

УДК.622.831

Солодянкин А.В., д.т.н., проф., Мищенко М.Э., магистрант, каф. СГГМ
Государственный ВУЗ «НГУ», г. Днепрпетровск, Украина

ПОДДЕРЖАНИЕ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК ДЛЯ ИХ ПОВТОРНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Для повышения эффективности и безопасности работы угольной шахты, актуальной задачей является надежное поддержание и охрана подготовительных выработок, устойчивость которых определяется, в первую очередь, характером и величиной горного давления, а также правильностью выбранных технико-технологических решений по их поддержанию.

Актуальным является этот вопрос для ГП «Шахтоуправление «Южнодонецкое №1», годовой объем добычи угля на котором составляет около 900 тыс. тонн. Сейчас на шахте работают 3 очистных забоя. Объем проведения подготовительных выработок составляет 8 км в год.

Условия залегания месторождения являются сложными. Угольные пласты по мощности относятся к тонким и очень тонким. Вмещающие породы склонны к обрушению и пучению, а также к потере устойчивости при увлажнении. Концентрация горных работ высокая. Применяемые на шахте средства крепления и поддержания выработок не обеспечивают их эксплуатационного состояния.

В общем случае выработка в процессе эксплуатации последовательно попадает в шесть различных зон поддержания, существенно отличающихся друг от друга по поведению вмещающих пород: I – зона влияния проходческого забоя; II – зона поддержания выработки при отсутствии очистных работ; III – зона временного опорного давления впереди первой лавы; IV – зона сдвижений пород позади первой лавы; V – зона установившегося давления; VI – зона временного опорного давления второй лавы. Влияние указанных зон испытывают только повторно используемые выработки при столбовой системе разработки. В случае если выработка поддерживается после прохода второй лавы, то она снова попадает в зону сдвижений пород за лавой [1].

Обеспечение устойчивости выработок в зоне влияния очистных работ представляет довольно сложную, трудоемкую и дорогостоящую задачу. Устойчивость данных выработок в значительной степени определяется влиянием выработанного пространства на примыкающие к ним области массива горных пород. Очистная выработка вместе с вмещающими породами отличается сложностью по числу влияющих производственных и естественных факторов и является предметом отдельных исследований.

В исследовательском плане участок по добыче угля представляет собой сочетание трех геотехнологических схем: «выемочный штрек-массив-крепь», «сопряжение-массив-охранные конструкции» и «лава-массив-крепь».

Геомеханика каждой из этих схем имеет ряд особенностей.

Многообразие горно-геологических условий залегания пластов, а также физико-механических свойств горных пород привели к применению многочисленных способов и средств поддержания и охраны подготовительных выработок, направленных на ослабление или противодействие влиянию сил горного давления. Эффективность тех или иных способов зависит от того, насколько правильно определены в экспериментальных исследованиях общие закономерности формирования сил горного давления и насколько они удачно учтены в сочетании с конкретными горнотехническими условиями и задачами.

В настоящее время наиболее хорошо изучены закономерности формирования горного давления вокруг выработок в зонах I и II. Для обеспечения устойчивого, безремонтного поддержания горных выработок, не испытывающих влияние очистных работ необходимо, в первую очередь, обеспечить как можно более раннее вступление крепи в работу. При этом важным является отсутствие переборов и тщательное заполнение закрепного пространства механизированным способом твердеющими материалами. В условиях больших глубин при значительно возросших величинах горного давления, коренным образом изменились функциональные требования к самой крепи. Традиционная металлическая рамная крепь, применяемая почти повсеместно, выполняет подпорно-ограждающую функцию и не препятствует расслоениям вмещающих выработку пород. В настоящей ситуации следует отдавать предпочтение системам крепления, использующих несущую способность вмещающего массива, активно препятствующих расслоениям пород – полное и частичное заполнение закрепного пространства, тампонаж закрепного пространства, глубинное упрочнение массива вяжущими веществами или анкерами. Оценка эффективности известных средств и способов повышения устойчивости выработок показывает, что наибольший положительный эффект дают именно указанные мероприятия.

В зоне III происходит увеличение напряжений в породах вокруг выработки под действием выработанного пространства. При этом возрастают смещения в выемочных выработках. Скорость смещений начинает увеличиваться при подходе очистного забоя к участку выработки на расстояние 20-80 м и редко превышает эти величины. Для сохранения штреков в период прохода очистного забоя применяют различные крепи усиления.

В настоящее время хорошо себя зарекомендовали канатные анкера, как средство предупреждения деформаций более глубоких участков массива, затронутых воздействием очистных работ. Установка анкеров глубокого заложения производится перед зоной влияния опорного давления и может совмещаться с установкой дополнительных средств усиления – деревянных, металлических или гидравлических стоек.

