

К ВОПРОСУ О МЕХАНИЗМЕ ФОРМИРОВАНИЯ ГОРНОГО ДАВЛЕНИЯ В ЛАВАХ ПОЛОГИХ ПЛАСТОВ

В. П. Лобков Н.И. (ИФГП НАН Украины)

У статті приведено розрахунковий метод аналізу взаємодії пород-них шарів покрівлі вугільних пластів.

ON THE ROCK PRESSURE FORMATION IN FLAT SEAM LONGWALLS

Lobkov N.I.

In clause the settlement method of the analysis of interaction of rock of layers of a roof of coal layers is resulted.

Как известно, на интенсивность проявлений горного давления оказывает влияние строение породного массива, физико-механические свойства пород, технологические факторы. С увеличением глубины разработки и кровле пластов все больше встречаются мощные и прочные породные слои, способные зависеть на значительных площадях, что и приводит к увеличению горного давления, создает трудности в управлении кровлей и значительно усложняет процесс выемки угля.

Особенности проявления горного давления на пластах с трудноуправляемой кровлей изучены не достаточно, однако накопленный практический опыт и результаты научных исследований позволяют утверждать, что наиболее интенсивно горное давление проявляется в период первичной посадки кровли [1].

Существует целый ряд гипотез горного давления. Глушихин Ф.П. предлагает все гипотезы разделить на две группы. Первая группа гипотез объясняет общее состояние массива горных пород в результате воздействия очистной выработки. Особенностью гипотез является то, что рассматриваются большие пространства вокруг выработки. Авторы гипотез рассматривают массив как определенную среду, не учитывая конкретные условия залегания пласта и применяемые крепи.

В гипотезах второй группы, как правило, рассматривается небольшая область влияния выработки, в основном это зона разрушения пород, которая влияет на условия работы призабойной крепи. Сюда можно отнести гипотезы возможных перемещений Г.Н. Кузнецова, гипотезу ступенчатого опускания кровли М. Цимбаревича, расчетные методы С.Т. Кузнецова, А.А. Борисова, В.Т. Давидянца, О. Якоби и других. Многообразие структурных и прочностных сочетаний массивов пород над угольными пластами Г.Н. Кузнецов свел к нескольким типовым схемам разрушения и перемещения слоев над очистной выработкой [2]. Он выделил случаи, когда

над пластом залегают мощный и прочный слой пород, а над ним легкообрушающийся слой или более прочные и мощные слои пород.

Характер разрушения пород зависит от прочностных свойств, мощности слоев и общей картины напряженного состояния пород впереди и над очистным забоем.

Наиболее полно поведение слоистой кровли отражает решение Г.Н. Кузнецова, где он доказывает, что потеря несущей способности слоя происходит после появления первых трещин от растягивающих напряжений у целиков, а затем и в середине пролета.

Однако использовать в качестве критерия разрушения и обрушения слоя изгибающие напряжения очень сложно т.к. их значения получают в лабораторных условиях путем специальных испытаний балочек, вырезаемых из породы, на изгиб.

Г.Л. Фисенко, В.П. Зубов, И.М. Петухов и другие, считают, что слой пород в кровле очистной выработки находится в сложном напряженном состоянии сжатия с растяжением [3]. В приведенном выражении не учитывается рост действующих сжимающих напряжений, возникающих под действием опорного давления.

Изучению физической природы опорного давления и созданию методов его расчета придавали большое значение В.Г. Гмошинский, А.Н. Динник, А.Б. Моргаевский, Т.Н. Савин, И.М. Петухов, А.А. Борисов, Н.Н. Кайдалов, В.Г. Лабазин, К.А. Ардашев, В.Н. Земисев, К.В. Руппенейт, И.А. Турчанинов, А.Г. Протосеня и другие.

