

*к.т.н., доц. Склепович К.З.,  
ассистент Касьян С.И.,  
ассистент Кизияров О.Л.  
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина),  
дир. ш-ты «Княгининская» Руденко А.Я.  
(ш. Княгининская, г. Красный Луч, Украина)*

## **НОВЫЙ СПОСОБ АНКЕРОВАНИЯ НЕУСТОЙЧИВОЙ КРОВЛИ НА СОПРЯЖЕНИИ ЛАВЫ С ПОДГОТОВИТЕЛЬНОЙ ВЫРАБОТКОЙ**

*Визначені адгезійні властивості поліуретанової речовини при склеюванні металевих пластин і порід, максимальні зусилля у анкері та стяжці; встановлено параметри технології зміцнення порід; викладено результати шахтної перевірки розробленого способу зміцнення порід.*

Кровля на концевых участках лав подвержена действию передней и боковой зонам динамического опорного давления. Первые трещины вокруг подготовительной выработки образуются при её проведении, т.е. ещё до подхода очистного забоя. Под влиянием передней зоны опорного давления появляются новые трещины, увеличиваются размеры зон трещинообразования, а в непосредственной близости от очистного забоя (2–5 м) добавляется действие боковой зоны опорного давления. Поэтому кровли, представленные аргиллитами и слабыми алевролитами на концевых участках лав, разбиты трещинами и обрушаются сразу после выемки угля в лаве.

На сопряжении подготовительной выработки с лавой и концевых участках лав производят много рабочих процессов: выемку угля и крепление ниш (при их наличии) или зарубку комбайна в пласт, передвижку приводных головок забойного конвейера, крепление, возведение охранных сооружений, передвижку крепи сопряжения, возведение крепи усиления, наращивание и укорачивание штрекового конвейера. Суммарная трудоёмкость этих работ составляет 50–60% от общих трудозатрат на очистные работы, а травматизм – до 50% [1].

Повышению устойчивости пород кровли посвящены работы, в которых решаются частные задачи по определению отдельных параметров ведения работ на сопряжениях и концевых участках лав [2, 3, 4]. Разработанные схемы и способы крепления сопряжений и концевых участков лав позволяют сократить количество вывалов, но не предотвратить пол-

ностью. Вывалы происходят при наличии участков неустойчивой (нарушенной) или ложной кровли сразу после выемки угля и предотвратить их можно только в комплексе со специальными способами физико-химического упрочнения пород [5, 6].

Наиболее распространённый и относительно доступный способ упрочнения на сопряжениях лав с выработками – химическое анкерование кровли, область применения, которого, всё же ограничивается необходимостью изыскания шахтами дополнительных затрат на его осуществление.

*Цель работы* – разработка и опробование нового способа химического анкерования кровли в лавах и на их сопряжениях с выработками и обоснование параметров технологии анкерования, для расширения области её применения, повышения эффективности, снижения трудоёмкости и стоимости упрочнения.

*Объект исследования* – технология упрочнения кровли в лавах химическим анкерованием.

*Предмет исследования* – параметры технологии упрочнения кровли в лавах химическим анкерованием.

*Задачи:*

– провести лабораторные исследования адгезионных свойств полиуретанового состава при склеивании металлических пластин и пород кровли;

– разработать математическую модель МКЭ упрочняемого массива пород и установить параметры нового способа анкерования кровли;

– провести шахтную опытно-промышленную проверку разработанного способа анкерования неустойчивой кровли на сопряжении лавы с подготовительной выработкой.

Традиционный способ упрочнения непосредственной кровли на сопряжении лавы с подготовительной выработкой – химическое анкерование заключается в следующем: бурят два ряда шпуров под наклоном к плоскости напластования, в которые доставляют ампулы с полиуретановым составом, разрушающиеся под действием подачи вращающегося анкера в шпур, состав перемешивается, выдавливается в трещины, через 1-3 минуты затвердевает и прочно скрепляет анкер с трещиноватым массивом пород [7]. Недостаток данного способа заключается в том, что верхний анкер работает на изгиб, а не на растяжение. Это может привести к значительному оседанию, потере устойчивости подерживаемых пород. Также, необходимы значительные усилия при бурении верхнего ряда шпуров в прочном устойчивом пласте пород ручными свёрлами, которые используют в лавах.

Поэтому, для повышения эффективности упрочнения, расширения области применения технологии, снижения трудоёмкости и стоимости

упрочнения, был разработан новый способ упрочнения непосредственной кровли в лаве, в котором непосредственная кровля удерживается от обрушения за счёт удержания нижнего анкера стяжкой, которая приклеивается к кровле [8].

