

шахт. – М.: Недра, 1984. – 304 с.

5. Шашенко А.Н., Янко В.И., Терещук Р.Н. Исследование напряженно-деформированного состояния однородного породного массива в окрестности выработки, закрепленной анкерной крепью // Науковий вісник НГА України. – 2002. – №3. – С. 14-18.

6. Тимофеев О.В. Методика расчета параметров штанговой крепи при упруго-пластическом деформировании массива пород // Устойчивость и крепление горных выработок. – Л.: ЛГИ, 1976, №3, С. 30–34.

7. Костогрыз В.И. Эффективность упрочнения пластичных пород анкерованием // Науковий вісник НГАУ. – 1998. – №3. – С. 13–15.

8. Ставрогин А.Н., Протосеня А.Г. Прочность горных пород и устойчивость выработок на больших глубинах. – М.: Недра, 1985. – 271 с.

9. Виноградов В.В. Геомеханика управления состоянием массива вблизи горных выработок. – Киев: Наукова думка, 1989. – 192 с.

10. Повышение надежности работы и отпора податливых крепей подготовительных выработок / Шевченко В.И., Степанников В.В., Гриф Н.М., Костенко В.К., Трухин Н.П. // Совершенствование технологии сооружения горных выработок. – Кемерово, 1986. – С. 25-30.

11. Черняк И.Л., Ильюшенко В.Г., Звягельский Е.Л. Влияние сопротивления крепи на устойчивость подготовительных выработок // Уголь Украины. – 1990. - № 8. – С. 27-28.

**УДК 622.1:528.481**

Асп. Е.В. Стельмашук

(Национальный горный университет)

## **О МАКСИМАЛЬНЫХ ОСЕДАНИЯХ В УСЛОВИЯХ МОЩНЫХ НАНОСОВ**

Наведено результати досліджень процесу зрушення на стадії формування мульди зрушення. Встановлено закономірності положення максимальних осідань земної поверхні при потужних наносах.

## **ABOUT MAXIMAL DEPOSITIONS IN CONDITIONS OF POWERFUL OVERBURDEN**

Results of research of displacement process at a stage of formation of the subsidence trough of a surface are reduced. Regularities of a position of the maximum depositions of a surface at powerful overburden are established.

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 и обеспечением требуемой точности применяемыми расчетными способами определения сдвижений и деформаций земной поверхности.

подавляющее большинство публикаций о сдвигении земной поверхности на угольных шахтах посвящено исследованиям угловых параметров и величин сдвижений и деформаций в главных сечениях мульды при условии закончившегося процесса сдвигения [1]. В обобщенном виде результаты этих исследований на угольных месторождениях Украины приведены в "Правилах подработки..." [2].

В мульде сдвигения над движущимся очистным забоем выделяется три

области в зависимости от степени развития и характера протекания процесса сдвижения: область формирования мульды сдвижения; область синхронного сдвижения и область затухания процесса сдвижения.

Наибольший объем исследований сдвижения земной поверхности во времени относится к области синхронного сдвижения [3]. Более того, эти исследования проводились в сечении мульды, совпадающем с направлением движения очистного забоя, что значительно ограничивает использование полученных данных для описания процесса деформирования земной поверхности над действующими очистными горными выработками. Наиболее полную информацию о развитии процесса сдвижения можно было бы получить по результатам исследований в области формирования мульды, но целенаправленно такие исследования практически не проводились. Отдельные публикации по этому вопросу отражают только качественную сторону процесса сдвижения и не дают количественной оценки его параметров.

Область формирования мульды сдвижения охватывает период с момента начала процесса сдвижения земной поверхности до момента, когда максимальное оседание в мульде достигло предела (максимума) и крыло мульды сдвижения со стороны выработанного пространства перестает изменять свою геометрию и начинает совершать плоскопараллельное перемещение совместно с забоем очистной выработки. С этого момента развитие мульды сдвижения переходит в стадию синхронного сдвижения, которая характеризуется постоянством формы мульды и ее размеров. Т.е. параметры мульды по окончании ее формирования являются такими же, как и в области синхронного сдвижения.

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

С целью установления этой зависимости нами выполнены соответствующие исследования, которые заключаются в следующем.

