

Канд. техн. наук О.В. Рябцев,
м.н.с. С.Ю. Процак,
инж. И.Ю. Аля-Брудзинский
(ИГТМ НАН Украины)

ОХРАНА ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК ДЛЯ ПОВТОРНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ 870 СБОРНОГО ШТРЕКА ПСП «ШАХТА «ЗАПАДНО-ДОНБАССКАЯ» ОАО «ПАВЛОГРАДУГОЛЬ»

Наведено основні вимоги до жорстких охоронних споруд, що використовуються для охорони виїмкових виробок, переваги та недоліки неподатливих охоронних споруд різного типу стосовно умов шахт Західного Донбасу. Представлено результати теоретичних та експериментальних досліджень охорони виїмкового штреку за допомогою охоронної споруди типу збірне кріплення посилення (СКП) в умовах 870 збірного штреку ПСП «Шахта «Західно-Донбаська».

OPENING'S PROTECTION FOR THE SECONDARY USAGE ON THE BASIS OF "MINE "ZAPADNO-DONBASSKAYA" PLC "PAVLOGRADUGOL" 870 PREFABRICATED DRIFT

The main requirements are given on the right safely providing of the structures, which are for protected of the extraction production; pros and cons of the different safely providing structures concerning conditions of the mines West Donbass. The results of theoretical and experimental researches of the gate drift's protection by means of safely providing structure of the prefabricated boosting support type in the "Mine "Zapadno-Donbasskaya" 870 prefabricated drift are given.

На сегодняшний день на угледобывающих шахтах Украины одной из актуальных задач является охрана выемочных штреков для обеспечения прямоточной схемы проветривания и их повторного использования. Это вызвано тем, что порог рентабельности добычи угля, например, для шахт Западного Донбасса, разрабатывающих тонкие пласты мощностью 0,85-1,15 м, составляет 1000-1200 т/сут. Для достижения порога рентабельности очистные забои в зависимости от их длины должны иметь суточную скорость подвигания не менее 3,0 м/сут, что соответствует, а в некоторых случаях и превышает, скорости проведения подготовительных выработок. Это препятствует своевременному возобновлению фронта очистных работ и делает нестабильным объем добычи угля шахтой. Поэтому одним из выходов из подобной ситуации является охрана выемочных штреков для повторного использования при отработке смежных выемочных столбов. Еще одним аспектом, подчеркивающим актуальность данной проблемы, является требование к вентиляции при отработке длинных выемочных столбов, которая должна осуществляться по прямоточной схеме проветривания с подсвежением на вентиляционном штреке (схема вентиляции 2-В) [1]. Это так же требует проведения мероприятий по охране выемочных штреков для обеспечения необходимого сечения вдоль всего выемочного столба.

Для обеспечения высоких темпов добычи на большинстве шахт Украины

применяется столбовая система разработки. Выемочные штреки при этом испытывают влияние горного давления в течение таких характерных периодов: проходка штрека, приводящая к первоначальному обжатию крепи боковыми породами и незначительным деформациям ее основных элементов; отработка лавы, инициирующая резкое увеличение давления на крепь и охранные конструкции, что приводит к их значительным деформациям, а также к активизации пучения пород почвы; стабилизация горного давления за лавой, приводящая к остаточным деформациям крепи, охранных конструкций и значительному уменьшению площади сечения штрека, как за счет оседания кровли, так и из-за пучения пород почвы.

Во избежание деформирования элементов крепи и потерь поперечного сечения подготовительных выработок, необходимо использовать передовые технологии крепления [2] и проводить мероприятия для повышения их устойчивости в зоне влияния очистных работ, а так же мероприятия для их охраны позади забоя лавы.

Согласно [3] не допускается применение жестких (неподатливых) опорных элементов для охраны выемочных штреков позади забоя лавы в шахтах Западного Донбасса. Однако практическое использование для охраны подготовительных выработок для повторного использования податливых охранных сооружений в виде деревянных костров, органной крепи, бутовых полос и пр. не дало ожидаемого эффекта, особенно на глубоких шахтах Западного Донбасса: «Западно-Донбасская», «им. Героев Космоса», «им. Н.И. Сташкова». В выемочных штреках наблюдается деформация элементов крепи: стоек, верхняков и замковых соединений, теряется до 70 % сечения выработки. Восстанавливать такие выработки технически и экономически невыгодно, поэтому для решения задачи эффективной охраны подготовительных выработок обратились к жестким охранным конструкциям.

