УДК 622. 831.75.03

В.П.ЗУБОВ
Горный факультет, профессор кафедры разработки месторождений подземным способом
С.В.ВАСИЛЬЕВ
Горный факультет, доцент кафедры разработки месторождений подземным способом
Д.В.ПАХОМОВ
Горный факультет, аспирант кафедры разработки месторождений подземным способом

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СТРУГОВЫХ УСТАНОВОК ПРИ ОТРАБОТКЕ ПЛАСТОВ С НЕУСТОЙЧИВЫМИ ПОРОДАМИ КРОВЛИ

Разработан способ управления состоянием горного массива для очистных забоев, использующих струговые установки в условиях неустойчивой кровли. Доказана необходимость увеличения скорости подвигания очистного забоя и применения закладки выработанного пространства для обеспечения устойчивости пород и равномерного нагружения краевой части пласта.

Предложена формула расчета критического значения податливости закладочного массива, учитывающая шаг обрушения основной кровли, коэффициент разрыхления, мощность пород непосредственной кровли и позволяющая определять компрессионные свойства закладочного массива по современным методикам и с учетом скорости подвигания очистного забоя и размеров зоны отжима.

Предложенная методика обосновывает увеличение скорости подвигания очистного забоя до 4-6 м/сут и нагрузку на очистной забой на 30 %.

This investigation deals with the way of controlling of mining array conditions for long wall with cutting machine. Here it is proved flu necessity to raise the speed long wall development. The same us flu use of stowing material in the worked out area for uniform loading the rim side of the stratum. The formula is offered to calculate a critical value of softness of stowage mass for conditions of unstable roof and depends on loosing coefficient the thickness of direct rocks roof. This formula gives the possibility to determine compressed and other peculiarities of the stowing material using modern know-how.

The offered way allows to increase a speed of long wall to 6 metres per day and production of long wall to 30 %.

В современных экономических условиях угольные шахты вынуждены отказываться от эксплуатации тонких пластов из-за низкой эффективности их отработки. Шахты, отрабатывающие пласты мощностью до 1,5 м, имеют технико-экономические показатели на 10-30 % ниже, чем шахты, на которых данная категория пластов выведена из эксплуатации.

В связи со сложным положением в угольной отрасли данный подход вполне оправдан, однако иногда отработка тонких защитных пластов необходима для обеспечения благоприятных условий эксплуатации мощных пластов, опасных по газодинамическим явлениям, или во избежание потерь уже вскрытых и подготовленных запасов. В некоторых случаях рациональна отработка тонких пластов с высококачественными углями.

Эффективно отрабатывать данную категорию пластов можно только струговыми установками, которые просты и надежны в эксплуатации и обеспечивают лучшее

(на 5-25 %) качество угля, более высокие суточные нагрузки на очистной забой по сравнению с комбайновой выемкой.

В настоящее время областью эффективного применения высокопроизводительных струговых установок считаются пласты с мощностью от 0,7 до 1,5 м, сопротивлением резанию до 300 кН/м, с породами кровли устойчивостью не ниже средней и прочностью почвы на сжатие не ниже 2 МПа.

Опыт работы струговых лав свидетельствует о снижении нагрузки на очистной забой до 40 % при отработке тонких пластов с кровлей из неустойчивых пород (1-го и 2-го типов по классификации ВУГИ).

Главным условием успешной отработки пластов в указанных условиях с использованием стругов является обеспечение отжима угля и устранение негативных явлений, связанных с обрушением непосредственной кровли в призабойном пространстве. Согласно данным ШахтНИУИ, нарушенность кровли вывалами в данных условиях составляет до 80 % площади кровли по длине лавы.

Цель настоящей работы – изучение и разработка способов управления состоянием горного массива для интенсификации отжима угля при высоких скоростях подвигания лав и обеспечения устойчивости кровли очистного забоя. Предложено интенсифицировать разрушение краевой зоны пласта путем формирования плавного прогиба основной кровли и обеспечения устойчивости пород непосредственной кровли за счет увеличения скорости подвигания очистного забоя и закладки выработанного пространства.

