Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени Горного института том XXV, выпуск I, 1951 г.

К ВОПРОСУ О РАБОТАХ С ЗАКЛАДКОЙ ВЫРАБОТАННОГО ПРОСТРАНСТВА В ПРОКОПЬЕВСКО-КИСЕЛЕВСКОМ РАЙОНЕ КУЗНЕЦКОГО БАССЕЙНА

Проф. *В. И. Геронтьев*

Вопрос о рациональности и необходимости вести разработку мощных крутопадающих пластов склонного к самовозгоранию угля с закладкой выработанного пространства пустой породой в настоящее время следует считать окончательно решенным.

В связи с этим серьезное значение приобретает выбор способа выполнения закладочных работ. Правильный выбор способа выполнения закладочных работ обеспечит получение устойчивого закладочного массива, что увеличит безопасность работы и позволит вести выемку угля без оставления целиков и связанных с этим потерь угля.

Выбор способа выполнения закладочных работ определяется двумя основными факторами: *а)* применяемыми системами разработки и *б)* характером и свойствами закладочных материалов, которые могут быть получены в каждом отдельном случае. Понятно, что при выборе необходимо рассматривать специфику каждого вида закладочных работ.

Самотечная закладка

При самотечной закладке пустая порода поступает в закладываемую полосу под действием собственного веса. Уплотнение закладочного массива в начальной стадии в весьма незначительной степени происходит за счет кинетической энергии падающих или скатывающихся кусков закладочного материала, в дальнейшем — и это является основным фактором — за счет веса вышележащих частей массива закладки. Величина получающегося при этом давления относительно незначительна [1]. Поэтому, чтобы при самотечной закладке получить достаточно плотный и устойчивый массив, необходимо применять такую закладочную шихту, которая имеет относительно высокую начальную плотность, т. е. небольшую пористость.

При самотечной закладке: 1) при прочих равных условиях плотность получающегося массива неравномерна по высоте закладываемой полосы: в верхней части полосы плотность может оказаться совершенно недостаточной; 2) подбучивание верхней части закладываемой полосы нельзя произвести простым насыпанием материала; 3) так как уплотнение под действием веса вышележащих слоев происходит обычно в течение довольно длительного периода времени и связано с уменьшением объема, неизбежно оползание массива, что в той или иной степени отражается на работах в смежном разрабатываемом слое; 4) при рыхлом закладочном материале, не склонном к слеживанию или приобретающем пластические свойства под действием влаги, возможно значительное давление на перемычки, отшивку, настил и т. п., причем это давление может резко возрасти при образовании в массиве свода или при начавшемся

смещении боковых пород и вызвать прорыв закладочного материала в рабочие участки шахты; 5) в связи с длительностью процесса усадки массива оползание нарастает по мере увеличения числа слоев и в результате может оказаться весьма значительным.

На основании сказанного определяются следующие выводы.

1. При самотечной закладке нельзя пользоваться любым закладочным материалом. Для достижения хороших результатов — получения плотного, устойчивого закладочного массива — необходимо применять закладочный материал такого гранулометрического состава, при котором объем пустот был бы минимальным. Основой закладочной шихты должен быть скелет из кусков твердых пород. Это обеспечит устойчивость массива при давлении и устранит опасность выдавливания закладочного материала в рабочие участки шахты. Поры между кусками должны быть заполнены мелким материалом, причем в состав шихты должна входить в небольших количествах глина, что даст лучшую слеживаемость материала, бо́льшую плотность и устойчивость массива. Содержание глинистых компонентов в шихте не должно превышать 10—12%. Увеличение количества глины недопустимо, так как оно влечет за собой затруднения при транспортировании закладочного материала с поверхности к месту работы, а при наличии в забое влаги шихта становится излишне подвижной и начинается усиленное сползание массива и, главное, усиленное давление массива на отшивку перемычки.

2. Область применения самотечной закладки ограничена, с одной стороны, мощностью разрабатываемого пласта (при слоевой выемке), а с другой — углом падения пласта или наклона слоя. Установить какую-либо общую границу для всех случаев, конечно, невозможно. Чаще всего число слоев при самотечной закладке принимают не свыше трех, чем определяется и предельная мощность пласта. При очень хорошем подборе закладочного материала и при выемке слоев в нисходящем порядке число слоев может быть увеличено. Минимальный угол падения пласта или наклона слоя около 40°; при меньших углах в процессе усадки массива происходит образование щели между закладкой и вышележащим слоем.

Необходимо отметить, что при углах падения меньше 50° самотечная закладка часто дает совершенно неудовлетворительные результаты вследствие недостаточного уплотнения. Максимальный угол зависит от принятого способа выемки: при выемке угля наклонными слоями в восходящем порядке максимальный угол достигает 60—65°; при выемке наклонными слоями в нисходящем порядке максимальный угол около 80° и при выемке во всю мощность (длинными столбами по простиранию) максимальный угол не ограничивается.

