

К ОЦЕНКЕ СКЛОННОСТИ ПОРОД К ОБРУШЕНИЯМ ПО ДАИНЕ ЛАВЫ КРУТЫХ ПЛАСТОВ

к.т.н. Подкопаев С.В. (ДонНТУ), **инж. Головачев И.Н.** (ш/у «Александровское»), **инж. В.В. Засульский** (шахта им. Гаевского).

Разработка крутых пластов в Центральном районе Донбасса ведется в исключительно сложных горно-геологических условиях, где 85 % запасов угля сосредоточено в тонких пластах мощностью до 1,2 м, причем 62,5 % этих запасов составляют пласты с неустойчивыми боковыми породами и сложными условиями залегания. На пластах с устойчивыми боковыми породами (37,5 %) в процессе перемещения очистного забоя встречаются зоны периодического ухудшения устойчивости от 6 до 41 %. Особенно резко снижается устойчивость боковых пород на глубинах более 600-700 м [1,2].

Общеизвестно, что при разработке месторождений Центрального района Донбасса применяется этажный способ подготовки шахтных полей с отработкой этажей в нисходящем порядке. Принятый порядок отработки обуславливает различную по высоте этажа прочность пород. В этой схеме направления разгрузки пород от горного давления, как со стороны вышележащего этажа, так и в пределах разрабатываемого этажа совпадают, обеспечивая опережающую разгрузку массива пород ниже разрабатываемого этажа, в результате чего обрушившиеся породы верхней части лавы (при разработке нижележащего этажа) первоначально смещаются в ее нижнюю часть по мере выемки угля, подбучивая непосредственную кровлю и образуя под вентиляционным штреком ничем не поддерживаемые пустоты.

Серьезную опасность представляют и сползания пород почвы. Ранее проведенными исследованиями установлено [3], что условия сползания формируются при наличии слабого слоя внутри пород почвы, а сползанию, связанному с отрывом некоторой толщи пород от остального массива, предшествует их расслоение.

Изучение процесса сдвижения и деформаций боковых пород показало [4], что при выемке угольных пластов в нарушенной толще происходит образование характерных зон сдвижения, в результате чего над выработанным пространством наблюдается последовательное отделение слоев от толщи и их прогиб по нормали к напластованию. С увеличением угла падения пластов появляется тенденция к сдвигу породных слоев по напластованию, что приводит к потере несущей способности крепи в очистном забое и выработанном пространстве и, как следствие этого, к завалу очистного забоя.

В последнее время ДонГТУ развивает новые представления о природе травматизма от обвалов и обрушений [5], в основе которых находится расслоение пород, происходящее как при выемке угля (породы), так и вслед за этим, т.е. в течение какого-то промежутка времени. Для условий разработки крутых пластов заключаются они в следующем.

С учетом ярко выраженной слоистости осадочных пород, в зонах разгрузки деформации глинистых пород развиваясь и увеличиваясь в объеме во времени отрывают слой пород, ближайший к выработанному пространству, в пределах разрабатываемого этажа, в призабойном и выработанном пространстве в результате этого обрушение расслоившихся пород кровли по длине лавы начинается с наиболее деформированной ее части - верхней, а сползания почвы - нижней и средней.

Для доказательства такого положения, рассмотрим схему обрушения боковых пород по длине лавы крутого пласта, на которой следует различать: расслоившиеся породы кровли (1), обрушенные породы кровли (2) и расслоившиеся породы почвы (3) (рис. 1). В верхней части лавы находится зона деформированных пород. На некотором расстоянии h от линии вентиляционного горизонта выделим элементарный треугольник ABC (рис. 2,а). Обозначим через σ_1 , σ_2 и σ_n давление, действующее на грани рассматриваемого элементарного треугольника, а через τ - касательные напряжения, величину которых можно определить по выражению [6]

$$\tau = \sigma_n \operatorname{tg} \varphi,$$

где φ - угол внутреннего трения породы, град.

Составим уравнение сил, действующих на элементарный треугольник:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum X = \sigma_2 \frac{dy}{\cos \beta} \cdot \cos \beta - \sigma_n \frac{dy}{\sin \theta} \cdot \sin \theta + \sigma_n \operatorname{tg} \varphi \frac{dy}{\sin \theta} \cdot \cos \theta = 0 \\ \sum Y = \sigma_2 \frac{dy}{\cos \beta} \cdot \sin \beta - \sigma_1 (dy \operatorname{tg} \beta + dy \operatorname{ctg} \theta) + \sigma_n \operatorname{tg} \varphi \frac{dy}{\sin \theta} \cdot \sin \theta + \sigma_n \frac{dy}{\sin \theta} \cdot \cos \theta = 0 \end{array} \right.$$

