

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЗОНЫ ДЕФОРМАЦИЙ РАСТЯЖЕНИЙ В МУЛЬДЕ СДВИЖЕНИЯ

Визначено параметри зони деформацій розтягнень в зсувному масиві гірських порід, у котрому можливе скупчення метану: кути, які обмежують зони зі сторони повстання та падіння вугільного пласта та їх протяжність на поверхні.

DETERMINATION OF PARAMETERS IN TENSILE DEFORMATION ZONE IN DYNAMIC MOVEMENT TROUGH

The parameters of tensile deformation zone in massif, where methane might be accumulated, have been detected. There are angles restraining zones on downward and upward side of coal seams and their length on earth surface.

В результате подземной выемки угля в сдвигающемся массиве горных пород образуются зоны деформаций растяжений и сжатий. На земной поверхности в динамической мульде сдвижения они достаточно хорошо изучены. Особый интерес представляют образовавшиеся зоны деформаций растяжений в подработанном массиве горных пород, поскольку они окружены зонами деформаций сжатия и могут накапливать газ или подземные воды.

В подработанном массиве горных пород зоны растяжений могут быть двух видов: в виде зоны расслоений, расположенной на определенной высоте от забоя, и на границах динамической мульды.

Высота зоны расслоений определяется исходя из следующего.

При выемке угля одновременно происходят два процесса: перемещается очистной забой под блоком пород, который должен обрушиться, и перемещается в массиве зона деформаций растяжений по плоскости сдвижения, которая образовалась при обрушении предыдущего блока. Когда блок (шаг обрушения) будет подработан и он обрушится, то появится новая зона деформаций растяжений. При ее перемещении в массиве предыдущая будет заменяться зоной деформаций сжатия.

При этом возможны два случая, которые подтверждены инструментальными наблюдениями за сдвижением земной поверхности.

Первый, характерен для неглубоких шахт. Если время, в течение которого подрабатываются два блока достаточно для того, чтобы зона деформаций растяжений успела развиться по всей глубине разработки до поверхности, то в этом случае зона растяжений располагается некоторый период времени над выработанным пространством. Она является проводником воды и газа в очистной забой. При остановке забоя останавливается и процесс сдвижения земной поверхности.

Второй, характерен для глубоких шахт. Если время подработки двух блоков невелико (это происходит также при большой скорости перемещения очистного забоя), то деформации растяжений успевают развиться только до

определенной высоты, на которой они, сменяясь сжатиями, образуют зону расслоений. Выше этой зоны происходит оседание пород без разрушения их сплошности. При остановке очистного забоя процесс сдвигения массива горных пород и земной поверхности продолжается некоторый период времени.

Высота (от почвы пласта), до которой может развиваться зона деформаций растяжений, не переходя в зону сжатий, определяется

$$H_D = \frac{2 \cdot L}{V_3} V_A \cdot \sin \omega, \text{ м} \quad (1)$$

где H_D - высота, на которой располагается зона расслоений (зона растяжений), м; L - шаг обрушения основной кровли, м; V_A - скорость развития деформаций растяжений в массиве, м/сут.; V_C - скорость перемещения очистного забоя, м/сут.; ω - угол естественного сдвигения горных пород, град.

Как следует из приведенного выражения, высота зоны расслоений зависит от двух главных параметров: скорости перемещения забоя и скорости развития деформаций растяжений в массиве. Для пород различного литологического состава эта скорость деформаций (скорость сдвигения) была определена С.Б. Кулибабой, а также приведена в работах [4, 5]. На высоту расположения зоны расслоений влияет также мощность разрабатываемого пласта. Она учитывается опосредовано через скорость развития деформаций в массиве и угол естественного сдвигения. Отсюда следует (см. формулу 1), что чем выше скорость перемещения забоя, тем на меньшей высоте располагается зона расслоений и тем меньше горное давление на выемочный механизированный комплекс. Однако, при этом нужно учитывать, что при больших скоростях перемещения очистного забоя может изменяться шаг обрушения основной кровли. Для пород высокой степени литификации, в которых скорость развития деформаций растяжений в массиве выше 15 м/сут., эти положения требуют уточнения.

