

УДК 622.1:622.834

## **ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ МАКСИМАЛЬНЫХ ОСЕДАНИЙ И НАКЛОНОВ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ НА СТАДИИ ФОРМИРОВАНИЯ МУЛЬДЫ СДВИЖЕНИЯ**

Назаренко В.А., Кучин А.С., Балафин И.Е.  
НГУ, г. Днепропетровск, Украина

Приведены результаты исследований мульды оседания на стадии формирования. Установлены зависимости положения и величин максимальных оседаний и наклонов земной поверхности от подвигания очистного забоя.

The findings of investigation of a subsidence trough at a formation stage are explained. Dependences of position and value of maximum subsidence and tilt from the size of mined-out space are determined.

Одной из основных задач маркшейдерской службы горного предприятия является обеспечение безопасной подработки сооружений и природных объектов. Решение этой задачи зависит от объективности прогнозирования влияния горных разработок на подрабатываемые объекты, что, в свою очередь, определяется соответствием принятых исходных параметров условиям разработки месторождения. Значения максимальных сдвижений и деформаций земной поверхности являются основными характеристиками процесса сдвижения земной поверхности над очистными работами угольных шахт, а расстояния точек с максимальными деформациями от границы очистной выработки принимаются в качестве исходных параметров во многих методиках расчета сдвижений и деформаций поверхности [1-3]. В совокупности значения максимальных деформаций и их положение в мульде дают наглядное представление о распределении сдвижений и деформаций земной поверхности над очистными выработками.

Анализ результатов маркшейдерских инструментальных наблюдений за земной поверхностью над очистными горными выработками шахт Западного Донбасса показывает, что процесс сдвижения на стадии формирования мульды сдвижения имеет за-

кономерности, проявляющиеся практически во всех наблюдаемых случаях. Одна из этих закономерностей выражается в зависимости положения точек, имеющих максимальные оседание и наклон на момент выполнения инструментальных наблюдений, от текущего размера очистной выработки.

Исследования выполнялись по данным натурных измерений на 8 наблюдательных станциях. Число серий инструментальных наблюдений на станциях различное и изменяется от 2 до 15. Общие горно-геологические условия подработки земной поверхности на анализируемых наблюдательных станциях следующие: глубины залегания разрабатываемых угольных пластов в районе разрезной печи изменяются от 110 до 250 м, мощность наносов – от 50 до 80 м. Вынимаемая мощность пластов 0,65-1,10 м; скорость подвигания очистного забоя 30-80 м/мес.; коэффициент, характеризующий степень подработанности земной поверхности, изменяется от 1 до 0,65; управление горным давлением – полное обрушение.

Для анализа по результатам периодических наблюдений для каждой станции построены графики оседаний и наклонов земной поверхности. На графиках на каждой кривой оседания и наклонов (рис. 1) фиксируются точки, имеющие наибольшие значения оседания ( $\eta_{mt}$ ), положительного и отрицательного наклона ( $i_{mt}$ ,  $i_{-mt}$ ) и переходная точка, в которой меняется знак наклона, а сам наклон равен нулю. Положение забоя на дату наблюдения  $t$  определяется расстоянием  $D_t$  от разрезной печи. Кроме этого, на разрезе замечаются горизонтальные расстояния  $L_{mt}$ ,  $L_{-mt}$ ,  $L_{0t}$  от забоя до характерных точек кривых оседания и наклонов.

Таким образом, для каждой из наблюдательных станций формируется база данных, состоящая из  $n$ -го числа расстояний  $D_t$ ,  $L_{mt}$ ,  $L_{-mt}$ ,  $L_{0t}$  и величин  $\eta_{mt}$ ,  $i_{mt}$ ,  $i_{-mt}$ , где  $n$  – количество анализируемых серий инструментальных наблюдений на станции. В итоге общая база данных для исследуемых наблюдательных станций составила 85 серий наблюдений.

