© А.В. Чернышов, 2015

УДК 622.283.6

А.В. Чернышов

ОХРАНА ВЫЕМОЧНЫХ ВЫРАБОТОК ИСКУССТВЕННЫМИ СООРУЖЕНИЯМИ

Проведен краткий анализ способов охраны горных выработок при очистных работах. Предложен способ охраны выемочной выработки, включающей в себя установку опалубки и укладку в нее быстротвердеющего материала и отличающийся тем, что перед установкой опалубки возводят перекрытие клинообразной формы, расположенное вершиной в направлении кровли вынимаемого пласта.

Ключевые слова: охрана выработок, способы охраны выработок.

Одним из наиболее распространенных и перспективных способов охраны выемочных выработок с целью их повторного использования является поддержание их искусственными ограждениями. В разные периоды на шахтах отрасли в качестве охранных крепей испытывались и применялись:

- костры из шпального бруса, кругляка, рельсов и другие (в том числе с породным заполнением);
- чураковые стенки (в том числе с органной крепью);
- бутовые полосы;
- полосы из быстротвердеющих материалов;
- разборные тумбы (в том числе из бетонных плит);
- пневмооболочки;
- металлические обечайки с породным заполнением (в том числе сетчатые и др.);
- различные их комбинации.

Недостатками подавляющего большинства конструкций является значительные материальные затраты и трудоемкость при их возведении, невозможность повторного, многоразового применения комплекта охранной крепи в процессе отработки длинных (до 1÷2 км) выемочных столбов.

Самой простой по технологии возведения, сравнительно доступной по расходам, является деревянная органная крепь, выполняющая дополнительно функции обрезной и ограждающей.

Органную крепь применяют в сочетании с кострами, бутовыми полосами или полосами из железобетонных блоков. Однако применение этих способов не дает ожидаемого эффекта поддержания и охраны выемочных выработок для их повторного использования из-за относительно небольшой прочности деревянной органной крепи и довольно быстрого ее выхода из строя.

В условиях пластов с труднообрушаемыми кровлями, ни один из этих видов искусственных ограждений не получил какого-нибудь широкого распространения и признания. Этим объясняется то, что на шахтах Восточного Донбасса значительная часть выемочных выработок охраняется целиками угля.

На пластах со слабыми породами кровли целики обычно разрушаются, тумбы из БЖБТ «обыгрываются», костры деформируются, а площади охраняемых выработок уменьшаются. Это приводит к необходимости перекрепления выемочных выработок, зачастую к неоднократному.

До настоящего времени для охраны выработок широко применяются два типа опор высокой несущей способности и ограниченной податливости – тумб из железобетонных блоков БЖБТ-6 и БЖБТ-7.

Несмотря на ряд определенных преимуществ, в сравнении с вышеперечисленными способами, тумбы из железобетонных блоков обладают и целым рядом весьма существенных недостатков. Иногда два и даже три ряда тумб разрушаются под воздействием мощных прочных слоев пород кровли, не обеспечивая их обрушения. Иногда тумбы вдавливаются в слабые породы почвы или непосредственной кровли, не создавая опоры для мощных слоев пород основной кровли. Это происходит из-за того, что почти невозможно добиться плотного контакта между кровлей и верхними блоками тумб. Поэтому тумбы расклинивают деревянными клиньями. Кроме того, иногда весьма трудно добиться и плотного контакта тумб с почвой выработки из-за ее невыдержанной гипсометрии. В результате происходит неравномерная нагрузка элементов конструкции, в точках контакта возникают высокие концентрации напряжений, разрушающих блоки еще до того, как удельная нагрузка на тумбы достигнет предела их прочности. В связи с этим, между отдельными блоками укладывают деревянные прокладки, суммарная мощность которых достигает 10% от вынимаемой мощности пласта, а это, в свою очередь, увеличивает податливость и, как следствие, снижает жесткость сооружения. Все это приводит к снижению работоспособности охранных сооружений из железобетонных блоков.