Рассмотрим зоны деформаций растяжений по краям динамической мульды.

Граница между выработанным пространством и нетронутым горным массивом разделяется углом сдвигения горных пород, направленным в сторону неподработанного массива. Полумульда сдвигения над участком, где вынут уголь, имеет зоны растяжения и сжатия, которые разделяются точкой перегиба. В зависимости от глубины выемки угля, типа горных пород, мощности пласта, угла его падения, параметры полумульды будут иметь разные значения. Инструментальные наблюдения за изменениями деформаций растяжений от поверхности до глубины выемки угля отсутствуют. Но, учитывая то, что с увеличением глубины разработки деформации растяжения на поверхности уменьшаются, то максимальные деформации растяжения будут находиться в

массиве горных пород непосредственно на участке выемки угля. Следует при этом также учесть, что газосодержащие породы Донбасса обладают низкой проницаемостью и газ выделяется в основном при их разрушении, то есть в зонах деформаций растяжений.

Цель - определить параметры зоны деформаций растяжений со стороны восстания и падения пласта в мульде сдвижения. Максимальные деформации определяются углом, который образуется между горизонтальной линией и линией соединяющей границу выемки пласта и максимальные деформации растяжений.

Рассмотрим мульду сдвижения в главном ее сечении для пологих и наклонных пластов.

Зоны деформаций растяжений со стороны восстания и падения пласта определяются исходя из следующих положений. Согласно исследованиям [3] наибольшие напряжения и, соответственно, разрушения, происходят вкrest напластования пород. Согласно исследованиям [4], центр тяжести сдвигающегося массива находится на пересечении прямых максимальных оседаний и максимальных напряжений, направленных перпендикулярно плоскости пласта. Исходя из этого можно предположить, что зона деформаций растяжений как со стороны восстания, так и со стороны падения пласта ограничена с одной стороны углами сдвижения, а с другой стороны - прямыми, перпендикулярными к плоскости пласта. Предполагаем, что эти прямые пересекают мульду сдвижения в точке перегиба ($\xi_p = \xi_c$) (рис. 1).

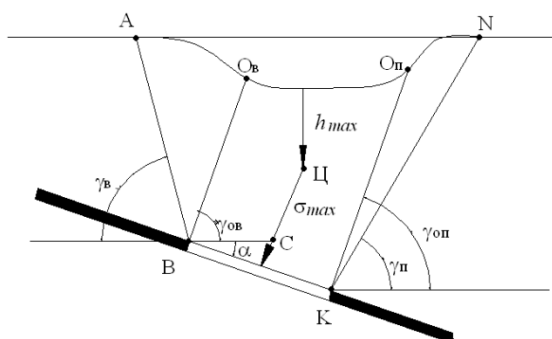


Рис. 1 – Мульда сдвижения при работе одиночной лавы

Главные параметры зоны деформаций растяжений такие: угол между линией сдвижения и линией точки перегиба $\angle ABO_B$, $\angle NKO_I$, а также расстояние от точки перегиба до границы сдвижения $\hat{A}A$, NO_I .

Определим углы, ограничивающие зоны максимальных деформаций растяжений.

Угол зоны максимальных деформаций растяжений со стороны восстания определим следующим образом (рис 2).

