

УДК 622.834.2

ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ КРОВЛЕЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ОРИЕНТИРОВКИ ТРЕЩИНОВАТОСТИ И НАПРАВЛЕНИЯ ВЫЕМКИ

Э. Ф. Мельников

Среди многих факторов, влияющих на характер поведения кровли при выемке пластов угля, большое значение имеет макроструктура горных пород. Закономерности влияния макроструктуры боковых пород на проявление горного давления в очистных выработках исследованы еще мало.

Как известно, макроструктура пород характеризуется трещиноватостью (кливажем), присущей в большей или меньшей степени всем горным породам. При подготовке шахтных полей к эксплуатации естественная трещиноватость изучается недостаточно и ее ориентировка при выборе направления ведения очистных работ не учитывается. Это нередко чрезвычайно осложняет управление кровлей и поддержание выработок. Вместе с тем характер проявления горного давления в призабойном пространстве лав во многом определяется ориентировкой трещин кливажа относительно направления выемки.

Г. А. Иванов [1939] кливаж в углях и породах разделил на эндогенный и экзогенный, рассматривая образование первого как результат метаморфизма, а второго как следствие тектонических процессов. Эндогенный кливаж представляет собой систему основных и торцовых взаимно перпендикулярных трещин, в свою очередь расположенных нормально или почти нормально к плоскостям наложения пород. Обычно на процесс сдвижения горных пород большее влияние оказывает основная — наиболее развитая — система. Перпендикулярная ей второстепенная система — торцовая — часто развита слабо или совсем не выражена, но и она оказывает заметное влияние на процесс сдвижения горных пород.

Экзогенный кливаж резче выражен в породах пониженной прочности. Углы наклона экзогенных трещин к плоскости наложения различны. Нередко в пределах даже одного шахтного поля трещины различно ориентированы. В этом случае выявить какую-либо закономерность в проявлении горного давления в зависимости от направления выемки невозможно.

Эндогенную и экзогенную трещиноватости — следствие проявления естественных причин — уместно называть естественной трещиноватостью. Ее следует отличать от трещиноватости, возникающей под влиянием горных работ. В. Д. Слесарев [1936] и ряд других исследователей утверждают, что впереди очистного забоя (в угольном массиве и вмещающих породах) в результате опорного давления возникают так называемые трещины давления. Они расположены параллельно забою и падают при-

мерно под углом $60-80^\circ$ в сторону выработанного пространства. По В. Д. Слесареву [1936], чем выше предел прочности пород, тем более крутое падение имеют трещины давления. Над выработанным пространством по мере подвигания очистного забоя трещины давления раскрываются. При этом породы не прогибаются, а опускаются по трещинам. Возникновение трещин давления В. Д. Слесарев рассматривает вне связи с естественной трещиноватостью.

А. А. Борисов [1964] особо подчеркивает значение влияния естественной трещиноватости на характер распределения нагрузок на крепь выработок. По данным исследования на моделях из эквивалентных материалов работы механизированных крепей при выемке горизонтальных пластов средней мощности, залегающих в однородных глинистых породах, он пришел к выводу, что причиной возникновения трещин впереди очистного забоя являются деформации изгиба пород, зависящих над призабойным пространством и несколько опережающих забой. Рассматривая однородный массив, сложенный слабыми породами, как сплошной, А. А. Борисов дает приближенную формулу для расчета предельных нагрузок на крепь

$$P_{\max} = b \left[1,5 \frac{\gamma_{\text{ср}} l_{\text{н}}^2 H_1}{l_{\text{н}} + H_1 \xi \operatorname{tg} \varphi} \sin \delta + \gamma_{\text{н}} h_{\text{н}} l_{\text{н}} \right],$$

где H_1 — толщина пород до поверхности;

b — ширина секции крепи;

$l_{\text{н}}$ — ширина призабойного пространства;

ξ — коэффициент бокового распора;

φ — угол внутреннего трения пород;

δ — угол падения трещин;

$h_{\text{н}}$ — мощность непосредственной кровли;

