

УПРАВЛЕНИЕ ГОРНЫМ ДАВЛЕНИЕМ В ОЧИСТНЫХ ЗАБОЯХ НА КРУТЫХ ПЛАСТАХ С ТРУДНОУПРАВЛЯЕМЫМИ КРОВЛЯМИ

к.т.н. Житасенок Д.М. (ПО «Дзержинскуголь»), д.т.н., проф.
Ильющенко В.Г., инж. Васюткина В.В. (ОФТП ДОНФИ НАНУ)

Отработка пласта кв «Каменка» на шахте «Торецкая» начиная с горизонта 810 м затруднена систематическими завалами очистного забоя. По данным технической и геологической служб шахты, завалы происходили, как правило, непосредственно у груди забоя, причем вывалы в кровле достигают 2-3 м. по высоте. И по падению - 10-15 м. Какой либо закономерности в расположении вывалов по длине лавы и по размерам пролета основной кровли не установлено. По данным геологической службы непосредственно над пластом залегает глинистый сланец слоистый, общей мощностью 10-11 м. В кровле выявлена система трещин, ориентированная по линии падения пласта и наклоненных к плоскости пласта под углом 75-80°. Характер этой трещиноватости определен как тектонический. Выше глинистого сланца залегает мощный слой прочного песчаника.

Для детального изучения физико-механических свойств пород кровли пласта кв «Каменка» были выполнены лабораторные исследования керн, взятого из пород кровли откаточного штрека по пласту на горизонте 810 м на трехосном прессе конструкции ДОНФИ [1] и с применением упрощенных методик [2]. При этом определялись предел прочности на растяжение и сжатие как по напластованию, так и по нормали к напластованию, а также модуль упругости.

Были пробурены две скважины с откаточного штрека на всю мощность глинистых сланцев, залегающих в кровле, вплоть до песчаников. Место заложения первой скважины от квершлага, в выработанном пространстве. Вторая скважина пробурена на 265 м в неотработанном массиве.

Исследование керн, извлеченного из скважины, позволило установить следующее.

Скважина на 110 м. Кровля представлена глинистым сланцем с примесями слюды и песчаного материала. сланец слоистый, слои от 1 до 50 см. Наиболее мелкослоистый глинистый сланец на 1,5-2,2 м и 5,3-6,0 м, где они составляют 1-5 см. Вместе с тем, уже на расстоянии 0,3 м находится слой мощностью 15 см. Далее слои такой же или большей мощности находятся в диапазоне 1,1-1,25 м, 2,3-2,5 м, 3,6-4,3 м. По данным кернового бурения установлены места пересечения скважиной тектонических

(кливажных) трещин на расстоянии 0,5 м, 1,43 м, 2,95 м, 7,80 м по длине скважины.

На рис. 1 представлены данные по исследованиям пород кровли на прочность по напластованию (рис. 1а) и по нормали к напластованию (рис. 1б). Из приведенных данных можно сделать вывод, что кровля представлена породами прочностью 55,0-80,0 МПа по нормали к напластованию и до 44,6 МПа по плоскости напластования. Следует отметить, что прочность породы в мощных слоях мало отличается по нормали и по напластованию, что говорит