3. При самотечной закладке следует или производить выемку слоев разновременно с таким расчетом, чтобы до начала работ в следующем слое процесс усадки закладки в предыдущем слое в основном уже закончился, или же при одновременной выемке слоев допускать минимальное опережение, чтобы усадка закладочного массива не осложняла работ в смежном слое.

4. Подбучивание верхней части закладываемой полосы с применением, например, метательной закладки, при самотечной закладке является совершенно неизбежным.

5. В сухих шахтах и забоях при наличии в составе шихты небольших количеств глины рационально в процессе укладки поливать закладочный массив водою; тогда уплотнение массива значительно увеличится за счет действия капиллярных сил.

Гидравлическая закладка

При гидравлической закладке выработанного пространства необходимо рассматривать совместно два самостоятельных процесса: транспортирование закладочного материала к месту работ по трубам в струе воды и уплотнение закладочного массива. С точки зрения гидравлического транспортирования по трубам наилучшие результаты получаются при мелком, рыхлом закладочном материале, легко образующем с водою подвижную пульпу. Однако вполне возможно транспортирование по трубам и кусковатых материалов с размерами кусков до 80—100 *мм*. В последнем случае значительно увеличивается количество необходимой для транспортирования воды и повышается износ труб.

Процесс уплотнения закладочного материала при гидравлической закладке довольно сложен. Закладочный материал подается в заполняемую полосу в смеси с водой в виде пульпы. Уплотнение и уменьшение объема начинается с отдачи избыточной, необходимой только для транспортирования материала, воды. Необходимо, чтобы этот процесс происходил возможно быстрее, иначе операцию подачи пульпы в закладываемую полосу приходится повторять несколько раз, что чрезвычайно осложняет работу. Собственно уплотнение закладочного массива происходит при этом вследствие того, что частицы закладочной шихты имеют в это время большую подвижность, мелкие частицы легко проникают в пустоты между более крупными кусками, вследствие чего уменьшается объем пор и коэфициент пористости. Кроме того, при этом на шихту действует еще и гидродинамическое давление, которое для одного и того же закладочного материала тем больше, чем выше значение гидравлического градиента и чем больше скорость фильтрации.

Необходимо отметить, что при больших скоростях движения воды возникает опасность усиленного выноса из массива мелких частиц шихты и увеличения за счет этого объема пор и коэфициента пористости. Процесс уплотнения этим не заканчивается. После стока излишней воды начинается дальнейшее уплотнение закладочного массива за счет действия капиллярных сил.

Таким образом, хорошее уплотнение закладочного массива при гидравлической закладке происходит тогда, когда закладочная шихта легко и быстро отдает воду (причем должны быть приняты меры против выноса водой из шихты мелких фракций), состоит в основном из мелких частиц и, наконец, пористость шихты и размеры пор после стока воды минимальны, так как при значительных расстояниях между частицами действие капиллярных сил исключается. Если эти условия не соблюдены, то и при гидравлической закладке плотность и устойчивость закладочного массива окажутся совершенно недостаточными.

Основными достоинствами гидравлической закладки, как известно, являются следующие:

1. Значительная плотность закладочного массива и хорошая его устойчивость. При соответствующем подборе закладочного материала последующая усадка составляет около 5—8%.

2. При правильном подборе закладочного материала — непроницаемость массива для воды и воздуха, что делает гидравлическую закладку особенно ценной при необходимости изолировать отдельные шахтные участки, в частности, при борьбе с подземными пожарами или проведении мероприятий по их предупреждению.

3. Упрощение организации подземного транспорта, так как закладочный материал транспортируется к месту работ по трубам.

4. Простота выполнения собственно закладочных работ: все обслуживание закладочной операции в забое ограничивается возведением перемычек и укорачиванием или удлинением по мере надобности закладочного трубопровода.

Основные недостатки гидравлической закладки следующие:

1. Введение в подземные выработки значительных количеств воды, что осложняет работы в шахте, вызывает увеличение расходов на водоотлив и часто заставляет увеличивать мощность водоотливных установок.

2. Необходимость тщательного устройства фильтрующих перемычек, иначе неизбежен вынос с водою из заполняемой полосы не только мелких фракций закладочной шихты, но и оставшейся в забое мелочи.

3. Отработанная закладочная вода обычно содержит значительные количества взвешенных породных частиц (что имеет место и при наличии фильтрующих перемычек), из-за чего быстро засоряются водоотводные канавки, загрязняются откаточные выработки, возникает необходимость иметь в шахте специальные осветлительные устройства и часто производить работы по чистке как водоотводных канавок и выработок, так и указанных выше осветлительных устройств.

4. При плохой отдаче воды (не всегда возможно подобрать шихту, легко отдающую воду) закладочную операцию приходится вести в несколько приемов, что осложняет организацию работ.

5. При некоторых системах разработки (например, разработке горизонтальными слоями) встречаются непреодолимые затруднения в подаче закладочного материала под кровлю слоя.

6. При легко подвижной пульпе и плохой отдаче воды давление на отшивку боковой перемычки может быть весьма значительным, что вызывает необходимость в ряде случаев применять особо усиленные конструкции таких перемычек.