В зоне активных сдвижений пород после прохода лавы (зона IV) ситуация кардинально меняется. Образование выработанного пространства за лавой приводит к движению пластов кровли и почвы, происходит интенсивное

несимметричное опускание кровли, сопровождаемое обрушением (опусканием) пород в выработанном пространстве. Для сохранения выработок после прохода очистного забоя сооружают искусственные охранные полосы, выполняющие роль опор для образовавшихся консолей пород кровли. Одной из основных характерных особенностей поведения приконтурных слоев пород вокруг выработки, как отмечается многочисленными исследованиями [3, 5, 6], является несимметричность смещений кровли. Смещения пород значительно выше со стороны выработанного пространства и являются причиной существенного ухудшения состояния выемочных штреков ввиду несимметричного нагружения крепи. Величина несимметрии во многом определяется жесткостью применяемых охранных полос, а также временем их возведения после прохода лавы. Следует отметить, что крепь выемочных штреков в процессе эксплуатации испытывает не только различную по величине нагрузку, но и различную по направлению – несимметричную. Проектирование подобной крепи представляет весьма сложную задачу.

Необходимость повторного использования выработок обусловлена стремлением снизить объёмы подготовительных выработок, затраты на проведение которых ложатся на себестоимость угля, которая сейчас в Донбассе превышает рыночную цену. Кроме того, повышение метанообильности очистных забоев и выемочных участков с увеличением глубины работ потребовало применение прямоточных схем проветривания с подсвежением и отводом исходящей струи в сторону выработанного пространства, для чего повторное использование выработок является обязательным условием.

Однако повторно используемые выработки поддерживаются в самых неблагоприятных горнотехнических условиях. Характерной особенностью эксплуатации поддерживаемых за лавой выработок является большая величина смещений пород на их контуре, что приводит к разрушению крепи. Переход горных работ с 500 до 1000 метров вызвал почти трёхкратное увеличение смещений боковых пород.

Классификация охранных сооружений по принципу воздействия на окружающий выработку массив представлена на рис. 1.

Характеризуя поддерживающие сооружения, можно отметить следующее.

Угольные целики используют в целях охраны выработок в случаях:

- охраны присечных выработок – шириной 2...4 м;
- охраны повторно используемых выработок со стороны падения шириной до 4 м (при отработке сдвоенных лав), благодаря чему создаются необходимые условия для поддержания сопряжений и концевых участков лав;
- работы по технологической схеме с оставлением временного целика угля, который извлекается по мере подвигания лавы;
- охраны выработок со стороны восстания при неблагоприятном расположении плоскостей ослабления пород относительно оси выработки, что обеспечивает предотвращение вывалов пород кровли на сопряжении с лавой.

