

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арсентьев А.И. Определение производительности и границ карьеров.-М.: Недра, 1970.- 319 с.
2. Новожилов М.Г., Тартаковский Б.Н., Четверик М.С. Горногеометрический анализ и режим горных работ карьеров.- К.: Наукова думка, 1971.- 144 с.
3. Ржевский В.В. Открытые горные работы. Часть I. Производственные процессы: Учебник для вузов.-4-е изд., перераб. и дополн.-М.: Недра,1985.-509 с.
4. Ржевский В.В. Открытые горные работы. Часть II. Технология и комплексная механизация.- 4-е изд., перераб. и дополн.- М.: Недра, 1985.- 549 с.
5. Беляков Ю.И. Совершенствование технологии выемочно погрузочных работ на карьерах. – М.: Недра, 1977.- 295 с.
6. Р.Ю. Подэрни. Горные машины и комплексы для открытых работ.- М.: Недра, 1985.- 544 с.
7. Ржевский В.В. Технология и комплексная механизация открытых горных работ.- М.: Недра, 1975. – 575 с.
9. Тартаковский Б.Н., Вишняков В.С., Гаврилюк И.И., Четверик М.С., Панчошный Н.М., Киковка Е.И. Циклично-поточная технология добычи руды на карьерах Кривбасса.- К.: «Техніка», 1978.-175 с.
10. Новожилов М.Г., Дриженко А.Ю., Маевский А.М. и др. Высокопроизводительные глубокие карьеры.- М.: Недра, 1984.-187 с.
11. Васильев М.В., Штукатуров К.М., Ткачев А.Ф. Железорудные карьеры.- М.: Недра, 1982.-262 с.
12. Четверик М.С., Медведева О.А. Производственная мощность глубоких карьеров и технологические комплексы. //Форум гірників 2005, матеріали міжнародної конференції 12-14 жовтня 2005р, том 4 (П-Я), Дніпропетровськ НГУ. 2005.- С. 219-229.

УДК 622.834

Асп. Е.А. Бубнова
(ИГТМ НАН Украины)

ГОРИЗОНТАЛЬНЫЕ ДЕФОРМАЦИИ В ДИНАМИЧЕСКОЙ МУЛЬДЕ СДВИЖЕНИЯ

Розглянуто механізм формування горизонтальних зсунів земної поверхні при горизонтальному заляганні шару. Приведено формули для розрахунку довжини напівмульди, горизонтальних зсувів і деформацій розтягнення і стиснення.

HORIZONTAL DEFORMATION IN DYNAMIC MOULDE OF RELATIONSHIP

The considered mechanism of the shaping the horizontal displacings to terrestrial surface upon horizontal occurrence of seam. The broughted formulas for calculation of the length semi-mould, horizontal relationship and deforming the sprain and compressions.

Теоретическое представление сдвижения горного массива и земной поверхности, наиболее соответствующее реально происходящему процессу, позволяет описать, объяснить и предвидеть явления, которые могут возникнуть при подземной выемке пластов угля.

Для изучения закономерностей процесса сдвижения земной поверхности и массива горных пород выполнен большой объем исследований в НГУ, ИГТМ им. Н.С. Полякова НАНУ, МакНИИ, ДОНГТУ, УкрНИМИ и других научных центрах. По результатам этих исследований установлен ряд закономерностей и зависимостей.

Формулы для расчета сдвижений и деформаций земной поверхности предложены в [1,3,4]. Так в работе [1] оседание предложено вычислять по формуле

$$\eta = gm \cos \alpha, \quad (1)$$

а горизонтальные сдвигения по формуле

$$\xi_{\Gamma} = gm \sin \alpha \quad (2)$$

где α - угол падения пласта, m –вынимаемая мощность пласта, m , g – коэффициент главного вектора сдвижения земной поверхности, учитывающий ее сдвигение за счет выемки угольного пласта, обезвоживания и дегазации массива. С увеличением глубины разработки g уменьшается.

Однако исходя из приведенных выражений получается, что при горизонтальном залегании пласта ($\alpha=0^{\circ}$) горизонтальные сдвигения также равны нулю. Однако, на практике это не так.

В настоящей работе поставлена следующая задача: определить горизонтальные сдвигения и деформации при горизонтальном залегании пласта.

Известно, что при обезвоживании толщи вмещающих горных пород и выемки полезного ископаемого происходит оседание массива горных пород и земной поверхности. В результате оседания развиваются деформации земной поверхности (горизонтальные и вертикальные). Особенность горизонтальных смещений состоит в том, что их величины складываются из нескольких составляющих. Рассмотрим подробнее.