Основной недостаток таких блоков – большой расход цемента на изготовление (до 400 кг/м^3 блоков) и их относительно большой вес. Высокая трудоемкость работ по доставке и установке подобных блоков отрицательно отражается на производительности труда, а область их применения ограничена пластами с прочными,непучащимивмещающимипородами.

В угольной промышленности в свое время получили распространение пневматические конструкции из мягких оболочек, представляющих собой герметичные емкости из прочных тканей. При использовании оболочек в качестве крепи в их полости подают сжатый воздух, происходит их раздвижка, а боковые поверхности прижимаются к почве и кровле. Начальный распор такой крепи определяется произведением площади контакта и избыточного давления в полости. Мягкие оболочки, в зависимости от назначения могут быть различной формы и нескольких типов, отличающихся параметрами, конструкцией, исходным сырьем и технологией изготовления.

Мягкие оболочки (пневмокостры) обладают рядом специфических свойств и параметров, существенно отличающихся от параметров традиционных стоечных крепей. Их преимущества заключаются в простоте конструкции, большой вертикальной раздвижности, незначительном удельном давлении на контактируемые поверхности, что предопределяет возможность использования при креплении сопряжений со слабыми боковыми породами. Но это же свойство является и их недостатком – невозможностью использования пневмокостров в качестве обрезной крепи. Однако, благодаря гибкости материала, оболочки хорошо облегают неровности вмещающих пород, создавая надежный контакт по площади перекрытия.

Применение конструкций из мягких оболочек возможно в очистных и выемочных выработках, а также для крепления их сопряжений. Из опыта следует, что во всех случаях трудоемкость и время выполнения работ по установке оболочек уменьшается в несколько раз, повышается безопасность и улучшаются техникоэкономические показатели.

Пневмокостры нашли распространение в угольных бассейнах СНГ и экспортировались в зарубежные страны. Ежегодно оболочки применялись примерно в 70 лавах. Внедрение пневматических костров позволило снизить трудоемкость работ по управлению кровлей в 3,6 раза, сократить расход дефицитных лесоматериалов на 14,5%.

Для выкладки бутовых полос были разработаны закладочные установки, позволившие устранить ручной труд на уборку взорванной породы, обеспечить подачу породы вверх по восстанию пласта и более плотную закладку при одновременном повышении производительности закладочного процесса.

Применение пневмозакладочных комплексов позволяет осуществлять выкладку бутовых полос вдоль выемочных выработок на ширину до 20 м. При возведении бутовой полосы пневмозакладочным комплексом повышается устойчивость сопряжения выемочной выработки с лавой. Конвергенция пород в этих случаях составляла не более 10÷15%. В аналогичных условиях, при использовании в качестве охранных сооружений железобетонных блоков БЖБТ и деревянных костров, конвергенция достигала 2/3 первоначальной высоты. Улучшение состояния выемочной выработки, снижение затрат на ее перекрепление, оставление части породы в шахте, отказ от блоков БЖБТ и уменьшение расхода лесоматериалов дают определенный положительный экономический эффект.

Анализ способов охраны выемочных выработок показывает, что чем крепче породы кровли угольного пласта, тем более высокой несущей способностью и жесткостью должны обладать применяемые охранные сооружения, способные обеспечить обрушение прочных породных слоев кровли в выработанное пространство, дальнейшее поддержание породной консоли на границе выемочной выработки с выработанным пространством и уменьшение смещений. Эти способы должны обеспечить, по возможности, возведение их механизированным способом. Этим требованиям отвечают охранные полосы из твердеющих материалов, обладающие, по сравнению с традиционными методами, чрезвычайно высокой несущей способностью (до 20÷30 МПа, в зависимости от свойств используемого материала), высокой степенью жесткости и обеспечивающие максимально возможный контакт с боковыми породами, так как застывают на месте возведения в сравнительно короткое время.