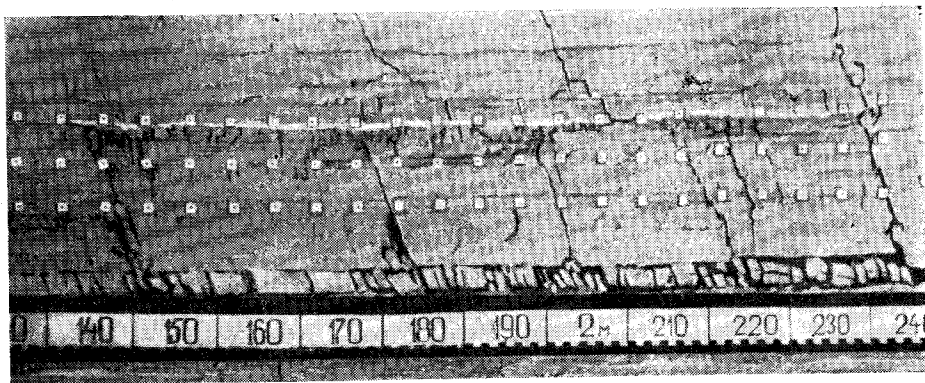
$\gamma_{\text{н}}$ и $\gamma_{\text{ср}}$ — объемный вес пород соответственно непосредственной кровли и средний.

Обширные исследования несущей способности непосредственной и основной кровли пологих пластов и построенные на них методы расчета [Борисов, 1964] позволяют выявить не только качественную сторону процесса, но и дать количественную оценку проявлений горного давления в связи с трещиноватостью, возникающей в процессе очистной выемки.

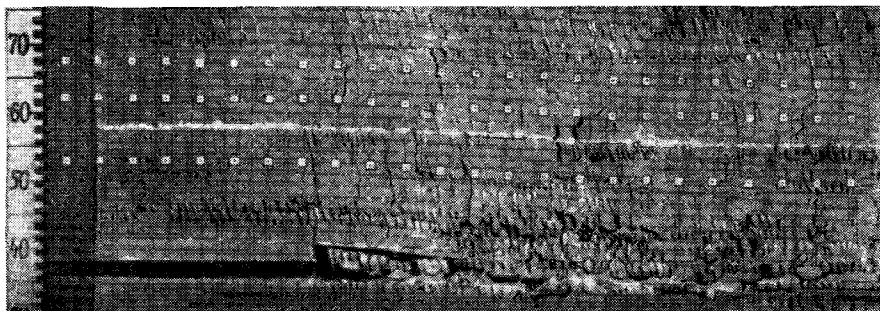
Влияние макроструктуры пород на поведение кровли в очистной выработке в зависимости от направления выемки рассмотрено А. П. Сергеевым [1950]. Подчеркивая необходимость учета пространственной ориентировки трещиноватости при управлении кровлей, он указывает на существенное различие устойчивости обнажений кровли и характера обрушения пород в зависимости от направления подвигания очистного забоя относительно ориентировки трещин. Приведенные им схемы смещения толщи пород над призабойным пространством подтверждены на моделях из эквивалентных материалов Г. Н. Кузнецовым в 1956 г. и автором настоящей статьи (рис. 4). Правильно представляя качественную характеристику процесса деформации кровли, А. П. Сергеев не дает расчетной схемы для количественной оценки ее устойчивости.

Определенная зависимость проявлений горного давления от направления движения очистного забоя часто наблюдалась, например, при отработке лавы 33 пласта Надбайкаимского на шахте Полысаевской № 1 в Кузбассе. В непосредственной кровле этого пласта залегают слабый аргиллит мощностью 4—5 м, что соответствует двукратной мощности пласта. Выше толща пород представлена глинистым песчаником мощностью до 40 м. В породах кровли выражены две системы трещиноватости:

основная с азимутом падения 320° и углом падения $75-80^\circ$ и торцовая с азимутом 235° и углом падения 70° . Сначала, в течение пяти месяцев, очистные работы велись в северо-западном направлении. Постоянные трудности управления кровлей, заколы вдоль забоя и чрезмерно большие нагрузки на крепь вынудили изменить направление выемки на противоположное. При этом положение резко улучшилось и вопрос управления кровлей был разрешен.



a



b

Рис. 1. Характер смещения толщи пород над выработанным пространством при движении забоя: *a* — по падению естественной трещиноватости; *b* — в направлении, обратном падению естественной трещиноватости. В обоих случаях трещины параллельны забою.

Естественные плоскости ослабления пород в зависимости от их ориентировки относительно линии забоя и направления выемки могут различно влиять на смещение кровли в очистном пространстве. При этом доминирующую роль играют наиболее ясно выраженные трещины с пониженным сцеплением на контакте поверхностей и направленные параллельно очистному забою.

