виробок становить 1 005 961 грн.

Список літератури

1. Способ охраны подготовительной выработки. О.В. Колоколов, Н.М. Табаченко, В.Ю. Медяник и др. Декларационный патент ДП №36714 А (UA) от 01.02.2000 № д.р. 2000020523, опубл. 16.04.2001 Бюл. № 3.
2. Медяник В.Ю. Обоснование параметров способа охраны подготовительных выработок при комбинированной системе разработки пологих пластов на больших глубинах: Дис. ... канд. техн. наук. – Д.: НГУ, 2005. – 193 с.
3. Табаченко М.М., Медяник В.Ю., Тищенко С.О. Спосіб підвищення стійкості підготовчих виробок // Науковий вісник НГУ. – 2008. – № 7. – С. 39-41.
4. Медяник В.Ю. Формування склепіння рівноваги над підготовчою виробкою за допомогою смуг змінної жорсткості – як спосіб її охорони і підтримки // Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. праць / Ін-т геотехнічної механіки, ім. М.С. Полякова НАН України: VII конференція молодих учених «Геотехнологічні проблеми розробки родовищ, 19 листопада 2009» – Д., 2009. – Вип. 81. – С. 173-183.
5. Технологические схемы проведения, крепления и охраны выработок, сохраняемых позади очистного забоя, на пологих и наклонных пластах Донбасса. РНД МУПУ. – Донецк: ДонУГИ, 1984. – 75 с.
6. Колоколов О.В. Технология закладки выработанного пространства в шахтах и рудниках. – Д.: Сич, 1997. – 135 с.
7. Машины и комплексы оборудования для очистных и проходческих работ: Каталог-справочник. – М.: ЦНИИЭИУголь, 1978. – 247 с.
8. Повышение устойчивости подготовительных выработок угольных шахт / И.Ю. Заславский, В.Ф. Компаниец, А.Г. Файвищенко, В.М. Клещенков. – М.: Недра, 1991. – 235 с.
9. Инъекционное упрочнение горных пород / Ю.З. Заславский, Е.А. Лопухин, Е.Б. Дружко, И.В. Качан. – М.: Недра, 1984. – 177 с.

Рекомендовано до публікації д.т.н. В.І. Бондаренком 07.12.09