7. Необходимо вести особенно тщательное наблюдение за состоянием трубопровода и перемычек, так как всякий прорыв пульпы в выработки является серьезной аварией, требующей для ликвидации значительного времени и затраты рабочей силы.

8. Далеко не всегда можно производить закладочные операции одновременно с выемкой угля; в связи с этим применение гидравлической закладки часто вызывает простой очистных забоев, что снижает цикличность, а при сохранении нормальной добычи шахты ведет к увеличению разбросанности работ.

9. Применение гидравлической закладки связано с довольно значительными первоначальными затратами (трубопровод, смесительные устройства, водное хозяйство на поверхности, усиление шахтного водоотлива, осветлительные устройства и т. п.).

10. При гидравлической закладке довольно велики эксплоатационные расходы. Характерно, что стоимость закладочных работ, экспериментально проводившихся в 1939—40 г., оказалась при пневматической закладке в Кузнецком бассейне ниже, чем при гидравлической закладке на медноколчеданных рудниках Урала.

Метательная закладка

При метательной закладке куски закладочного материала забрасываются в выработанное пространство с некоторой начальной скоростью, которая не должна зависеть от их формы, размеров и веса. В дальнейшем, под действием сопротивления воздуха, происходит рассеива-

ние: более мелкие и легкие частицы раньше теряют свою скорость и падают ближе; более тяжелые куски летят дальше. Таким образом, тяжелые куски встречают на своем пути стенку или кучу закладочного материала. При этом происходит внедрение этих кусков в массу более мелких частиц и за счет этого — уплотнение массива.

Отсюда ясно, что при метательной закладке для получения достаточно плотного и устойчивого массива необходимо: *а)* наличие в шихте наряду с мелочью достаточного количества породы в крупных кусках и *б)* прямое действие струи закладочного материала на стенку массива закладки.

Плотность закладочного массива при метательной закладке, в первую очередь, определяется составом закладочной шихты. Оптимальная шихта должна содержать и крупные куски породы (до 50—70 и более *мм*) и мелочь. Небольшое количество глины в шихте не только допустимо, но и желательно. При недостатке или отсутствии в шихте крупных кусков резко уменьшается плотность и устойчивость закладочного массива.

Чрезвычайно важное значение для уплотнения закладочного массива имеет скорость метания. Исследования показывают, что давление, развиваемое кусками породы в момент внедрения примерно пропорционально скорости метания, если, конечно, на пути движения куска не происходит значительного снижения скорости. Для хорошего уплотнения скорость метания должна быть примерно 12—20 *м/сек*. Уплотнение закладочного массива при метательной закладке происходит лишь в том случае, если все куски закладочной шихты в начальный момент свободного полета имеют одинаковую скорость движения. Если это условие не соблюдается, тяжелые и более крупные куски падают, как правило, раньше, чем мелочь. Уплотнения закладочного массива при этом происходить не может.

Метательная закладка осуществляется пневматическими или механическими закладочными машинами (пневматическая или механическая закладка).

Пневматическая закладка

При пневматической закладке выработанного пространства закладочная шихта от установленной в подземных выработках (обычно вне выемочного участка) закладочной машины транспортируется по трубам до забоя в струе сжатого воздуха. Скорость движения воздушной струи при этом значительна; несколько меньше, но также довольно значительна и скорость движения материала, а следовательно, и скорость метания. Так как куски закладочного материала находятся под действием воздушной струи в течение длительного периода времени, то все куски, независимо от их формы, размеров и веса, имеют одинаковую скорость метания. Траектория движения кусков при свободном полете представляет собой вытянутую параболу, т. к. и после вылета кусков из выхлопной трубы на них в течение некоторого времени действует факел воздушной струи. Высокая скорость движения кусков материала в момент вылета из выхлопной трубы при работах для направления струи закладочного материала в различные точки массива позволяет пользоваться отражателем, что, безусловно, несколько снижает фактическую скорость метания.

Основные достоинства пневматической закладки заключаются: *а)* в значительной плотности получающегося массива: усадка составляет 12—15%, а при хорошем подборе закладочной шихты и правиль-

ном ведении процесса — даже 8—10%; *б)* в устойчивости закладочного массива, который при хорошей работе может стоять даже отвесной стенкой; *в)* в возможности вести работы по закладке одновременно с работами по выемке угля; *г)* в высокой производительности закладочных установок, достигающей 60—70 *м*³/*час*; *д)* в доставке закладочного материала на значительную часть пути, в частности, в пределах выемочного участка, по трубам; *е)* в легкости маневрирования и простоте обслуживания процесса возведения закладки.