В приведенном примере эту роль играют поперечные (торцовые) трещины. Их расположение и обуславливает характер обрушения и взаимодействие с крепью пород кровли. Когда трещины кливажа падают на забой (см. рис. 1, *a* и 2, *a*), подработанные блоки породы под действием собственного веса и веса пород вышележащей толщи стремятся отделиться от основного массива по естественным поверхностям ослабления. Особенно неблагоприятен случай, когда в непосредственной кровле залегает отно-

чительно мощная толща прочных или средней прочности пород с ясно выраженной трещиноватостью при значительном расстоянии между трещинами.

Трещины давления, совпадающие с трещинами кливажа, способствуют раскрытию последних. Сцепление на контакте поверхностей отдельности уменьшается в еще большей степени. Это облегчает отделение блоков от массива, которые, попадая затем в зону, находящуюся над призабойным пространством, теряют опору и, оседая, оказывают сильное давление на крепь. При этом блоки сползают в сторону забоя по поверхности соседнего (со стороны выработанного пространства) блока. Нередко в таких случаях происходит завал лавы. Принимая во внимание направление сползания блоков, призабойную крепь целесообразно устанавливать с некоторым углом наклона ($3-5^\circ$) в сторону выработанного пространства.

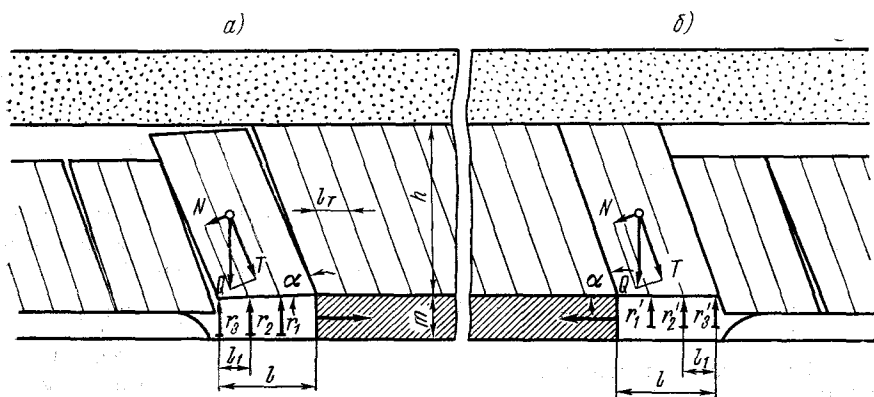


Рис. 2. Схема смещения блоков при движении забоя: а — по падению естественных трещин; б — в направлении, обратном падению естественных трещин.

Принципиально иная картина наблюдается при выемке угля в обратном направлении, т. е. когда трещины кливажа падают в сторону выработанного пространства (см. рис. 1, б и 2, б). Направление трещин давления при этом не совпадает с направлением естественной трещиноватости, и трещины давления не способствуют раскрытию трещин кливажа. Подработанные блоки удерживаются в кровле за счет сил трения между плоскостями отдельности. Часть составляющей веса блока уравновешивается силами трения на контакте. Блоки сползают в сторону выработанного пространства, поэтому стойки крепи целесообразно устанавливать с наклоном на забой. Такая ориентировка естественной трещиноватости с точки зрения управления кровлей более благоприятна.

Для составления расчетной схемы можно принять плоскую задачу при следующих условиях. Непосредственная кровля представлена толщей однородных пород средней крепости, равной 4—5-кратной мощности пласта. Толща разбита системой трещин, падающих под углом $\alpha = 70^\circ$. Расстояние между трещинами не изменяется, причем

$$\frac{l_T}{l_1} = 1,$$

где l_T — расстояние между трещинами;

l_1 — расстояние между стойками крепи по простиранию.

Выше указанной толщи залегают прочные породы. Рассчитывается случай, когда угол наклона основной кровли меньше угла наклона непосредственной,

$$\operatorname{tg} \varepsilon_{\text{осн}} < \operatorname{tg} \varepsilon_{\text{н}},$$

т. е. влияние осадок основной кровли на крепь очистного забоя не проявляется [Борисов, 1964].

Приближенный расчет предельных реакций крепи можно произвести по упрощенным схемам (см. рис. 2).