На первом этапе выполнен отбор наблюдательных станций, на которых выполнялись маркшейдерские измерения сдвижений земной поверхности в области формирования мульды. В результате для дальнейших исследований отобрано 8 станций, которые были заложены кафедрой маркшейдерии НГУ над горными работами шахт П.О. "Павлоградуголь". Глубины залегания разрабатываемых угольных пластов над разрезной печью в анализируемых условиях 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.

Количество серий инструментальных наблюдений на станциях за время, охватывающее период формирования мульды сдвижения, различное и изменяется от 2 до 15.

Второй этап исследований заключается в построении графиков оседаний реперов наблюдательных станций по результатам инструментальных маркшейдерских наблюдений. Особенность этих графиков заключается в том, что на один и тот же график наносятся кривые оседания реперов по всем имеющимся наблюдениям с обязательным фиксированием положения разрезной печи и положений очистного забоя на даты наблюдений. На графике для каждой кривой вертикальных сдвижений (рис. 1) фиксируется точка, имеющая наибольшее оседание  $\eta_{mt}$  и соответствующее ей положение очистного забоя лавы. Положение забоя определяется расстоянием  $D_t$  от разрезной печи до забоя на дату наблюдения  $t$ . Кроме этого, на разрезе замеряется горизонтальное расстояние  $L_{mt}$  от забоя до точки с максимальным оседанием.