Для обеспечения условий возможности повторного использования выемочных штреков с учетом того, что вмещающие породы на шахтах Западного Донбасса относятся к III и IV категории по устойчивости, охрannое сооружение должно отвечать следующим требованиям:

- Охрannое сооружение должно быть жестким (неподатливым) для остановки процесса опускания пород кровли на уровне, соответствующем моменту его возведения;
- Охрannое сооружение должно обладать большой несущей способностью для выдерживания без разрушения нагрузки со стороны пород кровли;
- Охрannое сооружение должно быть технологичным при возведении, иметь габаритные размеры, соответствующие шагу подвигания забоя лавы и иметь удобные для транспортировки и возведения массо-габаритные размеры;
- Охрannое сооружение должно быть недорогим.

Рассмотрим некоторые виды охранных сооружений, которые относятся к жестким (неподатливым) конструкциям.

Железобетонные плиты (блоки, шпалы) – БЖБТ. Охрannое сооружение, возведенное из таких конструкций, имеет большую несущую способность,

способно воспрепятствовать продолжению опусканий пород кровли, имеют удобные для транспортировки и возведения габаритные размеры, но при этом имеют значительную массу (50-60 кг), что делает их нетехнологичными при возведении охранного сооружения, и весьма дороги в производстве, что делает их использование нерентабельным.

Деревянные костры так же относятся к жестким охранным сооружениям, но их несущая способность незначительна из-за особенностей работы дерева на сжатие ортогонально волокнам. Это приводит к смятию деревянного костра на 50 – 70 % от остаточной мощности на момент установки. Из-за этого для достижения эффекта эквивалентного работе БЖБТ необходимо возводить до 10 и более рядов деревянных костров на 1 п.м., что делает применение охранных сооружений такого типа весьма дорогостоящим и нетехнологичным.

Кусты из рудничных деревянных стоек, органная крепь, кустокостры и пр. относятся к жестким крепям, которые довольно технологичны при возведении и транспортировке материалов на участок, имеют приемлемые массогабаритные размеры, к тому же при наличии необходимого количества материала могут изготавливаться непосредственно в шахте. Дерево вдоль волокон хорошо работает на сжатие, имея несущую способность $\approx 1 \text{ т} / 1 \text{ см}$ диаметра рудстойки. Однако нормальная нагрузка периодична и периодические мгновенные ее значения достигают сотни, а иногда и тысячи тонн. В этих условиях элементы охранных сооружений ломаются или обгрызаются породами кровли и почвы, что делает использование охранных сооружений данного типа невыгодным, т.к. не достигается остановка опусканий пород кровли на уровне момента возведения.