Существующая инструкция позволяет выбирать технологию и материалы для возведения полос и рассчитывать их параметры, но предназначена она для пород средней степени обрушаемости, а для труднообрушаемых кровель по всей видимости дает завышенные результаты.

Проведенные исследования показали, что чем больше прочность вмещающих пород, тем эффективнее действие полос из твердеющих материалов. Для труднообрушаемых пород этот способ является едва ли не единственным надежным средством обеспечения сохранности повторно используемых выработок без оставления угольных целиков.

Представляет интерес способ возведения околоштрековой полосы в выработанном пространстве на основе твердеющих материалов и отличающийся тем, что околоштрековую полосу возводят их двух зон. Первую полосу, расположенную со стороны выработанного пространства, выполняют жесткой, а вторую, со стороны охраняемой выработки – податливой. При этом податливость достигается путем введения в твердеющие материалы породо-образующих компонентов: газовыделяющих и пенообразующих. Вве-

дение поризующих добавок в твердеющий материал значительно сокращает его расход, обеспечивает податливость зоны за счет повышенной пористости затвердевшего материала и, следовательно, снижения его прочности. Это позволяет использовать этот же материал и способ его укладки, для возведения жесткой зоны. Такая податливость зоны позволяет компенсировать в своем объеме величины сдвижений пород кровли и почвы, не выдаваясь при этом в рабочее пространство выработки.

Предложен способ охраны штрека, используемого повторно при столбовой системе разработки, включающей заполнение вслед за подвиганием лавы всего сечения штрека закладочным материалом с оставлением элементов крепи и созданием вентиляционного канала для подсвежения исходящей из лавы вентиляционной струи, последующее извлечение закладочного материала и восстановление штрека. Одновременно с заполнением штрека закладочным материалом, вприсечку к нему со стороны выработанного пространства лавы возводят жесткую околоштрековую полосу из быстротвердеющего материала.

Закладочный массив штрека, обладая несущей способностью, способствует положительному эффекту работы полосы, усиливая крепь выемочной выработки по всему периметру. При этом уплотнение закладочного материала и его несущая способность (реакция отпора) возрастает в основном за счет пучения почвы выработки.

Рост несущей способности закладки существенным образом ограничивает величину пучения почвы и способствует сохранению полезного сечения выработки. В результате происходит облегчение установления равновесия всей системы, причем равновесие будет устойчивым и установится при незначительной потере сечения выработки. Чтобы восстановить штрек для повторного использования, извлекают закладочный материал с подрывкой почвы.

Использование предлагаемого способа охраны штрека при столбовой системе разработки пластов позволяет повторно эксплуатировать выработку в особо сложных горно-геологических условиях и получить экономию за счет повышения устойчивости пород, в которых она и пройдена.

Предложен способ охраны выемочной выработки, включающей в себя установку опалубки и укладку в нее быстротвердеющего материала и отличающийся тем, что перед установкой опалубки возводят перекрытие клинообразной формы, расположенное вершиной в направлении кровли вынимаемого пласта.

Вначале, вдоль выемочной выработки на расстоянии примерно в 0,4÷0,6 м от нее, в кровлю отработанного пласта вершиной устанавливается перекрытие клиновой формы и раскрепляется. Далее под перекрытием возводится щитовая опалубка, где предусмотрены окна, для сопла нагнетательной магистрали быстротвердеющего материала. После набора закладочным материалом необходимой прочности опалубка снимается.

При проявлении горного давления кровля выработанного пространства соприкасается с клинообразным перекрытием, исполняющем роль ножа. Вследствие чего вдоль линии контакта происходит обрыв зависающей консоли пород выработанного пространства.

По сравнению с традиционными этот способ охраны выемочных выработок полосами из твердеющих материалов обладает рядом преимуществ:

1. Возможностью полной механизации работ.

