

С.А. Петров

## **ПРИМЕНЕНИЕ СМОЛ ДЛЯ УПРОЧНЕНИЯ ПОРОД КРОВЛИ В ОЧИСТНЫХ ЗАБОЯХ**

*Выполнен анализ существующих способов укрепления пород кровли в очистных забоях пологих пластов. Приведены технические параметры способов. Рассмотрены новые составы для химического укрепления пород кровли.*

---

### **ЗАСТОСУВАННЯ СМОЛ ДЛЯ ЗМІЦНЕННЯ ПОРІД ПОКРІВЛІ В ОЧИСНИХ ВИБОЯХ**

*Виконано аналіз існуючих способів зміцнення порід покрівлі в очисних вибоях пологих пластів. Наведено технічні параметри способів. Розглянуто нові склади для хімічного зміцнення порід покрівлі.*

---

### **APPLICATION OF RESIN FOR ROOF ROCKS STRENGTHENING IN STOPING FACES**

*The analysis of existing approaches to roof rocks strengthening in stoping faces of flat seams is executed. Technical parameters of approaches are given. New mixtures for chemical strengthening of roof rocks are considered.*

---

#### **ВВЕДЕНИЕ**

Очистные работы являются звеном, от которого во многом зависит эффективная работа всего угольного предприятия. Одним из значительных факторов, снижающих эффективную работу забоя, является наличие зон обрушения пород кровли в пределах выемочного участка. Обрушение пород кровли в очистных забоях приводит к следующим основным проблемам [1, 2]:

1. Повышение травматизма рабочих.
2. Простой лав при ликвидации обрушений. Время на их ликвидацию достигает 50 – 60% нетехнологических простоев лав.
3. Увеличение износа скребковых и ленточных конвейеров, а также другого оборудования, не рассчитанного на работу с породой.

Таким образом, решение проблемы повышения устойчивости кровли в очистных забоях и примыкающим к ним выработкам является актуальным.

#### **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

На устойчивость горных пород влияет множество факторов. Все их условно можно разделить на две группы: горно-геологические и горнотехнические. Горно-геологические факторы определяются условиями залегания пласта. К ним относятся физико-механические свойства пород, глубина залегания, мощность, слоистость, трещиноватость, угол падения и ряд других. Горнотехнические факторы определяются применяемой технологией ведения работ, которая в свою очередь в значительной степени зависит от геологических условий. Таким образом, в некотором роде горнотехнические факторы являются подчиненными горно-геологическим. Однако это не означает, что их следует считать менее важными.

В любом случае порода, которая обрушается, является нарушенной одной или несколькими системами трещин, которые, исходя из вышесказанного, могут быть оп-

ределены как горно-геологическими, так и горнотехническими факторами. Поэтому можно выделить следующие два основных направления по повышению устойчивости пород при ведении горных работ:

- направленные на управление горно-геологическими факторами, точнее управление физическим состоянием горных пород, в частности их упрочнение;

- направленные на управление горнотехническими факторами, в частности, на создание таких условий ведения горных работ, которые бы минимизировали изменение напряженного состояния пород с целью недопущения их растрескивания.

Второй способ сопряжен с оптимизацией планировки горных работ, выбором оптимальной последовательности отработки пластов, направлений подвигания лав и порядка их отработки в пределах одного пласта и пр. При этом конкретный выбор данных мероприятий все же является ограниченным. На рис. 1 для примера приведен фрагмент выкопировки из плана горных работ с отмеченными зонами обрушений пород кровли.