Недостатками пневматической закладки являются: *а)* высокая первоначальная стоимость закладочного и силового оборудования; *б)* пылеобразование в забое, вызывающее необходимость в целях улучшения условий работы и снижения зольности угля применять специальные защитные перемычки или смачивать выбрасываемый из выхлопной трубы материал водою, вводя ее под давлением в закладочный трубопровод после последнего колена на расстоянии 20—30 *м* от конца трубопровода (введение в трубопровод воды в количестве, примерно 5% по объему от количества закладочного материала способствует увеличению плотности и устойчивости закладочного массива); *в)* довольно высокий износ закладочных машин и трубопровода (особенно в коленах и закруглениях); *г)* высокая стоимость и значительный расход энергии.

Обычно основным недостатком пневматической закладки считается высокая себестоимость, однако при проведении соответствующих мероприятий пневматическая закладка может оказаться дешевле гидравлической и механической.

Мероприятиями, снижающими себестоимость пневматической закладки, являются следующие.

1. Применение более простых и более дешевых закладочных машин, с незначительными габаритными размерами, при которых установка закладочных машин не требует проведения специальных выработок.

2. Правильный подбор закладочной шихты с минимальным, необходимым по характеру процесса уплотнения, содержанием мелочи т. к. увеличение содержания мелочи ведет к снижению производительности закладочной установки и к повышению удельного расхода воздуха.

3. Применение для трубопровода износоустойчивых труб. Как показывает практика, наиболее устойчивыми являются трубы, футерованные резиной или плавленным базальтом.

4. Уменьшение расхода сжатого воздуха за счет снижения утечек при применении более совершенных конструкций закладочных машин за счет уменьшения числа колен и уменьшения расстояния транспортирования закладочного материала по трубам, а также за счет подачи в трубопровод воздуха вполне определенного, необходимого по условиям транспортирования, давления.

Необходимо иметь в виду, что при пневматической закладке очень часто имеет место искрение вследствие ударов кусков закладочного материала о металлические предметы или вследствие зарядки сопла закладочного трубопровода статическим электричеством. Вопрос об опасности взрыва газа и пыли от таких искр окончательно не выяснен. Возможно, что степень опасности невелика. Все же необходимо заземлять сопло закладочного трубопровода и избегать при работе направления струи закладочного материала на какие-либо металлические предметы.

Механическая закладка

При механической закладке выработанного пространства подача закладочного материала непосредственно к закладываемой полосе производится обычными шахтными транспортными устройствами, закладочная же машина служит только для метания материала. Чтобы оценить возможности применения метательных закладочных машин и установить область их применения, необходимо рассмотреть весь комплекс работ по закладке выработанного пространства метательными закладочными машинами.

Назначение метательной закладочной машины производить забрасывание материала в закладываемую полосу. Плотность закладочного массива при этом (если правильно подобрана закладочная шихта) зависит, прежде всего, от скорости движения кусков в момент удара. При незначительном расстоянии метания для крупных кусков, производящих уплотняющее действие, величину этой скорости можно считать близкой к начальной скорости метания.

Как это видно из предыдущего, скорость метания при работе машины должна быть не менее 12 *м/сек*. Крупные куски закладочной шихты должны встречать на своем пути кучу или стенку массива, образованного более мелкими фракциями. Следовательно, мелочь должна падать ближе к машине, что и происходит при правильном рассеивании струи под действием сопротивления воздуха.

Для обеспечения правильного рассеивания необходимо, чтобы в момент начала свободного полета все куски закладочной шихты, независимо от их формы, размеров и веса, имели одинаковую скорость движения. Наиболее правильное рассеивание получается при работе метательных машин с гладкой лентой, если только к моменту начала свободного полета уже устранено относительное движение кусков закладочного материала по ленте. И теоретические исследования и практические данные показывают, что легче всего это достигается при применении закладочных машин с изогнутой лентой (например, машин типа МЗ-1). Применение лент с поперечными ребрами и метательных барабанов, естественно, вызывает увеличение рассеивания.

Совершенно неудовлетворительные результаты получаются при работе дисковых и кулачно-дисковых машин, т. к. при их работе куски закладочного материала получают различные и даже случайные скорости движения в момент начала свободного полета.

Метательная закладочная машина должна обеспечивать необходимую дальность метания материала и возможность забрасывания его под кровлю пласта или слоя, а также прямое действие струи материала на закладочный массив. Дальность метания и высота траектории зависят от начальной скорости свободного полета кусков закладочного материала и от угла метания. Для обеспечения прямого действия струи материала на массив необходимо, чтобы конструкция машины допускала возможность изменения угла метания.

При работе метательных закладочных машин исключительно важное значение имеет обслуживание машины, т. е. подача к машине закладочного материала и перестановки машины. С одной установки метательная закладочная машина обеспечивает закладку только очень небольшого участка выработанного пространства. Обычно дальность метания под кровлю не превышает 6—8 *м*, а ширина активной части струи закладочного материала — 1,0—1,2 *м*. В связи с этим метательные закладочные машины работают непосредственно в забое. Во

время их работы совершенно неизбежны передвижки машины вдоль закладываемой полосы (при значительной длине закладываемых полос) и перестановки машины, при переходе работ из одной полосы в другую в положение параллельное первоначальному. Подача закладочного материала к работающим в забое закладочным машинам производится с помощью устанавливаемых в пределах выемочного участка породных конвейеров. Комплекс установки конвейер — закладочная машина должен быть таким, чтобы всякого рода передвижки и перестановки машины были наименее трудоемкими. Обычно перестановка закладочной машины особых затруднений не вызывает. Гораздо более сложными являются работы по укорачиванию-удлинению питающего конвейера.