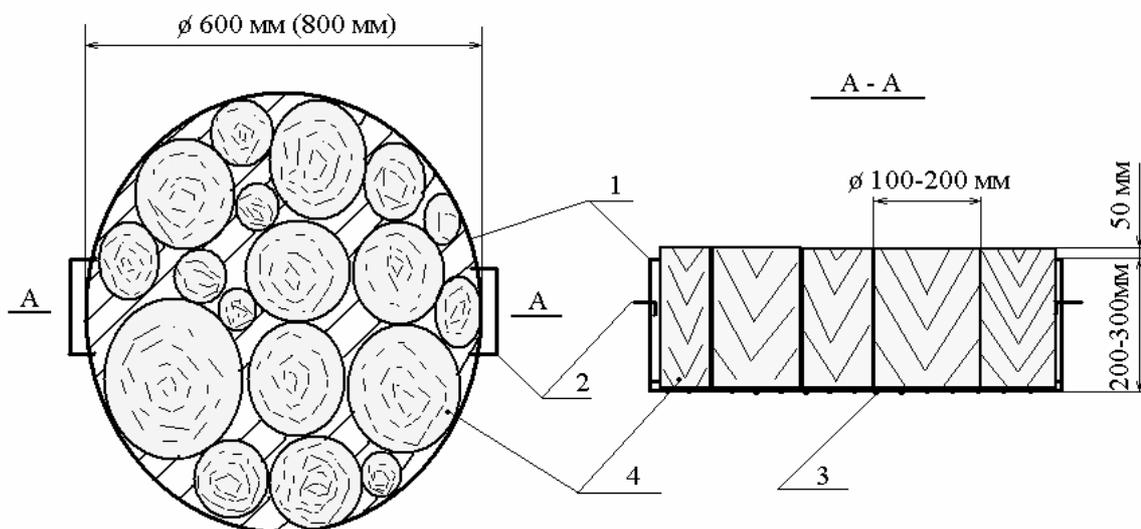
Газобетонные блоки (БГБТ) – жесткие охранные конструкции, которые схожи по своим физико-механическим свойствам с БЖБТ, но имеют перед ними одно несомненное преимущество – технологичные при транспортировке и возведении массогабаритные размеры. Блок БГБТ с размерами 0,3x0,2x0,6 м имеет массу до 24,0 кг. Однако в настоящее время эти блоки практически не выпускаются, поскольку являются невостребованными из-за своей дороговизны.

Литая (твердеющая) полоса, возводимая нагнетательными установками относится к жестким охранным сооружениям, возведение которых на сегодняшний день является самым технологичным, поскольку при возведении таких полос самый высокий уровень механизации при минимальных затратах ручного труда [4], затраты на охрану и поддержание 1 п.м. выработки при использовании литой полосы составляют 1000-1300 грн. Однако литая полоса набирает максимальную несущую способность 35-45 МПа постепенно за 5-15 суток в зависимости от состава, что в условиях весьма неустойчивых пород Западного Донбасса недопустимо, поскольку может вызвать раздавливание мешков с твердеющей смесью за счет превышения нагрузки со стороны вмещающих пород начальной несущей способности литой полосы. К тому же многие составы весьма восприимчивы к агрессивным шахтным водам. Но при решении вопроса набора несущей способности и невосприимчивости к шахт-

ным водам литая полоса может рассматриваться как оптимальный способ охраны выемочных штреков для повторного использования.

На шахтах ПО «Гуковуголь» (Россия), на некоторых шахтах ОАО «Краснодонуголь» (шахта «Самсоновская-Западная №1») и ГП «Свердловантрацит» (шахта «Красный Партизан») в качестве жесткого охранного сооружения для обеспечения повторного использования выемочных штреков и прямой схемы проветривания используется СКУ. Несущая способность такого охранного сооружения намного превышает 100 тс.