В большинстве расчетных методов рассматривается плоская осесимметричная задача и предлагается кривая распределения опорного давления впереди длинного очистного забоя, состоящая из двух ветвей - восходящей, в направлении от забоя к массиву и нисходящей. Существенной ошибкой такой постановки задачи об опорном давлении, как отмечает А.А. Борисов, является то, что задача не может быть решена в общем виде, необходимо рассматривать строение покрывающей и подстилающей толщи, так как массив не сплошной, а слоистый; необходимо учитывать динамику опорного давления и разрушение краевой части пласта [4]. В этой же работе приведено решение определения опорного давления для слоистой кровли с учетом следующих допущений:

- деформации массива малы и происходят в пределах действия закона Гука;
- все слои разной мощности ортотропные;
- в каждом слое кроме деформаций изгиба происходят деформации сдвига;
- слои свободно проскальзывают друг относительно друга;
- длина лавы более чем вдвое превосходит длину пролета кровли.

Общим недостатком существующих подходов к расчету горного давления на краевую часть пласта является отсутствие методов определения числа слоев, участвующих в сдвигении над выработанным пространством лавы. Решение этой задачи, а также выявление характера сдвигения

позволит величину опорного давления рассчитать, как сумму давлений отдельных слоев на опору.

Результаты натуральных [5; 6] и лабораторных [7] исследований позволяют утверждать, что число слоев сдвигающихся над выработанным пространством лавы, ограничено областью сдвижения пород.

Область сдвижения пород, представленная на рисунке 1, ограничивается ломаной линией ABCDE и в ней различают три характерные зоны:

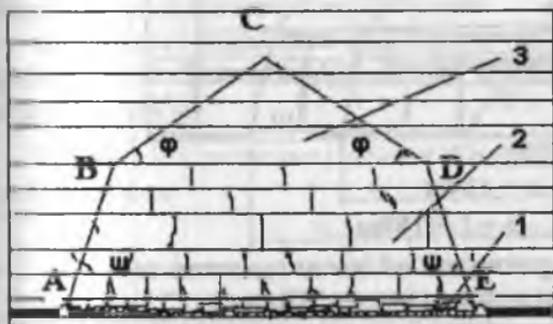


Рис. 1 Область сдвижения породных слоев над выработанным пространством

- 1 – зона беспорядочного обрушения кровли;
- 2 – зона упорядоченного обрушения кровли и прогиба слоев с потерей несущей способности;
- 3 – зона прогиба слоев без потери несущей способности.

Высота первой зоны для условий Донбасса находится в пределах 0,1...1,0m мощности пласта; высота второй зоны зависит от прочностных характеристик породных слоев и составляет 20...60m.

Исследованиями ВНИМИ, ДПИ установлено, что зона обрушения пород ограничивается линиями обрушения AB и DE, наклоненными к плоскости напластования под углом $\psi = 75...78^\circ$, а зона прогиба слоев без потери несущей способности линиями прогиба слоев BC и CD, наклоненными к плоскости напластования под углом $\phi = 45...46^\circ$.

Разрушение слоев первой и второй зон происходит за пределами упругости, а деформирование слоев третьей зоны в пределах упругости, т.к. они не теряют своей несущей способности т.е. прогибаются не разрушаясь.

В процессе работы лавы прогиб слоев над выработанным пространством происходит последовательно. Вначале, по мере выемки угля, приходит в сдвижение (прогибается) слой непосредственной кровли и разгружает вышележащий второй слой. Затем приходит в сдвижение второй слой, за ним третий и так далее все слои, входящие в область сдвижения.

Для наглядного представления механизма сдвижения породных слоев рассмотрим поведение кровли при работе лавы в конкретных условиях пласта h8 шахты «Прогресс». Вынимаемая мощность пласта составляет 1,2 м. Непосредственная кровля пласта представлена песчано-глинистым мощностью 17...18м. С коэффициентом крепости по шкале М.М. Прогдьяконова $f = 8$. Выше залегают чередующиеся слои сланцев и песчаников. На рисунке 2 приведена схема развития области сдвижения пород по мере отхода лавы от разрезной печи.