Развитие деформаций можно визуально определить (рис. 1), так как линия L' заметно больше, чем L . Удлинение линии L (длина полумульды) обозначим через Δ

$$\Delta = L' - L \quad (3)$$

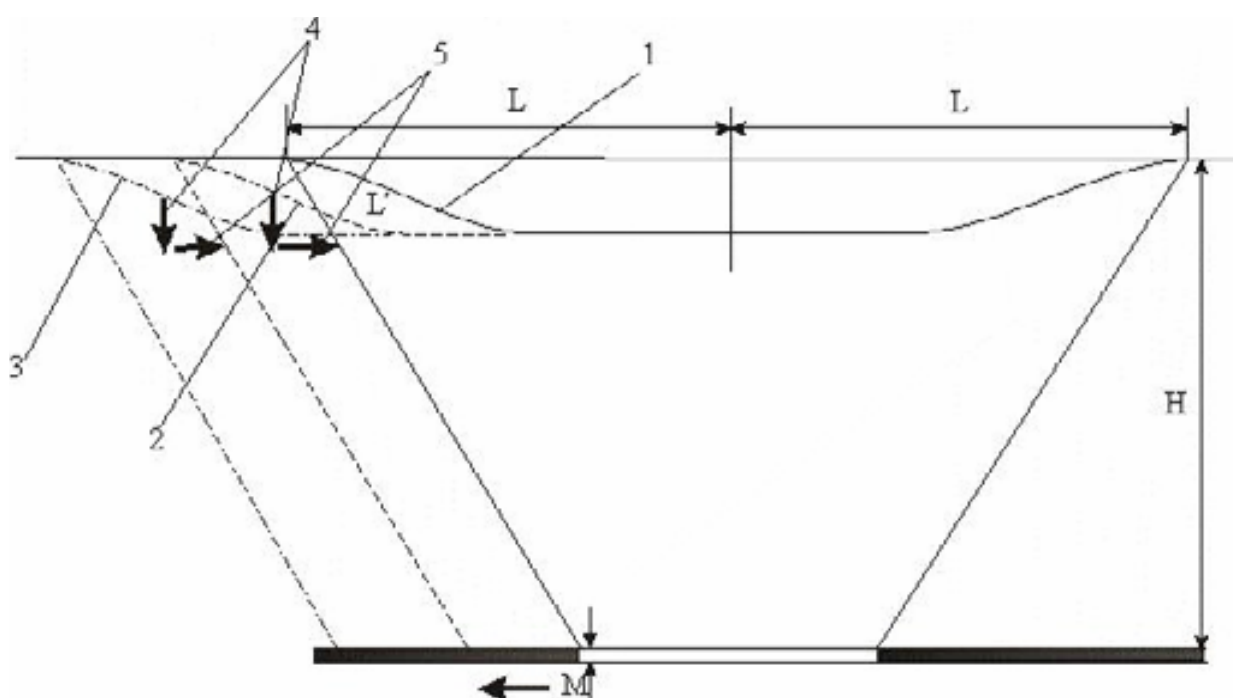


Рис. 1 – Схема к определению длины полумульды

При движении очистного забоя динамическая мульда сдвижения l (см. рис. 1) передвигается в ту же сторону, но с опережением 2, 3. При отрыве 4 очередного блока происходит растяжение, которое вскоре сменяется сжатием, так как породы нижних горизонтов разуплотнились и вышележащим породам приходится их прижимать 5 для того, чтобы опуститься (см. рис. 1, направление опускания и сжатия пород указано стрелочками).

Деформация земной поверхности и переход L в L' происходит в результате того, что часть L удлиняется за счет сжатия ($\varepsilon'_{СЖ}$), а другая часть – удлиняется за счет растяжения (ε'_P) (по предложению проф. М.С. Четверика), а также в результате горизонтальных сдвижений. То есть

$$\Delta = \varepsilon'_P + \varepsilon'_{СЖ} \quad (4)$$

При этом $\varepsilon'_P = \frac{E}{E'}$, $\varepsilon'_{СЖ} = \frac{F}{F'}$, а $\frac{\varepsilon'_P}{\varepsilon'_{СЖ}} = k$ (рис. 2).