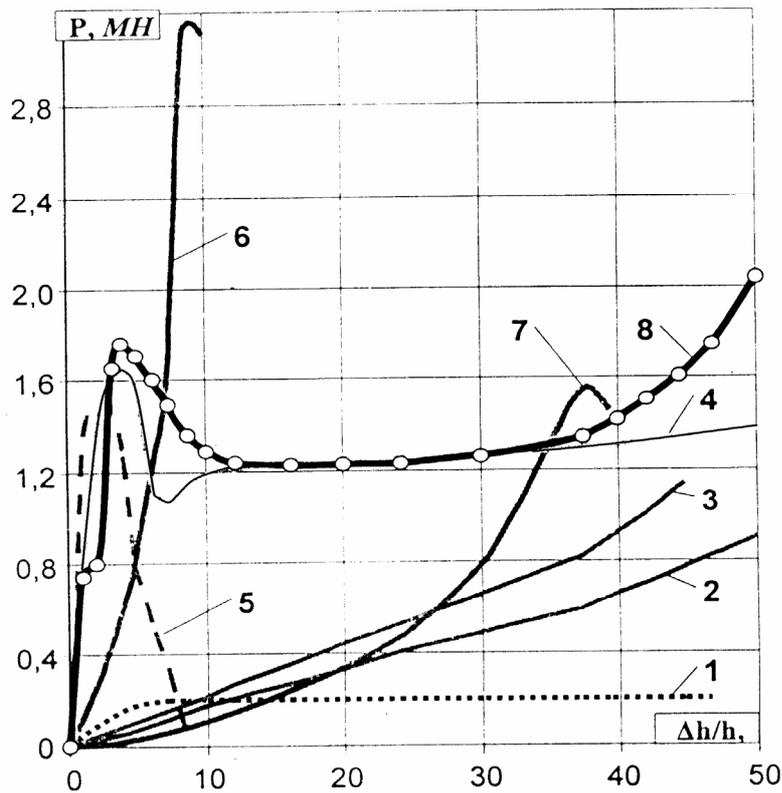
Элементы данного охранного сооружения состоят из металлического каркаса цилиндрической формы, выполненного из листового металла толщиной 1-3 мм, оснащенного ручками-проушинами с обеих сторон для удобства транспортирования и установки. Диаметр каркаса составляет 600 мм или 800 мм в зависимости от ширины захвата исполнительного органа добычного комбайна, высота – 200-300 мм в зависимости от вынимаемой мощности пласта. Внутри каркас максимально плотно заполняется нарезанными деревянными рудничными стойками диаметром 10-20 см. Длина стоек на 50 мм больше, чем высота металлического каркаса. Это делается для обеспечения податливости конструкции за счет смятия дерева при превышении нагрузки со стороны вмещающих пород несущей способности крепи. Для избегания проваливания стоек на донную часть металлического каркаса наваривается металлическая сетка. Общий вид элементов жестких охранных сооружений типа СКУ на рис. 1.



1 – металлический каркас; 2 – рукоятки-проушины; 3 – днище из металлической сетки; 4 – деревянные рудничные стойки

Рис. 1 – Общий вид элементов жестких охранных сооружений типа СКУ

Для выявления деформационно-нагрузочных характеристик различных видов специальной шахтной крепи, которая используется для охраны подготовительных выработок, специалистами УкрНИМИ НАН Украины были проведены исследования, результаты которых представлены на рис. 2 [5].



1 – деревянный костер из круглых стоек диаметром 10 – 12 см; 2 – накатной костер из стоек диаметром 8 – 11 см; 3 – костер из шпального бруса; 4 – СКУ; 5 – куст из девяти стоек диаметром 12 – 14 см; 6 – БЖБТ с прокладками из ДСП; 7 – БЖБТ с прокладками из шпального бруса; 8 – газобетонная тумба с линейными размерами 1,0x1,0x1,0 м
 Рис. 2 – Деформационно-нагрузочные характеристики различных видов специальной шахтной крепи, используемой для охраны подготовительных выработок

На основании этих исследований было установлено, что СКУ наравне с газобетоном, как крепежные конструкции, имеют лучшие механические характеристики по сравнению с другими разновидностями специальной шахтной крепи, традиционно применяемыми на шахтах.

Исходя из выше изложенного, были приняты рекомендации об охране 870 сборного штрека пласта c_8^H ПСП «Шахта «Западно-Донбасская» ОАО «Павлоградуголь» для обеспечения прямоточной схемы проветривания и повторного использования охранными сооружениями на базе СКУ. Основные горнотехнические характеристики выемочного столба 870 лавы пласта c_8^H следующие: система разработки – столбовая; длина выемочного столба – 1600 м; длина лавы – 230 м; суточная скорость подвигания – 3-4 м/сут; плановая нагрузка на очистной забой – 40000 т/мес.; схема проветривания – 2-В; площадь поперечного сечения 870 сборного штрека – 14,4 м²; крепление 870 сборного штрека - анкерно-рамное (4 анкера в кровле и КШПУ-М-14,4 с шагом установки 0,5-0,8 м).

Для определения величины смещений вмещающих пород приконтурной зоны 870 сборного штрека позади очистного забоя лавы на расстоянии 450 м (в зоне установившегося горного давления) были проведены теоретические

исследования для двух условий: с охраной штрека с помощью СКУ и без проведения мероприятий по его охране. Исследования проводились с использованием программного обеспечения «Технологии стратегического планирования развития горных работ», которое базируется на закономерностях механизма сдвижения слоистого, разномодульного горного массива при ведении горных работ, заключающегося в последовательном изгибе слоев пород в виде балок-полосок, не жестко заземленных по контуру выработки, с подвижками слоев относительно друг друга по контактам напластований. Результаты расчетов смещений для различных горно-геологических условий вдоль трассы штрека представлены в табл. 1.

