

**СИНТЕЗ КОМБИНИРОВАННЫХ ОХРАННЫХ СИСТЕМ
ДЛЯ ПОДДЕРЖАНИЯ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК
В СЛОЖНЫХ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ**

Визначено основні принципи синтезу комбінованих охоронних систем для підтримання виїмкових штреків повторного використання в складних гірничо-геологічних умовах

**SYNTHESIS OF THE COMBINED SECURITY SYSTEMS
FOR MAINTENANCE OF THE DEVELOPMENT WORKING
IN DIFFICULT MINE-GEOLOGICAL CONDITIONS**

The basic principles of synthesis of the combined security systems for maintenance of the development working of the recurring use in difficult mine-geological conditions are determined

Одной из актуальных проблем на угольных шахтах Украины является поддержание подготовительных выработок в эксплуатационном состоянии. Основными факторами, определяющими необходимость перехода на новые схемы крепления, являются следующие:

интенсификация проявлений горного давления, вызванная увеличением глубины разработки;

изменение закономерностей формирования зон неупругих деформаций в приконтурной зоне выемочных штреков при высоких скоростях подвигания очистного забоя;

ухудшение горно-геологических условий отработки угольных пластов, преимущественно за счет увеличения геологической нарушенности обрабатываемых участков, одновременно сопровождающееся повышением газовыделения и склонностью к выбросопасности;

увеличения поперечного сечения выработки, вызванное использованием нового, высокопроизводительно оборудования и необходимостью улучшения вентиляции выработок;

повышение требований к экологии горного производства;

значительное возрастание стоимости крепежных материалов и изделий.

Целый ряд из названных выше факторов стимулирует переход к прямоочной схеме проветривания очистного забоя. При этом возникает необходимость поддержания выемочных штреков в эксплуатационном состоянии не только до подхода лавы, но и за лавой до начала отработки смежного выемочного столба. Совокупность отрицательных факторов, имеющих объективный характер, привела к существенному возрастанию затрат на укрепление подготовительных выработок. Динамика роста соответствующих затрат в расчете на погонный метр выработки на примере шахты «Красноармейская-Западная № 1» иллюстрируется рис. 1.

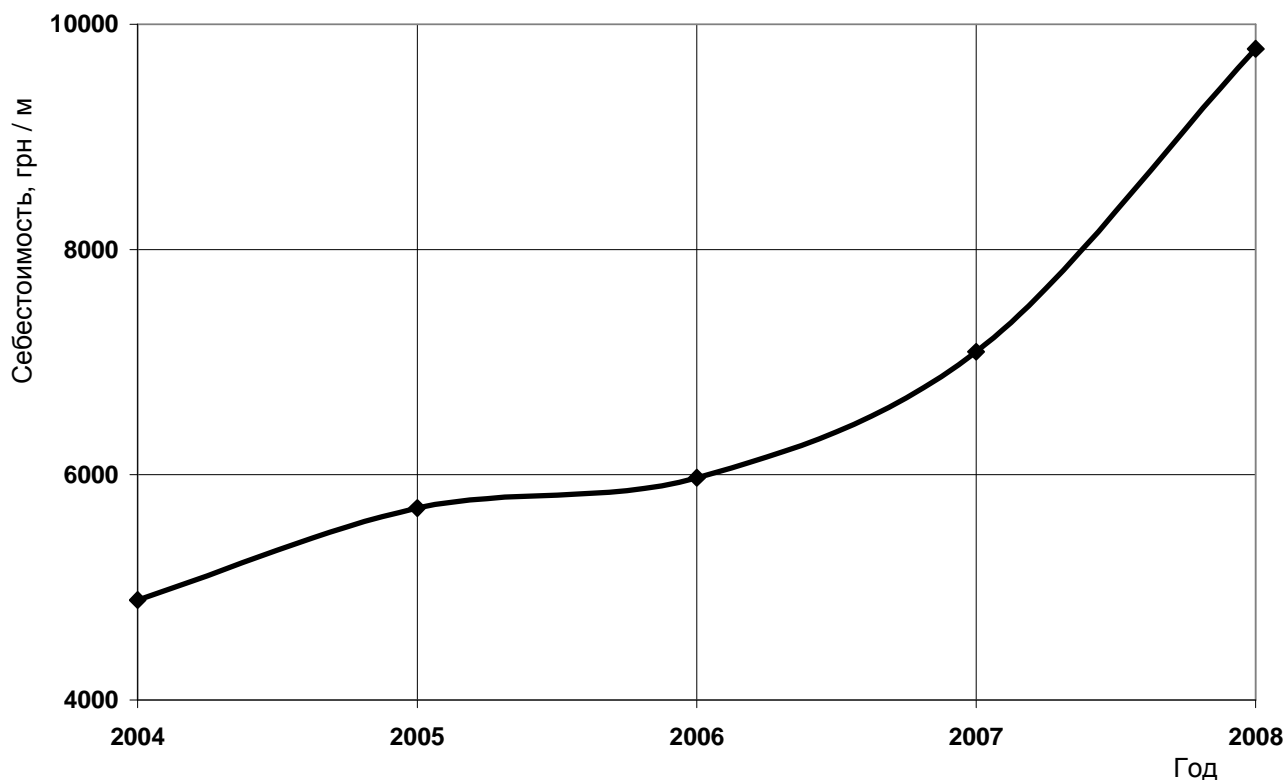


Рис. 1 – Динамика изменения себестоимости перекрепления подготовительной выработки за последние годы на примере шахты «Красноармейская-Западная № 1»

В указанных условиях сокращение затрат на поддержание выработок может быть достигнуто путем повышения эксплуатационных характеристик крепи. В первую очередь это касается ее несущей способности. В настоящее время базовой крепью является рамная, изготовленная со спецпрофиля СВП-27 или СВП-33. В соответствии с представленными в технических условиях характеристиками крепи, распределенная по контуру выработки реакция отпора не превышает значения 0,1 МПа. Указанное значение существенно ниже величины напряжений в зоне опорного давления за лавой. К тому же рамная крепь не способна адаптироваться к переходу от симметричной нагрузки до подхода лавы к асимметричной при поддержании штрека за лавой. Усиление рам анкерной крепью привело к созданию простейших комбинированных охранных систем с более высокими эксплуатационными характеристиками [1]. Они в значительной степени улучшили условия охраны выработок до подхода лавы и на сопряжении «штрек-лава», но по своим деформационно-силовым параметрам также неприемлемы для сохранения допустимого поперечного сечения штрека после удаления лавы. Практически осуществить поддержание выемочных штреков за лавой при безцеликовой отработке угольного пласта удалось лишь при возведении в выработанном пространстве искусственных конструкций, наиболее эффективной из которых оказалась литая полоса [2]. Благодаря высокой удельной несущей способности литой полосы, ее использование в составе комбинированной охранный системы в принципе позволяет сохранить выработку за лавой в состоянии, допускающем ее последующее применение в качестве венти-