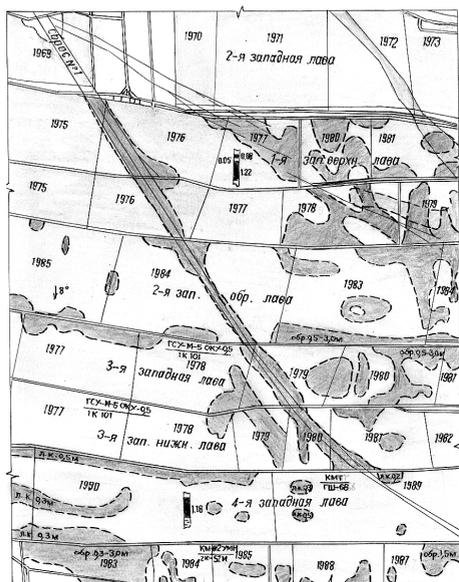


Рис. 1. Выкопировка из плана горных работ шахты им. А.А. Скочинского

Упрочнение горных пород может быть реализовано за счет химического способа, который является высокоэффективным, однако не получил достаточного распространения.

Применительно к очистному забою упрочнению подлежат породы, которые теряют свою несущую способность до установки крепи.

Породы кровли очистных забоев объединяются по двум квалификационным признакам [3 – 5]:

- обрушаемость массива над очистной выработкой;
- устойчивость пород нижнего слоя над очистной выработкой.

Склонность пород к вывалообразованию (обрушениям) характеризует именно второй признак.

Количественными критериями для второго признака служат высота нижнего слоя и расстояние между трещинами. По существующей классификации [6] породы кровли этого класса разделены на пять категорий.

*Первая категория* – весьма неустойчивые породы, обрушающиеся при выемке вместе с углем. Поддержание таких пород возможно лишь с оставлением угольной пачки или специальных мероприятий по их упрочнению.

*Вторая категория* – неустойчивые породы, не образующие устойчивых обнажений. Для их поддержания необходимо оставления пачки угля или упрочнения слоя пород, прилегающего к углю.

*Третья категория* – малоустойчивые породы типа глинистых, песчано-глинистых сланцев, тонкоплитчатых песчаников и слабых известняков. Способны образовывать устойчивые обнажения. Встречаются в 25% очистных забоев.

*Четвертая категория* – породы средней устойчивости (прочные глинистые, песчано-глинистые сланцы и мелкозернистые песчаники). Встречаются в 40% очистных забоев. В большинстве случаев чередуются с породами третьей категории. Соответственно, периодически требуется

проведение мероприятий по упрочнению кровли.

*Пятая категория* – устойчивые породы, 13% очистных забоев. Иногда встречаются выходы пород меньшей категории.

Таким образом, ориентировочно в 50% очистных забоев имеют место породы, которые требуют укрепления.

В настоящее время известны три способа упрочнения горных пород в очистных забоях [3]:

– опережающее химическое анкерование;

– нагнетание синтетических смол под большим давлением;

– комбинированный способ.

Химическое анкерование представляет собой опережающее укрепление пород кровли анкерами, закрепленными по всей длине вспенивающимся составом (как правило, полиуретановым). Применяется, как правило, для упрочнения пород, которые обрушаются крупными кусками: 10 – 50 см.

Упрочнение нагнетанием – инъекция под большим давлением синтетических смол с отвердителями. Применяется в остальных случаях.

Скрепляющие составы делятся на три основные категории:

– водные суспензии тонких частиц;

– гели, вязкость которых постепенно увеличивается до их полного отверждения;

– синтетические смолы, отверждающиеся под влиянием отвердителей или катализаторов.

К первой категории относят водные растворы цемента и глинистые растворы. Они имеют существенный недостаток – быстрая седиментация (оседание частиц дисперсной фазы в жидкости или газе под действием гравитационного поля или центробежных сил). Более стабильные составы дают глины со смесью цемента и бетона или цементы с ускоряющими добавками. Однако большие размеры частиц определяют низкую проницаемость таких составов.

Ко второй категории относят силикатные клеи, широко используемые для там-

понажа грунтов и обводненных песков. Однако они имеют долгое время отверждения. Поэтому они могут быть использованы только для профилактического упрочнения пород с длительной выдержкой во времени.