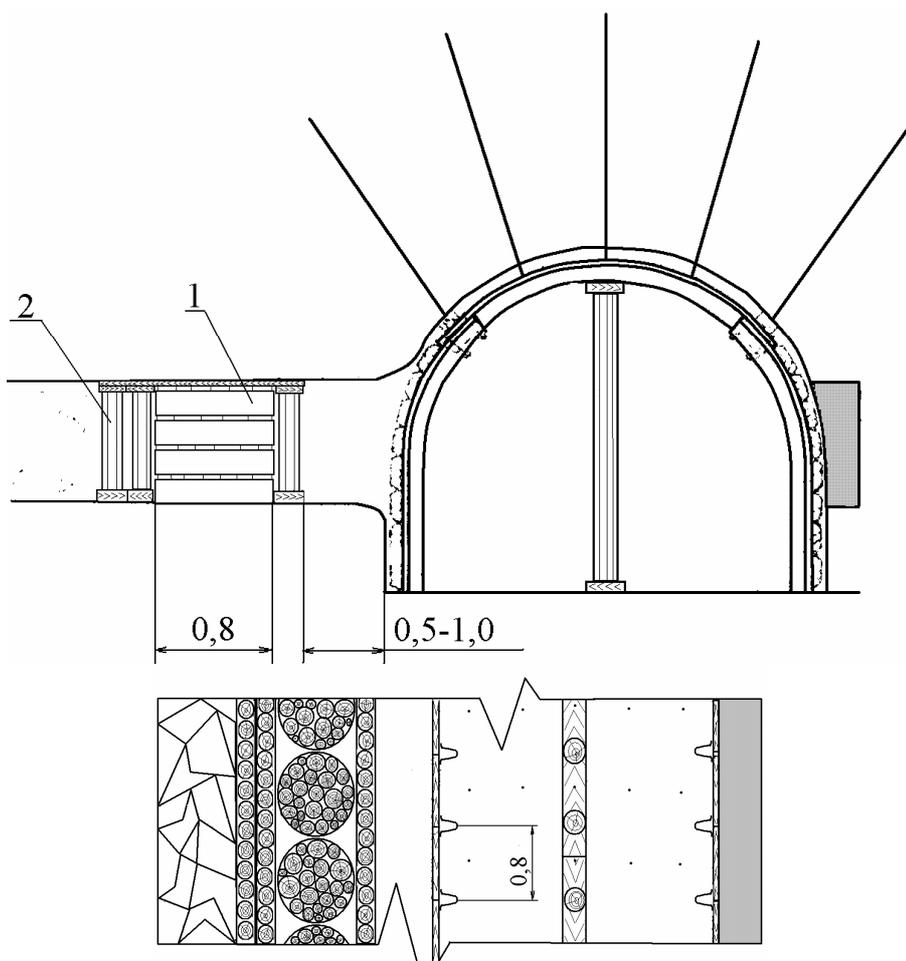
Таблица 1 – Расчет смещений вмещающих пород на контуре 870 сборного штрека при его поддержании позади очистного забоя на расстоянии 450 м

№ Скви.	Тип крепи	Без охраны			С охраной		
		Смещения, мм			Смещения, мм		
		Кровли	Почва	Бока (одна сторона)	Кровля	Почва	Бока (одна сторона)
15119	Анкернорамная	780	1420	1250	450	710	690
1383 П	Анкернорамная	840	1470	1220	480	680	600
1369 П	Анкернорамная	820	1530	1200	440	650	530
6311	Анкернорамная	870	1410	1150	410	690	670

Как видно из результатов расчетов, приведенных в табл. 1, при охране 870 сборного штрека специальной шахтной крепью типа СКУ ожидается уменьшение суммарной конвергенции пород кровли и почвы в 2,0 – 2,5 раза по сравнению с неохраняемой выработкой. Сближение боков выработки уменьшается в 1,5 – 2,0 раза. Таким образом, остаточная высота выработки позади забоя лавы в зоне установившегося горного давления для неохраняемой выработки составит от 1400 мм до 1800 мм в зависимости от изменения горно-геологических условий вдоль выемочного столба. Соответствующие показатели для охраняемой выработки составят от 3100 мм до 3300 мм. Исключение составляют участки выработки, где она пересекает мелко амплитудные геологические нарушения. Здесь возможно увеличение конвергенции в 1,2-1,6 раза.