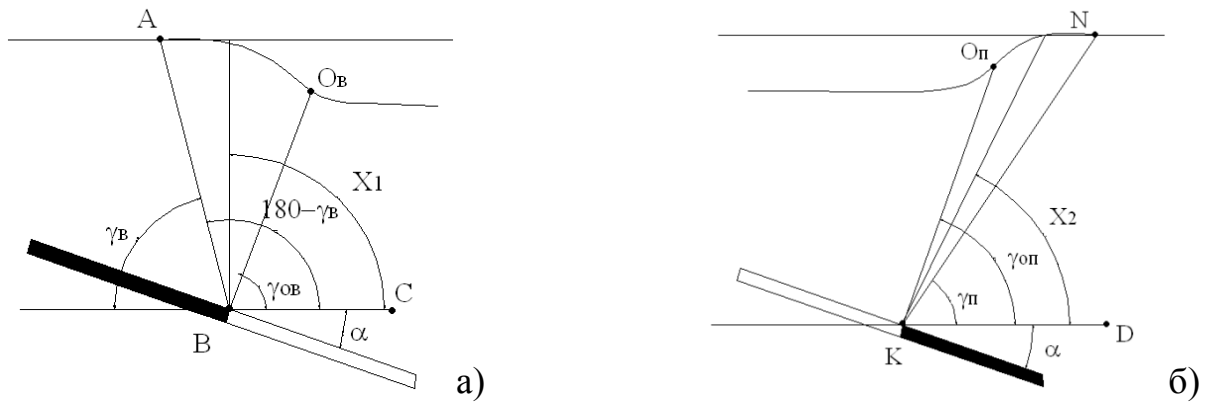


Рис. 2 – Схема к определению углов, ограничивающих зоны деформаций растяжений со стороны восстания (а) и со стороны падения (б) пласта

$$\begin{aligned} \gamma_{iA} &= 90 - \alpha; \angle ABC = 180 - \gamma_B; \angle O_B BC = 90 - \alpha; \\ \angle ABO_B &= \angle ABC - \gamma_{OB} = (180 - \gamma_B) - (90 - \alpha); \end{aligned}$$

Тогда:

$$\begin{aligned} X_1 &= \frac{\angle ABO_B}{2} + \angle O_B BC = \frac{\angle ABC - \angle O_B BC}{2} + \angle O_B BC = \\ &= \frac{(180 - \gamma_B) - (90 - \alpha)}{2} + (90 - \alpha) = \frac{270 - (\gamma_B + \alpha)}{2} \\ X_1 &= \frac{270 - (\gamma_B + \alpha)}{2} \end{aligned} \quad (2)$$

Угол зоны максимальных деформаций растяжений со стороны падения.

$$\angle O_i KD = 90 - \alpha; \angle NKD = \gamma_i; \angle O_i KN = \angle O_i KD - \gamma_i;$$

Тогда:

$$X_2 = \frac{\angle O_i KD - \angle NKD}{2} + \gamma_i; X_2 = \frac{90 + \gamma_i - \alpha}{2} \quad (3)$$

Определение протяженности зоны деформаций растяжений в муьде сдвижения со стороны восстания и падения пласта.

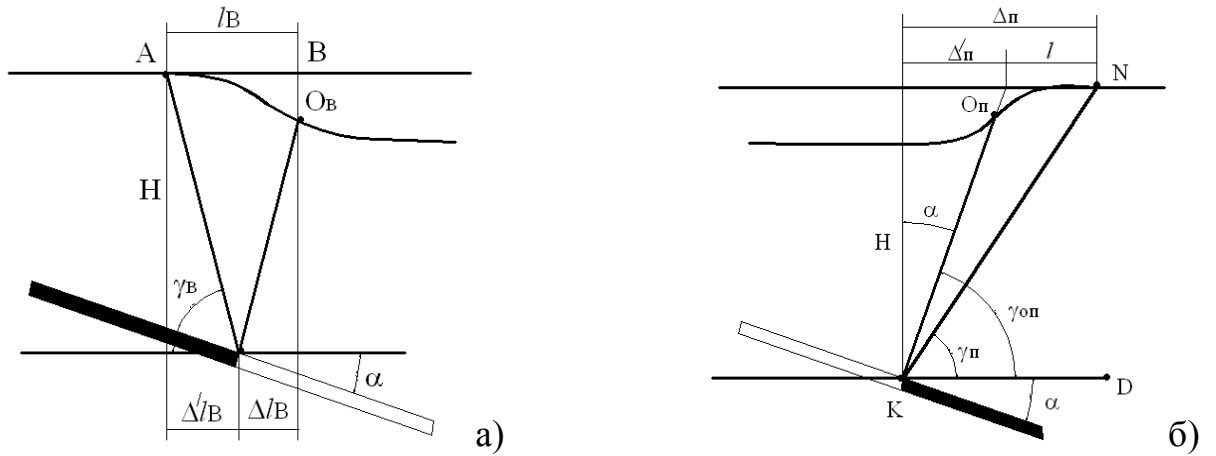


Рис. 3 – Схема к определению длины зоны растяжений в мульде сдвижения со стороны восстания (а) и со стороны падения (б) пласта