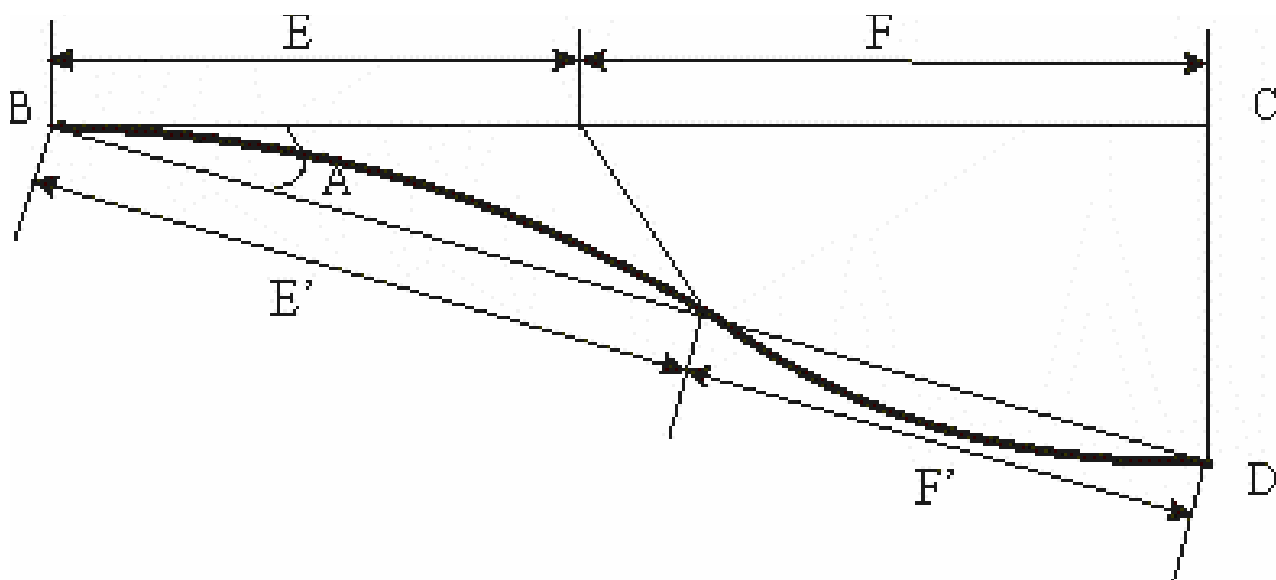


Рис. 2 – Определение соотношений растяжений и сжатий

По инструментальным наблюдениям установлено:

- 1) сжатия в динамической мульде в 1,5-1,7 раза превосходят эти деформации при закончившемся процессе сдвижения [5];
- 2) по мере подвигания очистного забоя растяжения уменьшаются и переходят в сжатия;
- 3) деформации сжатия земной поверхности в главном сечении мульды в направлении движущегося забоя в два раза больше деформаций растяжения (рис. 3);
- 4) деформации растяжения и сжатия зависят от направления движения очистного забоя и в зоне отхода соотношения деформаций растяжения и сжатия составляет 2,2, а в зоне остановки лавы – 0,55 [6];
- 5) горизонтальные смещения земной поверхности возникают и при горизон-

тальном залегании пласта, что противоречит формуле (2);

б) деформации растяжения и сжатия зависят от мощности наносов, глубины залегания, угла падения и мощности пласта, а также от величин максимальных оседаний земной поверхности. При этом величины деформаций растяжения и сжатия увеличиваются с увеличением угла падения пласта и его мощности, мощности наносов и максимальных оседаний. С увеличением глубины разработки – растяжения и сжатия, зафиксированные на земной поверхности, уменьшаются.

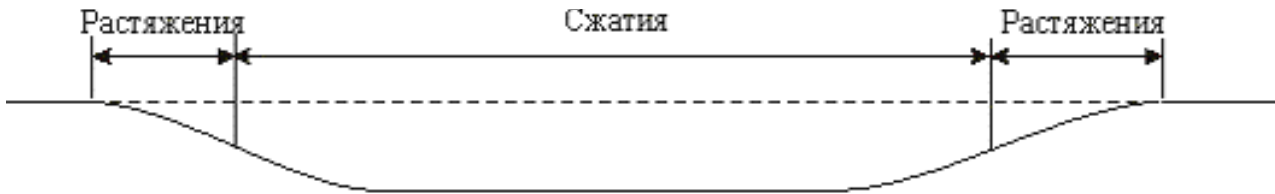


Рис. 3– Распределение зон растяжений и сжатий в мульде сдвижения

Исходя из вышесказанного, соотношение растяжений и сжатий можно представить в виде $\epsilon_{СЖ} = k\epsilon_P$. Коэффициент k можно также определить из результатов инструментальных наблюдений, сопоставив измеренные величины растяжений и сжатий. По данным инструментальных наблюдений УкрНИМИ получен средний коэффициент 1,2-1,9.