Синтетические смолы имеют ряд преимуществ: хорошо регулируется время гелеобразования и отверждения, хорошая проницаемость по трещинам, высокая адгезия к горным породам, большая механическая прочность. К настоящему времени использовались следующие виды составов смол:

– феноло-формальдегидные смолы;

– мочевино-формальдегидные смолы;

– резорциновые смолы;

– эпоксидные композиции;

– полиуретановые композиции.

*Феноло-формальдегидные смолы* – весьма хрупкие и обладают невысокими прочностными свойствами. Для получения более высоких прочностных характеристик используют составы, отверждающиеся при нагревании.

*Мочевино-формальдегидные смолы* широко применяются для склеивания древесины и изготовления древесно-стружечных плит. Данные составы менее водостойкие и имеют худшие физико-механические характеристики.

*Эпоксидные смолы* твердеют с небольшой усадкой, имеют хорошие физико-механические свойства и обладают очень хорошей адгезией. Однако имеют высокую вязкость, дороги и токсичны. Токсичность обеспечена аминами и ангидридами органических двухосновных кислот.

Составы на основе полиуретанов характеризуются высокой адгезией к большинству материалов, твердеют при комнатной температуре. Однако обладают токсичностью и требуют соблюдения элементарных правил безопасности.

К настоящему времени для упрочнения кровли в очистных забоях с применением нагнетания смесей в шпуров наиболее широкое распространение получили составы на основе полиуретанов. Среди импортных

можно упомянуть следующие: Беведол-Беведан, Экрадо-Эркадул, Геофлекс. Основным их недостатком является относительно высокая цена.

Аналогом данных смол является отечественная пенополиуретановая система ПолиХим производства ООО «Донбасскрепь». Она обладает следующими основными характеристиками:

- время старта 2 – 30 с;
- коэффициент расширения 4 – 5,5;
- класс горючести «Г» (трудногорючий);
- температура среды применения 2 – 35°.

Следует отметить, что указанные параметры являются базовыми и могут регулироваться в широких пределах.

Результаты упрочнения пород в значительной степени зависят от природных факторов и применяемых параметров нагнетания. В настоящее время нагнетание скрепляющих составов производится, как правило, в шпуров с инъекционными анкерами или через герметизатор. Бурят шпуров непосредственно в упрочняемом массиве

или через угольный пласт.

Обычно при упрочнении пород кровли в очистных забоях шпуров бурят в один ряд (см. рис. 2. Расположение шпуров выше пласта и их длина зависят от трещиноватости пород. При наличии мощных обрушений шпуров могут располагаться в два и более рядов.

К основным параметрам нагнетания скрепляющего состава относятся длина и угол наклона шпура к плоскости напластования пород, расстояние между шпурами, глубина герметизация устья шпура, давление и темп нагнетания, расход скрепляющего на 1 шпур, количество нагнетания. Указанные параметры зависят от физико-механических свойств упрочняемых пород, их трещиноватости, мощности, карбонатности и обводненности, а также от применяемых средств крепления пород кровли и скорости подвигания очистного забоя. Параметры нагнетания определяются расчетным путем, а затем уточняются по фактическим результатам.

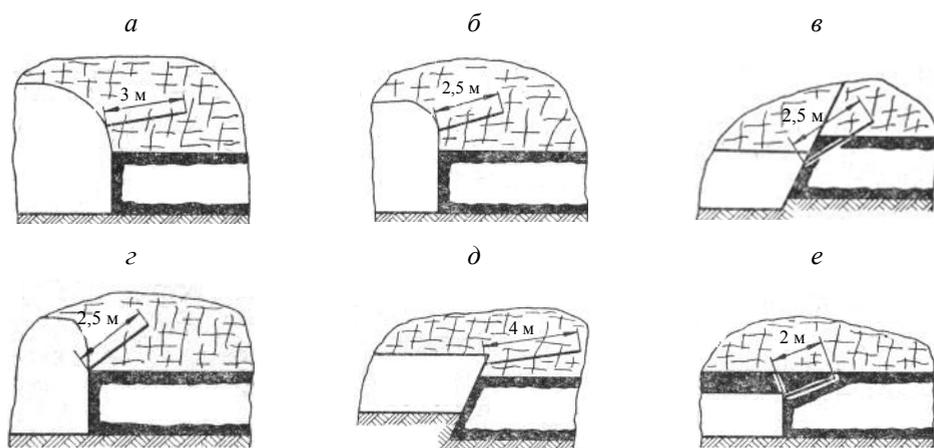


Рис. 2. Схемы упрочнения зон неустойчивых пород и угля: а, б, г, е – без дизъюнктивных нарушений; в, д – при наличии дизъюнктивных нарушений

