

УДК 622.268.13: 622.268.7

**Аверкин Д.И.**, магистр  
(ООО «Минова Украина»)**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СПОСОБОВ ПОДДЕРЖАНИЯ СОПРЯЖЕНИЯ  
ЛАВЫ СО ШТРЕКОМ НА ХАРАКТЕР ДЕФОРМИРОВАНИЯ  
ПОДГОТОВИТЕЛЬНОЙ ВЫРАБОТКИ****Аверкін Д.І.**, магістр  
(ТОВ «Мінова Україна»)**ОЦІНКА ВПЛИВУ СПОСОБІВ ПІДТРИМАННЯ СПОЛУЧЕННЯ ЛАВИ  
ЗІ ШТРЕКОМ НА ХАРАКТЕР ДЕФОРМУВАННЯ ПІДГОТОВЧОЇ  
ВИРОБКИ****Averkin D.I.**, M.S. (Tech.)  
(«Minova Ukraine» LTD)**HOW METHODS OF SUPPORTING THE LONGWALL AND GALLERY  
ENDS IMPACT ON CHARACTER OF THE PREPARATORY ROADWAY  
DEFORMATION**

**Аннотация.** В работе приведены результаты экспериментальных исследований по установлению влияния различных способов поддержания сопряжения лавы со штреком на его устойчивость и изысканию направлений повышения эффективности охраны подготовительных выработок. Проведена сравнительная оценка эффективности применения податливых (бутовые полосы) и жестких (полосы из железобетонных блоков) охранных конструкций в условиях отработки пласта  $m_3$  на шахте «Чайкино» ГП «Макеевуголь». Установлены дифференцированные зависимости смещений кровли и почвы подготовительной выработки от расстояния до очистного забоя. Доказано, что при применении бутовых полос напряжения в наработанной почве угольного пласта распределяются по значительной ширине, что снижает пучение почвы подготовительной выработки, однако, в результате высокой податливости охранных конструкций, интенсифицируется опускание кровли подготовительной выработки; кроме того, бутовая полоса не выполняет функции обрешечной крепи, что увеличивает нагрузку на рамную крепь и не позволяет стабилизироваться смещениям контура подготовительной выработки в течение длительного времени.

При поддержании сопряжения с лавой железобетонными тумбами, за счет высокой жесткости охранных конструкций снижается опускание кровли подготовительной выработки. Однако расположение более жесткой и узкой части охранных конструкций (железобетонных тумб) со стороны подготовительной выработки не дает полосе работать в качестве обрешечной крепи, способствует концентрации напряжений в наработанной почве угольного пласта и, тем самым, интенсифицирует пучение почвы штрека. Тем не менее, при поддержании сопряжения с лавой железобетонными тумбами общая вертикальная конвергенция штрека снижается, в среднем, на 15-20 % по сравнению с поддержанием сопряжения бутовыми полосами. Следовательно, требуется разработка принципиально нового способа сооружения жесткой охранных конструкций на сопряжении подготовительной выработки с лавой, который бы отличался простотой и позволял бы возводить полосу под самую подработанную кровлю угольного пласта с минимальным отставанием от линии забоя лавы (не более 3-4 м).

**Ключевые слова:** охрана подготовительных выработок, околоштрековые полосы.

При отработке угольного пласта в массиве горных пород формируется выработанное пространство на всю длину лавы, высотой, равной вынимаемой мощности пласта. С течением времени, в процессе дальнейшего подвигания забоя лавы, образовавшиеся пустоты заполняются расслаивающимися, прогибающимися и разрушающимися породами кровли. Характер и интенсивность данного процесса определяются прочностными свойствами пород и технологическими параметрами отработки, прежде всего, скоростью подвигания забоя лавы. Процесс оседания подработанных пород кровли в зоне сопряжения лавы с подготовительной выработкой обуславливает характер нагружения рамной и анкерной крепи [1]. Для предотвращения повреждения крепи подготовительной выработки, на ее сопряжении с лавой сооружаются охранные опорные полосы.

При всем многообразии сочетания различных элементов применяемых охранных полос (различные типы деревянных конструкций, бутовая порода, бетонные сооружения и т.д.), их принципиальным отличием является режим работы – податливые полосы, постепенно уплотняющиеся и позволяющие породам кровли плавно прогибаться и жесткие, практически без усадки воспринимающие нагрузку. В различных горно-геологических и горнотехнических условиях данные типы охранных полос имеют свои преимущества и недостатки [2-4].