По-видимому, величины сжатий и растяжений зависят от свойств пород еще и от свойств пород. С увеличением глубины разработки и крепости пород величины растяжений, сжатий уменьшаются, и коэффициент их соотношения k увеличивается, приближаясь к 1.

В тоже время по [3] $\epsilon_{СЖ} = \epsilon_P$.

Природа этих смещений недостаточно изучена, что не позволяет с достаточной точностью отделить величины растяжений и сжатий друг от друга.

В то же время смещения и деформации массива горных пород могут приводить к изменению их физико-механических свойств (например, пористости). А изменение этих свойств влияет на процессы, происходящие в массиве (например, фильтрацию воды).

Исходя из всего вышесказанного, аналитически определим горизонтальные смещения.

Для этого рассмотрим полумульду BD (рис. 4). До начала ведения горных работ земная поверхность была представлена линией BC , длина которой L . В процессе отработки угольного пласта происходил процесс сдвижения, который на поверхности отображался оседанием. В результате сформировалась мульда сдвижения (длина кривой, описывающей полумульду L'). Точка D соответствует максимальным оседаниям, которые определяются по выражению (1).

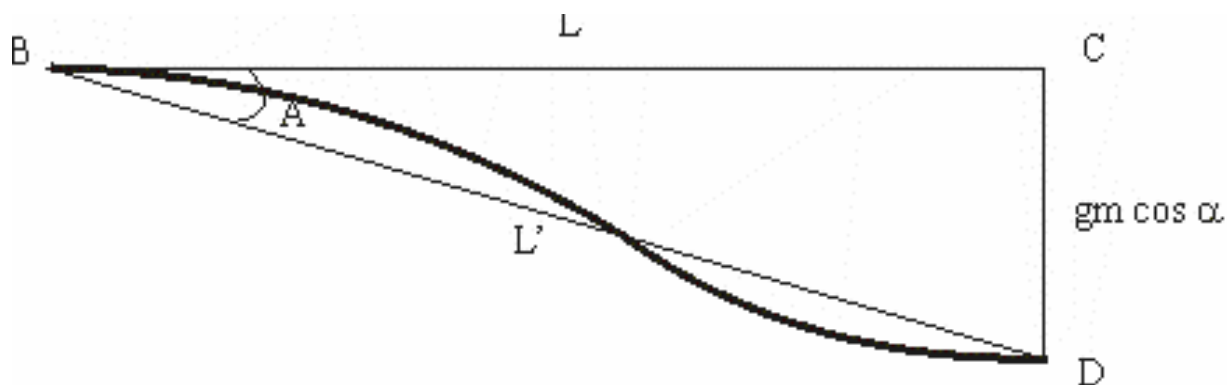


Рис. 4 – Схема к определению длины полумульды и горизонтальных смещений

Заменим кривую BD прямой линией для упрощения расчетов. При этом считаем, что длина кривой и прямой одинакова. В результате этого получен прямоугольный треугольник BCD . Длину гипотенузы BD можно определить

$$L' = \sqrt{L^2 + g^2 m^2 \cos^2 \alpha} \quad (5)$$

Длину полумульды L можно рассчитать по формулам, приведенным в [3,4], установить инструментально или определить аналитически

$$L = gm \cos \alpha \cdot ctg A \quad (6)$$

где A – угол формирования границы сдвижения (см. рис. 4), который зависит от мощности пласта, глубины разработки и свойств пород, изменяется в пределах от 10 до 30° .

Если описать полумульду сдвижения функцией Гаусса

$$\Phi(L) = e^{-L^2} dL = \int_0^L e^{-L^2} ,$$

а длину дуги, заключенную между двумя точками кривой, абсциссы которых x_0 и x , выразить как

$$S = \int_{x_0}^x \sqrt{dx^2 + dy^2} = \int_{x_0}^x \sqrt{1 + (y')^2} dx$$

длина полумульды равна

$$L' = \int_0^L \sqrt{1 + (\eta')^2} dL \quad (7)$$

Подставив (5) и (6) в (3) получим

$$\Delta = L' - L = \sqrt{L^2 + g^2 m^2 \cos^2 \alpha} - L \quad (8)$$

$$\Delta = gm \cos \alpha \cdot \sqrt{ctg^2 A + 1} - gm \cos \alpha \cdot ctg A \quad (9)$$

или Δ определяется через выражение (7).

Выше упоминалось, что горизонтальные смещения земной поверхности ξ состоят из горизонтальных сдвижений и деформаций растяжения и сжатия, т.е. $\xi = \xi_r + \Delta$.