Для повышения эффективности работы струговых установок в условиях неустойчивой кровли необходимы высокие скорости подвигания очистного забоя, что способствует улучшению состояния кровли, снижению частоты и размеров вывалов. Это подтверждено исследованиями Института горного дела им. А.А.Скочинского, ШахтНИУИ, ДонУГИ и др. В работах С.Н.Комисарова, В.А.Дмитриева и др. установлено, что при повышении скорости подвигания очистного забоя до 4-6 м/сут величина абсолютных смещений кровли в призабойном пространстве уменьшается на 30-35 %. Известно, что разрушения кровли обусловлены именно смещениями кровли в очистном забое.

В струговых лавах повышение скорости подвигания очистного забоя сопровождается ростом сопротивляемости угля резанию и, как следствие, уменьшением размеров зоны отжима.

Так, при скорости подвигания более 4 м/сут ширина зоны отжима уменьшается в 2,5-3 раза. Следует отметить, что максимальная ширина зоны отжима для пологих пластов мощностью до 1,5 м не превышает 0,9 $m_{пл}$ (здесь $m_{пл}$ – мощность пласта).

Теоретическими предпосылками разрабатываемого способа являются исследования, в которых установлены основные закономерности влияния скорости подвигания на смещения пород кровли в призабойном пространстве лавы, устойчивость пород, разрушение угля в краевой зоне пласта. Смещения кровли, обусловленные ползучестью пород, зависят от их механических свойств и особенно сильно проявляются при слабых породах [4]. Так, при наличии в кровле аргиллитов наиболее интенсивно смещения кровли снижаются при увеличении скорости подвигания лав до 4-6 м/сут. Залегание аргиллитов и алевролитов в непосредственной кровле пласта характерно для 1-го и 2-го типов пород по классификации ВУГИ. Расчет наибольших смещений кровли, выполненный авторами, показал влияние фактора времени на интенсификацию разрушения непосредственной кровли с уменьшением прочностных и упругих свойств.

При струговой выемке пласта Аделаида во Франции на месторождении Энин-Льетар были достигнуты скорости подвигания до 7,5 м/сут, обрушения слоя слабого аргиллита, выше которого находились более прочные слои прекратились. При подвигании 2,5-3 м/сут слой аргиллита легко обрушался (расслаивался), что создавало трудности, связанные с устойчивостью кровли в призабойном пространстве. Тот же эффект положительного влияния подвигания лавы наблюдался в струговой лаве по пласту Покахонтос (США), где средняя скорость