Целью исследований является установление влияния различных способов поддержания сопряжения лавы со штреком на его устойчивость и изыскание направлений повышения эффективности охраны подготовительных выработок в условиях отработки пласта  $m_3$  на ш. «Чайкино» ГП «Макеевуголь».

Пласт  $m_3$  на участке отработки 3-ей западной лавой шахты «Чайкино» залегает на глубине 1210 м, имеет вынимаемую мощность 1,6-1,75 м и сложное строение (состоит из 2-х пачек и породного прослоя), не склонен к самовозгоранию, особо опасен по внезапным выбросам угля, породы и газа. Газоносность пласта – 16-27,4 м<sup>3</sup>/т.с.д.

Непосредственная кровля сложена слабоустойчивым трещиноватым сланцем глинистым мощностью 6-8 м, крепостью 3-4 по шкале проф. М.М. Протодыяконова, породы склонны к самообрушению на высоту 0,5-1,5 м. По устойчивости породы отнесены к категории Б1-Б2 (неустойчивые), прочность на сжатие 319-345 кг/см<sup>2</sup>.

Породы основной кровли отнесены к категории А1 (легкообрушаемые), прочность на сжатие – 345-339 кг/см<sup>2</sup>. Шаг первичной посадки – 25 м, шаг последующих – 10-13 м. Общая толща песчаного сланца и песчаника основной кровли составляет 25-30 м. Мощность вышележащего песчаника  $m_4^0Sm_4^1$  – 25-32 м и он является основным источником поступления воды (3-7 м<sup>3</sup>/ч) и газа в лаву. Категория основной кровли по обрушаемости – А1-А2 (от легко- до среднеобрушаемой). Непосредственная почва пласта состоит из сланца песчаного мощностью 2,8-3 м, ниже залегает сланец глинистый мощностью 0,8-1,2 м, склонный к размоканию и интенсивному пучению, прочность пород на сжатие – 252 кг/см<sup>2</sup>, ниже – 373-381 кг/см<sup>2</sup>. По устойчивости почва в местах обводне-

ния отнесена к категории П1-П2 (неустойчивая и весьма неустойчивая). Основная почва сложена песчаником водо-газонасыщенным крепостью 8-9 по шкале проф. М.М. Протодяконова и мощностью до 15 м.

Конвейерный штрек 3-ей западной лавы пласта  $m_3$  шахты «Чайкино» проходил прямым ходом. Сечение выработки в свету –  $15,5 \text{ м}^2$ , крепление осуществлялось металлической арочной крепью КМП-А3, расстояние между рамами крепи составляло 0,8 м. В средней части выработки пробивалась крепь усиления из деревянных ремонтин диаметром 180-200 мм под деревянный брус по кровле-почве выработки.

От монтажной печи до ПК 70 (1400 м) поддержание сопряжения «лава-штрек» осуществляли бутовыми полосами (рис. 1).