Сущность нового способа упрочнения (рисунок 1): в неустойчивом слое непосредственной кровли (2) бурят шпур по направлению подвигания очистного забоя под углом  $5-10^\circ$  к напластованию на расстоянии 0,1-0,2 м от угольного пласта, устанавливают в него штангу (анкер), и закрепляют по всей длине шпура скрепляющим составом; выступающие концы штанги (1) соединяют стяжкой (3) с металлической плитой (4), приклеенной к кровле с помощью быстротвердеющего синтетического клея.

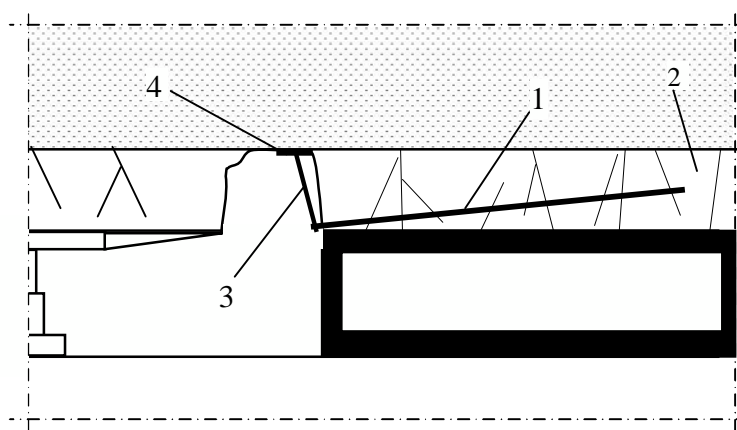


Рисунок 1 – Схема способа упрочнения непосредственной кровли

Дополнительно, для удержания плиты от падения до отверждения клея, между ее поверхностью и породами в центре плиты может быть выступ, который входит в шпур и расклинивается в нем. Также, для предотвращения разрушения поверхности вывала сразу после выемки угля, при мелкослоистых породах, на поверхность вывала над угольным забоем дополнительно набрызгом наносится быстроотверждающийся скрепляющий состав.

Для обоснования параметров предложенного способа упрочнения пород были выполнены следующие лабораторные и аналитические исследования. Для определения адгезионных свойств полиуретанового состава два образца пород и металлическую пластину между ними склеивали и после отверждения состава испытывали на разрыв портативным прибором ППЭИ. Разрывное усилие составило от 2,2 МПа до 4,1 МПа. После разрыва приклеенных образцов наблюдалось когезионное разрушение соединения – по породе. Таким образом, прочность соединения, склеенного полиуретановым составом, на отрыв превышает прочность

аргиллитов и алевролитов, к которым приклеивается металлическая пластина.

С помощью математического моделирования, методом конечных элементов, в программном комплексе «Лира» составили объемную модель массива пород, которая содержит подготовительную выработку шириной 5 м и высотой 3,4 м и две лавы по обе стороны от выработки, расстояние между которыми 505 м. За первой лавой выработка охраняется двумя рядами железобетонных тумб и в дальнейшем используется в качестве вентиляционной для второй лавы. Размеры модели: вдоль выработки 1105 м, вдоль лав 395 м, от поверхности до граничных элементов модели 926 м, до пласта 580 м. Модель состоит из 52818 универсальных пространственных изопараметрических шестиузловых и восьмиузловых конечных элементов. Неустойчивая кровля на концевом участке лавы была упрочнена по новой технологии упрочнения.

По результатам моделирования определили максимальные усилия в анкере 0,029 МН и стяжке, соединяющей анкер и пластину, приклеенную к устойчивой кровле, 0,019 МН. При расчетной прочности материала анкера 210 МПа, с учетом коэффициента запаса прочности 2, минимальный диаметр анкера – составил 20 мм, поперечное сечение стяжки должно быть не менее  $1,8 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$ , а минимальная площадь металлической пластины, с учетом адгезии 4 МПа –  $0,016 \text{ м}^2$ .

Таким образом, установлены параметры анкерования: длина анкера 1,8 м; диаметр анкера 0,02-0,025 м; расстояние между анкерами 1,0 м; площадь приклеиваемой пластины  $0,016-0,02 \text{ м}^2$  при толщине 3–5 мм; поперечное сечение стяжки  $1,8 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$ .

Технология нового способа химического анкерования опробована на шахте «Княгининская» ГП «Донбассантрацит» для упрочнения пород на сопряжении 2-го восточного уклона с 1 бис восточной лавой пласта  $k_7^a$ , отрабатываемой по восстанию (рисунок 2). Мощность пласта 0,85 м, угол падения 2 град, глубина разработки 584 м, кровля представлена алевролитом с пределом прочности пород на сжатие 57 МПа. Лава оборудована механизированной крепью КД-80, комбайном 1К-101, конвейером СП-250.