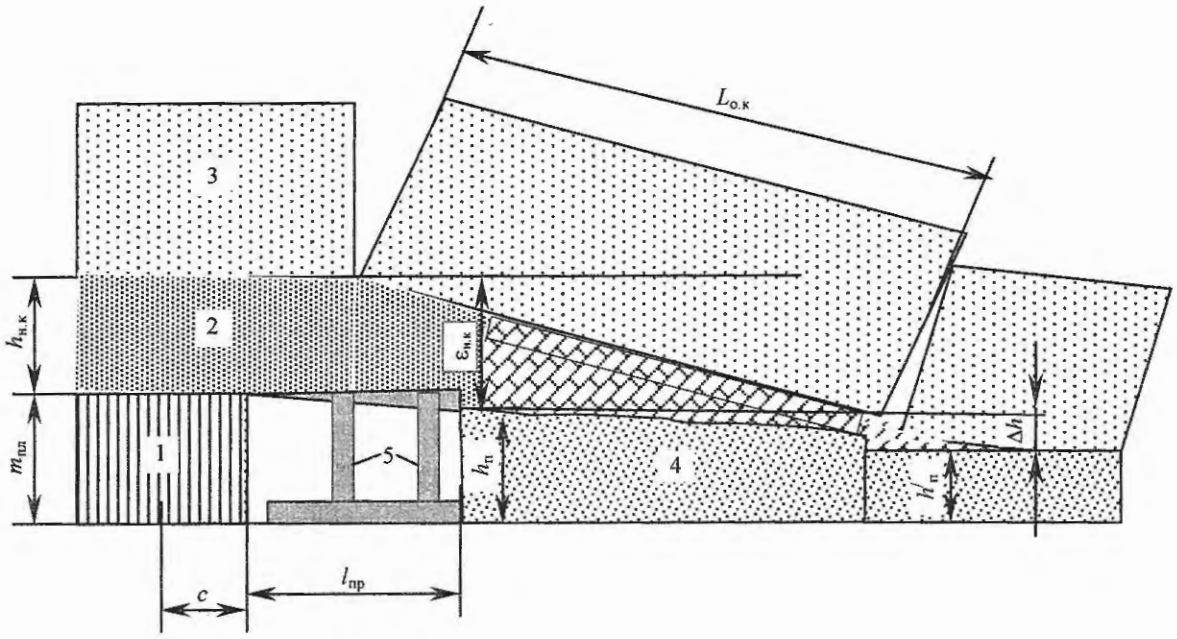


Рис.1. Способ управления кровлей, обеспечивающий устойчивость кровли и отжим угля в очистном забое

1 – угольный пласт; 2 – непосредственная кровля; 3 – основная кровля; 4 – закладочный массив; 5 – призабойная крепь; c – размер зоны отжима

подвигания составила 6,7 м/сут [1]. Таким образом, при скоростях подвигания 4-6 м/сут устойчивость пород в призабойном пространстве лавы повышается.

Установлено, что с увеличением скорости подвигания проявляется склонность прочной основной кровли к зависанию или плавному опусканию; зависание кровли ведет к проявлению вторичных осадок, росту вывалообразования, завалу лав. Плавное опускание благоприятствует, как говорилось выше, разрушению краевой зоны пласта под действием горного давления [3, 5]. Повышение несущей способности пласта зафиксировано при увеличении скорости подвигания до 4-6 м/сут.

Предложенный способ управления кровлей обеспечивает устойчивое состояние кровли в очистном забое и отжим угля за счет формирования плавного прогиба пород основной кровли при увеличении скорости подвигания очистного забоя до 6 м/сут и неполной закладке выработанного пространства с предусмотренной податливостью закладочного массива (рис.1).

Податливость закладки определяется из условия недостижения кровлей критических значений опусканий, при которых происходит разрушение кровли и вывалы породы в призабойное пространство. По наблюдениям в лавах шахт ОАО «Ростовуголь», критическая величина опусканий пород кровли, при которой происходит резкое ухудшение состояния кровли, $\varepsilon_{пр} = 100$ мм.

Податливость закладки

$$\Delta h = h_п - h'_п =$$

$$= \frac{L_{о.к}\varepsilon_{н.к}}{l_{пр}} - m_{пл} - h_{н.к}(1-k_р) + h_п,$$

где $h_п$ и $h'_п$ – начальная и конечная высота закладки; $L_{о.к}$ – шаг обрушения основной кровли; $\varepsilon_{н.к}$ – максимально допустимые опускания пород непосредственной кровли в призабойном пространстве лавы, при превышении которых происходят самопроизвольные обрушения пород кровли в призабойном пространстве лавы; $l_{пр}$ – ширина

призабойного пространства лавы; $h_{н.к}$ – мощность слоев непосредственной кровли; $k_р$ – коэффициент разрыхления пород непосредственной кровли.

После определения критической величины податливости закладочного массива, определяются компрессионные характеристики материала, из которого он будет возводиться. Уравнение компрессионных кривых закладочных материалов наиболее полно можно аппроксимировать зависимостью вида

$$\varepsilon = \varepsilon_{пр}\left(1 - e^{-\frac{p}{p_0}}\right),$$

где $\varepsilon_{пр} = \left(h_п - h_п'\right)/h_п$; p – фактическая нагрузка на данной глубине; p_0 – параметр, определяющий кривизну компрессионной кривой.

Коэффициент $\varepsilon_{пр}$ соответствует предельной деформации закладочного массива, т.е. деформации при очень большом p, когда второй член в скобках обращается в нуль.