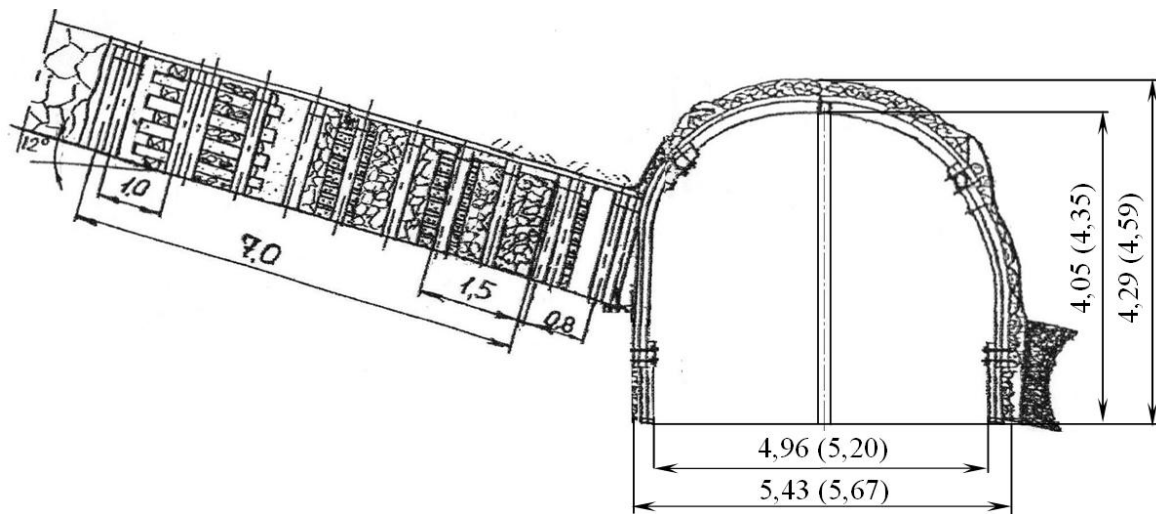


Рисунок 1 – Технологическая схема поддержания сопряжения штрека с лавой бутовой полосой

От ПК 70 до ПК 75 (100 м) сопряжение штрека с лавой охранялось железобетонными блоками (БЖБТ) прямоугольного сечения  $400 \times 400 \text{ мм}$ , высотой 150 мм (рис. 2).

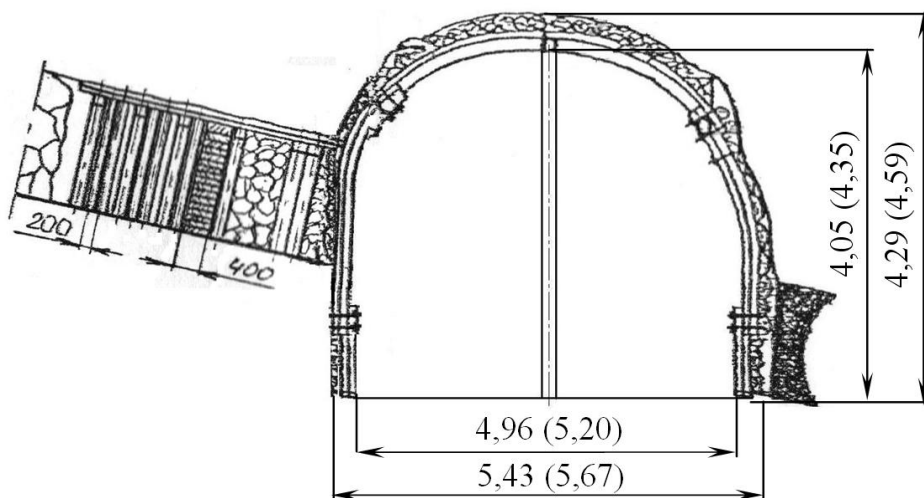


Рисунок 2 – Технологическая схема поддержания сопряжения штрека с лавой железобетонными тумбами

Это позволило осуществить сравнительный анализ эффективности принципиально различных способов поддержания сопряжения «лава-штрек»: бутовая полоса является податливой охранной конструкцией, а железобетонные тумбы – жесткой.

Исследования включали дифференцированное измерение смещений кровли и почвы конвейерного штрека в зависимости от расстояния до линии забоя лавы. Замеры осуществлялись контурными реперами и засечками на рамах арочной крепи на различных пикетах штрека, соответствующих участкам поддержания сопряжения с лавой бутовой полосой и железобетонными тумбами. Усредненные значения полученных результатов показаны на рисунках 3 и 4. Визуальными наблюдениями осуществлялся контроль состояния крепи и выработки в целом.