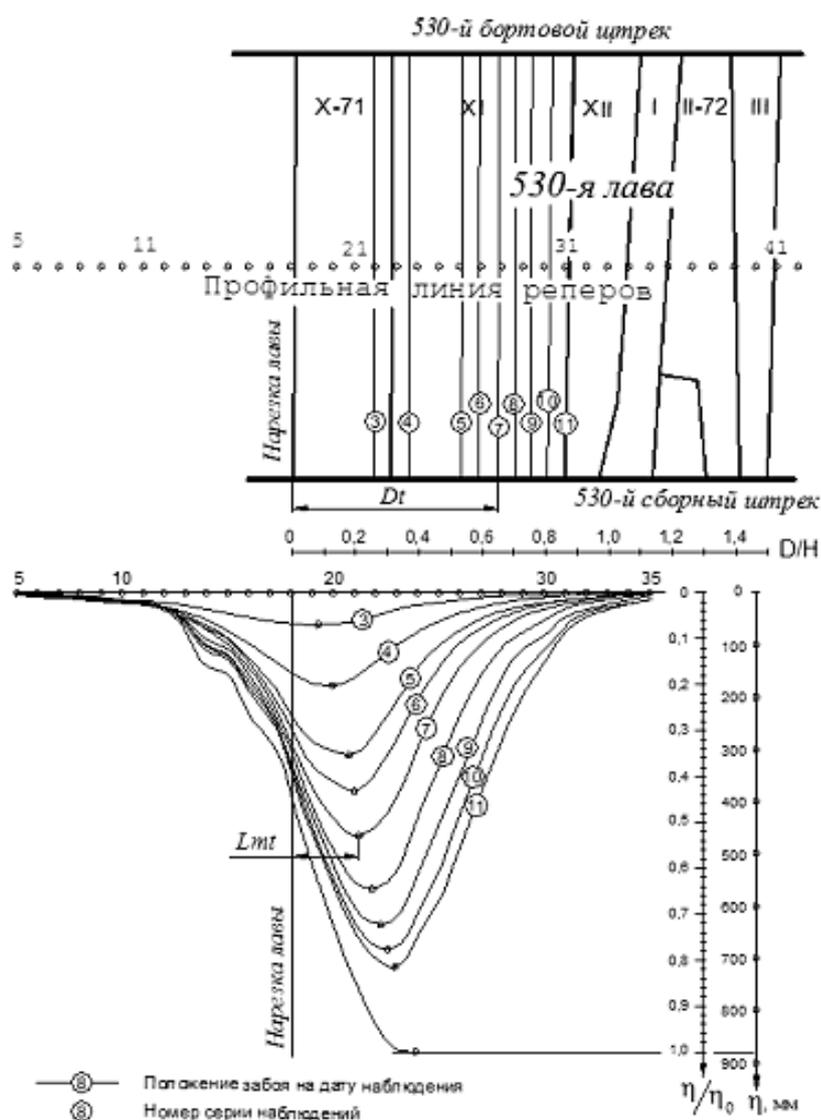


Рис. 1 - План и графики оседания реперов наблюдательной станции №10

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

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

Полученные в результате выполненных исследований данные по каждому из проанализированных случаев подрботки земной поверхности практически невозможно сопоставить между собой из-за разницы горно-геологических условий. Поэтому на третьем этапе исследований выполнено приведение всех графиков оседания земной поверхности и, соответственно, параметров  $D_t$  и  $L_{mt}$  к единичному виду. Для этого линейные параметры графиков (длины интервалов между реперами профильных линий, величины подвигания очистных забоев, горизонтальные расстояния от разрезной печи до точек с максимальными оседаниями, вертикальные размеры геологических разрезов) были разделены на величину глубины отработки угольных пластов  $H$ . Выполненные преобразования позволили устранить зависимость анализируемых графиков от глубины разработки.

Параметры  $D_t/H$  и  $L_{mt}/H$ , полученные в результате приведения графиков к единичному виду, сведены в табл. 1.

График зависимости горизонтальных расстояний  $L_{mt}$  от разрезной печи до точки с максимальным оседанием от величины подвигания  $D_t$  забоя лавы на дату наблюдения  $t$  построенный по результатам наблюдений на 9 наблюдательных станциях Западного Донбасса показан на рис. 2.

Анализируемая зависимость практически прямолинейна, и имеет вид

$$L_{mt} = 0,47D_t - 0,04H.$$

Для Западного Донбасса характерно наличие мощных наносов, которые оказывают большое влияние на сдвижение земной поверхности. Этот факт установлен на основании исследований угловых параметров мульды сдвижения [4]. В связи с этим является вполне закономерным вопрос о влиянии наносов на положение максимальных оседаний в мульде. Проверка влияния соотношения наносов и коренных пород выполнена на основании схемы зависимости общего угла сдвижения в толще от угловых параметров сдвижения в наносах и породах карбона (рис. 3).

Таблица 1 - Приведенные значения  $D_t/H$  и  $L_{mt}/H$  по наблюдательным станциям

ст. 12-2		ст. 10		ст. 9		ст. 1/2		ст. 8	
$D_t/H$	$L_{mt}/H$	$D_t/H$	$L_{mt}/H$	$D_t/H$	$L_{mt}/H$	$D_t/H$	$L_{mt}/H$	$D_t/H$	$L_{mt}/H$
0,42	0,17	0,26	0,08	0,18	0,08	0,33	0,17	0,21	0,11
0,5	0,18	0,37	0,12	0,32	0,09	0,67	0,33	0,26	0,12
0,6	0,24	0,53	0,18	0,37	0,1	0,86	0,42	0,3	0,13
0,7	0,29	0,58	0,2	0,45	0,16	1,02	0,45	0,33	0,14
0,82	0,37	0,65	0,21	0,53	0,22	1,34	0,54	0,37	0,17
0,92	0,41	0,71	0,24	0,6	0,26			0,45	0,19
0,98	0,44	0,76	0,28	0,66	0,27			0,52	0,21
1,03	0,46	0,81	0,3	0,73	0,28			0,57	0,25
1,16	0,47	0,86	0,32	0,82	0,32			0,63	0,32
1,24	0,5	0,9	0,35	0,86	0,33			0,74	0,37
1,34	0,52	0,93	0,39	0,88	0,4			0,88	0,43
		1,04	0,42	0,98	0,44			0,98	0,46
		1,13	0,45	1,1	0,48			1,06	0,49
		1,32	0,51	1,16	0,49			1,15	0,52
		1,43	0,55	1,35	0,55				
0,22	0,06	0,05	0	0,23	0,09	0,28	0,11	0,22	0,06
0,27	0,07	0,18	0,04	0,42	0,14	0,5	0,25	0,27	0,07
0,34	0,08	0,32	0,1	0,56	0,23			0,34	0,08
0,39	0,1	0,48	0,18	0,68	0,29			0,39	0,1
0,44	0,12	0,63	0,24	0,83	0,33			0,44	0,12
0,53	0,15			0,99	0,36			0,53	0,15
0,61	0,2			1,12	0,42			0,61	0,2
0,71	0,29			1,23	0,47			0,71	0,29
0,79	0,31			1,42	0,52			0,79	0,31