После определения ожидаемых смещений пород в приконтурной зоне штрека была разработана и принята к использованию принципиальная технологическая схема охраны 870 сборного штрека позади забоя лавы для повторного использования. Данная технологическая схема представлена на рис. 3.

На конец сентября 2008 года отработано более 1000 м выемочного столба 870 лавы. Все это время нами велись инструментальные наблюдения за состоянием выработки. В частности, производились замеры высоты и ширины 870 сборного штрека. Результаты натуральных замеров высоты и ширины выработки позади забоя лавы, выполненных в сентябре 2008 года представлены в табл. 2.



1 – сборная крепь усиления (СКУ); 2 – деревянная органная крепь

Рис. 3 – Принципиальная технологическая схема охраны 870 сборного штрека позади забоя лавы для повторного использования

Таблица 2 – Результаты измерений высоты и ширины 870 сборного штрека позади забоя

Место проведения замеров	Параметры выработки	
	Высота, мм	Ширина, мм
ПК 76+5 м	2224	2900
ПК 90	2600	3000
ПК 98+8 м	1778	3500
ПК 116	2960	3300
ПК 130	2667	3400
ПК 156	2564	3005

Для идентификации расчетных и фактических значений остаточной высоты и ширины выработки позади забоя лавы выполнено сопоставление соответствующих расчетных и замерных параметров. На рис. 4 и 5 представлены результаты сопоставления расчетных и фактических значений остаточной высоты 870 сборного штрека, закрепленного анкерно-рамной крепью (пять анкеров длиной 2,4 м в ряду, КШПУ-М площадью поперечного сечения в свету 14,4 м², шаг установки крепи 0,5-0,8 м), позади очистного забоя лавы при его охране специальной шахтной крепью типа СКУ для повторного использования.

