

**УДК 622.26: 622.831.2**

*Докт. техн. наук, проф. Клишин Н.К.  
канд. техн. наук, ст. преп. Склепович К.З.  
ассистент Кизяров О.Л.  
аспирант Касьян С.И.  
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина)*

## **ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ КОМБИНИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ УПРОЧНЕНИЯ КРОВЛИ В ЛАВАХ**

*Наведено класифікацію нестійкої покрівлі у лавах, способи, засоби, параметри комбінованої технології зміцнення порід.*

### **Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.**

Неустойчивые горные породы упрочняют нагнетанием составов химическим анкерованием, набрызгом состава на поверхность пород, заполняют закрепное пространство в очистных и подготовительных выработках [1, 2]. На шахтах Украины основными способами являются: установка штанг в шпурах на сопряжениях лав с выработками, химическое анкерование в лавах; внедряется технология опорного крепления анкерами подготовительных выработок [3]. В условиях трещиноватых пород, сложного строения, большой и неравномерной мощности неустойчивой кровли в лавах необходимо применять не один, а сочетание способов с учетом области применения, достоинств и недостатков, стоимости работ, т.е. технологию комбинированного упрочнения, которая применяется в подготовительных выработках [3] и только в отдельных лавах [4].

**Анализ исследований и публикаций.** На основании анализа публикаций, патентов установлено, что при создании комбинированных технологий упрочнения не учтены изменения мощности неустойчивых пород вдоль выработки, состав, структура, прочность отдельных слоев, участков массива, морфология поверхности кровли.

### **Постановка задачи.**

*Цель работы – геомеханическое обоснование сочетания способов, параметров технологии с учетом свойств массива, особенностей средств упрочнения, условий выемки угля в лавах.*

*Объект исследования – технология упрочнения кровли в лавах.*

*Предмет исследования – геологические и геомеханические свойства неустойчивых кровель в лавах.*

В работе использован комплексный метод исследований, который содержит натурный, лабораторный и аналитический методы.

*Задачи:*

- разработать классификацию неустойчивых кровель в лавах;
- проанализировать применяемые способы, средства упрочнения, комбинированные технологии и обосновать сочетание способов упрочнения кровли для сложных условий отработки лав;
- сформулировать основные положения комбинированных технологий упрочнения кровли в лавах.

#### **Изложение материала и его результаты.**

Классификация неустойчивой кровли в лавах приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Классификация неустойчивой кровли в лавах

Класс	Категория	Высота вывала, м	Характеристика сложения кровли	Количество трещин, шт./м	Способ, номер сочетаний способов
I	<i>а</i>	0,4-0,6	однородная	< 5	анкерование
	<i>б</i>			> 5	1, 4
II	<i>а</i>	0,6-1,2	однородная	< 5	5
	<i>б</i>			> 5	3, 2*
	<i>в</i>		нижняя часть	< 5	5, 6*
	<i>г</i>			> 5	3
III	<i>а</i>	1,2-2,0	однородная	< 5	5
	<i>б</i>			> 5	3
	<i>в</i>		нижняя часть	< 5	5
	<i>г</i>			> 5	3
IV	<i>а</i>	2,0-4,0	однородная	< 5	10
	<i>б</i>			> 5	9
	<i>в</i>		нижняя часть	< 5	10
	<i>г</i>			> 5	8
V	<i>а</i>	больше 4,0	однородная	< 5	10
	<i>б</i>			> 5	11
	<i>в</i>		нижняя часть	< 5	10
	<i>г</i>			> 5	11

Примечание. \* - применяется в случае достаточной раздвижности стоек крепи.

Классификационные признаки: высота вывала; интенсивность трещиноватости пород; расположение по высоте вывала пород с различной интенсивностью трещиноватости обоснованы в работе [5] при анализе статистических данных о нарушенности и морфологической характеристики пород.

Интенсивность трещиноватости пород зависит от прочности, мощности слоя пород и принята для разделения области применения основных способов упрочнения. Так, рекомендуется нагнетание составов в массив при интенсивности трещиноватости более 5 шт/м, химическое анкерование – менее 5 шт/м.