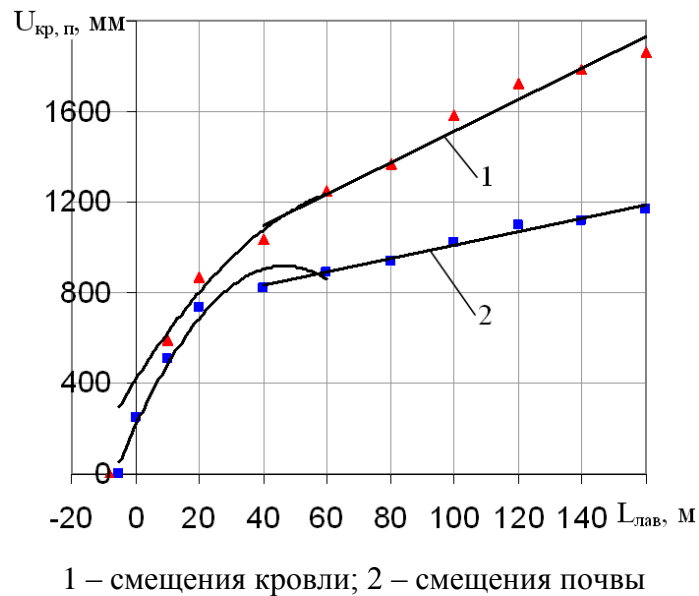


Рисунок 3 – Конвергенция штрека при поддержании сопряжения с лавой бутовой полосой

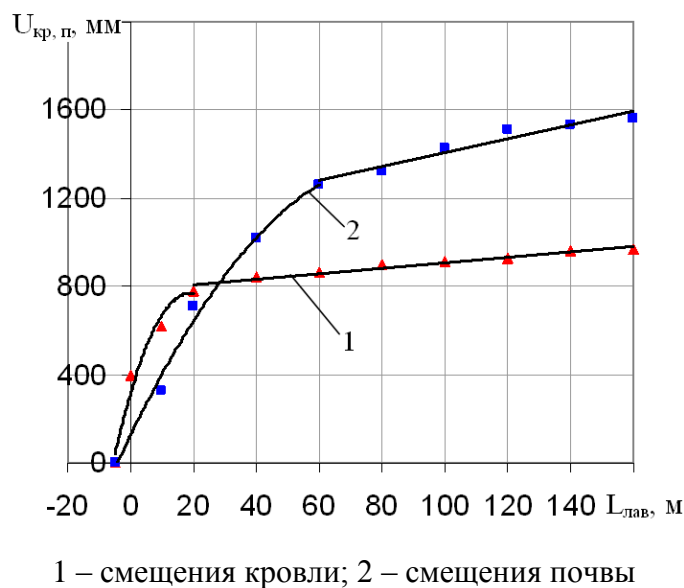
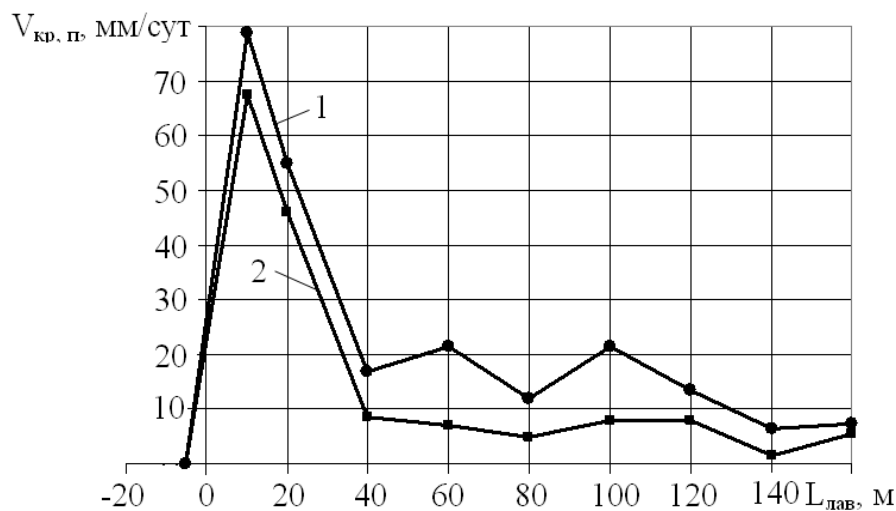


Рисунок 4 – Конвергенция штрека при поддержании сопряжения с лавой железобетонными тумбами

Анализ графиков конвергенции кровли-почвы штрека при поддержании сопряжения с лавой различными способами (рис. 3, 4) показывает, что характер смещений контура выработки имеет существенные различия.

При поддержании сопряжения с лавой бутовой полосой (рис. 3) преобладает опускание кровли – более 60 % в общей вертикальной конвергенции выработки, причем после отхода лавы на 160 м от измерительных станций не наблюдается устойчивой стабилизации смещений кровли – средняя скорость ее опускания составляет порядка 8 мм/сут (рис. 5).