На сопряжении лавы с конвейерным уклоном наблюдался участок с геологическим нарушением, на котором кровля, разбитая трещинами вдоль выработки, обрушалась на высоту от 0,7 до 1,0 м (рисунок 3).

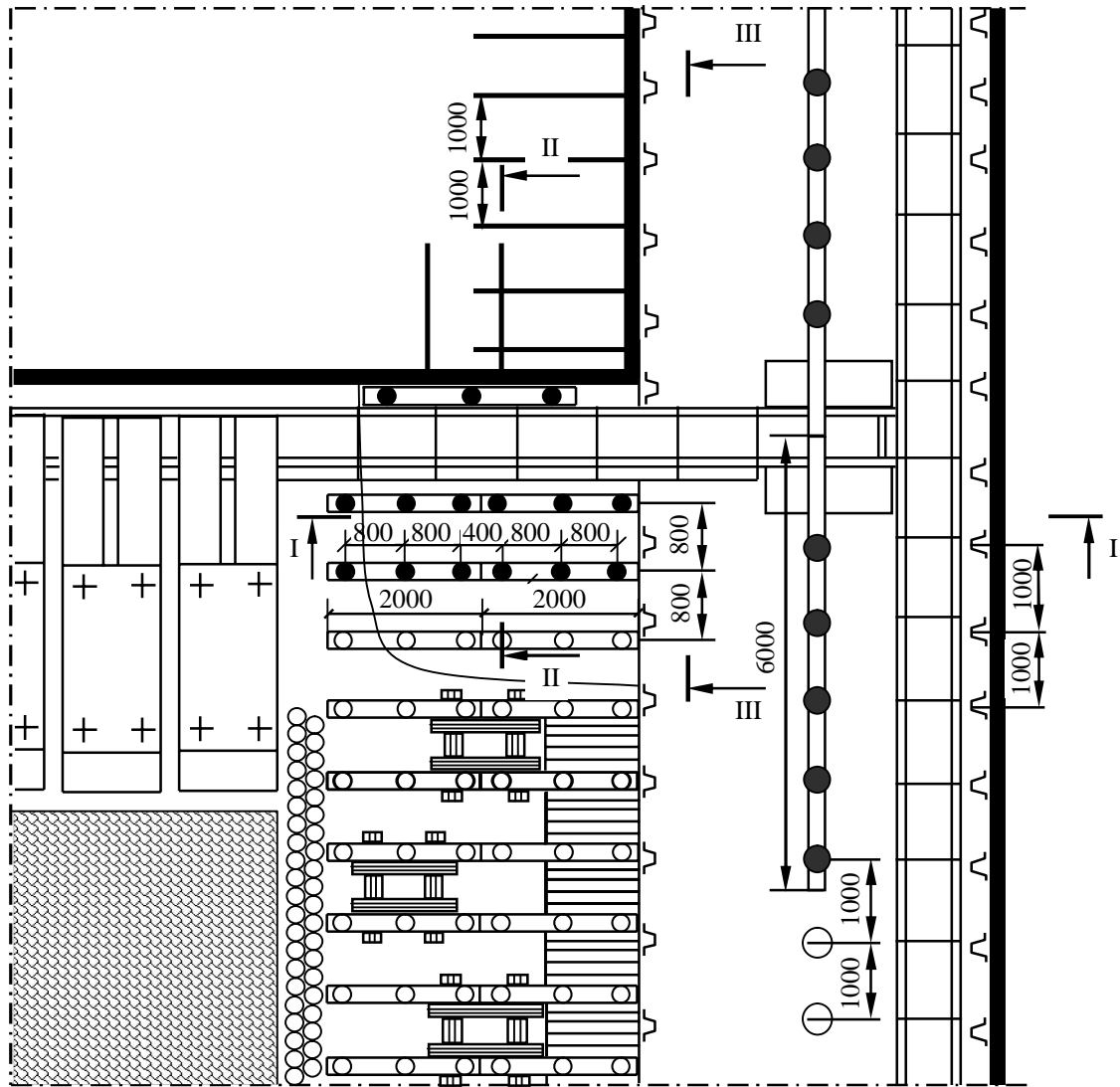


Рисунок 2 – Схема сопряжения 1 бис восточной лавы с уклоном

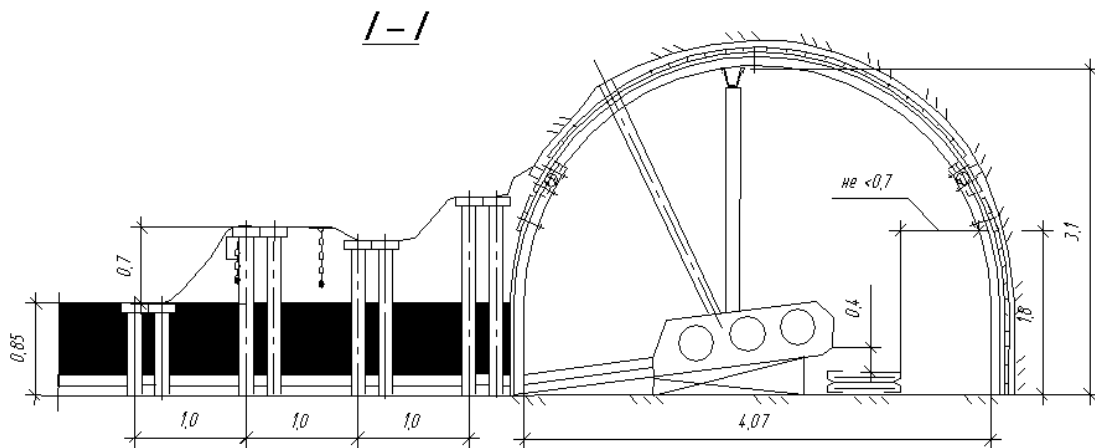


Рисунок 3 – Состояние кровли на сопряжении лавы с уклоном

Применяемая на шахте схема установки анкеров для упрочнения бровки – шахматное расположение анкеров, устанавливаемых из подготовительной выработки и соединенных цепями, недостаточно надежна, наблюдались отказы, т.е. обрушение кровли вместе с анкерами. Для предотвращения дальнейшего вывалообразования на сопряжении лавы с подготовительной выработкой в месте вывала пород производилось химическое анкерование по запатентованной технологии (рисунок 4) и из подготовительной выработки (рисунок 5).