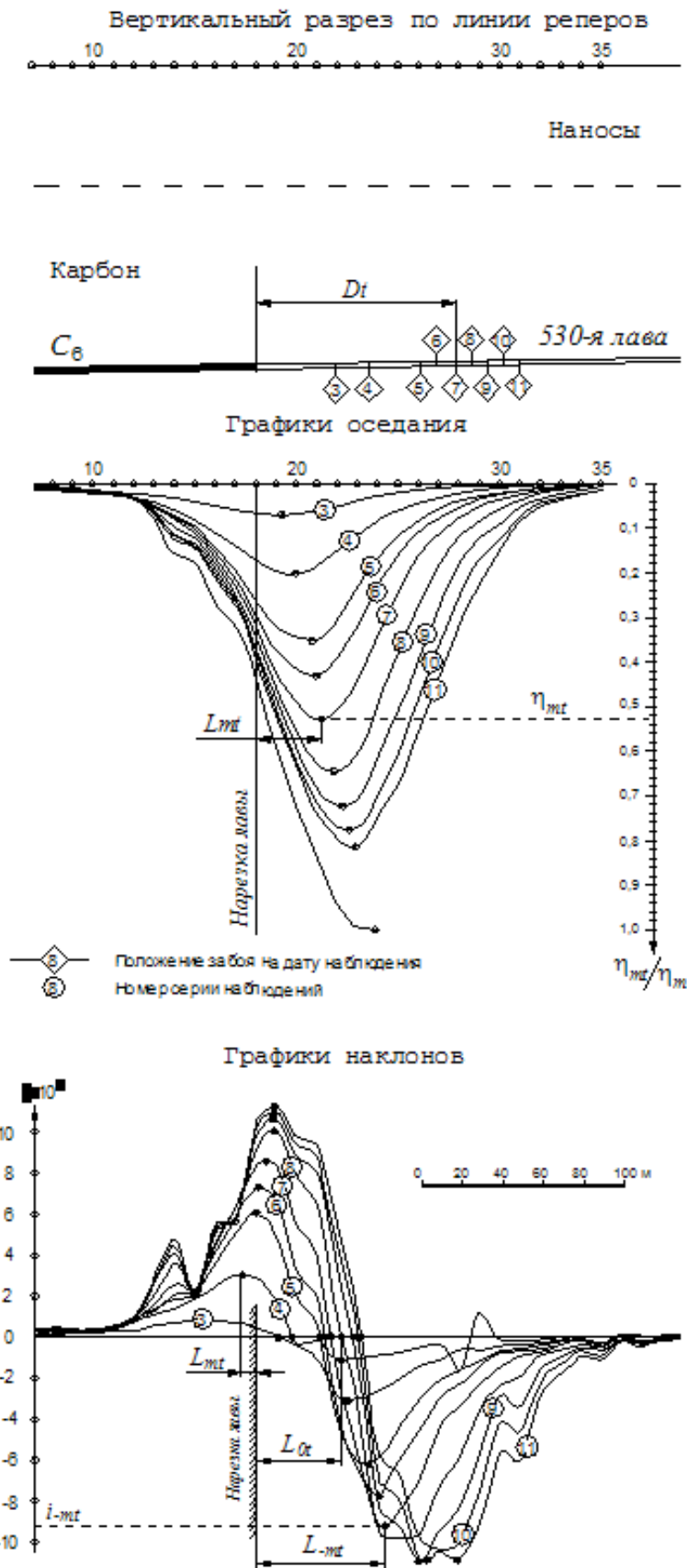


Рис. 1. Графики оседания и наклонов по профильной линии

Полученные данные по каждому из анализируемых случаев подработки земной поверхности практически невозможно сопоставить между собой из-за разницы горно-геологических условий и различного размера выработанного пространства  $D_t$ , соответствующего дате натурного наблюдения. Поэтому нами выполнено приведение линейных параметров всех графиков к единичному виду. Для этого длины интервалов между реперами профильных линий, величины подвигания очистных забоев  $D_t$ , горизонтальные расстояния от разрезной печи до характерных точек ( $L_{mt}$ ,  $L_{-mt}$ ,  $L_{ot}$ ) и вертикальные размеры геологических разрезов были разделены на величину глубины отработки угольного пласта  $H$ , соответствующую условиям каждой наблюдательной станции.