1 – скорость смещений кровли; 2 – скорость смещений почвы

Рисунок 5 – Скорость конвергенции штрека при поддержании сопряжения с лавой бутовой полосой

По мере удаления забоя лавы, в начальный период (период интенсивных смещений) опускания кровли подчиняются параболической зависимости

$$U_{кр} = -0,14L_{лав}^2 + 22,17L_{лав} + 415,65, R^2 = 0,97, \quad (1)$$

а затем – линейной зависимости

$$U_{кр} = 6,96L_{лав} + 819,46, R^2 = 0,97. \quad (2)$$

Арочная крепь претерпела значительные деформации в виде выполаживания и прогиба верхняка арки с разрывом профиля в некоторых местах и выдавливания боковых стоек в полость выработки. Высота штрека в местах максимальных деформаций составила 800-900 мм, что недопустимо для ее дальнейшей эксплуатации.

Данный факт объясняется малой плотностью, а следовательно и жесткостью бутовой охранной полосы. Возводимые вручную бутовые полосы имеют коэффициент усадки порядка 0,6 [5], т.е. максимальный отпор бутовой полосы начинает проявляться только после ее усадки на 40-50 %. Судя по графикам (рис. 3, 5), процесс уплотнения полосы, в основном, завершился на расстоянии

порядка 40 м за забоем лавы. После этого полоса начала работать как опорная система.

С другой стороны, малая жесткость и большая ширина охранной конструкции – порядка 8 м (ряды деревянной органки, бутокостры, ряды деревянной стойки под брус с забутовкой породой и чураковая кладка на глине вдоль контура штрека) (рис. 1) способствует распределению нагрузки от подработанной кровли на значительную площадь, а следовательно, и снижению напряжений в наработанной почве угольного пласта, тем самым, уменьшая пучение почвы подготовительной выработки. При этом смещения почвы также имеют два периода (рис. 3), подчиняющихся параболической и линейной зависимостям:

$$U_n = -0,32L_{лав}^2 + 30,21L_{лав} + 213,26, R^2 = 0,98; \quad (3)$$

$$U_n = 2,96L_{лав} + 711,43, R^2 = 0,98. \quad (4)$$

Существенным недостатком данного способа является высокая трудоемкость работ и большой расход лесоматериалов.

При поддержании сопряжения с лавой железобетонными тумбами (рис. 4) в начальный период времени (до 20-60 м за линией очистного забоя) интенсивность смещений кровли и почвы максимальна (рис. 4, 6) и описывается параболическими зависимостями:

$$\text{кровля} - U_{кр} = -1,32L_{лав}^2 + 48,66L_{лав} + 319,35, R^2 = 0,97; \quad (5)$$

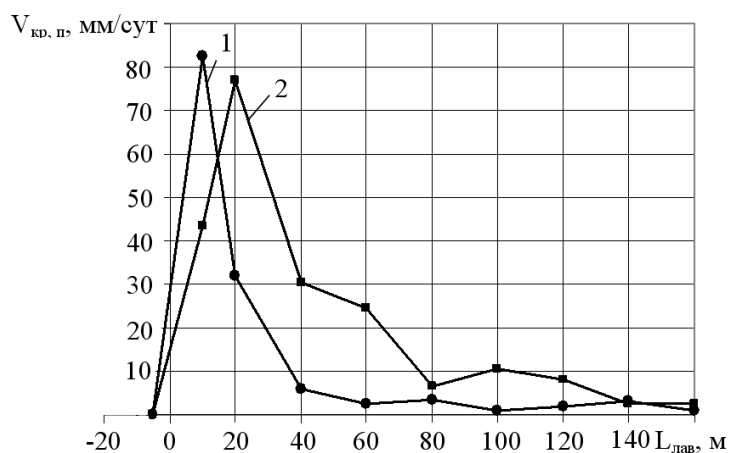
$$\text{почва} - U_n = -0,17L_{лав}^2 + 29,27L_{лав} + 128,26, R^2 = 0,99. \quad (6)$$