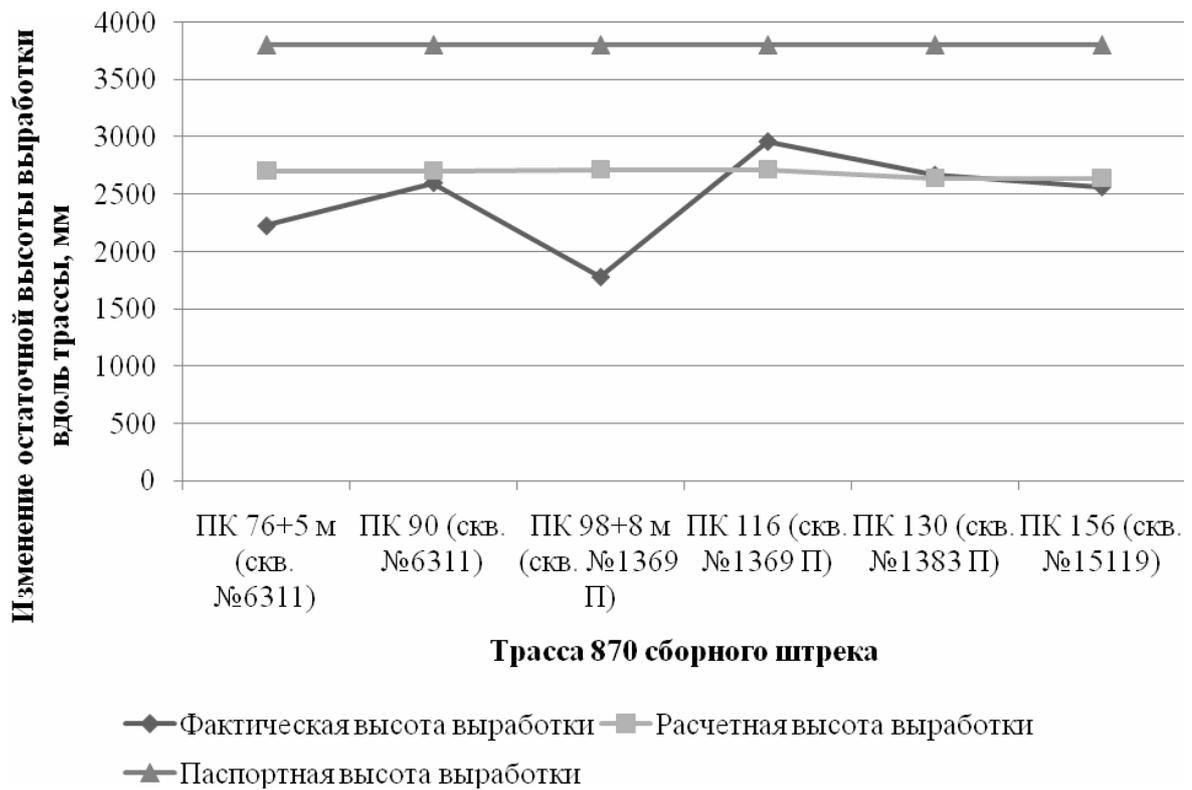


Рис. 4 – Сопоставление расчетной и фактической остаточной высоты 870 сборного штрека

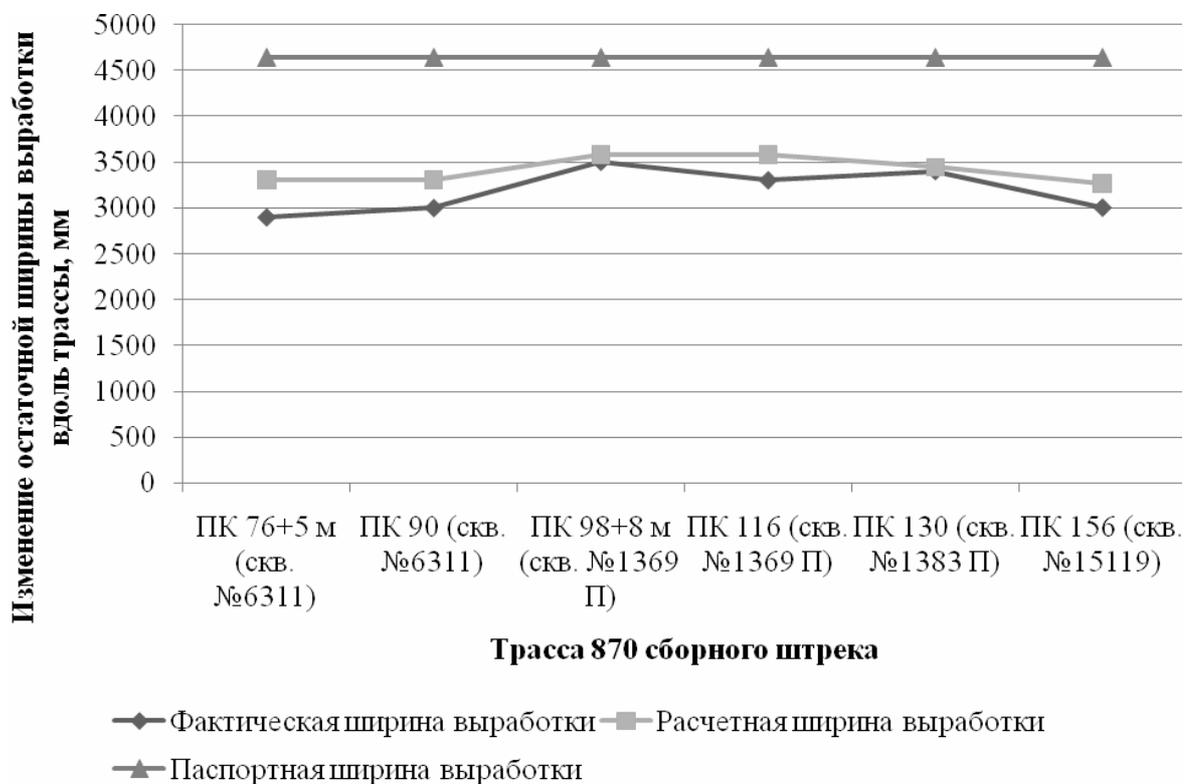


Рис. 5 – Сопоставление расчетной и фактической остаточной ширины 870 сборного штрека