После соответствующих преобразований, имеем

$$\left\{ \begin{array}{l} \sigma_2 - \sigma_n (1 - \operatorname{tg} \varphi \operatorname{ctg} \theta) = 0 \\ \sigma_2 \operatorname{tg} \beta - \sigma_1 (\operatorname{tg} \beta + \operatorname{ctg} \theta) + \sigma_n (\operatorname{tg} \varphi + \operatorname{ctg} \theta) = 0 \end{array} \right.$$

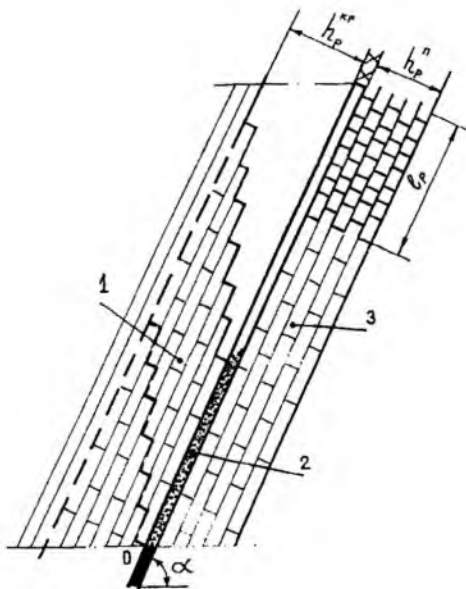


Рис. 1. Схема образования характерных зон при разработке крутого пласта:

- 1 - расслоившиеся породы кровли;
- 2 - обрушенные породы кровли;
- 3 - расслоившиеся породы кровли;
- α - угол падения пласта, град.;
- l_p - зона деформированных пород верхней части лавы, м;
- $h_p^{кр}$ - мощность расслоившихся пород кровли, м;
- $h_p^п$ - мощность расслоившихся пород почвы, м.

Исключая из системы уравнений σ_1 и считая, что $\sigma_1 = \gamma h$, получим

$$\sigma_2 = \sigma_1 \frac{\operatorname{tg} \beta + \operatorname{ctg} \theta}{\operatorname{tg} \beta + \operatorname{ctg}(\theta - \varphi)} = \gamma h \frac{\operatorname{tg} \beta + \operatorname{tg} \theta}{\operatorname{tg} \beta + \operatorname{ctg}(\theta - \varphi)}.$$

По полученному выражению построим эпюру давления на почву разрабатываемого пласта (рис.2, б), из которой видно, что максимальное давление почва испытывает в нижней части лавы на участке, примыкающем к линии откаточного горизонта. Давление в

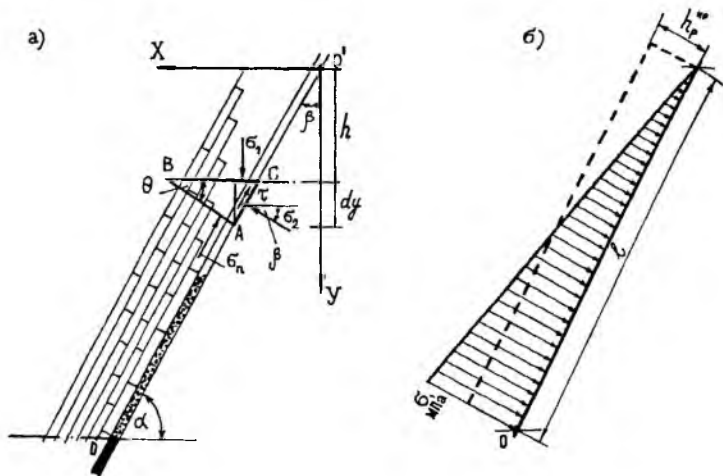


Рис. 2. Расчетная схема к определению давления обрушенных пород на почву угольного пласта (а) и эпюра давления (б): β, θ - пространственные углы, град.; dy - элементарный участок длиной dy на расстоянии h , м; l - длина лавы, м.

этом месте создается за счет обрушенных пород верхней части лавы и расслоившихся пород кровли нижней части.