Значения максимальных оседаний земной поверхности зависят от многих факторов: глубины отработки пласта, его мощности и угла падения, размеров очистной выработки, физико-механических свойств пород подрабатываемой толщи. Для устранения влияния вынимаемой мощности угольного пласта и степени подработанности земной поверхности по направлению вкрест подвигания очистного забоя, которая, в свою очередь, зависит от длины лавы и глубины разработки, полученные в результате наблюдений значения  $\eta_{mt}$ , были выражены в долях от максимального оседания на момент окончания процесса сдвижения  $\eta_m$ .

Для приведения к единичному виду графиков наклонов следует учитывать разницу в максимальных оседаниях  $\eta_m$  земной поверхности над очистными выработками и тот факт, что линейные размеры сечений по профильным линиям и, соответственно, графиков разделены на величину  $H$ , что приводит к увеличению значений наклонов на трансформированном графике пропорционально глубине. Таким образом, выражение для преобразованных значений наклона имеет вид

$$i' = \frac{H(\eta_n - \eta_{n-1})}{\eta_m l},$$

где  $\eta_n$ ,  $\eta_{n-1}$  – величины оседаний соответственно переднего и заднего концов интервала, мм;  $l$  – длина интервала между реперами из первого наблюдения, мм.

На рисунках 2 и 3 показаны распределения расстояний  $L_{mt}$ ,  $L_{-mt}$ ,  $L_{0t}$  в зависимости от размеров очистной выработки  $D_t$ .