Протяженность зоны деформаций растяжений на поверхности определяется исходя из следующего. Учитывая, что максимальные оседания имеют существенно меньшую величину по отношению к глубине разработки (1/500, 1/1000), предполагаем, что линия $\hat{A}\hat{A}$ в мульде сдвижения приблизительно равна $\hat{A}\hat{A}$. Тогда:

$$\frac{\Delta l_B}{H} = \operatorname{tg} \alpha; \Delta l_B = H \operatorname{tg} \alpha; \frac{\Delta l_B}{H} = \operatorname{ctg} \gamma_B; \Delta l_B = H \operatorname{ctg} \gamma_B$$

$$l_B = H \operatorname{tg} \alpha + H \operatorname{ctg} \gamma_B = H(\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{ctg} \gamma_B), \quad (4)$$

где l_B - протяженность зоны деформаций растяжений в мульде сдвижения со стороны восстания пласта, м.

Определим протяженность зоны деформаций растяжений в мульде сдвижения со стороны падения.

$$\Delta \hat{l} = H \operatorname{ctg} \gamma_i; \frac{\Delta \hat{l}}{H} = \operatorname{tg} \alpha; \Delta \hat{l} = H \operatorname{tg} \alpha$$

$$l_i = \Delta \hat{l} - \Delta \hat{l} = \hat{l} \operatorname{ctg} \gamma_i - \hat{l} \operatorname{tg} \alpha = H(\operatorname{ctg} \gamma_i - \operatorname{tg} \alpha), \quad (5)$$

где l_i - протяженность зоны деформаций растяжений в мульде сдвижения со стороны падения пласта, м.