ляционного штрека. В то же время практический опыт эксплуатации комбинированной охранной системы в составе рамной крепи, индивидуальных анкеров, однорядной литой полосы и деревянной крепи усиления при поддержании выемочных штреков повторного использования на шахте «Красноармейская-Западная № 1» выявил определенные недостатки. К важнейшим из них относятся:

вынужденное ограничение скорости подвигания очистного забоя, вызванное необходимостью набора материалом литой полосы проектных прочностных характеристик;

уменьшение эффективности индивидуального анкерного крепления после прохода лавы;

интенсивное пучение переувлажненных слабых пород почвы после прохода лавы.

Авторами было произведено детальное обследование участков с поддержанием выемочных штреков повторного использования по базовой технологии с целью критического анализа полученных результатов и поиска резервов для совершенствования комбинированной охранной системы.

Специфика горно-геологических условий на большинстве угольных шахт Донбасса не позволяет в настоящее время отказаться от использования рамной крепи путем полной замены на анкерную при поддержании подготовительных выработок до подхода лавы и тем более за лавой. Основной крепью для подготовительных выработок является трехзвенная типа КМП-А3. Указанная крепь рассчитана в основном на вертикальное сжимающее усилие при симметричной боковой нагрузке. Предельная несущая способность крепи и ее податливость выбирается уже до подхода лавы и дальше крепь эксплуатируется в нештатном режиме. Работая в составе комбинированной охранной системы после прохода лавы, рамная крепь воспринимает на себя сравнительно небольшую относительную часть нагрузки, но именно она, в конечном счете, способствует сохранению приемлемой для своего нового функционального назначения формы выработки.

На шахте «Красноармейская-Западная № 1» в 5-и выемочных штреках, закрепленных крепью КМП-А3, были выполнены исследования по динамике изменения нагрузки на звенья крепи по мере приближения лавы. При этом были использованы следующие методы: визуальный осмотр крепи, инструментальные измерения базовых размеров текущего сечения выработки, виброакустическая диагностика системы «крепь-массив», измерение деформаций в кровле выработки с использованием глубинных реперных станций, регистрация уровня естественного электромагнитного излучения вдоль штрека.

Комплексный анализ результатов позволил установить, что при постепенном возрастании нагрузки на крепь при подходе лавы она сохраняет практически симметричный характер. Существенная асимметрия давления на арку начинается на расстоянии примерно 5-10 м от сопряжения с лавой. Указанное иллюстрируется табл. 1.

Таблица 1 – Изменение показателя асимметрии загрузок на раму при подходе лавы

Выработка	Расстояние до лавы, м			
	15	10	5	1
4-ый южный конвейерный штрек блока 2	1,03	1,07	1,15	1,17
1-ый северный конвейерный штрек блока 4	1,00	1,08	1,19	1,14
1-ый южный конвейерный штрек блока 5	1,05	1,06	1,14	1,18
1-ый северный конвейерный штрек центральной панели блока 8	0,98	1,04	1,17	1,21
2-ой конвейерный штрек южной панели блока 8	1,06	1,09	1,18	1,15

По величине и преобладающему действию нагрузки на отдельные элементы рамы до подхода лавы было выделено 4 характерные зоны:

I – верхняк рамы пригружен умеренно, боковые стойки в значительной степени ненагружены;

II – возрастание нагрузки на все элементы крепи, но в большей степени на верхняк;

III – обжатие рамы по всему контуру с заметной деформацией боковых стоек;

IV – интенсивная асимметричная загрузка на раму с деформацией ее первоначальной формы.

Распределение указанных зон по длине штрека представлено в табл. 2. В числителе – границы зоны по результатам изменения интенсивности естественного электромагнитного излучения, в знаменателе – по результатам виброакустической диагностики.

Таблица 2 – Зональность нагрузки на рамную крепь до похода лавы.

Выработка	Границы зон (расстояние до лавы), м			
	I	II	III	IV
4-ый южный конвейерный штрек блока 2	до 70	70 - 35	35 - 5	0 - 5
	-----	-----	-----	-----
1-ый северный конвейерный штрек блока 4	до 60	60 - 30	30 - 5	0 - 5
	-----	-----	-----	-----
1-ый южный конвейерный штрек блока 5	до 60	60 - 30	30 - 10	0 - 10
	-----	-----	-----	-----
1-ый северный конвейерный штрек центральной панели блока 8	до 65	65 - 30	30 - 5	0 - 5
	-----	-----	-----	-----
2-ой конвейерный штрек южной панели блока 8	до 70	70 - 40	40 - 10	0 - 10
	-----	-----	-----	-----
	до 65	65 - 35	35 - 10	0 - 10

Обобщенные результаты исследований можно сформулировать следующим образом: неравномерность распределения напряжений на рамную крепь при подходе лавы проявляется в преобладающем возрастании давления на верхняк за 30 – 60 м до нее, интенсификации боковых сжимающих усилий симметричного характера за 30 – 5 м до лавы и переходе к асимметричной нагрузке на раму за счет увеличения давления преимущественно со стороны лавы, начиная с расстояния 5 м к ней (формулировка О.Д. Кожушка).

Величина и характер нагрузки на раму после прохода лавы в значительной степени определяется влиянием литой полосы и будет рассмотрена дальше. Однако, можно сказать следующее, что экономически приемлемые резервы использования крепи КМП-А3 путем уменьшения шага установки (до 0,5 м) и перехода на тяжелый спецпрофиль (СВП-33) исчерпаны полностью.