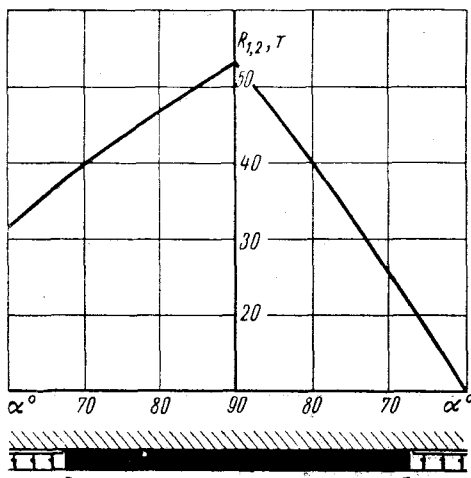


Рис. 3. Зависимость реакции крепи от угла наклона трещины и направления выемки.

Рис. 2, а. Забой лавы подвигается по падению естественных трещин. Нагрузка на крепь, создаваемая отделившимся блоком породы,

$$P_0 = T - F.$$

Сила, вызывающая перемещение блока,

$$T = Q \sin \alpha.$$

Сила сопротивления движению блока на контакте со смежной со стороны выработанного пространства призмой,

$$F = fQ \cos \alpha.$$

Система крепь — кровля будет находиться в равновесии при условии

$$(r_1 + r_2 + r_3) \sin \alpha + fQ \cos \alpha = Q \sin \alpha,$$

где r_1, r_2, r_3 — реакции крепи соответственно для каждого ряда.

Так как

$$Q = \gamma hl,$$

то

$$(r_1 + r_2 + r_3) \sin \alpha = \gamma hl \sin \alpha - f\gamma hl \cos \alpha,$$

где Q — вес блока;

γ — объемный вес породы;

h — мощность непосредственной кровли;

l — ширина призабойного пространства.

Приняв $r_1 + r_2 + r_3 = R_1$, окончательно получим необходимую суммарную реакцию крепи

$$R_1 = \gamma hl (1 - f \operatorname{ctg} \alpha).$$

Рис. 2, б. Забой лавы движется в направлении обратном падению трещин.

Нагрузка, создаваемая блоком

$$P_0 = T - 2F.$$

По-прежнему сила, вызывающая перемещение блока,

$$T = Q \sin \alpha.$$

а сила сопротивления движению блока на контакте со смежными призмами со стороны забоя и выработанного пространства

$$F = fQ \cos \alpha.$$

Система крепь—кровля будет находиться в равновесии при

$$(r'_1 + r'_2 + r'_3) \sin \alpha + 2fQ \cos \alpha = Q \sin \alpha.$$

Откуда, приняв $r'_1 + r'_2 + r'_3 = R_2$, аналогично предыдущему, получим суммарную реакцию крепи

$$R_2 = \gamma h l (1 - 2f \operatorname{ctg} \alpha).$$

При $h = 8$ м, $l = 3$ м, $\gamma = 2,2$ Т/м³, $\alpha = 70^\circ$

$$R_1 = 2,2 \cdot 8 \cdot 3 (1 - 0,7 \cdot 0,36) = 40$$
 Т.

$$R_2 = 2,2 \cdot 8 \cdot 3 (1 - 2 \cdot 0,7 \cdot 0,36) = 26,5$$
 Т.

Из приведенных расчетов следует, что при $\alpha < 90^\circ$

$$\frac{R_1}{R_2} > 1.$$

При $\alpha = 90^\circ$ обе формулы дают одинаковый результат

$$\frac{R_1}{R_2} = 1.$$

В этом случае характер проявления горного давления будет одинаков в обоих направлениях. На рис. 3 представлены графики, показывающие зависимость реакций крепи от угла наклона естественных трещин и направления выемки. Обе формулы приемлемы для расчета крепи при α равных $60-90^\circ$.

Выводы

1. Предлагаемый расчетный метод позволяет установить в первом приближении степень влияния пространственной ориентировки трещиноватости и направления выемки на процесс смещения пород кровли и работу крепи.

2. Для удовлетворительного решения сложных вопросов управления кровлей и горным давлением следует тщательно изучать трещиноватость пород в период разведки месторождений, проходки капитальных выработок, подготовки шахтных полей и ведения очистных работ.

3. При подготовке участков полей необходимо учитывать возможность выбора наиболее рационального направления выемки угля.

ЛИТЕРАТУРА

Борисов А. А. Расчеты горного давления в лавах пологих пластов. Недра, 1964.

Иванов Г. А. Кливаж (отдельности) в углях и вмещающих породах и пути его практического использования. ГОНТИ, 1939.

Сергеев А. П. Использование строения горных пород при управлении кровлей и механизации угледобычи. Уголь, № 2, 1950.

Слесарев В. Д. Обрушение и оседание горных пород. ОНТИ, 1936.