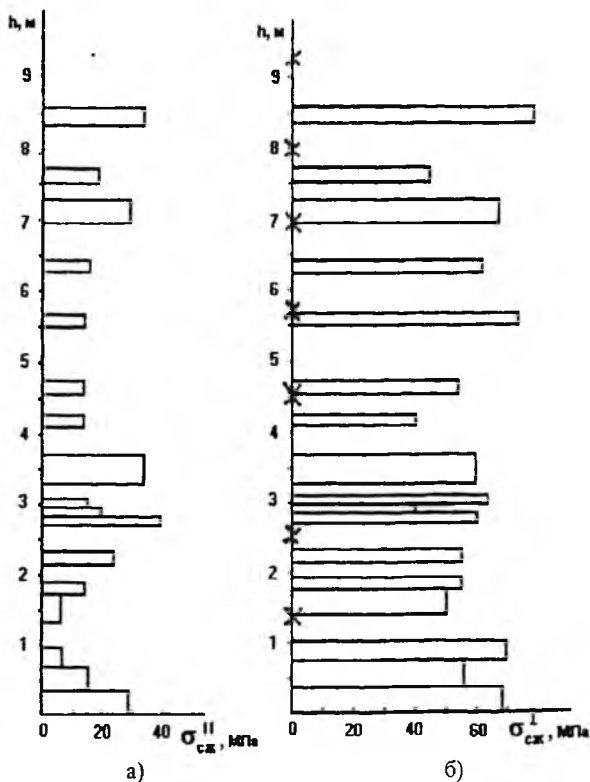


Рис. 1. Прочностные характеристики пород кровли по скважине №2 (265).

о однородности ее свойств. Скол по напластованию неровный, четкой слоистости не наблюдается [4].

Скважина на 265 м. Кровля пласта представлена слоями глинистого и песчано-глинистого сланца мощностью от 1 до 45-50 см, причем песчано-глинистые сланцы залегают ближе к слою песчаника, находящегося выше сланцев. При изучении керна установлено, что породы кровли на всем протяжении подготовительного участка разбиты трещинами на блоки длиной 1-1,5 м по простиранию. Связь по трещинам обычно отсутствует и при отборе керна происходит отделение. Поверхность контактов неровная, шероховатая. В ряде случаев отмечено заполнение трещин кальцитом. При этом контакт образуется прочный, не разрушающийся при бурении и извлечении керна [3].

На рис. 2 представлены данные по исследованиям пород кровли на прочность по напластованию и по нормали к напластованию. Как следует из графиков, кровля сложена достаточно прочными породами, причем прочные слои чередуются с менее прочными. С удалением от пласта прочность пород возрастает. Это связано с увеличением песчаного материала в сланце.

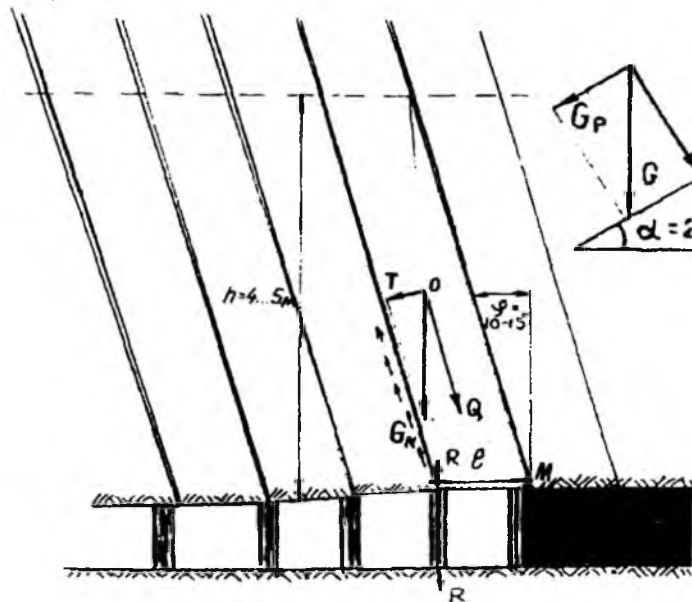


Рис. 2. Схема деформирования пород кровли при наличии квиважных трещин (265м).

Прочность по слоям также непостоянна и колеблется в довольно широком диапазоне от 8 до 40 МПа. Можно выделить участки с наиболее прочными слоями: на участке с 3 по 4 м и начиная с 7 метра. При этом поверхность скола также неровная. Звездочками на графиках отмечены участки кливажных трещин [5].

Как известно, устойчивость пород кровли в первую очередь определяется прочностью пород кровли и мощностью слагающих ее слоев. Поэтому, анализируя устойчивость слоев кровли пласта "Каменка" следует в первую очередь учитывать ее блочное строение, определяющееся тектоническим клеважом, а также, как было уже отмечено, мощностью каждого слоя и его прочностью. Как известно из данных геологического прогноза, кливажные трещины располагаются практически параллельно линии забоя, а по ориентации к плоскости пласта - под углом 75-80°.