Анализ новых разработок показал, что для крепления выработок с предполагаемыми большими деформациями контура на сегодняшний день имеется альтернатива крепи КМП-А3. Западно-Донбасским научно-производственным центром «Геомеханика» для сложных горно-геологических условий разработана новая серия металлических податливых арочных двухрадиусных крепей. Новые крепи имеют форму овоида, максимально приближенного к эллипсу. Данная форма является самой устойчивой при воздействии на нее всестороннего давления, оказываемого породным массивом. Для крепления выемочных штреков, намеченных к повторному использованию, рекомендуются: трехэлементная крепь КМП-А3Р2 и четырехэлементная крепь КМП-А4Р2. Сравнительные характеристики применяемой и предлагаемой крепи представлено в табл. 3.

Таблица 3 – Сравнительные характеристики рамных крепей для поддержания выемочных штреков повторного использования

Тип крепи	Сечение выработки в свету, м ²	Спец-профиль	Соппротивление рамы, кН		Масса рамы, кг
			рабочее	предельное	
КМП-А3	15,5	СВП-27	310	505	333
		СВП-33	310	550	406
КМП-А3Р2		СВП-27	447	670	312
		СВП-33	593	890	386
КМП-А4Р2	15,9	СВП-27	457	640	326
		СВП-33	610	870	402

Разработанные конструкции двухрадиусных крепей позволяют практически без изменения веса комплекта увеличить несущую способность верхняка (критический элемент) примерно в 2,7 раза за счет большей кривизны и уменьшения пролета. Податливость возрастает до 700-1000 мм, а также существенно возрастает рабочее сопротивление.

Для улучшения условий поддержания сопряжений «штрек-лава» в ЗДНПЦ «Геомеханика» разработана крепь с циркульно-линейным верхняком типа КЦЛ. Указанная крепь обеспечивает качественно иной уровень поддержания вы-

емочных штреков до подхода лавы и при снятии стоек крепи для обеспечения передвижки забойного конвейера.

Применение циркульно-линейного верхняка облегчает операции по поддержанию выемочных штреков, примыкающих к концевым участкам лав, создает удобства для усиления крепи с применением индивидуальных или анкерных крепей, обеспечивает требуемое геомеханическое равновесие усиленной системы «крепь-массив» при временном демонтаже стоек крепи и проходе очистного забоя.

Циркульно-линейная форма верхняка обеспечивает повышение его сцепления с породами кровли и отпор крепи, своевременное вовлечение ее в работу, чем улучшаются условия нагружения крепи со стороны кровли и боков выработки. За счет формы верхняка улучшены характеристики статической несущей способности и повышена восприимчивость крепи к возможным динамическим нагрузкам со стороны кровли. Применение крепи с циркульно-линейным верхняком обеспечивает сохранение контура и уменьшение потери сечения выработок, что расширяет возможности их вторичного использования.

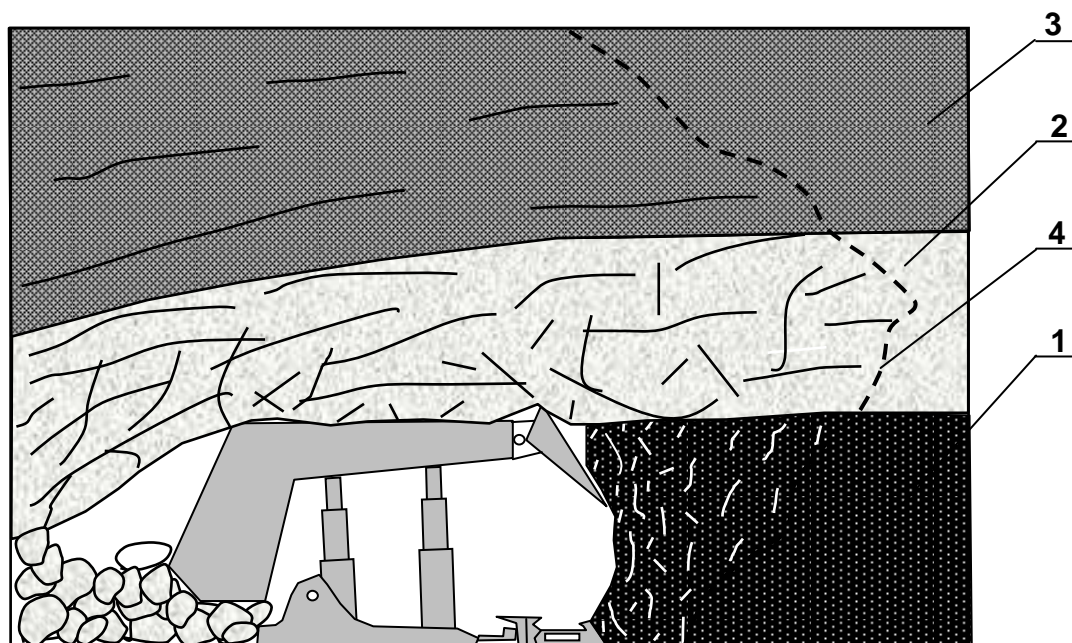
Крепь КЦЛ имеет две модификации: КЦЛ(О) – овоидного типа и КЦЛ(Ш) – шатрового типа. Крепь КЦЛ(О) имеет 9 типоразмеров в трехэлементном исполнении и 5 типоразмеров – в четырехэлементном. Для выработок сечением 17,2 м² разработана отдельная модификация КЦЛ-17,2 с удлиненным верхняком. Важнейшие технические характеристики крепи КЦЛ с типоразмерами, приемлемыми для поддержания выемочных штреков повторного использования, приведены в табл. 4.