Затем, после отхода лавы более 40 м, опускание кровли стабилизируется и в итоге, на расстоянии более 140 м, устанавливается на уровне 2-3 мм/сут., а пучение почвы – в 2-3 раза выше:

$$\text{кровля} - U_{кр} = 1,27L_{лав} + 780, R^2 = 0,95; \quad (7)$$

$$\text{почва} - U_n = 3,16L_{лав} + 1089,4, R^2 = 0,94. \quad (8)$$

Интенсивное опускание кровли штрека следом за лавой объясняется технологическими факторами, обусловленными невозможностью сооружения охранной конструкции ближе 6-7 м от линии забоя лавы. Общая ширина полосы составляет 2 м плюс забутованное пространство между полосой и контуром штрека – порядка 0,8 м. Такая ширина охранной конструкции вынуждает сооружать ее за двумя нижними секциями механизированной крепи КД90, в итоге, на расстоянии 6-7 м за забоем лавы, обнаженная кровля успевает опуститься на 0,6-0,7 м, что провоцирует расслоение пород на значительную высоту и существенную пригрузку рамной крепи.



1 – скорость смещений кровли; 2 – скорость смещений почвы

Рисунок 6 – Скорость конвергенции штрека при поддержании сопряжения с лавой железобетонными тумбами

Жесткая часть охранной полосы (железобетонные тумбы) составляет всего 0,4 м (рис. 2) и, при этом, располагается вблизи контура подготовительной выработки. Данная часть полосы является концентратором нагрузок от прогибающейся подработанной кровли угольного пласта, а менее жесткая часть полосы (9-ть рядов деревянной органной крепи, расположенных далее в сторону выработанного пространства лавы) не дает железобетонным тумбам работать в качестве обрезной крепи. Все это в итоге провоцирует интенсификацию пучения почвы штрека более 60 % от его общей вертикальной конвергенции.

В результате, общая вертикальная конвергенция штрека при поддержании сопряжения с лавой железобетонными тумбами снизилась, в среднем, на 15-20 % по сравнению с поддержанием сопряжения бутовыми полосами. Визуально на данном участке не наблюдалось интенсивной деформации арок, однако отмечены случаи деформации замковых соединений и погружения ножек в почву со стороны выработанного пространства.

Шахтные экспериментальные исследования влияния способов поддержания сопряжения с лавой на устойчивость контура подготовительной выработки позволили сделать следующие выводы.

1. Поддержание сопряжения с лавой бутовой полосой:

– благодаря большой ширине бутовой полосы, напряжения в надработанной почве угольного пласта распределяются по значительной площади, что снижает пучение почвы подготовительной выработки;

– в результате высокой податливости охранной конструкции интенсифицируется опускание кровли подготовительной выработки;

– бутовая полоса не выполняет функции обрезной крепи, что увеличивает нагрузку на рамную крепь и не позволяет стабилизироваться смещениям контура подготовительной выработки в течение длительного времени;

– сооружение охранной конструкции отличается высокой трудоемкостью работ и большим расходом лесоматериалов.

2. Поддержание сопряжения с лавой железобетонными тумбами:

– за счет высокой жесткости охранной конструкции снижается опускание кровли подготовительной выработки;

– сооружение более податливой деревянной крепи со стороны выработанного пространства лавы не дает возможности железобетонным тумбам работать в качестве обрешетной крепи, что увеличивает время стабилизации смещений контура подготовительной выработки;

– расположение более жесткой и узкой части охранной конструкции (железобетонных тумб) со стороны подготовительной выработки способствует концентрации напряжений в надработанной почве угольного пласта и, тем самым, интенсифицирует пучение почвы штрека;

– основными технологическими недостатками способа сооружения охранной полосы из железобетонных тумб являются: значительное (порядка 6-7 м) отставание полосы от линии забоя лавы, что существенно увеличивает мощность расслаивающихся пород кровли и нагрузку на рамную крепь; строго определенная высота железобетонных блоков не позволяет выкладывать полосу под самую кровлю и, тем самым, увеличивает просадку подработанных пород.

3. При поддержании сопряжения с лавой железобетонными тумбами общая вертикальная конвергенция штрека снижается, в среднем, на 15-20 % по сравнению с поддержанием сопряжения бутовыми полосами.