Перечисленные операции могут быть значительно облегчены при снабжении машины монтированным с ней на общей плите питателем. Таким питателем может служить перегружатель специальной конструкции с удлиненной нижней частью, подводимой при работе под разгрузочную головку породного конвейера. Необходимо в дальнейшем обеспечить выпуск метательных закладочных машин, снабженных питателями.

К основным достоинствам механической закладки относятся: *а)* относительно низкая первоначальная стоимость применяемого оборудования; *б)* незначительный расход и низкая стоимость энергии; *в)* удовлетворительные результаты работ при правильном подборе закладочного материала и при правильной организации работ.

Недостатки механической закладки: *а)* сложность и более высокая трудоемкость работ по обслуживанию процесса; более низкая по сравнению с пневматической закладкой производительность; *б)* сложность транспортирования закладочного материала к машинам; *в)* высокие эксплоатационные расходы в связи со сложностью обслуживания машины и транспортных устройств; *г)* ограниченная область применения.

Системы разработки с закладкой выработанного пространства

Приведенная характеристика различных методов работ по возведению закладочного массива дает возможность перейти к выявлению, с одной стороны, возможных, а затем и наиболее эффективных методов закладки выработанного пространства в условиях Прокопьевско-Киселевского района.

При разработке мощных крутопадающих пластов в районе основными системами разработки приходится считать: *а)* систему разработки наклонными слоями; *б)* горизонтальными слоями; *в)* полосами во всю мощность пласта как по падению пласта со щитом, так и по восстанию пласта с применением металлического полка. В задачи статьи не входит оценка этих систем и выявление условий их применения.

При системе разработки наклонными слоями закладываемая полоса представляет собой прямоугольную наклонную призму, длинная ось которой параллельна линии падения пласта. Размеры поперечного сечения призмы определяются толщиною разрабатываемого слоя и шагом закладки. Гранями призмы служат подошва и кровля слоя, стенка массива смежной уже заложенной полосы и отшивка перемычки, отделяющей закладываемую полосу от рабочего пространства забоя. Подача закладочного материала в этом случае может производиться только сверху, чем в значительной степени и определяется выбор метода производства закладочных работ.

Совершенно очевидно, что применение самотечной закладки выработанного пространства при разработке угольных пластов наклонными

слоями может дать вполне удовлетворительные результаты при правильном подборе закладочной шихты и при соблюдении тех требований, условий и ограничений, о которых было сказано выше. Подбучивание верхней части закладываемой полосы метательными закладочными машинами при самотечной закладке совершенно необходимо. Кроме того, как правило, при системе разработки наклонными слоями этаж приходится разделять на 2—4 подэтажа, причем нижние этажи вынимаются относительно верхних с опережением на 18—24 *м*. Транспортировка закладочного материала в нижние подэтажи вызывает некоторые затруднения.

Если соответствующим образом подобрана закладочная шихта и обеспечен оптимальный режим работы, применение гидравлической закладки при разработке пластов наклонными слоями может обеспечить получение наиболее плотного и устойчивого массива.

Однако указанные выше недостатки гидравлической закладки сохраняются, причем наиболее сказываются на ходе работы следующие: *а)* весьма значительное, близкое к гидростатическому, давление на отшивку, что вызывает необходимость применять усиленные конструкции перемычек, иногда даже загромождающие рабочее пространство забоя; *б)* неблагоприятное воздействие воды на уголь пласта и на боковые породы; *в)* повышенная скорость движения вытекающих из-за перемычки струй воды, уносящих с собой не только наиболее мелкие и тонкие частицы закладочной шихты, но и мелкий уголь, что ведет к увеличению отлагающегося в водоотводных канавках и водосборниках шлама.

Значительный вынос мелочи из закладочного массива крайне нежелателен, так как при этом снижается способность массива к уплотнению. Применение же фильтрующих перемычек, пропускающих воду и задерживающих породную мелочь, с одной стороны затруднено на крутопадающих пластах, а с другой — чрезмерно замедляет сток воды и весь ход процесса заполнения породой закладываемой полосы.

Хорошие результаты при пневматической закладке выработанного пространства могут быть получены лишь при правильном подборе состава закладочной шихты и прямом воздействии струи материала на закладочный массив.

Первое требование является общим и безусловно выполнимым, второе может вызвать (в условиях разработки наклонными слоями) некоторые затруднения. Эти затруднения зависят от размеров площади сечения закладываемой полосы и, в первую очередь, от шага закладки. При небольшом шаге закладки применение отражателя может обеспечить активное действие струи закладочного материала на всю площадь массива. При увеличенном шаге закладки приходится переносить в забое закладочный трубопровод.