Таблица 4 – Основные характеристики типоразмеров линейно-циркульной крепи для поддержания выемочных штреков повторного использования

Тип крепи	Сечение выработки в свету, м ²	Спец-профиль	Сопrotивление рамы, кН		Масса рамы, кг
			рабочее	предельное	
КЦЛ(О) 3-х элем.	15,6	СВП-27	240	617	312
		СВП-33	288	740	386
КЦЛ(О) 4-х элем.	16,0	СВП-27	240	544	325
		СВП-33	288	653	402
КЦЛ(Ш) 3-х элем.	15,1	СВП-27	268	490	298
		СВП-33	268	586	369
КЦЛ-17,2 4-х элем.	17,2	СВП-27	230	300	355
		СВП-33	270	400	434

Горно-геологические условия шахты «Красноармейская-Заадная № 1» по многим характеристикам являются типичными для Донбасса в целом. Высокое горное давление сочетается с интенсивной тектонической нарушенностью и наличием сравнительно слабых пород в непосредственной кровле и почве пласта. Анализ работы анкеров в указанных условиях, применяемых для опережающего усиления рамной крепи при подвигании очистного забоя, показал, что их эффективность существенно снижается в окрестности сопряжения «штрек –

лава» и дальше после прохода лавы. Имеются различные точки зрения о процессах, происходящих в кровле пласта впереди фронта очистных работ. Авторы придерживаются концепции перехода непосредственной кровли в крупноблочное состояние по схеме, представленной на рис. 2.

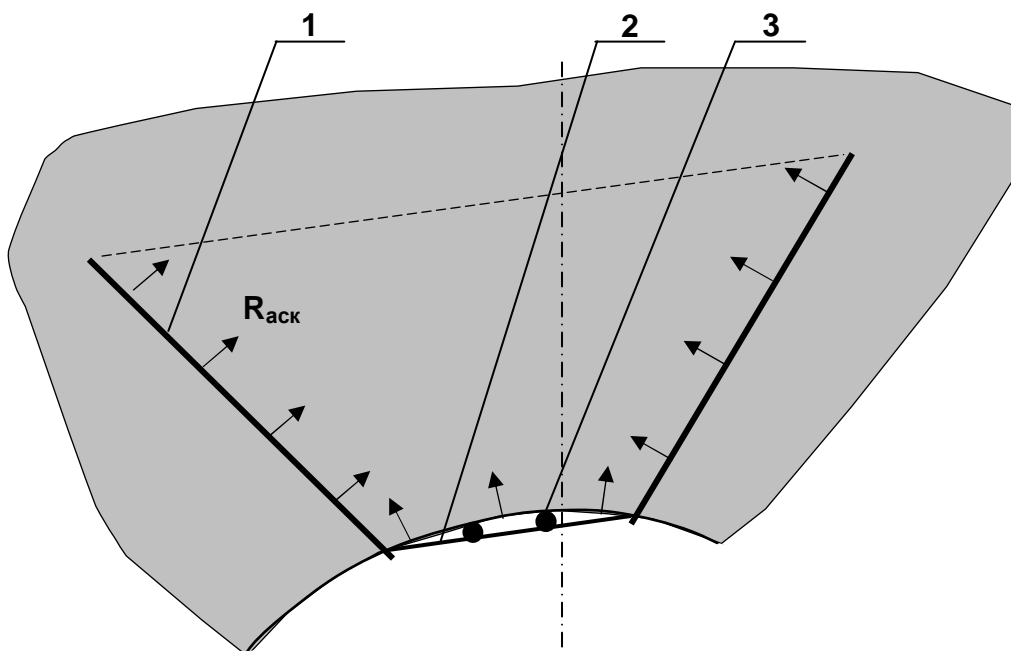


1 – угольный пласт, 2 – непосредственная кровля, 3 – основная кровля,
4 – граница разрушения пород

Рис. 2 – Движение границы разрушенных пород впереди очистного забоя

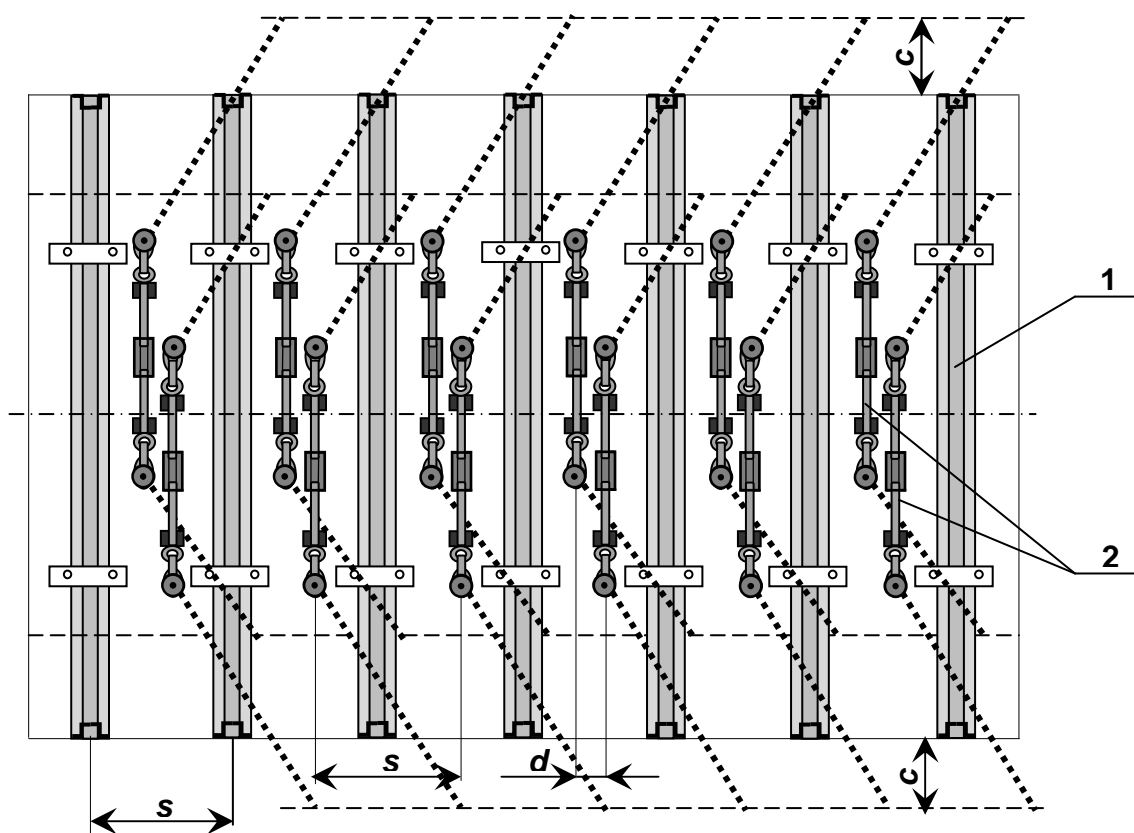
Зона разрушенных пород в кровле выработки впереди фронта очистного забоя распространяется и на выемочный штрек. Установленные в кровлю штрека анкера удовлетворительно работают при наличии в ней отдельных слоев, имеющих между собой ослабленную связь, «сшивая» их в монолитную плиту. Переход кровли к крупноблочной структуре приводит к значительному различию нагрузок на отдельные анкера и, как следствие, к неэффективной работе всей системы. При крупноблочной структуре кровли необходим другой механизм создания в своде выработки породной несущей конструкции – защемление отдельных частей не только продольными (нормальными к слоистости), но и поперечными усилиями. Такая схема реализуется путем применения анкерной стяжной крепи (АСК), геомеханическое обоснование которой дано в работе [3], а общая схема представлена на рис. 3.