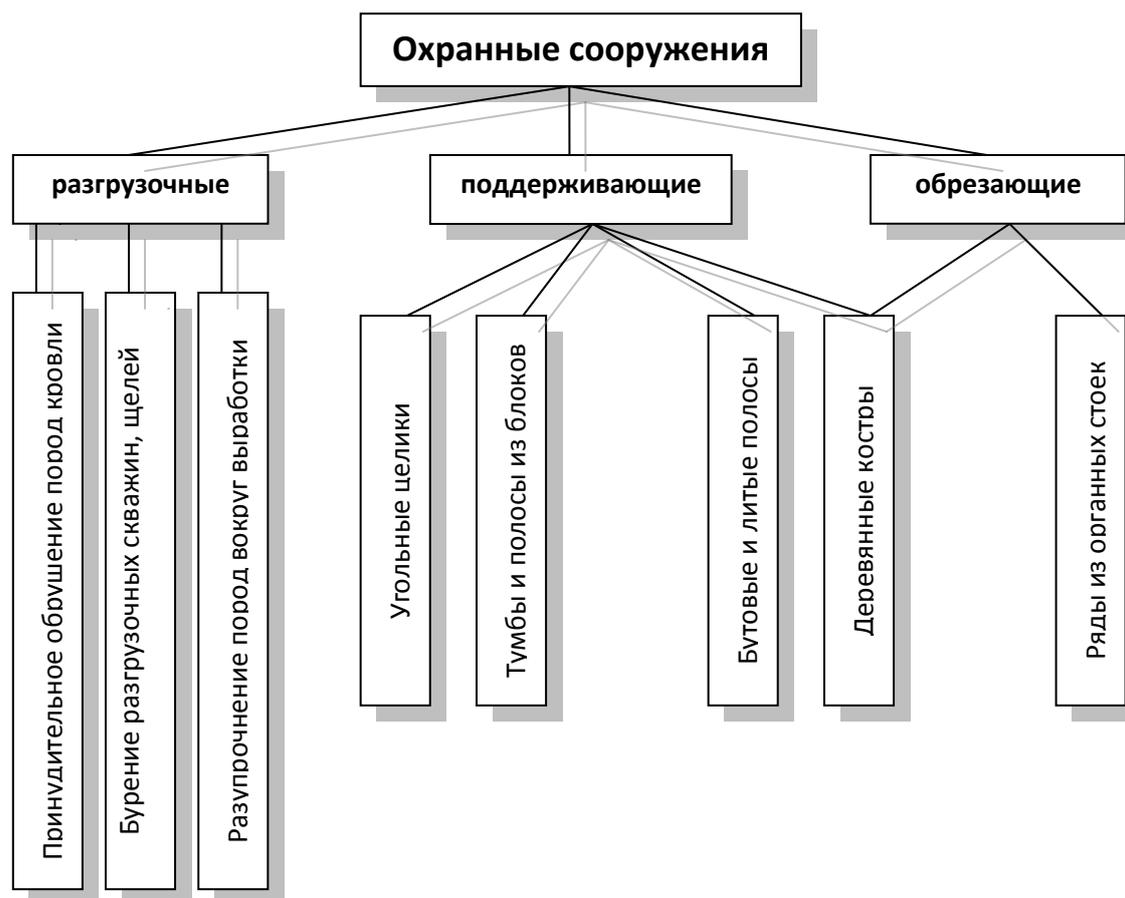


Рис. 1. Классификация охранных сооружений

В связи с постоянным ростом глубины разработки охрана выработок угольными целиками нерациональна, т.к. ведёт к значительным потерям угля, увеличению протяженности проводимых выработок, повышению затрат на их ремонт. Применение же целиков небольшой ширины приводит к неудовлетворительному состоянию подготовительной выработки.

Охрана выработок бутовыми полосами считается дешевым и основана на принципе нарастающего сопротивления. Наиболее часто применяется при разработке тонких пластов на небольших глубинах. Способ позволяет, в какой-то степени, снизить деформацию пород кровли и несимметрию нагрузок на раму. Основным достоинством которых является возможность оставления породы в шахте. В большинстве случаев возведение бутовых полос производят вручную, что вызывает их высокую трудоемкость, большие затраты времени и низкое качество. Существенным недостатком бутовых полос является высокая степень уплотнения, что приводит к ощутимым деформациям поддерживаемого массива.

Высокая трудоёмкость возведения полос вручную, значительный расход крепёжного леса при широких полосах, а также большая их податливость при ручной или скреперной выкладке (до 50%) снижают эффективность их применения.

Прогрессивным методом охраны выработок является возведение литых

полос. К основным достоинствам литых жестких полос наряду с полной механизацией их возведения относятся высокая несущая способность, обеспечивающая охрану выработок на пластах со средне- и труднообрушающимися кровлями, безопасность работ на сопряжениях с очистными забоями и хорошая изоляция выработанного пространства. Основным эффектом заключается в разгрузке горного массива от напряжений, вызванных вредным влиянием очистных работ, путем обрыва консоли зависших пород на жесткой опоре высокой прочности

Промышленное применение литых жестких полос сдерживается отсутствием средств механизации для их возведения. Кроме того, на пластах с малопрочными породами почвы применение литых полос оказалось нерациональным, поскольку, выдерживая высокие нагрузки, полоса вдавливается в породу в виде штампа, провоцируя пучение почвы. Литая полоса прямоугольного сечения способствует смещению контура выработки еще до обрыва зависших пород. Этот недостаток устраняется литой полосы клиновидной формы.

Клиновидная полоса обеспечивает обрыв труднообрушаемых пород на глубину до 20 м, сохраняя устойчивость выработок. К тому же полоса такой конструкции, передавая незначительную нагрузку на мягкие породы почвы, не вызывает пучения. Затраты по материалам на возведение клиновидной полосы в два раза меньше, чем полосы прямоугольного сечения.

Костры из круглого леса возводят с меньшей трудоемкостью, чем бутовые полосы, но тоже вручную. Обычные костры с четырьмя узлами связи имеют большую податливость (40...50 % мощности пласта). При их использовании величины смещений пород в выработке и состояние крепи будут примерно такими же, как при охране бутовыми полосами. Более эффективной является конструкции из деревянных стоек, собранных в пакет.

Деревянные костры и чураковые стенки являются наименее трудоёмкими способом охраны и, но их малая несущая способность и большая податливость приводят к значительным смещениям пород кровли выработки и ограничивает их применение на больших глубинах. Более высокой несущей способностью обладают накатные костры, бутокостры, кустокостры, органические ряды, а также костры из шпального бруса, заполненные породой, но податливость этих сооружений также высока (до 30%). Кроме того, их малая эффективность обусловлена отсутствием начального распора, а также повышенным расходом материалов, большей трудоемкостью возведения.