В отдельных случаях можно упростить ход работ, применяя, если можно так сказать, «полосовую закладку». Активное действие струи, а следовательно, и максимальное уплотнение обеспечивается только в части массива, непосредственно примыкающей к перемычке. В остальную часть закладываемой полосы производится только забрасывание материала, причем плотность массива будет, примерно, такой же, как и при самотечной закладке. Такие результаты в ряде случаев могут оказаться вполне достаточными.

Применение механической закладки в качестве самостоятельного вида при наклонных слоях на крутом падении следует считать исключенным, так как в этом случае крайне затруднены будут и подача за-

кладочного материала к машине и все операции по перестановке машины. Механическая закладка может и должна найти применение лишь в сочетании с самотечной для подбучивания верхней части закладываемой полосы.

При системе разработки горизонтальными слоями закладываемая полоса также представляет собой прямоугольную призму, длинная ось которой горизонтальна и параллельна подошве слоя. В отличие от условий работы при наклонных слоях в данном случае подача материала в закладываемую полосу может производиться как с торцовой стороны такой призмы, так и со стороны ребра, обращенного к груди забоя. В последнем случае отшивка закладываемой полосы со стороны забоя может производиться и не на всю мощность разрабатываемого слоя.

Вполне понятно, что при разработке угольного пласта горизонтальными слоями совершенно исключена возможность применения самотечной закладки. Известны единичные случаи применения при горизонтальных слоях гидравлической закладки. Однако при этом не достигалось хороших результатов работы. Если учесть основные особенности гидравлической закладки, применение ее при разработке пластов горизонтальными слоями не может быть рекомендовано.

Таким образом, при разработке пластов горизонтальными слоями основным видом закладки выработанного пространства следует считать закладку метательную, причем и пневматическая и механическая закладка может дать вполне удовлетворительные, с точки зрения плотности и устойчивости закладочного массива, результаты. Выбор между этими двумя методами производства закладочных работ может быть сделан на основании анализа местных условий с учетом технико-экономических показателей.

При выемке угольного пласта во всю мощность полосами по падению со щитом и с закладкой основным и, пожалуй, единственным видом закладочных работ является закладка самотечная. В этом случае к закладке приходится предъявлять несколько своеобразные требования. Закладочный материал должен поступать в выработанное пространство над щитом и по мере подвигания щита опускаться под действием собственного веса, в то же время новые порции закладочного материала должны вновь подаваться в закладываемую полосу.

Таким образом, место подачи закладочного материала все время остается постоянным и этот материал должен сохранить в массиве подвижность до конца отработки полосы на всю высоту разрабатываемого этажа. Следовательно, в данном случае мы имеем неуправляемый спуск закладочного материала под действием собственного веса, всем массивом, следом за подвиганием щита, что не исключает возможности возникновения различных осложнений и затруднений. В частности, остающийся рыхлым в процессе работы закладочный материал не может поддерживать боковые породы пласта и в лучшем случае смягчает последствия их сдвижения и даже обрушения. Однако начавшийся процесс смещения боковых пород может вызвать зажим закладочного материала и прекращение его опускания следом за подвиганием щита. Ряд затруднений может возникнуть также и при демонтаже щита под рыхлым, неслежавшимся столбом закладочного материала.

Не отрицая возможности и рациональности проведения опытных работ по применению системы разработки полосами по падению со щитом и закладкой (в частности по последнему предложению проф. Н. А. Чинакал), автор все же считает необходимым проведение ряда

исследований для выявления методов устранения могущих возникнуть при этом осложнений и затруднений.

При выемке угольного пласта во всю мощность полосами по восстанию с полком и с закладкой (система ВУГИ) [1] условия возведения закладочного массива несколько сходны с условиями при системе разработки наклонными слоями. Особенностями ее являются: *а)* большая площадь закладываемой полосы; *б)* иная форма сечения полосы (если при разработке наклонными слоями сечение призмы представляет собой вытянутый прямоугольник, то в данном случае сечение близко к квадрату); *в)* отсутствие в закладываемой полосе стоек крепления; *г)* возведение закладочного массива постепенно в ряд приемов в течение относительно длительного периода времени; *д)* подача закладочного материала в закладываемую полосу через буровую скважину, расположенную у кровли пласта; *е)* необходимость сразу же после подачи закладочного материала опускать на получившийся массив полок для возможности начать дальнейшие работы по выемке угля.

Анализ условий работ привел авторов системы к совершенно правильному выводу о том, что наиболее удобной в данном случае является подача закладочного материала под полок гидравлическим способом в виде пульпы, что и осуществляется при опытных работах по внедрению системы. Однако при имеющемся на шахтах закладочном материале (о чем будет сказано ниже) и при крутом падении разрабатываемых пластов, вследствие почти полного выноса из закладочного массива мелочи, невозможно получить и при гидравлической закладке плотный и устойчивый закладочный массив, в связи с чем выемка без оставления целиков между полосами едва ли будет возможна.