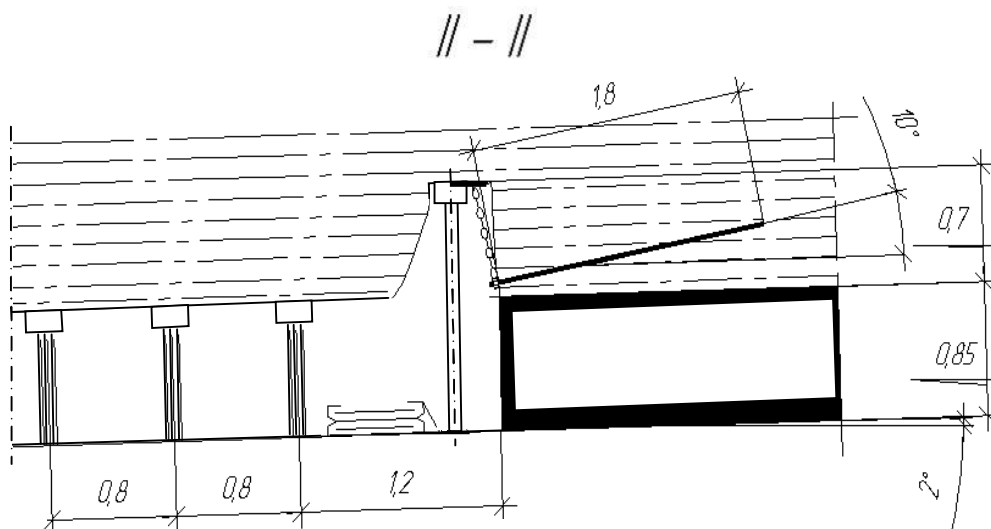


Рисунок 4 – Схема способа упрочнения кровли из призабойного пространства лавы

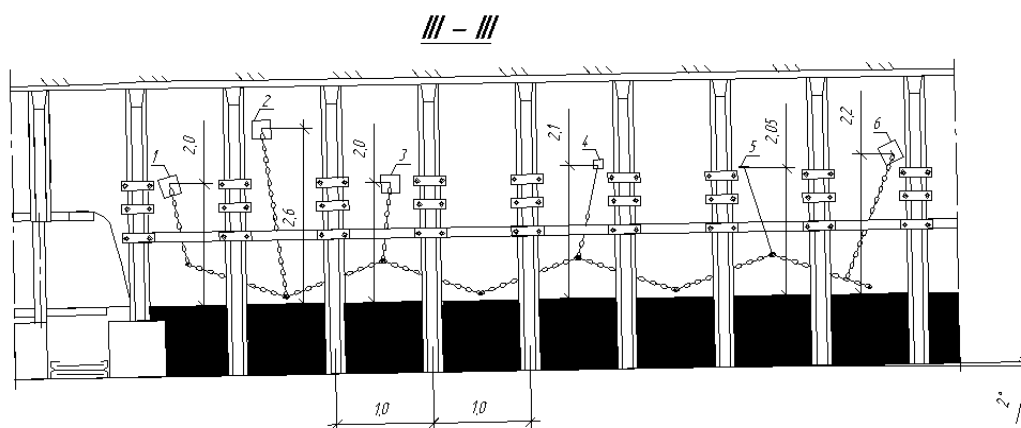


Рисунок 5 – Схема упрочнения бровки

Анкеры, длиной 1,8 м, закрепляли в шпурах, пробуренными под углом 10 град к плоскости напластования из лавы, с помощью ампул с полиуретановым составом (ампула нормальная 3,0 SF 25/500). Компоненты таких же ампул перемешивались и наносились на плиту размерами 0,2×0,2×0,004 м. После отверждения состава через 30 минут нижний конец анкера и плита соединялись отрезками цепи.

Для упрочнения кровли из уклона, установленные по шахтной схеме анкеры соединяли цепями с плитами приклеенными на устойчивую боковую стенку выработки (плиты 1 – 4, 6; рисунок 5), а плита 5 была приклеена к плоскости напластования. Размеры плит 0,1×0,1×0,004 м и 0,2×0,2×0,004 м. После отверждения составов концы анкеров и металлические плиты соединяли отрезками цепи или прядями каната.

После выемки угля в лаве на упрочненном участке кровля не обрушалась.

### **Выводы.**

Разработан новый способ упрочнения непосредственной кровли в лаве химическим анкерованием, что позволит повысить эффективность химического анкерования, расширить область его применения, снизить трудоёмкость и стоимость упрочнения. Выполнены лабораторные исследования адгезии скрепляющего полиуретанового состава при склеивании металлических пластин и пород кровли. Разработана математическая модель упрочняемого массива пород и установлены параметры нового способа анкерования кровли. Проведена шахтная опытно-промышленная проверка нового способа анкерования неустойчивой кровли на сопряжении лавы с подготовительной выработкой.