Деревянно-бетонных тумбы. Для исключения поперечных деформаций деревянного пакета применяется металлическая обойма. Для исключения внутренних деформаций внутрь конструкции заливают бетон. Податливость регулируется оптимальным соотношением между высотой стоек и обоймы, а предел прочности на сжатие – толщиной обоймы и маркой бетона. Существует и более дешевый аналог вышеуказанной конструкции – «кусто-пакетное крепление», в состав конструкции которого входит пакет деревянных стоек,

обязанный с определенным шагом по всей высоте предварительно натянутым тросом. Эффективность их снижается при наличии в кровле мощных труднообрушающихся пород. Недостатками этого способа являются неравномерность нагружения тумб вследствие неровностей поверхности кровли, низкая устойчивость при мощности пласта более 1.5 м, неравномерная податливость.

Сухая цементно-минеральная смесь Tekhard. Сборная бетонная полоса выкладывается непосредственно на сопряжении лавы с штреком ниже первой секции крепи на уровне передних стоек (отставание от забоя лавы всего 2,5-3 м). Контур полосы обозначается установкой двух деревянных рудстоек после передвижки лавного конвейера по окончании цикла выемки угля.

Сухая цементно-минеральная смесь Tekhard обладает повышенной гидрофильностью (поглощением воды) благодаря специальному рецепту и не требует перемешивания. Один-два прокола мешка игольчатым иньектором и 4 литра воды достаточно для затворения 20 кг сухой смеси и начала процесса быстрого отвердения и превращения в высокопрочный бетон.

Применение сборной полосы из сухой цементно-минеральной смеси Tekhard, позволило значительно улучшилось состояние конвейерного штрека, устранить перекрепления, снизить объем подрывки почвы. Способ отличается простотой возведения стенки полосы укладкой мешков (вес 20 кг). Tekhard набирает прочность 35 МПа и более в 4-5 раз быстрее обычного бетона (первые сутки 10-12 МПа). Бетонная полоса поддерживает «плечо» штрека с выемочной стороны угольного пласта, работает как жесткая обрезающая крепь, практически полностью изолирует выработанное пространство от свежей струи воздуха, прижимает воздух к линии очистного забоя, снижает расхода лесоматериалов в 3 раза, обладает низкой трудоемкостью и травмоопасностью.

Выполненный анализ способов и средств охраны выемочных штреков позволяет сформулировать следующие выводы:

- большинство технологий охраны основано на сохранении целостности углепородного массива, окружающего штрек;
- наиболее эффективными в условиях неустойчивых пород, являются: поддержание кровли околоштрековыми полосами, в том числе породными, а также повышение несущей способности крепи штрека;
- к нетрадиционным способам охраны штрека в условиях неустойчивых пород относится его проходка позади забоя лавы, что требует перехода на комбинированные системы разработки пласта;
- при качественном выполнении вышеперечисленных мероприятий по охране штрека возможно его повторное использование в условиях боковых пород 1-й и 2-й категорий устойчивости.

Для выбора эффективного способа охраны выработки для повторного ее использования и обоснования рациональных параметров крепи и охраняемых конструкций необходимо проведение численного моделирования с

применением современного программного комплекса. Для получения адекватного решения требуется корректное использование данных о свойствах вмещающих пород и угля, а также учет результатов шахтных исследований о состоянии выработок, деформациях крепи, охранных сооружений и массива пород.

Окончательный выбор параметров крепи и охранных конструкций для сложных горно-геологических условий шахты «Южнодонбасская №1» должен быть выполнен на основе анализа результатов моделирования различных вариантов охраны выработки, а также опытно-промышленной проверки в реальных условиях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Комиссаров М.А. Некоторые вопросы поддержания подготовительных выработок в условиях пологих пластов Донбасса / В сб. Вопросы охраны и крепления горных выработок // Научн. труды Донецкого научно-исследовательского угольного института. – 1968. – Вып. № 41. – С. 3-25.

2. Повышение устойчивости подготовительных выработок угольных шахт / И.Ю. Заславский, В.Ф. Компанец, А.Г. Файвышенко, В.М. Клещенко. – М.: Недра. – 1991. – 235 с.

3. Диманштейн А.С., Поташников В.А., Волков Н.Н., Лисичкин В.Г. Закономерности развития смещений пород в выемочных выработках // Горный вестник. – 1999. – № 2-3. – С. 48-53.

4. Выборнова С.Н. Анализ влияния горнотехнических факторов на состояние выемочных выработок методом конечных элементов // Прогрессивная технология, комплексная механизация и автоматизация проведения горных выработок: Научн. сообщ., - М.: ИГД им. А.А. Скочинского, - 1984. – С. 77-83.