Расположение анкеров в звене АСК асимметрично по отношению к вертикальной оси выработки. Смежное звено является его зеркальным отражением относительно оси. Оба звена образуют комплект, устанавливаемый в кровле выработки между соседними рамами, располагаемыми с шагом s (рис. 4). Такая схема крепления позволяет обеспечить разноглубинность анкерования и получение поперечных размеров геомеханического клина в кровле больше на величину s , чем ширина выработки при небольшой длине анкеров.



1 – анкер, 2 – стяжка, 3 - подкладка

Рис. 3 – Схематическая конструкция и механизм действия звена анкерной стяжной крепи.



1 – рама, 2 – комплект АСК

Рис. 4 – Комбинированная охранная конструкция в составе рамной и анкерной стяжной крепи

На шахте «Красноармейская-Западная № 1» в 1-ом северном конвейерном штреке блока № 3 была выполнена сравнительная проверка эффективности базовой рамно-анкерной схемы крепления и новой – соответствующей рис. 4. На обоих участках, контрольном и экспериментальном, был выполнен одинаковый комплекс исследований, включающий определение линейных размеров выработки, виброакустическую диагностику, а также измерение расслоений в кровле с использованием глубинных реперных станций.

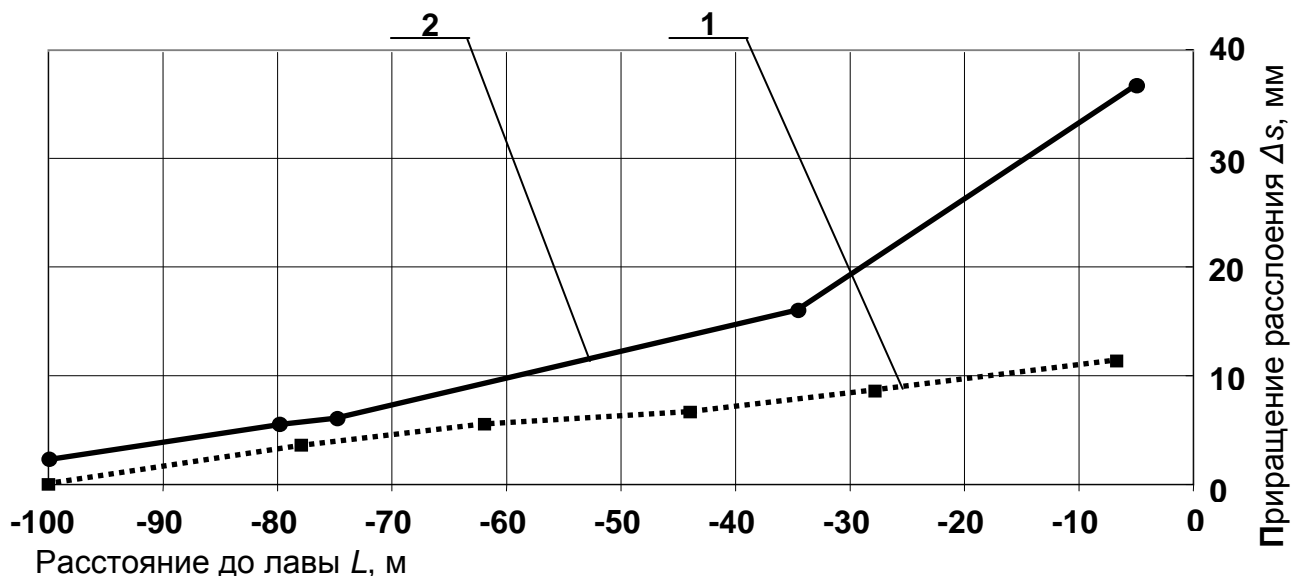
Результаты комплексных исследований показали следующее:

на расстоянии свыше 100 м от лавы рамная крепь на обоих участках нагружена умеренно;

приращение нагрузок на анкерную стяжную крепь при подходе лавы происходит более быстрыми темпами, чем пригрузка верхняка рамной крепи;

в кровле выработок перед сопряжением «штрек-лава» происходит защемление породных блоков с передачей основного давления на стяжки, являющиеся по причине отсутствия податливости наиболее нагруженным элементом конструкции.

Наиболее показательное преимущество анкерной стяжной крепи по предотвращению расслоения пород кровли иллюстрируется результатами, полученными при обработке данных наблюдений за глубинными реперными станциями, заложенными на обоих участках в своде выработки, по мере перемещения фронта очистных работ. Репера устанавливались с шагом 0,9 м по вертикали. Для сравнительной оценки на каждый момент измерений определялось приращение суммарного расслоения трещин в кровле на базе 4,5 м от контура кровли в глубину массива. Динамика развития расслоений в кровле на участках с различными видами крепи представлена на рис. 5.



1 – экспериментальный участок, 2 – контрольный участок

Рис. 5 – Изменение суммарного расслоения пород кровли на глубине до 4,5 м на различных участках при подходе лавы

На обоих участках наблюдения закончились за несколько метров до подхода лавы, в связи с разрушением станций при горизонтальных перемещениях образовавшихся в кровле породных блоков. Тем не менее, установлено значительное (примерно в три раза) уменьшение величины расслоения в кровле при использовании анкерной стяжной крепи взамен системы индивидуальных анкеров. Еще более эффективная совместная работа рамной и анкерной крепи ожидается в выработках с плоской кровлей, где улучшаются условия для обеспечения равномерной передачи давления пород на стяжки.