В соответствии с рекомендациями ДонНИИ в целях предотвращения завалов, лава разделяется предельные пролеты угольными целиками. Всего формируется 4 предельных пролета длиной по падению 12-14 м. Под вентиляционным штреком выкладывается бутовая полоса. Призабойное крепление состоит из деревянных стоек под распил, установленных по 2 через 1 м по падению и простиранию. В качестве специальной крепи применяется кусты из 16-18 стоек, установленных по схеме 3 × 3 м. Направление отработки пласта выбрано таким образом, что линии кливажа направлены под углом 10-15° на завал.

В районе скважины в кровле пласта залегают слои глинистого сланца мощностью до 0,4-0,55 м прочные, причем предел прочности по нормали к напластованию достигает 60-70 МПа, причем предел прочности по напластованию также весьма велик и составляет 35-45 МПа. При наличии таких достаточно прочных и относительно изотропных по физико-механическим свойствам боковых пород в кровле механизм ее разрушения может качественно отличаться от обычного. Вместо послойного прогиба и разрушения, кровля деформируется одновременно достаточно мощными слоями, поэтому разрушение ее происходит от скола или среза на короткие блоки по простиранию. Это хорошо согласуется с реальной ситуацией с обрушением кровли в лаве. Причем обрушение может происходить непосредственно у кромки угольного пласта. Специфика характера обрушения пород кровли состоит также и в том, что наличие дополнительных плоскостей ослабления - кливаж повышают вероятность обрушения. Схема деформации пород кровли для данного варианта представлена на рис. 3.

Выполним анализ действующего паспорта крепления лавы с учетом полученных новых данных о физико-механических и геологических свойствах пород кровли. При выемке пласта породы

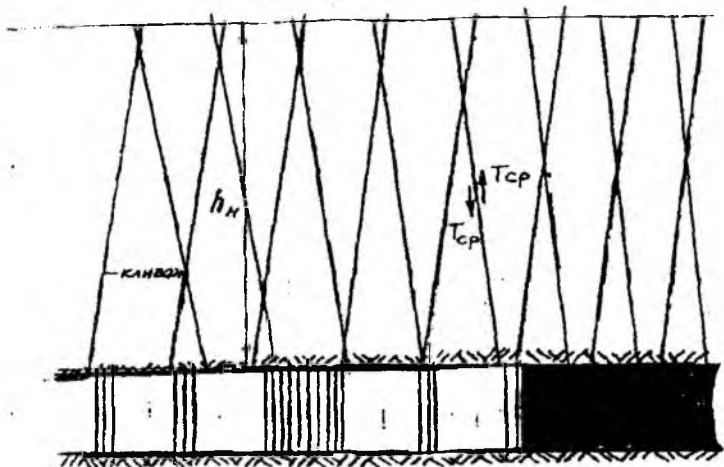


Рис. 3. Схема деформирования пород кровли (в районе скважины №1) на 110м, при разрушении от скола.

кровли будет поддерживается только крепью от обрушения в выработанное пространство. При данной геологии [8] следует ожидать образование призм в кровле, оконтуренных по бокам трещинами кливажа, а по высоте - наиболее слабыми породами. С учетом угла падения пласта (30° в среднем) нагрузка на 1 м^2 составит:

$$G_N = \gamma h \cos \alpha$$

где γ - удельная плотность пород кровли, $\gamma = 25 \text{ кН/м}^2$;

h - высота пород кровли. По данным геологии и нашего анализа, может составлять до 5 м.

Оценим силы, действующие в призабойной пространстве со стороны кровли. Если разложить силу G_N по направлениям, параллельному и перпендикулярному линии кливажа, получатся силы T и Q (см. рис. 3б). Сила T равна:

$$T = G_N \sin \varphi.$$

Сила Q равна:

$$Q = G_N \cos \varphi.$$

Сила T способствует раздвиганию блоков и усиливает смещение боковых пород по простираанию, которое по данным

шахтных исследований [3] составляет до 20-25 мм на 1 м подвигания забоя. Под действием силы T возникает также сила трения, препятствующая перемещению блоков, которую можно оценить как:

$$F=fT,$$

где f - коэффициент трения по трещине кливажа ($f=0,7$).