Длина шпура должна на 0,5 м превышать величину подвигания очистного забоя. На рис. 3 приведена схема, на основании которой определяется длина шпура:

$$l_{ш} = l_c - R' + 0,5 \text{ м,}$$

где  $l_c$  – суточное подвигание линии очистного забоя, м;

$n$  – количество суток, на время которых подготавливается фронт работы очистного забоя;

0,5 – превышение величины подвигания очистного забоя.

Из практики ведения горных работ на угольных шахтах Донбасса длина шпура не превышает 3,5 м.

Угол наклона шпура к плоскости напластования пород определяется состоянием кровли перед работами по ее упрочнению. При наличии вертикальной плоскости обрушения шпуры бурят практически параллельно напластованию пород. Очевидно, что высота расположения шпура над угольным пластом  $h$  (рис. 3) составляет половину величины упрочняемого слоя  $H/2$ , при этом радиус  $R$  распространения скрепляющего состава не должен быть больше  $H/2$ . Если  $h = 0$ , что может быть при профилактическом нагнетании составов, то в зависимости от глубины герметизации устья шпура  $l_Г$  значительная часть скрепляющего состава будет проникать в угольный пласт. Исходя из опыта ведения работ на Донбассе  $l_Г$  принимается равным 1,0 – 1,5 м.

Расстояние между шпурами определяется радиусом  $R''$  распространения скрепляющего состава:

$$B = 2R''.$$

При упрочнении пород в очистном забое величину  $B$  установить расчетным путем не всегда возможно. В этом случае следует опытным путем определить радиус  $R''$  для чего бурят 5 шпуров с расстоянием между ними 1; 1,5; 2 и 2,5 м. Затем в шпуры не менее трех раз нагнетают скрепляющий состав и устанавливают величину  $R''$ . В Донбассе, как правило, данная величина составляет 2,5 – 3 м.

Полиуретановая смола получается при перемешивании двух исходных компонент (часто обозначаемых просто: компонент  $A$  и компонент  $B$ ). Данные компоненты доставляются к месту нагнетания отдельно, а

смешивание происходит непосредственно в смесительной трубке, непосредственно перед подачей в шпур.

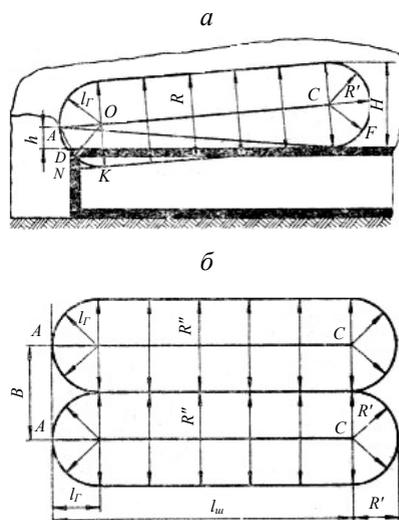


Рис. 3. Расчетная схема для определения потерь скрепляющего состава: а – вертикальная проекция шпура; б – горизонтальная проекция шпуров;  $l_{ш} = AC$  – длина шпура;  $l_Г$  – длина герметизации;  $R$  – радиус распространения скрепляющего состава в вертикальной плоскости;  $R''$  – то же, в горизонтальной плоскости;  $R'$  – то же, в глубь массива;  $B$  – расстояние между шпурами;  $H$  – мощность упрочняемого слоя

Для реализации нагнетания необходимы следующие механизмы и оборудование:

1. **Насос для нагнетания.** Служит для раздельной подачи компонент смеси смешивания компонент полиуретановой системы и подачи готовой смеси в шпур под давлением. В настоящее время распространены:

– отечественные насосы марки НАГУС-212 (рис. 4);

– насосы высокого давления типа СТ-DP-40, СТ-DP-35 (рис. 5) производства ФРГ.