Для поддержания выемочной выработки после прохода лавы ключевым звеном комбинированной охранной системы является литая полоса, воспринимающая на себя основную нагрузку при посадке кровли в выработанное пространство. Ее использование позволило реально реализовать схему прямоточного проветривания для условий шахт Донбасса при ведении горных работ на больших глубинах и в сложных горно-геологических условиях [3]. Однако не во всех случаях использование однорядной литой полосы принесло первоначально ожидаемые результаты. Для более детального изучения работы литой полосы в различных горно-геологических условиях был выполнен комплекс натурных исследований. Результаты исследований показали, что причины, определяющие снижение эффективности работы литой полосы, можно разделить на следующие категории:

связанные с отступлениями от рекомендованной технологии возведения полосы [4];

обусловленные особенностями технологии ведения горных работ на отдельных участках;

обусловленные геологическим строением породного массива, преимущественно кровли.

Наиболее часто встречающиеся отступления от технологии и их последствия приведены в табл. 5.

Таблица 5 – Отступления от технологии возведения литой полосы и их последствия

Отступление от технологии	Влияние на состояние полосы	Влияние на состояние выработки
сужение ширины полосы	опрокидывание полосы	асимметричная деформация контура со стороны отработанного пространства
отставание возводимой полосы от забоя	снижение прочностных характеристик полосы	то же
недолив полосы по высоте	быстрое разрушение деревянного буферного слоя над полосой	изгибная деформация арок на соединении верхняка со стойкой со стороны отработанного пространства
частичная замена твердого состава насыпным материалом	снижение способности к обламыванию породной консоли на границе полосы	то же

К проблемам технологического характера необходимо отнести несоответствие скорости подвигания очистного забоя и сроков твердения материала литой полосы. Указанная проблема иллюстрируется рис. 6.

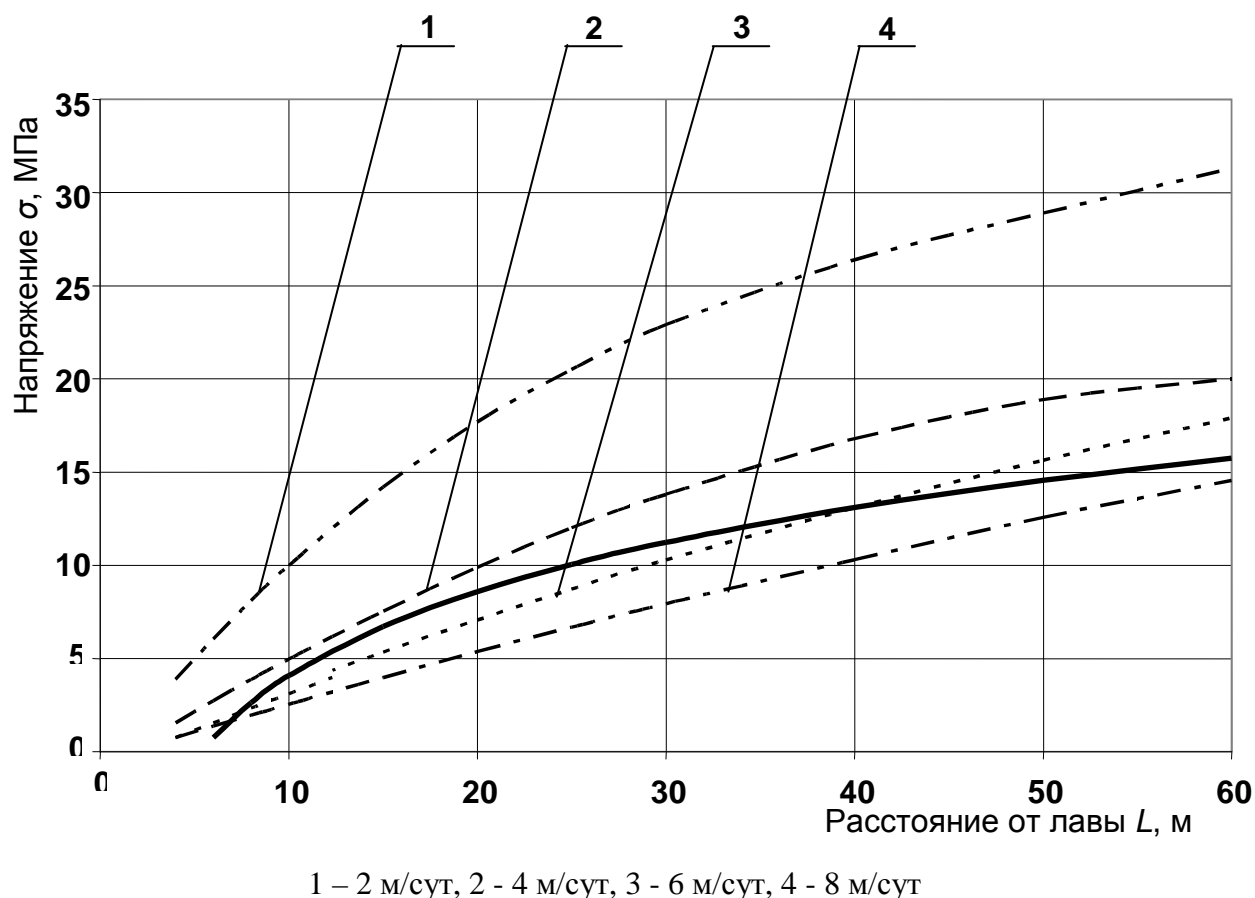


Рис. 6 – Изменение предела прочности на одноосное сжатие материала литой полосы при различной скорости перемещения забоя по отношению к возрастанию сжимающих напряжений в материале полосы (жирная сплошная линия) по мере удаления от лавы

Рис. 6 получен на основе экспериментальных данных для полосы с конкретными параметрами и носит иллюстративный характер. Он свидетельствует, что существует предельно допустимая скорость подвигания забоя, при которой процесс твердения материала литой полосы не прерывается его преждевременным разрушением.