Кроме того, под действием силы веса и при опирании блока пород на кромку угольного забоя, образуется момент, равный:

$$M=Gnl$$

где l - плечо силы, которую можно определить исходя из угла кливажа 15° равной 1,7 м, а при $\varphi=10^\circ$ - 1,44 м.

Составим уравнение равновесия сил, при котором реакция призабойной крепи препятствует обрушению кровли:

$$Q=R+fT$$

где R - суммарная реакция крепи.

Это выражение характеризует усилия без разделения блоков пород кровли. Подставим значение каждой из величин и определим необходимую реакцию крепи:

Как видно из схемы, такая реакция крепи должна реализоваться непосредственно у очистного забоя [9], где еще не установлена специальная крепь. Деревянные стойки развивают реакцию 50 кН при деформациях до 10%, что реализуется на удалении 4-5 м от забоя при нормальном характере смещения кровли. В момент установки реальный распор стойки не превышает 10 кН. С учетом паспорта крепления суммарная реакция крепи будет 30кН, т.е. меньше 50кН.

$$3 \times 10(\text{кН}) = 30 (\text{кН}) < 50 (\text{кН})$$

Это свидетельствует о том, что в случае отрыва пород кровли на высоту до 5 м, крепление недостаточно и оно не будет предупреждать завалы лавы. В случае же отделения блоков [5] и создания момента сил, завал может происходить и при меньшем объеме пород кровли (рис. 3).

Как было установлено [4], на крутом падении породы кровли и почвы смешаются относительно друг друга за добычной цикла на угол до 3° . Поэтому обрушение кровли приводит к дополнительным смещениям и призабойная крепь опрокидывается без разрушения. Исходя из схемы на рис. 6 есть возможность определить величину пролета блока кровли по падению, способного сохранять

устойчивость. Для этого можно воспользоваться эмпирической формулой из [5]:

$$L=1,3m_n/m+1,2f-4,8,$$

где m_n - мощность пород кровли;
 m - мощность угольного пласта;
 f - крепость пород кровли по Протодяконову.

$$L= 1,3*5,0/1,0+1,2*6-4,8 \cong 9 \text{ м.}$$

А с учетом несимметричного характера нагружения и плоскостей ослабления от трещин кливажа, шаг обрушения может быть и меньше.

Для сравнения проанализируем схему, получающуюся при движении забоя лавы в противоположном направлении. Паспорт крепления очистного забоя сохранен тот же, что и на рис.3.

В данном случае сила T направлена в противоположную сторону и способствует смыканию блоков. Уравнение устойчивости блока кровли записывается следующим выражением:

$$R+2fT=Q$$

Поскольку блоки кровли смыкаются, силы трения существуют по обоим контактам:

$$R=Q-2fT=\gamma h \cos\alpha(\cos\varphi-2f\sin\varphi)$$

Таким образом, нагрузка на призабойную крепь по сравнению со схемой на рис. 3 уменьшилась на 30%. Вместе с тем, в критическом случае, который наступает при отслоении пород кровли мощностью до 5 м, призабойная крепь не сможет предотвратить обрушение.

Из приведенного следует вывод, что реакция принятой в паспорте призабойной крепи недостаточна для предотвращения обрушения кровли. Разделение лавы на предельные пролеты также может оказаться малоэффективным, т.к. шаг обрушения кровли составляет менее 9 м.

Обрушение пород кровли происходит вследствие среза блоков по плоскостям ослабления, которые образуются при расслоении кливажных трещин. Специальные крепи (кусты, костры, органые ряды) в этом случае не могут эффективно управлять процессом обрушения, поскольку они возводятся позже, когда призмы обрушения уже сформировались, а сопротивление их еще недостаточное. Наиболее жесткими, т.е. набирающими более быстро нагрузку являются тумбы ОКУ и опоры из плит

железобетона с податливыми прокладками. В этом случае уменьшаются деформации боковых пород по всем направлениям, что позволит уменьшить нагрузки на призабойную крепь. Если же применять тумбы ОКУ с установкой непосредственно у груди забоя, то создаются более благоприятные условия для управления горным давлением [9].