Результаты сопоставления расчетных и фактических значений высоты и ширины 870 сборного штрека позволяют констатировать, что среднее арифметическое отклонение расчетных значений остаточной высоты выработки от соответствующих фактических значений составляет 11,5 %, а среднее арифметическое отклонение расчетных значений остаточной ширины выработки от соответствующих фактических значений составляет 7,0 %.

Согласно результатам натурных инструментальных замеров, 870 сборный штрек позади очистного забоя лавы в зоне установившегося горного давления теряет не более 30 – 35 % от своего проектного сечения, и после незначительных ремонтно-восстановительных работ, связанных с проведением зачистки и подрывки пород почвы и заменой отдельных деформированных рам крепи, может быть повторно использован в качестве бортового штрека при отработке соседнего выемочного столба. Общий вид 870 сборного штрека позади забоя лавы в зоне установившегося горного давления представлен на рис. 6.



Рис. 6 – Общий вид 870 сборного штрека позади забоя лавы в зоне установившегося горного давления

Комплекс проведенных теоретических и экспериментальных исследований позволяет сделать следующие выводы. На глубоких шахтах Западного Донбасса («Западно-Донбасская», «им. Героев Космоса», «им. Н.И. Сташкова») можно добиться повторного использования выемочных штреков путем

комплексного подхода к данной проблеме.

- Имеющаяся методика прогнозного расчета смещений пород по контуру выработки в зависимости от горно-геологических и горнотехнических факторов и условий ведения горных работ показала хорошую сходимость с соответствующими фактическими значениями и должна использоваться при прогнозных расчетах для определения технических условий для повторного использования подготовительных выработок.

- Крепление выработки, охраняемой для повторного использования, должно быть анкерно-рамным. Сечение охраняемой выработки в свету должно быть не менее 14,4 м².

- Охрана выемочных штреков позади забоя лавы должна осуществляться неподатливыми специальными шахтными крепями большой несущей способности, которые должны устанавливаться с наименьшим отставанием от забоя лавы для предупреждения опусканий пород кровли.

Неподатливые специальные шахтные крепи типа СКУ в комплексе с анкерно-рамной крепью, как показал опыт их применения в 870 сборном штреке, хорошо справляются с задачей удержания пород кровли. Выработка теряет не более 30 – 35 % от своего проектного сечения и пригодна для повторного использования. К тому же изготовление СКУ обходится недорого, а простота ее конструкции позволяет наладить ее производство непосредственно на шахте. Экономическая эффективность при повторном использовании подготовительных выработок при длине выемочного столба, превышающей 1500 м, составляет от 750 тыс. грн. до 1200 тыс. грн.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. НПАОП 10.0 – 1.01 – 05. Правила безпеки у вугільних шахтах. – К., 2005. – 298 с.
2. Ткачев В.А., Страданченко С.Г., Привалов А.А. Эффективные способы крепления и поддержания горных выработок на основе ресурсосберегающих технологий. – Ростов-на-Дону. – 2005. – 182 с.
3. Руководство по расположению, охране и поддержанию подготовительных выработок в Западном Донбассе. - Днепропетровск, 1985. - 36 с.
4. Временный технологический регламент по охране подготовительных выработок угольных шахт литыми полосами из твердеющих материалов / А.Ф. Булат, М.А. Ильяшов, Б.М. Усаченко, Л.В. Байсаров. – Днепропетровск: РИА «Днепр – VAL», 2004. – 33 с.
5. Разработать научные основы и нормативную базу применения специальных шахтных крепей для охраны горных выработок на шахтах Донбасса. - Отчет о НИР. – УкрНИМИ. – Донецк, 1993. – 393 с.