Влияние характера и свойств закладочного материала

Выбор метода производства закладочных работ, кроме рассмотренного выше фактора систем разработки, определяется также характером и свойствами закладочного материала. Одним из основных требований, предъявляемых к закладке выработанного пространства, является требование минимальной себестоимости. Так как стоимость закладочного материала является одним из основных составляющих стоимости закладки, то приходится весьма осторожно говорить о возможности использования дальнепривозного материала и базироваться на местные материалы.

Местными закладочными материалами могут быть: *а)* порода из старых отвалов, с сортировок, моек и выдаваемая из шахты с работ по проведению и раскреплению подземных выработок (если эти материалы не содержат горючих компонентов); *б)* порода свежей добычи из специальных закладочных карьеров. Первый источник обеспечивает получение наиболее дешевого закладочного материала, но эти ресурсы в условиях разработки мощных угольных пластов обычно совершенно недостаточны для того, чтобы на них базировать какое-либо более или менее крупное закладочное хозяйство.

Карьеры Прокопьевско-Киселевского района могут дать: *а)* глину в достаточно больших количествах; *б)* горелики в относительно ограниченных количествах; *в)* коренные породы (аргиллиты, алевролиты, песчаники и т. п.) в количествах, практически не ограниченных.

Наиболее доступной и легко добываемой является глина, но применение глины в качестве основного закладочного материала недопу-

[1] Всесоюзный научно-исследовательский угольный институт.

стимо. Правда, глина легко и быстро слеживается и дает плотный водо- и воздухонепроницаемый массив. Но спуск глины в подземные выработки, ее транспортирование к месту работ и самый процесс возведения закладочного массива очень трудны. Во всякого рода бункерах и желобах глина быстро слеживается, что ведет к крайне сложным процессам разгрузки. При наличии влаги в шихте или при подаче влажной из-за атмосферных условий глины на ленту в зимнее время происходит обмерзание, а в летнее — обволакивание глиной ленты, роликов и барабанов конвейера. Это приводит к расстройству всего транспортирования закладочного материала.

Процесс закладки глиной крайне сложен при любых методах его выполнения. Всевозможные методы закладки прессованными глиняными шарами на практике себя не оправдали. Глина легко уплотняется в выработанном пространстве, но получающийся массив сохраняет пластические свойства и при последующем смещении боковых пород глина может быть выжата из выработанного пространства в рабочие участки шахты. Кроме того, в сырых забоях под действием воды глина приобретает свойства текучести, что приводит к значительным давлениям на перемычки и крайне осложняет работы по выемке смежных слоев.

Однако глина обладает и положительными качествами: способностью в смеси с твердыми и кусковатыми породами давать плотный, устойчивый массив в тех случаях, когда основой закладочной шихты является кусковатый материал, а глина служит лишь в качестве связующего. Это свойство глины следует использовать введением в шихту небольших (не свыше 10—12%) количеств глинистых компонентов.

Горелики нельзя признать хорошим закладочным материалом. Они содержат много пылевидной мелочи, которая в сухом состоянии дает значительное пылеобразование, а во влажном осложняет транспортирование закладочного материала. При гидравлической закладке она в виде тонкого шлама вымывается из закладочного массива отработанной водой. Хотя горелики и дают значительную усадку (что уже является весьма существенным их недостатком), плотного и устойчивого массива из них не получается, так как имеющаяся в их составе мелочь не является связующим материалом. Кроме того, распространение гореликов не обеспечивает возможности развития на них крупного карьерного хозяйства, что является обязательным условием получения дешевого закладочного материала.

Хороший закладочный материал может быть получен из крупных карьеров, разрабатывающих коренные горные породы. Следует только с некоторой осторожностью относиться к базированию закладочной шихты на мягких аргиллитах и глинистых сланцах. При некоторых видах транспортирования (например, при транспортировании по трубам) такие породы быстро деградируют и значительная часть их превращается в мелочь. В связи с этим закладочная шихта уже перестает удовлетворять тем требованиям, которые к ней предъявляются при принятом методе закладки выработанного пространства. Добытая в карьерах порода должна до спуска в шахту пройти стадию подготовки, заключающуюся в дроблении, грохочении и шихтовании. Для получения хороших результатов работы при любом механизированном методе производства закладочных работ следует дробить породу до кусков размером 40—60 и в крайнем случае 80 *мм* в поперечнике.

Целью шихтования является получение оптимальных шихт, применение которых обеспечит минимальную усадку (даже при последующем сжатии вследствие оседания боковых пород) и максимальную устойчи-

вость закладочного массива. Минимальную усадку имеют те шихты, коэфициент пористости которых предельно мал. Такую шихту можно составить соответствующим подбором как размеров зерен входящих в шихту компонентов, так и их количественных соотношений. Устойчивость массива увеличивается при введении в состав шихты глины, причем введение в шихту небольших количеств глины не изменяет пористости шихты, увеличение же количества глины ведет и к увеличению пористости. Необходимо отметить, что вопрос об оптимальных шихтах еще нуждается в дополнительных исследованиях.