Затраты на упрочнение неустойчивой кровли нагнетанием составов, химическим анкерованием, созданием скрепляющего слоя на поверхности вывала в лаве; заполнением пустот над крепью рассчитали для сравниваемых условий: высота вывала 2 м; предел прочности пород кровли на сжатие 30 МПа; количество трещин в кровле на 1 метр длины лавы – 5.

Параметры способов приняты согласно нормативным документам, цены на средства упрочнения из прейскуранта основного производителя работ по упрочнению пород на шахтах Донбасса ООО «Карбо и Крепь», нормы выработки из сборника норм, применяемого на шахтах.

Анкеры расположены в два ряда по высоте; расстояние между рядами 1 м, между анкерами вдоль лавы – 0,8 м. Длина анкера 2,0 м, диаметр 0,025 м. Для закрепления анкеров в шпуре применяются две нормальные ампулы 3,0 F28/500. Подхваты металлические длиной 1,2 м. Расстояние между шпурами для нагнетания полиуретанового состава 2,0 м, расход состава на шпур 0,05 т. Цена 1 т полиуретанового состава 25,0 тыс. грн.

Пустоты над крепью заполняют вспенивающимися карбамидными составами, которые нагнетают в полимерные емкости. Кратность вспенивания состава – 25.

Выполнен также расчет затрат на выкладку деревянных костров над крепью из стоек длиной 2,0 м и диаметром 0,2 м.

Для создания скрепляющего слоя на поверхности вывала набрызгивают вспенивающийся полиуретановый состав толщиной 0,005 м при минимальной кратности вспенивания, равной 2.

Затраты на упрочнение, мероприятия по переходу вывалов в лавах следующие: нагнетание полиуретановых составов 630,4 грн./м; химическое анкерование 162,4 грн./м; создание скрепляющего слоя 105,9 грн./м; заполнение пустоты над крепью вспенивающимися составами 54,4 грн./м, кострами 79,8 грн./м.

Составы на основе карбамидных смол в 6-10 раз дешевле; затраты на упрочнение составят 100-60 грн./м.

Рассмотрены 11 соединений из четырех способов:

1. Нагнетание, анкерование.
2. Нагнетание, набрызг.
3. Нагнетание, заполнение пустоты.
4. Анкерование, набрызг.
5. Анкерование, заполнение пустоты.
6. Набрызг, заполнение пустоты.
7. Нагнетание, анкерование, набрызг.
8. Нагнетание, анкерование, заполнение пустоты.
9. Нагнетание, набрызг, заполнение пустоты.
10. Анкерование, набрызг, заполнение пустоты.
11. Нагнетание, анкерование, набрызг, заполнение пустоты.

В последней колонке таблицы приведены номера сочетаний способов для различных классов и категорий неустойчивой кровли, определенные с учетом экономического сравнения и области применения способов.

Основой для комбинированной технологии являются: установка для нагнетания составов, новая схема установки анкеров, составы на основе карбамидных смол.

Установка (рис. 1) состоит из: баллона для состава (1), инъектора (2), герметизатора шпера (3), редуктора (4), вентиля (5), шланга (6) для подачи состава к шпуре, манометра (7), шланга для подвода сжатого воздуха (8) от емкости сжатого воздуха или от шахтной сети (компресора) при наличии таковых.