Таким образом, горизонтальные смещения определяются

$$\xi = gm \sin \alpha + \sqrt{L^2 + g^2 m^2 \cos^2 \alpha} - L, \quad (10)$$

или

$$\xi = gm \sin \alpha + gm \cos \alpha \cdot \sqrt{ctg^2 A + 1} - gm \cos \alpha \cdot ctg A.$$

После преобразований

$$\xi = gm(\sin \alpha \cdot \sin A - \cos \alpha \cdot \cos A + \cos \alpha) \quad (11)$$

Таким образом, по выражениям (10)-(11) можно вычислить горизонтальные смещения земной поверхности в результате развития процесса сдвижения.

Из величины горизонтальных сдвижений Δ (удлинение линии L по отношению к L') постараемся выделить деформации растяжения и сжатия.

Как упоминалось, $\varepsilon_{СЖ} = k\varepsilon_p$. Поэтому

$$\Delta = (1 + k) \varepsilon'_p \quad (12)$$

$$\varepsilon'_p = \frac{\Delta}{1 + k}.$$

Так как деформации растяжения ε_p и сжатия $\varepsilon_{СЖ}$ являются величинами относительными, а в (12) используется абсолютная величина удлинения полумульды за счет растяжений и сжатий, то

$$\varepsilon_p = \frac{\frac{\Delta}{1+k}}{L'} = \frac{\Delta}{(1+k) \cdot L'} \quad (13)$$

Коэффициент k рекомендуется определять инструментально, поскольку он

зависит только от свойств пород.

Таким образом, по приведенным выражениям (10)-(11) можно определить горизонтальные смещения земной поверхности. А из выражений (4), (13) рассчитать величины деформаций растяжений и сжатий.

Оседания земной поверхности также могут быть вызваны водопонижением или обезвоживанием водоносных горизонтов [6, 8-10]. В этом случае существенно изменяются свойства водовмещающих пород. Тогда область полумульды сжатия становится «водоупором» для подземных вод, а зона растяжения – проводником, для их выпуска на поверхность. Чем продолжительнее будет водопонижение и обезвоживание водоносных пород, тем больше будет радиус депрессионной воронки и большая зона сжатий и растяжений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. М.С. Четверик, И.Ф. Озеров. Геомеханическая модель сдвижения геологической толщи и земной поверхности при подземной выемке угля // Сборник научных трудов Национальной горной академии Украины. Днепропетровск, 2000. – №9. – том 2.- С. 3-7.
2. Теория сдвижения массива горных пород и управления деформационными процессами при подземной выемке угля / Четверик М.С., Андрощук Е.В. – Днепропетровск: РИА «Днепр-VAL», 2004. – 148 с.
3. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях / Министерство угольной промышленности СССР. – М., Недра, 1981. – 288 с.
4. Сдвижение горных пород и земной поверхности при подземных разработках. Под общей ред. проф., д-ра техн. наук В.А. Букринского и канд. техн. наук Г.В. Орлова. М. Недра, 1984. – 247 с.
5. Петрук Е.Г. Управление деформационными процессами в динамичекой мульде сдвижения при подземной разработке пологих угольных пластов // Автореф. дисс. на соискание уч. степени д-ра техн. наук. ГГАУ, Днепропетровск, 1994. – 34 с.
6. А.С. Кучин. Распределение горизонтальных сдвижений и деформаций земной поверхности при подземных разработках // Сб. научн. трудов НГУ № 17, том 1. – Днепропетровск: РИК НГУ, 2003. – С. 466-469.
7. Г.Ф. Гаврюк, Г.А. Антипенко, С.В. Корякина. Деформации земной поверхности над движущимся очистным забоем // Сб. научн. трудов НГУ № 17, том 1. – Днепропетровск: РИК НГУ, 2003. – С. 449-453.
8. Четверик М.С., Бубнова Е.А., Андрощук Е.В., Гаврюк Г.Ф. Определение оседаний земной поверхности при водопонижении, обезвоживании водоносных горизонтов // Metallургическая и горнорудная промышленность.- Днепропетровск, 2003.- № 6.- С. 74-76.
9. Четверик М.С., Бубнова Е.А. Оседание земной поверхности при водопонижении и потопление территорий горнодобывающих регионов // Науково-технічний збірник. М. Кривий Ріг. Вип. 86, 2004. – С. 31-36.
10. М.С. Четверик, Л.И. Уварова, Е.А. Бубнова. Влияние нарушения геологической среды при горных работах на подтопление территорий // Metallургическая и горнорудная промышленность.- Днепропетровск, 2005.- № 4.- С. 80-83.