Представим теперь породы почвы, исходя из приведенной выше схемы, в виде балки, жестко заземленной одним концом. Другой конец свободный опирается на породы основной почвы (подстилающий слой). Длина балки соответствует $2/3$ длины лавы. Предположим, что балка подвержена действию сплошной равномерной нагрузки со стороны подстилающего слоя (рис. 3, а). Используя основные положения теории сопротивления материалов [6], построим эпюру изгибающих моментов (рис. 3, б) и определим максимальный прогиб в точке К, который равен

$$W_k = \frac{ql^4}{8EJ_x},$$

где q - значение равномерно распределенной нагрузки, н/м;
 l - длина балки, м;
 E - модуль упругости, н/м²;
 J - момент инерции сечения балки относительно оси X, м⁴

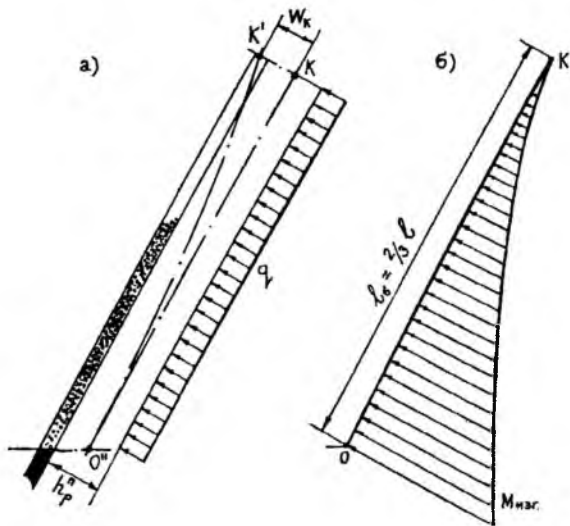


Рис. 3. Расчетная схема к определению максимального прогиба пород почвы (а) и эпюра изгибающего момента (б): l - длина балки, м; W_k - максимальный прогиб в точке К, м.

Максимальный прогиб в точке К способствует сжатию главной оси балки в ее нижней части, т.е. в месте жесткого защемления, где имеет место концентрации сжимающих напряжений. Общеизвестно, что когда балка работает на изгиб, в любом ее сечении возникают нормальные и касательные напряжения, приводящие к изгибающему моменту и при соблюдении условия

$$\sigma_{изг} > [\sigma_{изг}]$$

где $\sigma_{изг}$ - расчетные напряжения при изгибе, н/м²;

$[\sigma_{изг}]$ - допускаемые напряжения при изгибе, н/м²;

в любой точке сечения балки может произойти разрушение. Поэтому, с точки зрения потери несущей способности балки, при таком положении наиболее опасной считается ее нижняя часть, нарушение равновесного состояния в которой может привести к значительным разломам.

Таким образом, в реальных условиях разработки крутых пластов, когда осадочный массив представляет собой чередующиеся самым различным образом слои глинистого,

песчано-глинистого, песчанистого и других сланцев, нисходящий порядок отработки этажей обуславливает различную склонность боковых пород к обрушениям по длине лавы. Участки угольных пластов в верхней части лавы, примыкающие к выработанному пространству предыдущего этажа, считаются настолько разгруженными, что по мере выемки угля, в силу специфических особенностей отработки крутых пластов, под действием сил гравитации, деформированные породы кровли верхней части лавы скатываются вниз, подбучивая ее нижнюю часть. В этом месте расслоившаяся кровля опирается на обрушенные породы, что делает маловероятным ее обрушение. Для пород почвы наиболее опасной считается нижняя и средняя части лавы, в которых расслоение пород (за счет разгрузки углеспородного массива) проявляется по мере выемки угля и способствует не только изгибу породных слоев, но и концентрации напряжений в окрестности откаточного штрека. Наличие слабых пород в непосредственной почве делает более вероятным их сползание.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жуков В.Е. Теоретические и экспериментальные исследования совершенствования технологии очистных работ и отработки шахтных полей в Центральном районе Донбасса. Автореф.дисс... докт.техн.наук.-М.;ИГД им. Скочинского,1973.-30с.
2. Васильев Ю.В., Луцик П.П. О снижении устойчивости горных пород на больших глубинах //Уголь Украины.-1976.-№7.-с.24-26.
3. Селезень А.А., Томасов А.Г., Андрушко В.Ф. Поддержание подготовительных выработок при разработке крутых пластов.-М.;Недра.-1977.-205с.
4. Стукальский В.П. Исследование процесса сдвижения толщи горных пород и земной поверхности при разработке наклонных и крутопадающих пластов угля в условиях Донбасса.Автореф.дисс. ... канд.техн.наук.-Донецк:ДПИ.-1969.-16с.
5. Николин В.И., Мордасов В.И., Подкопаев С.В. Закономерности развития деформаций генетического возврата - научная основа снижения травматизма. Донецк:ДонГТУ.-2001.-317с.
6. Снитко Н.К. Сопротивление материалов. Учебное пособие.-Л;Изд-во АГУ.-1975.-386с.

© Подкопаев С.В., Головачев И.Н., Засульский В.В.
2001