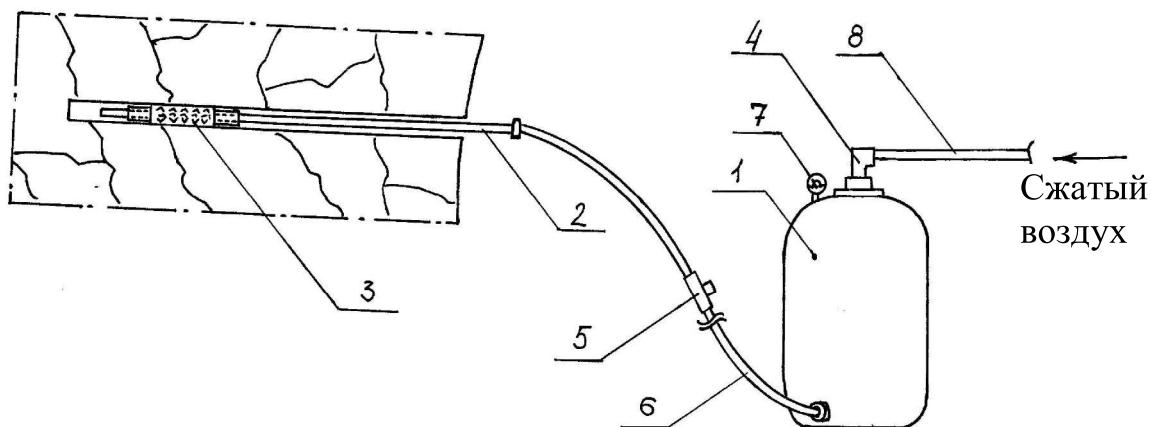


Рисунок 1 – Схема для нагнетания скрепляющего состава в массив

Емкость баллона 10 или 20 литров, достаточная для нагнетания состава через один шпур. Давление нагнетания 0,5-1,0 МПа. Раствор приготавливают в механическом смесителе емкостью 0,2 м<sup>3</sup>. Установка

для нагнетания была опробована в шахтных условиях.

Предлагается применять состав на основе карбамидной смолы и методику определения количества входящих в него составляющих: карбамидной смолы, поливинилацетатной дисперсии, щавелевой кислоты. Для сопряжений лав с выработками рекомендуется состав длительного отверждения; для оперативного упрочнения в лавах время отверждения состава до 6 часов.

Для набрызга состава на поверхность обрушенных пород со стороны выработки применяют установку для нагнетания, но вместо герметизатора к концу шланга присоединяют форсунку для распыливания. Давлением воздуха регулируется дальность факела и распыление.

Установка для набрызга на поверхность купола вывала в лаве полиуретанового состава быстрого отверждения содержит два баллона (отдельно для смолы и отвердителя) и трехсопловую форсунку для набрызга, к которой по шлангам подаются компоненты состава, по третьему шлангу – сжатый воздух. Составы смешиваются после выхода из форсунки.

Пустоты вывалов заполняют карбамидным вспененным материалом установкой с двумя баллонами, из которых составы подаются в полиэтиленовые емкости, вспениваются. Диаметр полиэтиленовой емкости равен высоте вывала.

Анкеры в лаве устанавливают по следующей схеме (рис. 2).

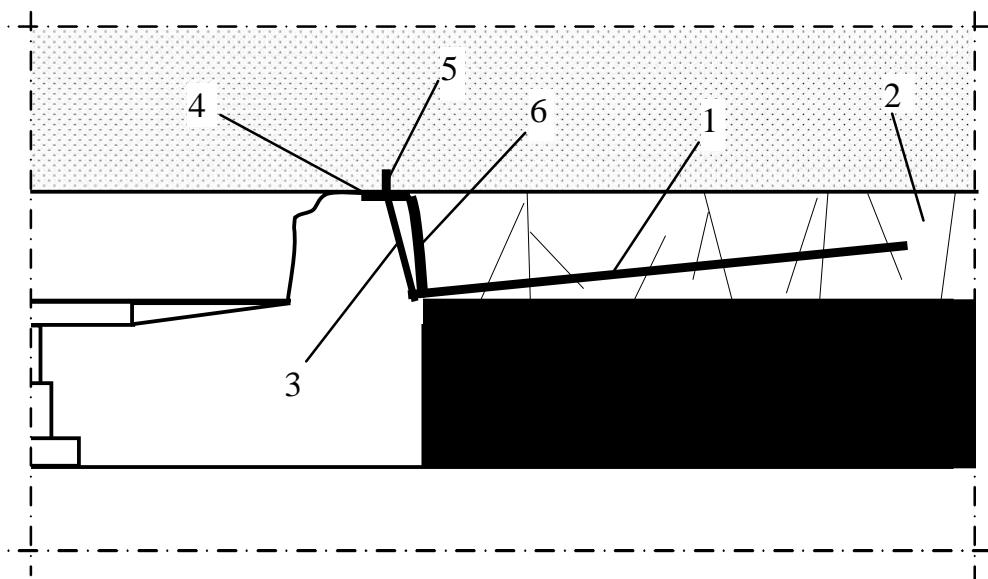


Рисунок 2 – Схема установки анкеров в лаве

Нижний анкер (1) располагают параллельно напластованию на расстоянии 0,10-0,2 м от пласта. К необрушающемуся слою кровли при-

клеивают металлическую плиту (4), размеры которой  $0,1 \times 0,1 \times 0,003$  м и соединяют ее с концом анкера (1) стяжкой (3). На рисунке 2: 2 – трещиноватый массив, 5 – выступающая часть плиты, 6 – скрепляющий слой на поверхности породы.