В совокупности геологических факторов, влияющих на эффективность работы литой полосы, наибольшее значение имеют свойства пород почвы пласта и основной кровли. В условиях шахты «Красноармейская-Западная № 1» породы почвы сложены преимущественно алевролитами, характерной особенностью которых является значительное снижение прочностных свойств при водонасыщении, сопутствующем технологическому процессу возведения литой полосы. В данной геомеханической ситуации уже на незначительном расстоянии за лавой (порядка 30 м), твердеющая полоса начинает работать по отношению к породам почвы как жесткий штамп, стимулируя процесс пучения пород почвы в выработку.

Для изучения влияния на устойчивость выработок, охраняемых однорядной литой полосой, характеристик основной кровли был выполнен комплекс исследований. Путем маркшейдерских измерений определялась динамика изменений формы выработки и потеря сечения при удалении лавы. Виброакустическая диагностика дала возможность оценить в качественном плане характер распределения нагрузки на элементы рамной крепи. Исследования были выполнены в пяти выработках, отличающихся склонностью основной кровли к обрушаемости. Их обобщенные результаты иллюстрируются табл. 6.

Таблица 6 – Эффективность работы однорядной литой полосы в зависимости от категории основной кровли

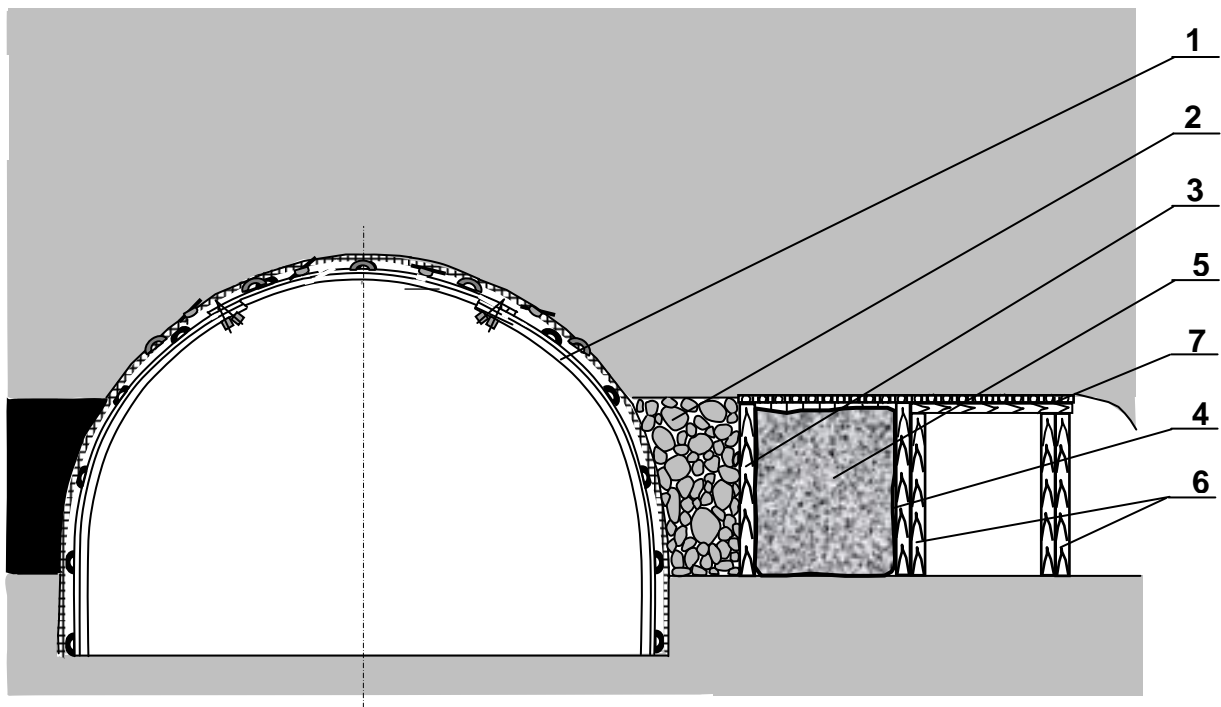
Выработка	Категория основной кровли	Отношение S/S_0 через 30 м за лавой	Состояние рамной крепи
4-ый южный конвейерный штрек блока 2	среднеобрушаемая	0,74	асимметричная деформация рам в сторону полосы
1-ый северный конвейерный штрек блока 4	среднеобрушаемая	0,55	деформации верхняка, изгиб и кручение стоек со стороны полосы
1-ый южный конвейерный штрек блока 5	труднообрушаемая	0,45	асимметричная деформация рам с изгибом в районе замка со стороны целика
1-ый северный конвейерный штрек центральной панели блока 8	легкообрушаемая	0,83	рама симметрична, деформирован верхняк
2-ой конвейерный штрек южной панели блока 8	труднообрушаемая	0,43	значительный наклон рамы в сторону полосы, разрыв замков, разрушение затяжки

Данные, представленные в табл. 3, свидетельствуют о том, что эффективность работы литой полосы снижается по мере ухудшения обрушаемости основной кровли. Отсюда вытекает необходимость разработки литой полосы со свойствами, адекватными новой, более сложной, геомеханической ситуации.

Теоретические исследования показали, что характеристики литой полосы можно существенно улучшить, сделав ее более податливой, но сохранив при этом высокую несущую способность. Одним из путей решения данной задачи является создание полос со сложной структурой, имеющих внутренние разгрузочные элементы. Путем математического и физического моделирования установлена перспективность использования двух вариантов полосы.

В первом варианте однорядная литая полоса сохраняется в виде базовой единицы. Она дополняется двумя рядами сдвоенной органной крепи, расположенными со стороны выработанного пространства, над которыми расположена затяжка из деревянного бруса. Ширину собственно литой полосы рекомендуется выбирать равной 0,8 от мощности пласта, а ширину воздушного промежутка между органами рядами в пределах от 0,8 до 1,0 м.

Конструкция полосы представлена на рис. 7.