4. Анализ результатов исследований показал преимущество применения жесткой охранной полосы по сравнению с податливой, но, в то же время, выявил существенные недостатки технологии возведения полосы из железобетонных блоков. Следовательно, требуется разработка принципиально нового способа сооружения жесткой охранной конструкции на сопряжении подготовительной выработки с лавой, который бы отличался простотой и исключал выше перечисленные технологические недостатки – прежде всего, позволял бы возводить полосу под самую подработанную кровлю угольного пласта и с минимальным отставанием от линии забоя лавы (не более 3-4 м). Судя по опыту практического применения, данным требованиям в большей степени соответствует бетонная полоса, сооружаемая из пакетов с сухой цементно-минеральной смесью ТЕКХАРД, которая затем, непосредственно на сопряжении лавы со штреком, затворяется водой [6]. Однако, для эффективного использования данной технологии требуется отработка рациональных параметров такой полосы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Взаимодействие элементов комбинированного способа поддержания газосборных выработок с углевмещающим массивом / А.Ф. Булат, С.А. Курносов, И.Н. Слащев [и др.] // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. трудов / ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск, 2007. – Вып. 68. – С. 24-36.
2. Временные технологические схемы охраны подготовительных выработок из твердеющих смесей для бесцеликовой отработки угольных пластов. – М.: ИГД им. А.А. Скочинского, 1987. – 17 с.
3. Байсаров, Л.В. Геомеханика и технология поддержания повторно используемых выработок / Л.В. Байсаров, М.А. Ильяшов, А.И. Демченко. – Днепропетровск: ЧП «Лири», 2005. – 240 с.
4. Комбинированные охранные системы обеспечивающее повторное использование выработок выемочного участка / М.А. Ильяшов, О.Д. Кожушонок, Б.М. Усаченко [и др.] // Наукові праці УкрНДМІ України. – 2009. – № 5. – ч. 1. – С. 451-465.
5. Диманштейн, А.С. Научные основы охраны повторно используемых выемочных выработок с



помощью искусственных ограждений при разработке пологих угольных пластов. – автореф. дисс. докт. техн. наук. – ИГД им. А.А. Скочинского, 1989. – 39 с.

6. Опыт применения сборной охранно-изолирующей полосы из быстротвердеющей смеси «ТЕКХАРД» / С.А. Курносов, В.В. Задерий, А.А. Цикра [и др.] // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. трудов / ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск, 2013. – Вып. 112. – С. 267-280.

#### REFERENCES

1. Bulat, A.F., Kurnosov, S.A. and Slashchev, I.N. (2007) “Interaction of the combined method of maintaining gas gathering workings with uglevmeschayuschim array”, *Geo-Technical Mechanics*, no. 68, pp. 24-36.

2. National Mining Research Center «A. A. Skochinsky Institute of Mining» (1987), *Vremennye tehnologicheskiye shemy ohrany podgotovyitelnyh vyrabotok iz tverdeyushey zakladky dlya beztselikovoy otrabotky ugolnyh plastov* [Temporary protection schemes technological development workings of hardening mixtures beztselikovoy for mining coal seams], Moscow, SU.

3. Baysarov, L.V., Ilyashov, M.A. and Demchenko, A.I. (2005), *Geomekhhanika y tehnologiya podderganiya povtorno ispolzuemyh vyrabotok* [Geomechanics and maintain reusable technology developments], Lira, Dnepropetrovsk, Ukraine.

4. Ilyashov, M.A., Kozhushonok, O.D. and Usachenko, B.M. (2009) “Combined security systems providing reuse workings excavation site”, *Naukovi pratsi UkrNDMI of NAS of Ukraine*, no. 5, Part 1, pp. 451-465.

5. Dimanshtein, A.S. (1989), The scientific basis of reusable excavation excavations using artificial barriers in the development of shallow coal seams, D.Sc. Thesis, Underground mining, National Mining Research Center «A. A. Skochinsky Institute of Mining», Moscow, SU.

6. Kurnosov, S.A., Zaderiy, V.V. and Tsikra, A.A. (2013) “Experience in the application security team-insulating strip of fast-curing mixture «ТЕКХАРД»”, *Geo-Technical Mechanics*, no. 112, pp. 267-280.