2. Значительным снижением общей конвергенции пород в сопрягающихся выработках за счет снижения смещений пород кровли.

3. Обрушение в выработанное пространство лавы зависающих вдоль выемочной выработки консолей пород кровли по кромке охранной полосы, позволяет снизить нагрузки, передаваемые на крепь выемочной выработки и угольный пласт, уменьшить деформации вмещающих пород. В некоторых случаях появляется возможность предотвратить пучение почвы, а в итоге затраты на поддержание выемочной выработки в рабочем состоянии.

4. Обеспечение лучшей изоляции выработанного пространства, препятствующей утечкам воздуха и созданию условий для самовозгорания угля в выработанном пространстве лавы.

Условиями снижения пучения в выемочных выработках являются:

• создание около выемочной выработки со стороны выработанного пространства более жесткой опоры, способствующей снижению опорного давления на угольный пласт;

• снижение опорного давления вследствие обрушения пород кровли точно по кромке полосы и отсутствие зависающих породных консолей кровли в выработанном пространстве лавы;

• более равномерная передача нагрузки на почву с обеих сторон выработки, из-за чего пучение почвы если и происходит, то более равномерно и по всей ширине выработки, а, следовательно, и менее интенсивно.

Примеров значительного увеличения пучения почвы в результате применения пород из твердеющих материалов в известной нам литературе зарегистрировано не было.

На ряде шахт Кузнецкого бассейна вместо двухрядной органной крепи, устанавливаемого на сопряжении с лавой, используются передвижной органный ряд из гидравлических стоек типа ГТВ-6 с сопротивлением 60 тс. Этим способом достигается эффективное обрезание зависающих пород кровли и улучшение условий поддержания выемочных выработок. В Печорском бассейне разработаны и применяются усиленные крепи с реакцией 50 тс.

Предложен способ охраны пластовых штреков с помощью «режущих сооружений», возводимых в выработанном пространстве на расстоянии 15÷20 м от штрека. Это расстояние определяется свойствами пород кровли и должно обеспечить на ограниченном участке обрушение пород на высоту, равную 10-кратной мощности пласта. В качестве «режущих» сооружений применяют железобетонные стойки, бетонные полосы, костры различного рода, многорядную органную крепь, породную закладку большой плотности. Роль таких сооружений заключается в ограничении развития сдвижения пород кровли в сторону штрека.

Многие годы на шахтах Донбасса в широких масштабах и в различных горно-геологических условиях, в том числе на больших глубинах, успешно используется способ охраны выработок бутовыми полосами, выкладываемыми из породы, получаемой от подрывки пород кровли или почвы выемочной выработки, проводимой широким забоем.

Данному способу управления кровлей присущ комплекс небезопасных выполняемых вручную работ: возведение органной крепи, оконтуривающей бутовые штреки; бурение шпуров, их заряжание и взрывание; приведение в безопасное состояние кровли в бутовом штреке и его крепление; непосредственная выкладка бутовой полосы. На пластах с углом падения $\alpha > 15°$ устанавливают частый ряд стоек или сплошную органную крепь, иногда выкладывают деревянные костры. При буровзрывных работах возникают вынужденные перерывы в технологическом цикле угледобычи, вывод ГРОЗ на свежую струю, выставление и снятие постов до и после взрывания.

Процесс возведения бутовых стенок толщиной не менее 0,8÷1,0 м трудоемок, а заполнение породой оконтуренного пространства плохо поддается механизации. В итоге нередко реактивное сопротивление бутовых полос сдвижению боковых пород кровли и почвы оказывается недостаточным из-за целого ряда причин.

Основные причины:

• большая сжимаемость и уплотняемость закладываемой породы;

• некачественная, из-за наличия пустот («конюшен»), выкладка полос.

Разновидностью бутовых полос можно назвать применение одинарных и сдвоенных бутокостров. Этот способ характеризуется значительным расходом лесоматериалов и высокой трудоемкостью работ.