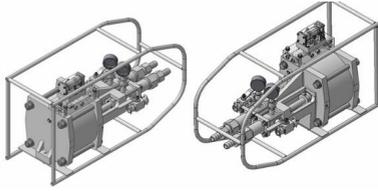


Рис. 4. Насос для нагнетания полиуретановых смол НАГУС 212



Рис. 5. Насос типа СТ

2. *Смесительная трубка* (смеситель). Имеет вход, на который через тройник от насоса подаются компоненты смеси. В трубке имеется смешивающий элемент в виде спирали, который вращается под действием движущихся жидких компонент и перемешивает их. Смесь компонент со второго конца трубки поступает в герметизатор непосредственно или через удлинительный шланг.

3. *Герметизатор* (рис. 6.) служит для перекрытия устья шпура в процессе нагнетания полиуретановой смеси для предотвращения ее вытекания из шпура. Содержит обратный клапан, резьбу с тыльной стороны для подключения шланга от насоса и переходник с резьбой с фронтальной стороны для подсоединения полога нагнетательного анкера. Под действием нагне-

тания расширяется, что приводит к перекрытию устья шпура.



Рис. 6. Герметизатор типа BVS-40, производства Minova (ФРГ)

4. *Анкер для нагнетания*. Представляет собой полую трубку с резьбой для присоединения к герметизатору. Через него смесь подается к концу шпура, откуда вытекает, распространяется по шпуру и, в дальнейшем, в массив.

До последнего времени основными поставщиками оборудования и материалов для нагнетания были зарубежные компании (Минова и пр.). В настоящее время на базе предприятия «Донбасскреп» освоен выпуск оборудования по пунктам 2 – 4, в частности – герметизаторы разной конструкции (с удлинительной трубкой и без), анкера для нагнетания, смесительные трубки.

## ВЫВОДЫ

Выполнен анализ факторов, влияющих на устойчивость кровли в длинных очистных забоях. Рассмотрены способы повышения устойчивости кровли. Рассмотрены существующие способы упрочнения пород кровли различными химическими составами. Определены основные параметры при нагнетании полиуретановых смол. Рассмотрено существующее и новое оборудование, материалы для упрочнения пород кровли методом нагнетания полиуретановых смол.



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов И.Е. Совершенствование метода прогнозирования зон обрушений пород непосредственной кровли в очистных забоях тонких пологих пластов: дисс. ... канд. техн. наук: 05.15.11 / И.Е. Иванов. – Донецк, 2000. – 337 с.

2. Фармер Я. Выработки угольных шахт / Я. Фармер; пер. с англ. – М.: Недра, 1990. – 269 с.

3. Химический способ упрочнения пород в очистных забоях угольных шахт / [Бутенко И.Т., Кара В.В., Сальников В.К., Пихович И.Я.]. – К.: Техніка, 1978. – 69 с.

4. Управление кровлей и крепление очистных забоев с индивидуальной крепью / [Мухин Е.П., Захаров Е.П.,

Дубов Е.Д. и др.]. – К.: Техника, 1994. – 190 с.

5. Барановский В.И. Влияние природных факторов на выбор способов разработки пологопадающих пластов на глубоких горизонтах / В.И. Барановский. – М.: Горгостехиздат, 1963. – 60 с.

6. Указания по управлению горным давлением в очистных забоях на пластах мощностью до 3,5 м с углом падения до 35°. – Л.: ВНИМИ, 1984. – 136 с.

## ОБ АВТОРАХ

Петров Сергей Анатольевич – инженер ООО «Донбас-скреп».