Воспользовавшись компрессионными характеристиками, полученными лабораторией закладки Института горного дела им. А.А.Скочинского для различных закладочных материалов [2], определим коэффициент жесткости закладочного материала как отношение нагрузки, при которой достигается предельная усадка, к величине максимальной податливости (рис.2):

$$K = \frac{p'}{\Delta h} = \frac{p'}{\varepsilon_{пр} h_п}.$$

Если глубина работ такова, что $\gamma H > p'$, то принимаем $p' = \gamma H$ (здесь γ – удельный вес пород).

Применение закладочных материалов, наиболее жестких в начальной стадии нагружения, позволяет снизить смещения боковых пород и сократить запредельные деформации угля в краевой части пласта по сравнению с применением закладочных материалов с той же податливостью, но менее жестких. Очевидно, для того чтобы смещения кровли не превышали предельных значений при использовании закладки низкой жесткости, необходимо увеличивать начальную высоту возводимой породной полосы $h_п$.

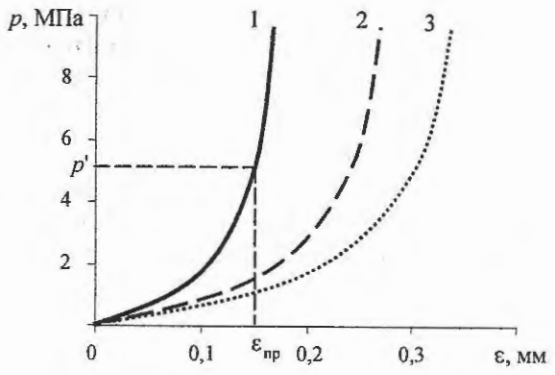


Рис.2. Зависимость величины усадки закладочного массива ε от нагрузки p для различных закладочных материалов

1 – мелкозернистый закладочный материал;
2 – шихта из дробленой и рядовой породы;
3 – рядовая порода

В производственных условиях вместо полной закладки выработанного пространства применяют частичную закладку, что связано с нехваткой закладочного материала и трудностью его доставки с других участков. Частичная закладка представляет собой полосы материала, периодически расположенные по простиранию или по падению. Так как частичная закладка должна на определенном участке выработанного пространства обеспечивать такую же реакцию вышележащего массива, что и полная закладка, то для выполнения равенства вертикальных смещений массива при частичной и полной закладке должно выполняться условие

$$K = K' k_{зап},$$

где K' – коэффициент жесткости материала закладки; $k_{зап}$ – коэффициент заполнения выработанного пространства закладочным материалом.

При периодически расположенных полосах закладки шириной b с расстояниями между ними a $k_{зап} = b/(a+b)$.

Таким образом, определив предельную величину коэффициента жесткости закладки K, обеспечивающую сохранение рабочего пространства лавы от обрушений кровли, можно определить или предельные параметры a и b для частичной закладки при заданном K' (материал закладки известен) или предельную усадку закладочного материала $\varepsilon_{пр}$ (для выбора материала закладки) при известных a и b. Изменяя параметры закладочного массива, можно управлять устойчивостью кровли и нагружением краевой части пласта.

Использование разработанных рекомендаций позволяет значительно расширить область использования технологических схем с использованием высокопроизводительных струговых установок. Ожидаемый эффект увеличения нагрузки на среднестатистический забой достигает 30 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Васильев П.В.* Управление кровлей на пологих пластах / П.В.Васильев, К.И.Иванов, А.Д.Карнышев. М: Госгортехиздат, 1962.

2. Временные технические условия на проектирование и размещение породы в шахтах для условий Донбасса / Ин-т горного дела им. А.А.Скочинского. М., 1966.

3. *Дмитриев В.А.* Вопросы управления горным давлением при интенсивной разработке пологих угольных пластов Донбасса: Автореф. дис. ... канд. тех. наук / Донецкий политехнический ин-т. Донецк, 1979.

4. *Ильштейн А.М.* Закономерности проявления горного давления. М: Углетехиздат, 1958.

5. *Комиссаров С.Н.* Управление массивом горных пород вокруг очистных выработок. М: Недра, 1983.