Общим для всех решений является укладка породы в полосу с одной или двух сторон выемочной выработки. Причем основную роль играет возможность размещения под землей породы из подготовительных забоев, второстепенную – несущая способность околоштрековой полосы. При этом значение имеет большая (до 50%) доля выемочных выработок, проводимых с отставанием от лавы. В таком случае всегда есть возможность размещать породу от подрывки в околоштрековые полосы и не выдавать на поверхность большое количество породы. Это в свою очередь способствует снижению расходов на транспортирование породы в шахте, обогащение угля и на отсыпку породы в отвал.

Наиболее широко такой способ проходки и поддержания выемочных выработок применяется на шахтах Великобритании, где 80% всех выемочных выработок проходится одновременно с лавой при прямом порядке ее отработки. В Германии такой метод применяется в 50% выемочных выработок, значительно ниже его применение в России и странах СНГ.

Обратный порядок отработки лавы по сравнению с прямым, позволяет проще организовать работу на сопряжениях лавы и достичь большей производительности.

Выбор того или иного порядка отработки выемочного участка зависит в большей степени от горнотехнических условий и представляет собой технико-экономическую задачу, решаемую сравнением различных вариантов.

Выкладку породных полос осуществляют вручную, что сопряжено с определенными увеличениями затрат труда, причем внешнюю стенку породной полосы устраивают из мешков, заполненных породой. Такие бумажные мешки с проволочной армировкой засыпают породой непосредственно в забое. Этот способ укладки породы в околоштрековые полосы является наиболее распространенным в Великобритании. Связанные с ним большие затраты труда обусловили разработку многочисленных устройств, которые перемещают материал по почве выработки либо транспортируют его по трубопроводам с помощью сжатого воздуха.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Рахутин В.С.* Пневматические конструкции в горном деле. – Киев-Донецк, Выща школа, 1983. – 152 с.

2. *Федоров Г.П., Сердюк В.Л.* Повышение эффективности проведения выработок с закладкой породы в выработанное пространство // Уголь. – 1977. – № 11.

3. *Сушко И.Л.* Область и объемы применения проведения выработок вслед за лавами с закладкой породы комплексом «Титан-1» // Уголь. – 1976. – № 11.

4. *Временная* инструкция по охране выемочных выработок полосами из твердеющих материалов. – М., изд. ИГД им. А.А. Скочинского, 1981. – 20 с.

5. *Полищук Н.Я.* Исследование и установление параметров способа охраны выемочных выработок полосами из твердею-

щих материалов и разработка технологии их возведения. Дисс. на соиск. уч. степени канд. техн. наук. – М., ИГД им.А.А.Скочинского, 1983. – 231 с.

6. *Пиньковский Г.С. и др.* Способ охраны штрека. А.с. № 894203 по кл. Е21Д 19/04.

7. *Лунинин Ю.В. и др.* Способ охраны подготовительных выработок. А.с. № 949178 по кл. Е21С 41/04.

8. *Заславский И.Ю. и др.* Способ охраны выемочной выработки. А.с. № 969899 по кл. Е21Д 11/90.

9. *Хаэрман К., Вагнер К.* Улучшение состояния выемочных штреков с помощью ангидритовой полосы. // Глюкауф. – 1970. – № 2. – С. 19–25.

10. *Smith I.* Experience with anhydrite packing (Anpac) at Easington Colliery. – Mining End., (Gr. Brit.), 1976, vol. 136, № 186, pp. 6–8.

11. *Малышев Ю.Н., Тыщенко Г.Н., Широков А.П. и др.* А.с. № 1196215 СССР, Е21Д 11/15. Полимерный состав // (СССР). – № 3725374/22–03; Выявлено 05.04.84; Опубл. 15.12.85. Открытия. Изобретения. 1985. Бюлл. № 46 – 131 с.