Плита и анкер соединяются после отверждения полиуретанового состава.

При установке анкеров из откаточной выработки устанавливают 2 анкера по высоте, соединяют их концы подхватами.

В том случае, если кровля анкеруется из повторно используемой в качестве вентиляционной выработки, устанавливают также один ряд анкеров над угольным пластом, но стяжку (3) (рис. 2) соединяют со стойкой или верхняком арочной крепи в выработке.

Для определения адгезионных свойств полиуретанового состава быстрого отверждения проведены две серии испытаний на растяжение склеенных образцов.

Образцы пород, склеенные из двух частей и металлической пластины между ними, испытывали на растяжение через сутки. При прочности пород от 2,2 до 4,1 МПа наблюдалось когезионное разрушение по породе.

Четыре образца из тех же пород склеивали без металлических пластин и испытывали через 10, 20, 30, 60 минут. Во всех случаях происходило когезионное разрушение по породе.

Предел прочности на растяжение отверженного полиуретанового состава через 4,5 минуты после склеивания – 4,8 МПа, через 6 мин – 7,5 МПа.

Таким образом, прочность отверженного полиуретанового состава на отрыв превышает прочность аргиллитов, алевролитов, к которым приклеивается плита при анкеровании пород.

Параметры технологий нагнетания: длина шпура – 2,0 м; расстояние между шпурами 3,0 м; глубина герметизации шпура 0,6 м (при нагнетании карбамидных составов).

Параметры анкерования: длина нижнего анкера 1,8 м; диаметр анкера 0,02-0,025 м; расстояние между анкерами 0,8-1,0 м; сечение стяжки между плитой и нижним анкером  $180 \text{ mm}^2$ ; размеры приклеиваемой к необрушающемуся слою плиты  $100 \times 100$  мм, ее толщина 3-5 мм.

**Выводы и направления дальнейших исследований.** Основной научный и практический результат исследований - комбинированная технология упрочнения кровли в лавах с установленными на геомеханической основе параметрами может быть использована при проектировании упрочнения кровли в наиболее сложных условиях отработки лав, для разработки методического руководства по упрочнению пород на шахтах Донбасса.

В дальнейшем необходимо исследовать возможность применения карбамидных составов для химического анкерования.

*Приведена классификация неустойчивой кровли в лавах, способы и средства, параметры комбинированной технологии упрочнения пород.*

*The classification of unstable roof in breakage faces, ways and means, parameters of combination technology of strengthening rock have been established.*

### **Библиографический список.**

1. Белов В.П., Плотников Г.И., Белов А.С. *Опыт упрочнения углевещающего массива полиуретановыми составами на шахтах Кузбасса* // Уголь. – 2003. – №6. – С. 26-28.
2. Мартин Болеста, Гюнтер Менце. *Инъекционное упрочнение на шахте «Ост» с применением высокопрочных минеральных вяжущих* // Глюкауф. – 2003. – май №1(2). – С. 59-63.
3. Булат А.Ф. *О внедрении новой технологии опорного крепления анкерами (программа «Анкер»)* // Уголь Украины. – 2000. – №9. – С. 4-7.
4. Клишин Н.К., Марченко Г.А. *Бесшпуровый способ упрочнения кровли в лаве. Монография.* – Алчевск: ДГМИ, 1999. – 96 с.
5. Клишин Н.К., Касьян С.И., Пунтус В.Ф. *Морфология неустойчивой кровли в лавах* // Сб. науч. тр. ДонГТУ. – Алчевск, 2005. – Вып. 20. – С. 132-138.