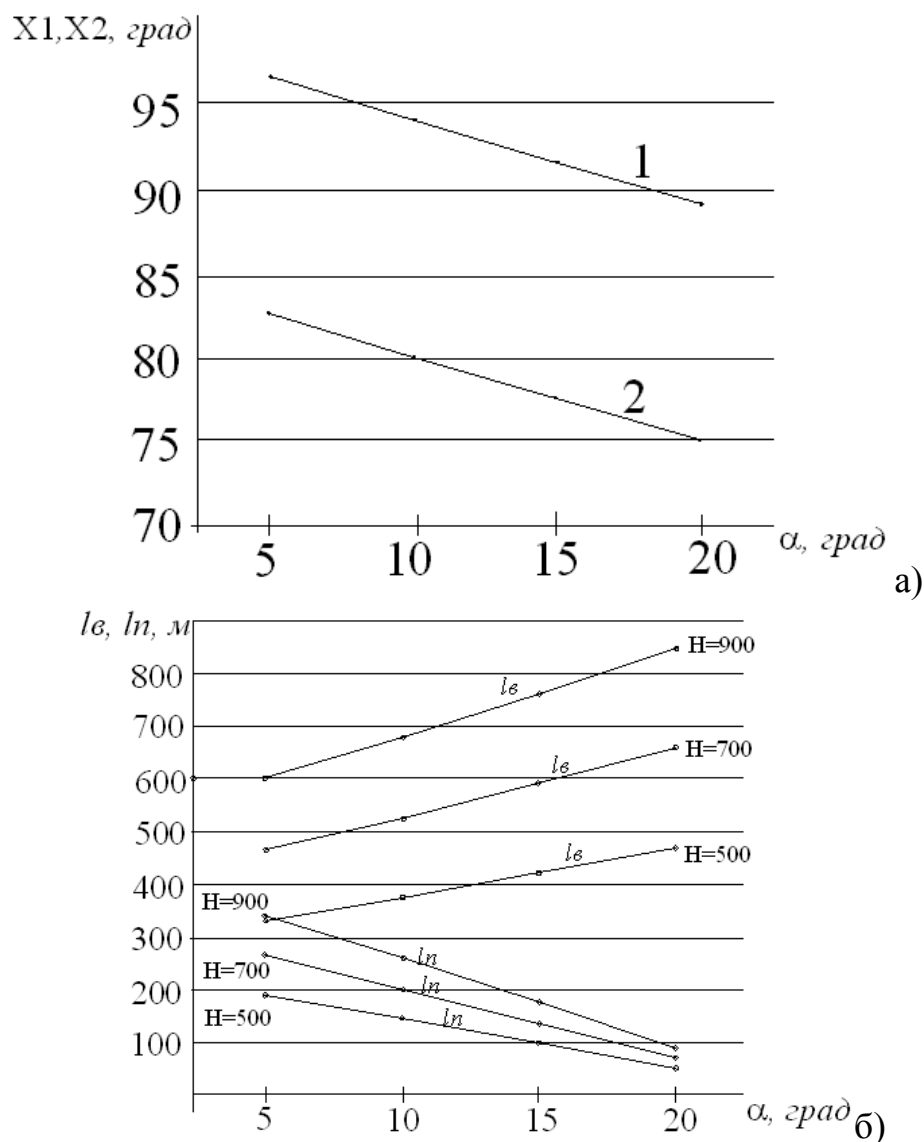


Рис. 4 – Зависимости углов, ограничивающих зону деформаций растяжений со стороны восстания 1 и падения 2 пласта (а) и зависимости длин зоны деформаций растяжений в мульде со стороны восстания и падения от угла падения пласта при разной глубине разработки (б)

Углы, ограничивающие зону максимальных деформаций растяжений со стороны восстания пласта больше углов со стороны падения на 10 - 15 % (рис. 4а). С увеличением угла падения пласта углы, ограничивающие зону максимальных деформаций растяжений, уменьшаются. Следовательно, должен уменьшаться и угол наклона дегазационных скважин.

Что касается протяженности зон деформаций растяжений со стороны восстания и падения пласта, то они уменьшаются различно (рис. 4б). Протяженность зоны деформаций растяжений со стороны восстания увеличивается с увеличением угла падения пласта, а протяженность зоны деформаций растяжений со стороны падения пласта - уменьшается.

Это подтверждается инструментальными наблюдениями, проведенными для различных углов наклона пласта.

Выводы:

1. Углы, определяющие зону максимальных деформаций растяжений в мульде сдвижения, с увеличением угла падения пласта уменьшаются как со стороны восстания, так и со стороны падения пласта. Причем, со стороны восстания пласта угол на 10 - 15 % больше, чем со стороны падения.
2. Протяженность зоны деформаций растяжений с увеличением угла падения пласта со стороны восстания увеличивается, а со стороны падения - уменьшается.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ефремов І.О. Фізико-технічні основи комплексної дегазації і використання метану вугільних шахт: Автореф. дис. д-ра техн. наук. – Дніпропетровськ, 2011. – 36 с.
2. Клец А.П. Экспериментальные исследования способа опережающей дегазации пород кровли высоконагруженных лав / А.П. Клец, Б.В. Бокий, И.А. Ефремов // Материалы V Международной научно-практической конференции «Метан угольных месторождений Украины» // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. тр. / ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск, 2008. – Вып. 80. – С. 72 – 77.
3. Кирничанский Г.Т. Элементы теории деформирования и разрушения горных пород [Текст] – Киев: Наукова думка, 1989. – 184 с.
4. Четверик М.С. Теория сдвижения массива горных пород и управления деформационными процессами при подземной выемке угля [Текст] / Четверик М.С., Андросчук Е.В. // Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАНУ. Днепропетровск, 2004. - 150 с.
5. Четверик М.С. Горное давление и сдвижение массива горных пород при выемке угля [Текст] / Четверик М.С., Синенко М.А., Четверик И.В. // Матеріали міжнар. конф. «Форум гірників - 2010». - Дніпропетровськ: РВК НГУ, 2010. - С. 239 - 248.
6. Е.И. Питаленко. Геомеханические процессы отработки крутых пластов: новые исследования и решения [Текст] / Е.И. Питаленко, С.Б. Кулибаба, Ю.Н. Гавриленко [и др.] - Донецк: ДУНВГО, 2007. - 384 с.
7. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях. - М.: Недра, 1981. - 288 с.