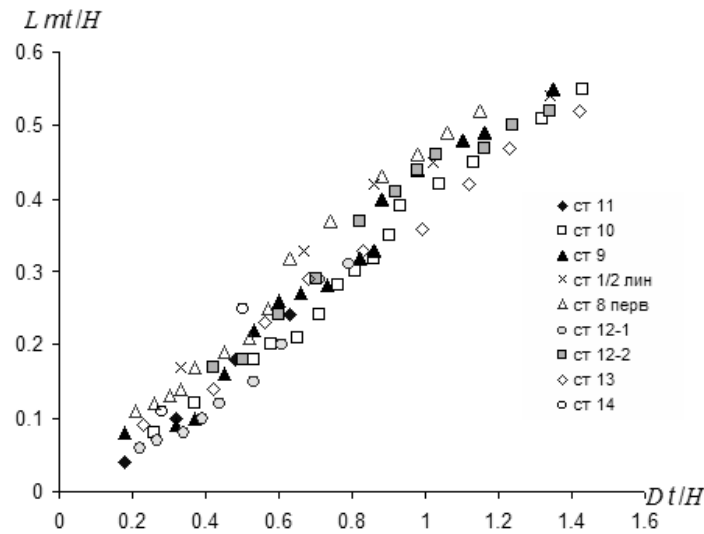


Рис. 2. Распределение  $L_{mt}/H$  от  $D_t/H$  для оседаний  $\eta_{mt}$

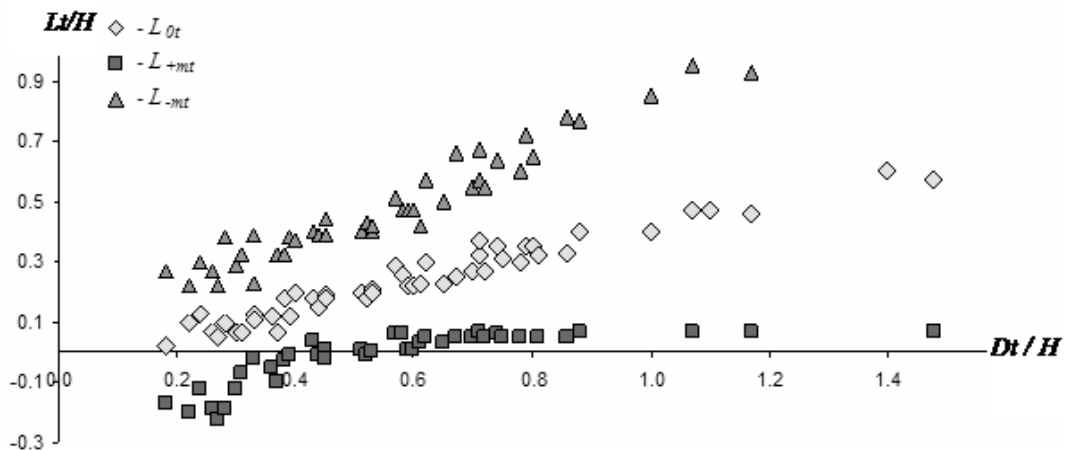


Рис. 3. Распределение  $L_{mt}/H$ ,  $L_{-mt}/H$ ,  $L_{0t}/H$  от  $D_t/H$  для наклонных  $i_{mt}$ ,  $i_{-mt}$ ,  $i_{0t}$

Распределения  $\eta_{mt}/\eta_m$  от  $D_t/H$  (рис. 4) указывает на наличие довольно тесной взаимосвязи между этими параметрами мульды сдвижения. Анализ графика на рис. 4 показывает, что на участке  $0,2 < D_t/H < 0,7$  распределения имеет практически прямолинейную форму, и начиная со значения  $D_t/H = 0,7$  асимптотически приближается к предельному значению  $\eta_{mt}/\eta_m = 1$ .

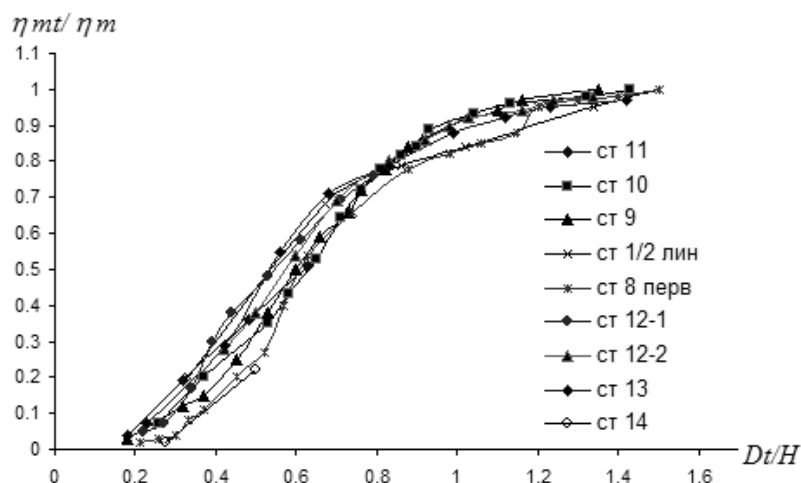


Рис. 4. Распределение  $\eta_{mt}/\eta_m$  от  $D_t/H$

Графики зависимостей  $L_{mt}/H$  от  $D_t/H$  (рис. 2) и  $\eta_{mt}/\eta_m$  от  $D_t/H$  (рис. 4) имеют общую ось абсцисс, что позволяет свести их воедино. Если спроецировать значения величин относительных максимальных оседаний с графика зависимости  $\eta_{mt}/\eta_m$  от  $D_t/H$  на график зависимости  $L_{mt}/H$  от  $D_t/H$  и на кривой  $L_{mt}/H$  обозначить их положение и величины, то получится график, который отображает общие закономерности изменения максимальных оседаний в формирующейся мульде (рис. 5).