---

#### Об авторе

**Аверкин Дмитрий Иванович**, магистр, заместитель директора ООО «Минова Украина», Донецк, Украина, [Averkin-D@i.ua](mailto:Averkin-D@i.ua)

#### About the author

**Averkin Dmitry Ivanovich**, Master of Science, Deputy Director of «Minova Ukraine» LTD, Donetsk, Ukraine, [Averkin-D@i.ua](mailto:Averkin-D@i.ua)

**Анотація.** У роботі наведені результати експериментальних досліджень по встановленню впливу різних способів підтримання сполучення лави зі штреком на його стійкість і вишукування напрямків підвищення ефективності охорони підготовчих виробок. Проведена порівняльна оцінка ефективності застосування податливих (бутові смуги) і жорстких (смуги із залізобетонних блоків) охоронних конструкцій в умовах відпрацювання пласта  $m_3$  на шахті «Чайкіно» ДП «Макіїввугілля». Встановлено диференційовані залежності зміщень покрівлі та підшови підготовчої виробки від відстані до очисного вибою.

Доведено, що при застосуванні бутових смуг напруги в надробленій підшові вугільного пласта розподіляються по значній ширині, що знижує здимання підшови підготовчої виробки, проте в результаті високої податливості охоронної конструкції інтенсифікується опускання покрівлі підготовчої виробки; крім того, бутова смуга не виконує функції обрізного кріплення, що збільшує навантаження на рамне кріплення і не дозволяє стабілізуватися зсувам контуру підготовчої виробки протягом тривалого часу.

При підтриманні сполучення з лавою залізобетонними тумбами, за рахунок високої жорсткості охоронної конструкції знижується опускання покрівлі підготовчої виробки. Однак розташування більш жорсткої і вузької частини охоронної конструкції (залізобетонних тумб) з боку підготовчої виробки не дає смузі працювати в якості обрізного кріплення, сприяє концентрації напружень в надробленій підшові вугільного пласта і, тим самим, інтенсифікує здимання підшови штреку. Проте, при підтриманні сполучення з лавою залізобетонними тумбами загальна вертикальна конвергенція штреку знижується, в середньому, на 15-20 % порівняно з підтриманням бутовими смугами.

Отже, потрібна розробка принципово нового способу споруди жорсткої охоронної конс-

трукції на сполученні підготовчої виробки з лавою, який би відрізнявся простотою і дозволяв би зводити смугу під саму подроблену покрівлю вугільного пласта з мінімальним відставанням від лінії вибою лави (не більше 3-4 м).

**Ключові слова:** охорона підготовчих виробок, навколоштрекові смуги.

**Abstract.** The work presents experimental findings on how different methods used for supporting the longwall and gallery ends impact on the gallery stability and which aspects could improve the support strength in the preparatory roadways. Effectiveness of the yielding (quarry-stone packs) and rigid (concrete packs) supporting structures were compared while mining the seam  $m_3$  in the Chaikino Mine of the Makeevugol Mining Company. Differentiated dependences were identified between the floor and roof displacements in the preparatory roadway and distance to the stope.

It has been proved that in case of the quarry-stone packs, the stresses essentially spread along the width of the overworked floor in the coal seam and reduce the floor swelling in the preparatory roadway, but the roof subsidence is intensified due to the great yielding of the supporting structure. Besides, the quarry-stone pack doesn't function as a roof-breaking support and, consequently, load on the arch support increases and displacement of the preparatory roadway contour remains unstable for a long period of time.

At the same time, when the longwall end is supported with the concrete pillars, the roadway roof subsidence is essentially reduced thanks to the rigid supporting structure. But, as the narrow and more rigid sector of the supporting structure (the concrete pillars) is located from the side of the preparatory roadway, the stresses are concentrated in the overworked floor of the coal seam resulting in intensive floor swelling. Nevertheless, in case of supporting the longwall end with the concrete pillars, total vertical convergence of the gallery is reduced by 15-20% in average if compare with the quarry-stone packs.

Thus, it is necessary to design a fundamentally new method for building rigid structures for supporting the longwall and gallery ends which would differ by its simplicity and would allow building the pack right up to the overworked roof in the coal seam with minimal distance (not more than 3-4 m) to the longwall face.

**Keywords:** supporting of the preparatory roadways, rib-side pack.

*Стаття поступила в редакцію 16.01.2015*

*Рекомендована к печати д-ром техн. наук А.П. Круковским*