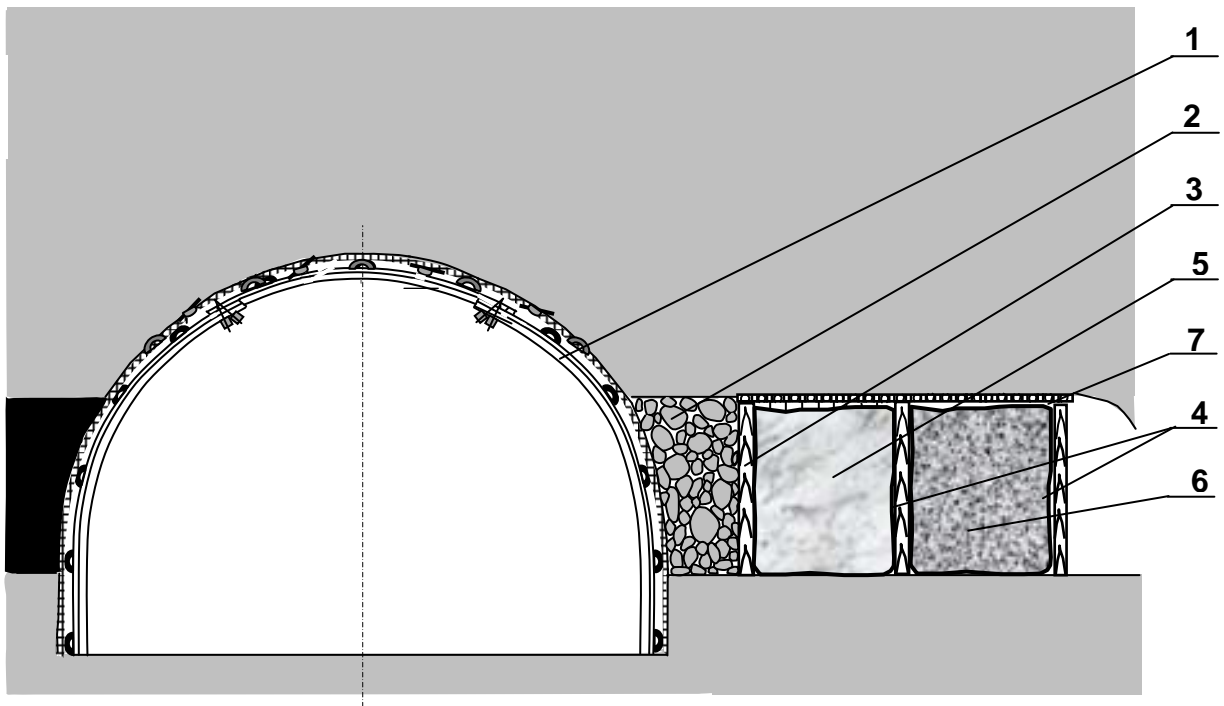
1 – рамная креп, 2 – забутовка, 3 – каркас из деревянных стоек для заливки полосы,
4 - заливочный мешок, 5 –твердеющая смесь, 6 - сдвоенный органый ряд,
7 – деревянная затяжка кровли

Рис. 7 – Конструкция однорядной полосы, усиленной сдвоенным органым рядом

Описанная выше конструкция литой полосы наиболее эффективна для охраны выработок с основной кровлей средней обрушаемости. Асимметрия нагрузок на рамную креп несколько снижается. Зона повышенных напряжений со стороны выработанного пространства значительно удаляется от контура выработки. Это в совокупности обеспечивает более эффективную работу литой полосы в составе комбинированной охранной системы.

Второй вариант литой полосы предусматривает ее применение для поддержания штреков повторного использования при тяжелообрушаемой основной кровле. Соответствующая конструкция иллюстрируется рис. 8.

В представленной на рис. 8 конструкции в качестве внутреннего разгрузочного элемента выступает податливая часть литой полосы, для возведения которой используют материал с деформационно-силовыми характеристиками, близкими к соответствующим характеристикам увлажненных пород почвы пласта. При этом снижаются напряжения на контакте этой части полосы с кровлей и почвой пласта, что способствует уменьшению интенсивности пучения. В то же время передача давления на почву податливой частью полосы блокирует процесс пучения, вызываемый наличием жесткой части полосы. Для ее возведения используют высокопрочный жесткий (после отвердения) материал. Жесткая часть полосы выполняет в конструкции силовую функцию.



- 1 – рамная крепь, 2 – забутовка, 3 – каркас из деревянных стоек для заливки полосы,
 4 - заливочный мешок, 5 – податливая часть полосы, 6 – жесткая часть полосы,
 7 – деревянная затяжка кровли

Рис. 8 – Конструкция двухрядной литой полосы

Таким образом, выполнен поэтапный синтез комбинированной охранной системы, предназначенной для поддержания выемочного штрека повторного использования на всех этапах его эксплуатации. Ее отличительными особенностями от ранее использованных схем крепления выработки является использование новых охранных конструкций с повышенными эксплуатационными характеристиками, а также более широкие возможности адаптации к горно-геологическим условиям, в частности к типу основной кровли выработки. Апробация одного из вариантов комбинированной охранной системы в условиях шахты «Красноармейская-Западная № 1» показала перспективность ее использования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Булат, А.Ф. Опорно-анкерное крепление горных выработок угольных шахт [Текст] / А.Ф. Булат, В.В. Виноградов. – Днепропетровск: Вільпо, 2002. – 372 с.
2. Байсаров, Л.В. Геомеханика и технология поддержания повторно используемых выработок [Текст] / Л.В. Байсаров, М.А. Ильяшов, А.И. Демченко. – Днепропетровск: ЧП «Лири ЛТД», 2005. – 240 с.
3. Кожушок, О.Д. К вопросу о геомеханическом обосновании применения анкерной стяжной крепи в выемочных штреках [Текст] / О.Д. Кожушок, В.Б. Усаченко // Матеріали міжнародної конференції «Форум гірників-2008». – Дніпропетровськ: НГУ. – 2008. – С. 73–78.
4. Байсаров, Л.В. Ресурсосберегающая технология крепления и производства работ по возведению жестких литых полос для поддержания конвейерных штреков / Л.В. Байсаров // Геотехническая механика: Сб. науч. тр. / ИГТМ НАНУ. – Днепропетровск. – 2003. – Вып. 47. – С. 46-52.
5. Булат, А.Ф. Временный технологический регламент по охране подготовительных выработок угольных шахт литыми полосами из твердеющих материалов [Текст] / А.Ф. Булат, М.А. Ильяшов, Б.М. Усаченко [и др.]. – Днепропетровск: РИА «Днепр-VAL», 2004. – 33 с.