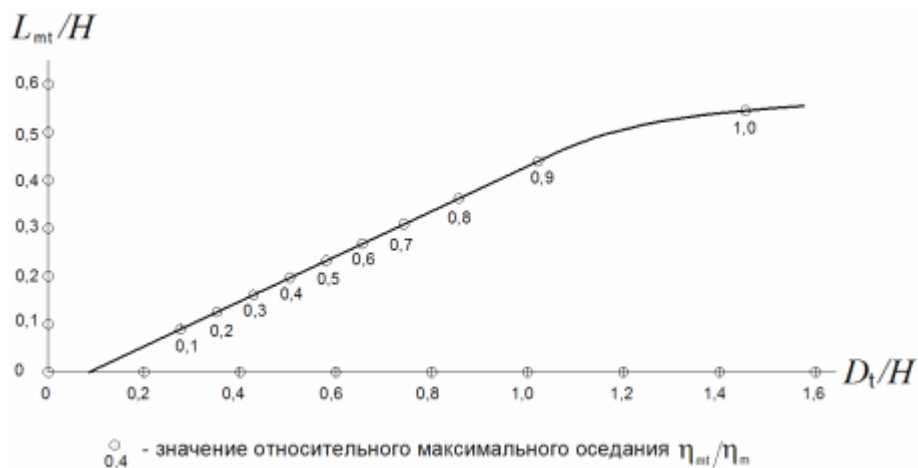


Рис. 5. Общий график относительных максимальных оседаний на стадии формирования мульды

На основании установленных распределений построен результирующий график, характеризующий положение и величины

максимальных наклонов земной поверхности над движущимся очистным забоем на стадии формирования мульды сдвижения (рис. 6). Здесь же показано распределение относительных максимальных оседаний.