Выполненный анализ горногеологических и горно-технических условий отработки пласта на гор. 810 м, а также проведенные лабораторные экспериментальные исследования физико-механических свойств кровли на трехосном прессе конструкции ДонФТИ, позволяющем моделировать объемное неравнокомпонентное напряженное состояние пород на больших глубинах и других экспериментальных высокоточных приборах, позволили установить, что залегающие в кровле породы склонны обрушаться короткими блоками (призмами), образующимися в результате среза или по плоскости ослабления, образованными трещинами в кровле. Принятый паспорт управления горным давлением не обеспечивает эффективной и безопасной отработки лавы. Предложены следующие мероприятия по управлению горным давлением в конкретных горногеологических условиях [8].

Направление отработки пласта на данном участке целесообразно изменить на обратное. По приведенным выше расчетам это позволит уменьшить давление пород кровли на призабойную крепь ориентировочно на 30-40%.

Применяемая призабойная крепь (деревянная стойка) обладает небольшим начальным распором (10 кН) и в условиях достаточно больших относительных смещений боковых пород (до 3°) легко опрокидывается и не обеспечивает защиты призабойного пространства. Наиболее эффективным средством крепления призабойного пространства было бы применение в данных условиях механизированных крепей типа КГУ или щитового агрегата 1АНЩМ, обеспечивающих перекрытие в призабойном пространстве кровли и почвы на 80% и обладающих высоким начальным распором и конечным сопротивлением соответственно 200 кН/м и 250 кН/м.

Достаточно эффективным средством управления горным давлением в рассматриваемых горногеологических условиях по опыту работы других шахт являются крепь "Спутник" (2СПТМ) и стойки посадочные ОКУ разных модификаций.

Разделение лавы на предельные пролеты не эффективно и оставленное целиков только сдерживает подвигание очистного забоя.

Возможно сохранение ориентации забоя по падению, поскольку эффективный в условиях кливажа кровли наклон забоя на 20-25° может привести к трудностям при транспортировке угля в забое, т.к. угол падения пласта (27-32°) критический и

применение даже эмалированных респираторов может быть не эффективным [7].

Возможна замена молотковой отбойки угля на комбайновую, которая позволит увеличить скорость подвигания очистного забоя, что является также положительным фактором, поскольку длительные остановки забоя приводят к повышенным деформациям кровли и способствуют повышенному вывалообразованию.

Обработка пород кровли водными растворами ПАВ (сульфанол 0,1-0,5%) через опережающие скважины, пробуренные из забоя, за счет уменьшения их трещиностойкости до 5-6 раз будут эффективной при наличии мощных труднообрушаемых породных слоев в кровле. При этом в первую очередь ослабляются будут краевые контакты и механизм обрушения кровли от среза перейдет в послойной прогиб и послойное обрушение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борисов А.А. Механика горных пород и массивов: - М.: Недра, 1980. - 320 с.
2. Зубов В.П. Особенности управления горным давлением в лавах на больших глубинах разработки: - Л.: ЛГИ, 1990. - 103 с.
3. Черняк И.А., Ярунин С.А. Управление состоянием массива горных пород: - М. Недра, 1995. - 395 с.
4. Мэркс И. Юнгниц Г. Горная механика: Углетехиздат, 1957. - 756 с.
5. Питаленко Е.И. Геомеханическое обоснование кинематических параметров механизированных крепей для крутых и крутонаклонных пластов Донбасса: Л.: ВНИМИ, 1984.
6. Указания по управлению горным давлением в очистных забоях на пластах с углом падения до 35: Л.: ВНИМИ, 1982. - 136 с.
7. Управление горным давлением при разработке угольных пластов. Справочное пособие. Донецк. 1990. - 303 с.
8. Алексеев А.Д. Ревва В.Н. Рязанцев Н.А. Разрушение горных пород в объемном поле сжимающих напряжений: Киев: Наукова думка, 1989. - 168 с.
9. Совершенствование средств и способов поддержания подготовительных выработок на шахтах Центрального района Донбасса /Калфакчиян А.П., Александров В.Г., Воробьев Е.А., Питаленко Е.И./ Под ред. А.П.Александрова. Днепропетровск: "Сич", 1994. - 207 с.