Закладочные шихты, составленные на основе дробленых коренных пород и, следовательно, кусковатого материала, приходится считать наиболее пригодными и рациональными при самотечной и метательной закладке выработанного пространства и наименее пригодными при гидравлической закладке. Правда, при небольших количествах глины такая шихта относительно легко отдает воду, но на крутом падении вместе с водой интенсивно выносятся в виде шлама наиболее мелкие частицы породы, в том числе и глина, вследствие чего массив теряет достаточную плотность и устойчивость. Если увеличивать количество вводимой в состав шихты глины, крайне замедлится отдача воды, что осложняет весь процесс и замедляет темпы выполнения закладочных работ. Следствием этого является отставание работ по закладке от работ по выемке угля. С такой шихтой при гидравлической закладке нельзя получить плотного, устойчивого закладочного массива, так как гидродинамические силы, возникающие при движении воды в закладочном массиве, совершенно недостаточны для воздействия на крупные куски закладочного материала, а при крупных порах капиллярные силы, являющиеся основным фактором уплотнения закладочного массива, действовать не могут.

Высказанные выше положения полностью подтверждаются опытами ВУГИ в Кузнецком бассейне [2, 3], когда при выемке угля во всю мощность пласта полосами по восстанию с полком и гидравлической закладкой (при относительно длительных разрывах во времени между выемкой соответствующих частей смежных полос), закладочный массив приходится удерживать от обрушения в работы смежной полосы оставляемыми между полосами целиками угля довольно значительной толщины. Попытки удерживать этот массив от обрушения металлическими сетками не дали положительных результатов. Кроме того, применение такой шихты при гидравлической закладке ведет к интенсивному износу трубопровода, требует для транспортирования по трубам значительных количеств воды, вызывает резкое уменьшение радиуса действия закладочной установки и т. д.

Наилучшим закладочным материалом при гидравлической закладке является песок, содержащий незначительные количества глины и дробленой породы. Но в Кузнецком бассейне залежей песка вблизи шахт не найдено.

Выводы

1. Основным закладочным материалом в условиях Прокопьевско-Киселевского бассейна следует считать шихту, составленную на базе кускового дробленого материала, полученного из крупных карьеров, заложенных на коренных породах (аргиллиты, алевролиты, песчаники и т. п.). Состав шихты по гранулометрической характеристике и количественным соотношениям входящих в нее компонентов должен удов-

летворять общим требованиям оптимальных шихт, т. е. иметь по возможности минимальную пористость. Введение в состав шихты глинистых компонентов не только возможно, но и желательно, однако количество глины не должно превышать 10—12%. Вопрос об оптимальных шихтах нуждается в дополнительных исследованиях применительно к местным конкретным условиям.

2. При закладочной шихте, основой которой являются дробленые коренные породы, основными методами производства закладочных работ следует считать только закладку самотечную и метательную.

3. При разработке мощных крутопадающих угольных пластов наклонными слоями следует, прежде всего, применять закладку самотечную, как наиболее простую и дешевую. Верхняя часть закладываемой полосы при этом должна подбучиваться механическими метательными закладочными машинами. Самотечная закладка при правильном подборе закладочной шихты может дать вполне удовлетворительные результаты. Применение при наклонных слоях пневматической закладки следует считать вполне рациональным. Применение хорошо организованной пневматической закладки очевидно позволит расширить область применения наклонных слоев и даст возможность перейти к выемке наклонных слоев в нисходящем порядке.

4. Основным видом закладки при разработке мощных крутопадающих пластов горизонтальными слоями следует считать метательную закладку пневматическими закладочными машинами. Закладка механическими машинами может найти применение лишь в отдельных частных случаях при небольшом объеме работ и при простой схеме транспортирования в пределах выемочного участка. Необходимо однако отметить, что дальнейшее совершенствование конструкций механических закладочных машин в направлении упрощения всех операций по их обслуживанию может привести к расширению области их применения.

5. При выемке пласта во всю мощность полосами по падению со щитом и с закладкой единственным вероятным видом закладки может быть закладка самотечная. Необходимы однако специальные исследования для выяснения вопросов подбора закладочной шихты и поведения закладочного массива во время работ над щитом.

6. Гидравлическую закладку выработанного пространства в условиях Прокопьевско-Киселевского района нельзя считать перспективной в основном из-за отсутствия соответствующего закладочного материала. По этой же причине едва ли можно считать перспективной и систему разработки полосами по восстанию с полком и гидравлической закладкой.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. И. Геронтьев, Методы закладки выработанного пространства, Углетехиздат, 1948.
2. В. К. Бучнев, Г. А. Нурок, Гидромеханизация закладочных работ в условиях Кузнецкого бассейна, Механизация трудоемких и тяжелых работ, 1948, № 9.
3. В. К. Бучнев, Г. А. Нурок, А. В. Волькенау, Разработка мощных пластов Кузбасса наклонного и крутого падения системой ВУГИ — полосами по восстанию с полком и гидравлической закладкой, Уголь, 1949, № 9.