*Определены адгезионные свойства полиуретанового состава при склеивании металлических пластин и пород, максимальные усилия в анкере и стяжке; установлены параметры технологии упрочнения пород; изложены результаты шахтной проверки разработанного способа упрочнения пород.*

*Adhesion property of polyurethane composition paste together metallic plate an rock, maximum effort in anchor and anchorage, parameters of technology consolidate rock are determined; result of mining control way consolidate rocks is given.*

### **Библиографический список**

1. Захаров В.С. О повышении устойчивости пород кровли на концевых участках лав / В.С. Захаров, Г.И. Соловьёв, В.В. Ляпоног, Я.А. Ляшок // Сб. науч. Тр. / ДонГТУ. Вып.28.– Донецк, 1998.– С.32–34.

2. Жданкин Н.А. Геомеханика горных выработок. Сопряжение лава – штрек / Н.А. Жданкин, А.А. Жданкин. – Новосибирск: Наука, Сиб. Отд., 1990.– 112 с.

3. Сохацкий В.П. Устойчивость пород кровли на концевых участках лав / В.П. Сохацкий // Уголь Украины.– 1987.– №9.– С.10–11.

4. Широков А.П. Крепление сопряжений лав / А.П. Широков, В.А. Лидер, А.И. Петров.– М.: Недра, 1987.– 192 с.

5. Васильев В.В. Технология физико–химического упрочнения горных пород / В.В. Васильев, В.И. Левченко. – М.: Недра, 1991. – 267 с.

6. Клишин Н.К. Упрочнение кровли в лавах / Клишин Н.К., Склепович К.З., Герасько О.А. // Уголь Украины. – 2004. – №2. – с.15–19.

7. Управление кровлей и крепление в очистных забоях на угольных пластах с углом падения до 35° / Руководство КД 12.01.01.503. – Офици. Изд-е. – К.: Минтопэнерго Украины, 2002. – 141 с.

8. Патент України 22615, МПК(2006) E 21 D 20/00. Спосіб зміцнення безпосередньої покрівлі від обвалювання. М.К. Клішин, С.І. Касьян, О.Л. Кізіяров, К.З. Склепович. № и200612763; Заявл. 04.12.2006; Опубл. 25.04.2007.

*Рекомендовано к печати д.т.н., проф. Клишиным Н.К.*