12. *Широков А.П., Лидер В.А., Дзауров М.А. и др.* Анкерная крепь: Справочник. – М.: Недра, 1990. – 205 с., ил.

13. *Лукин К.Д.* Разработка новых способов поддержания подготовительных горных выработок в сложных горно-геологических условиях и обоснование их параметров. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. – М.: МГИ, 1991. – 16 с. ГИАБ

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Чернышов Андрей Васильевич – кандидат технических наук, доцент, докторант, МГИ НИТУ «МИСиС», *e*-mail: ud@msmu.ru.

UDC 622.283.6

PROTECTION OF UNDERGROUND EXCAVATIONS BY ENGINEERING STRUCTURES

Chernyshov A.V., Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor, Doctoral Candidate, Moscow Mining Institute, National University of Science and Technology «MISiS», *e*-mail: ud@msmu.ru.

The short analysis of ways of protection of mountain developments is carried out at clearing works. A method for protection of mining output, which includes the installation of formwork and laying in her rapidly hardening material and characterized in that before installing formwork erect overlapping wedge-shaped, located on the top of in the direction of the roof removable reservoir.

Key words: protection of developments, ways of protection of developments.

REFERENCES

1. Rakhutin V.S. *Pnevmaticheskie konstruktsii v gornom dele* (Pressurized structures in mining), Kiev-Donetsk, Vyshcha shkola, 1983, 152 p.

2. Fedorov G.P., Serdyuk V.L. *Ugol'*, 1977, no 11.

3. Sushko I.L. *Ugol'*, 1976, no 11.

4. *Vremennaya instruktsiya po okhrane vyemochnykh vyrabotok polosami iz tverdeyushchikh materialov* (Interim instruction on protection of underground excavations by solidifying material bands), Moscow, izd. IGD im. A.A. Skochinskogo, 1981, 20 p.

5. Polishchuk N.Ya. *Issledovanie i ustanovlenie parametrov sposoba okhrany vyemochnykh vyrabotok polosami iz tverdeyushchikh materialov i razrabotka tekhnologii ikh vozvedeniya* (Analysis and estimate of parameters for the method of protecting underground excavations by solidifying material bands and their construction technology), Candidate's thesis, Moscow, IGD im. A.A. Skochinskogo, 1983, 231 p.

6. Pin'kovskii G.S. Sposob okhrany shtreka (Gateway protection method). *Copyright certificate no 894203 in class. E21D 19/04*.

7. Luninin Yu.V. Sposob okhrany podgotovitel'nykh vyrabotok (Development heading protection method), *Copyright certificate no 949178 in class. E21C 41/04*.

8. Zaslavskii I.Yu. Sposob okhrany vyemochnoi vyrabotki (Excavation protection method), *Copyright certificate no 969899 in class.E21D 11/90.*

9. Khaerman K., Vagner K. *Glückauf*, 1970, no 2, pp. 19–25.

10. Smith I. *Experience with anhydrite packing (Anpac) at Easington Colliery*. Mining End., (Gr. Brit.), 1976, vol. 136,no 186, pp. 6–8.

11. Malyshev Yu.N., Tyshchenko G.N., Shirokov A.P. Polimernyi sostav (Composition of polymeric compounds) *Copyright certificate no 1196215 USSR, E21D 11/15*, no 3725374/22–03, 15.12.85.

12. Shirokov A.P., Lider V.A., Dzaurov M.A. *Ankernaya krep': Spravochnik* (Rockbolting: Manual), Moscow, Nedra, 1990, 205 p.

13. Lukin K.D. *Razrabotka novykh sposobov podderzhaniya podgotovitel'nykh gornykh vyrabotok v slozhnykh gorno-geologicheskikh usloviyakh i obosnovanie ikh parametrov* (Development of new methods of underground development heading support in complicated mining-and-geological conditions and validation of their parameters), Candidate's thesis, Moscow, MGI, 1991, 16 p.