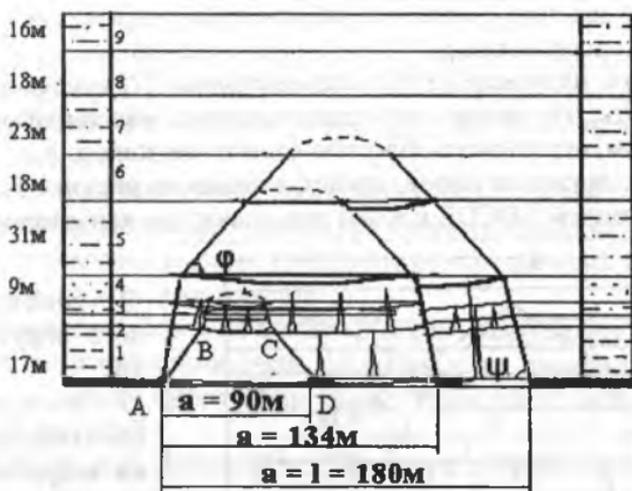


Рис. 2 Схема развития области сдвижения пород в лаве шахты "Прогресс"

Из рисунка видно, что непосредственная кровля пласта (слой №1) прогибается при отходе лавы на 90 метров от разрезной печи. Одновременно с ней приходят в сдвижение слои №2 и №3, а вышележащие зависают и не участвуют в сдвижении. При обнажении первого слоя на величину превышающую предельную он обрушается, происходит его первичная посадка. Величина предельного пролета (шаг первичной посадки) слоя может быть определена из выражения [8] с учетом пригрузки:

$$l = h \sqrt{\left[\frac{\sigma_0 h^2}{7\sigma_p(h + \Sigma h_i)} \right]^2 + \frac{\sigma_0 - 2\lambda\gamma H}{\gamma(h + \Sigma h_i)}} - \frac{\sigma_0 h^2}{7\sigma_p(h + \Sigma h_i)}; \text{ м} \quad (1)$$

где h – мощность рассчитываемого слоя, м;

Σh_i – суммарная мощность слоев пригрузки, м;

σ_0 и σ_p – предел прочности породы соответственно на сжатие и растяжение МПа;

λ – коэффициент бокового распора;

γ – удельный вес породы, МН/м³

H – глубина залегания слоя, м

Из входящих в выражение (1) величин не определенной является суммарная мощность слоев пригрузки, в качестве которых выступают слои с меньшей несущей способностью и соответственно с меньшим предельным пролетом. Оценить несущую способность слоев можно путем расчета предельного пролета каждого слоя, используя выражение [3] или вышеприведенную зависимость при $\Sigma h_i = 0$ и сравнивая последовательно пролеты в направлении от пласта вверх. Необходимо также учитывать углы прогиба

и обрушения ψ поскольку линии, проведенные под этими углами от точки обнажения нижней кромки слоя к верхней (AB и CD), ограничивают обнажение его по верхней кромке BC. Величина обнажения верхней кромки нижележащего слоя BC равна величине обнажения нижней кромке вышележащего (Рис. 2). Таким образом слои разбиваются на группы в каждой из которых нижний более прочный слой является несущим, а над ним лежат более слабые, которые передают свой вес на несущий слой, деформируются и обрушаются вместе с ним.

В таблице 1 приведены результаты расчета предельного пролета несущей кровли и измеренный фактический шаг посадки в лавах шахты «Прогресс».

Таблица 1. Сравнение расчетных и фактических величин предельных пролетов кровли

№	Лава	Длина лавы, м	Расчетный пролет кровли, м	Фактический пролет кровли, м	Отклонение, %
1	1-я западная	205	111	123	11
2	6-я восточная	165	159	142	12
3	2-я восточная	200	112	130	6
4	12-я восточная	180	81	90	11
5	11-я восточная	150	80	83	3,7
6	22-я восточная	190	106	125	18

Сравнивая табличные значения не трудно убедиться, что погрешность расчетов не превышает 18%.