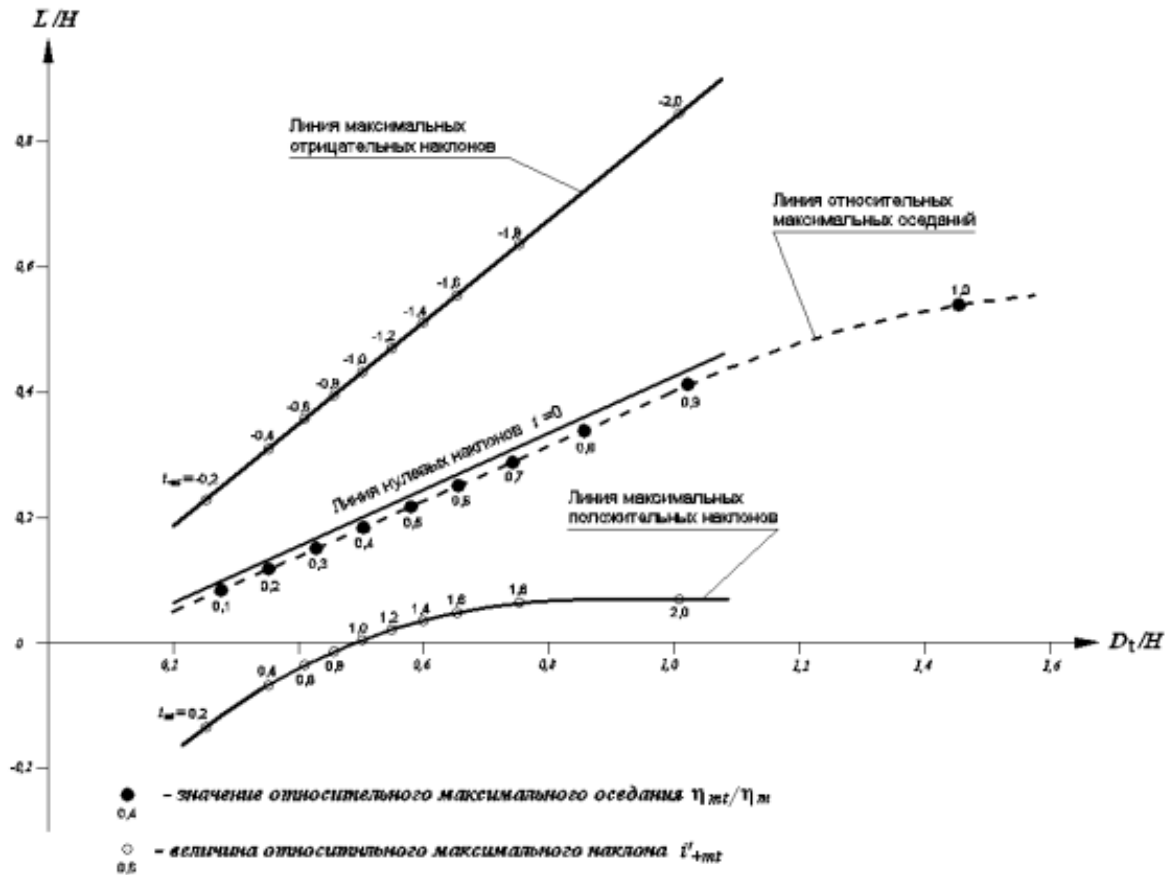


Рис. 6. Сводный график распределения максимальных наклонов и относительных оседаний

Анализ сводного графика показывает, что при отношении размера выработанного пространства (по направлению движения очистного забоя)  $D_t/H < 0,5$  точка максимального положительного наклона (она же – точка перегиба кривой оседания) располагается за пределами проекции очистной выработки. При  $D_t/H = 0,5$  положение максимума положительных наклонов совпадает с проекцией разрезной печи.

По мере увеличения размеров очистной выработки точка максимума положительных наклонов перемещается в сторону забоя, а величины наклонов увеличиваются. При  $D_t/H = 0,75$  положение точки положительного максимума стабилизируется и она

останавливается на расстоянии  $0,07L/H$  от разрезной печи. Предельного значения, равного 2 максимальный наклон достигает при отношении размера выработки к глубине близком 1.

Точки отрицательных максимальных наклонов перемещаются вслед за забоем по прямолинейной траектории до достижения выработкой размера, равного глубине разработки. До этого момента и максимальные оседания земной поверхности образуют в пространстве прямую линию, а величина  $\eta_{mt}/\eta_m$  составляет 90% от максимума. При достижении отношения размера выработки к глубине равного 1, максимальный отрицательный наклон достигает максимума ( $i'_{-mt} = -2$ ) и больше не изменяется. Точка отрицательного максимума продолжает перемещаться в пространстве параллельно очистному забою.

После достижения наклонами максимальных значений максимальное оседание продолжает медленно расти до предельного значения, которого достигает при  $D_t/H = 1,45$ .

Общий анализ графиков на рис 7 приводит к выводу о том, что положительные и отрицательные максимальные наклоны земной поверхности при одном и том же положении очистного забоя одинаковы по величине и равноудалены от точки перегиба кривой наклонов (точки максимальных оседаний). Это свидетельствует о том, что положительные и отрицательные наклоны развиваются симметрично, а это указывает на симметрию мульды сдвижения на стадии ее формирования.

#### Список литературы

1. Кратч Г. Сдвигение горных пород и защита подрабатываемых сооружений; Пер. с нем. под ред. Р.А. Муллера и И.А. Петухова. – М.: Недра, 1978. – 494 с.
2. Правила подработки зданий, сооружений и природных объектов при добыче угля подземным способом // Отраслевой стандарт. – К.: Мінпаливенерго України, 2004. – 127 с.
3. Кулибаба С.Б., Рожко М.Д., Хохлов Б.В. Определение точек максимальных наклонов в мульде сдвижения // Наукові праці ДонНТУ: Серія гірничо-геологічна. – 2009. – Вип. 9(143). – Донецьк: ДонНТУ. – С. 158-167.