В условиях 12-й восточной лавы первичная посадка первой группы слоев (слои №№1,2,3) произошла после отхода лавы от разрезной печи на 90 метров. Слой №4, представленный песчаником, мощностью 9 метров продолжает висеть и обрушится только при отходе лавы на 134 метра. В этом случае обнажение нижней кромки слоя №4 достигнет величины его предельного пролета. Другими словами при отходе лавы на 134 метра будет ощущаться повышенное давление на призабойную крепь, произойдет первичная посадка второй группы слоев.

Предельный пролет слоя №5, представленного песчаным сланцем мощностью 31 метр, определенный из выражения (1) составит 198м и слой будет продолжать висеть т.е. сдерживать пригрузку вышележащих слоев над выработанным пространством при отходе лавы от разрезной печи на расстояние равное её длине. При дальнейшем подвигании лавы слой №5, который можно представить плитой, жестко защемленной по контуру, будет также висеть поскольку короткая сторона в этой плите будет меньше предельного пролета слоя. В дальнейшем будут ощущаться только вторичные посадки кровли интенсивность которых значительно ниже первичных.

Построение области сдвижения пород кровли позволяет определить число групп слоев, участвующих в сдвижении и дает возможность рассчитать величину опорного давления в периоды первичных посадок, так как именно в это время наблюдаются максимальные проявления горного давления. Считая, что рассчитываемый слой до обрушения работает в пределах упругости определим давление его на опору, как балки жестко защемленной на концах:

$$P = \Sigma P_i + \gamma H, \text{ МПа} \quad (2)$$

где P_i – давление группы слоев на опору, МПа

$$P_i = \frac{1}{2S} \cdot \gamma \cdot (h + \Sigma h_i) \cdot l \cdot a, \text{ МПа} \quad (3)$$

где S – единичная площадка куда приложена сила P , м^2
 a – единичная ширина балки-полоски, м.

Величина опорного давления позволяет прогнозировать характер разрушения породы непосредственной кровли впереди очистного забоя и проектировать мероприятия, предотвращающие завалы лав.

Выводы

1. В статье обоснована актуальность задачи изучения механизма формирования горного давления и сдвижения породных слоев над выработанным пространством.
2. Приведены результаты исследований и предложен механизм сдвижения породных слоев над выработанным пространством очистных забоев.
3. Предложен метод определения шага первичной посадки кровли и величины опорного давления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глушихин Ф.П. Трудноуправляемые кровли в очистных забоях. - М.: Недра, 1974.- 192 с.
2. Кузнецов Г.Н. Определение полной несущей способности кровли подземных выработок. - В кн.: Исследования по вопросам горного давления и маркшейдерского дела №22.-М.-Л.: Углетехиздат, 1950.- с. 231 – 260.
3. Фисенко Г.Л. Предельные состояния горных пород вокруг выработок. - М.: Недра, 1976.- 272 с.
4. Борисов А.А. Механика горных пород и массивов. - М.: Недра, 1980.- 360 с.

5. Конлыбаева Ж.М. Закономерности пород в массиве. - М.: Наука, 1968.- 108 с.
6. Болгожин Ш. А-Г., Клиновицкий Ф.И. Геомеханические условия охраны подготовительных выработок при отработке угольных пластов. - Алма-ата : Наука, 1982.- 88 с.
7. Исследование поведения труднообрушаемой кровли при отработке пласта h8 на большой глубине / Андрушко В.Ф., Лобков Н.И., Попов Л.Ф., Желязко В.З.- В сб.: Разработка месторождений полезных ископаемых. -К.: Техника,1981,- с.12-15.
- И. Лобков Н.И. Исследование сдвижения породных слоев над очистными выработками пологих пластов. - Материалы международной научн. техн. конф. Проблемы механики горно-металлургического комплекса. - Днепрпетровск, 2002. с.175-176.