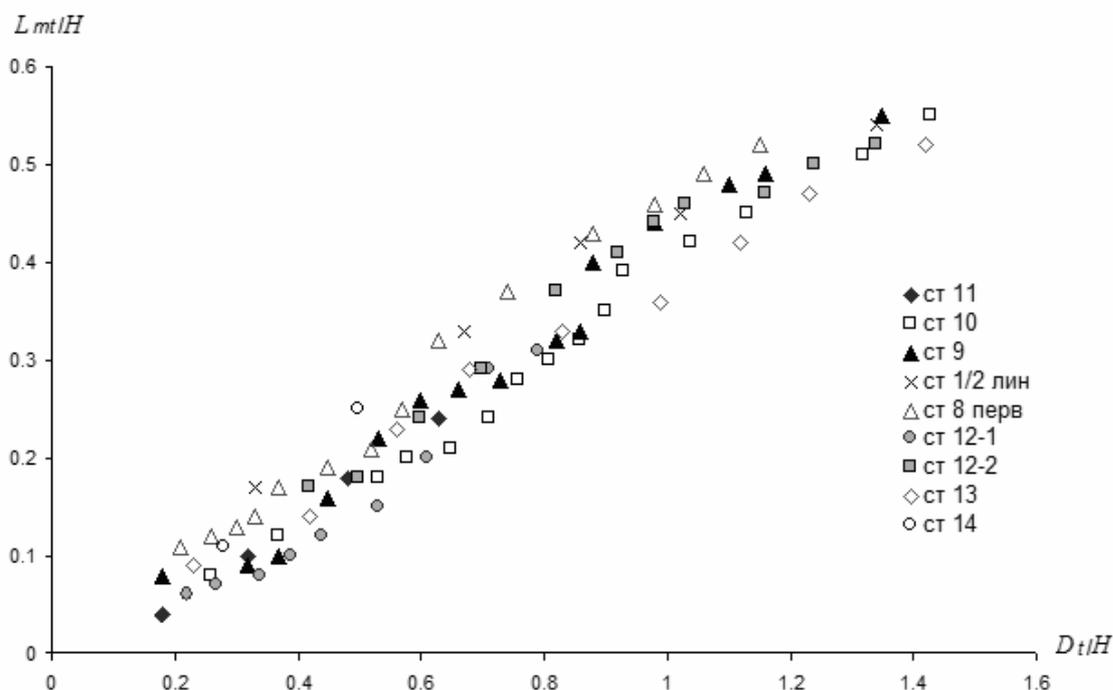


Рис. 2 - Распределение  $L_{mt}/H$  от  $D_t/H$  по наблюдательным станциям ( $H$  – глубина ведения горных работ)

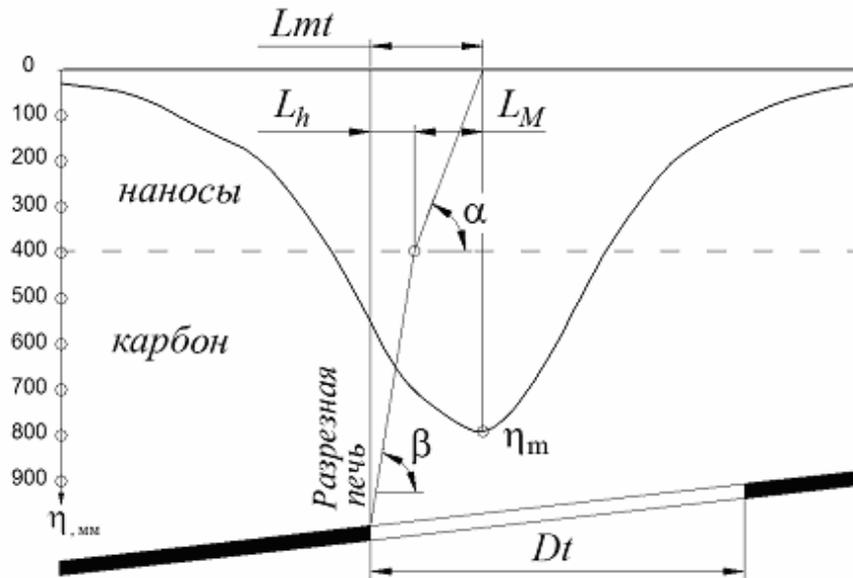


Рис. 3 - Схема к определению зависимости угловых параметров от мощностей наносов и коренных пород

Предположим, что  $L_{mt}$  обобщенно учитывает влияние наносов и пород карбона и что каждому из этих слоев пород соответствует свой, характерный только для него, коэффициент: для наносов –  $k_h$ , для карбона –  $k_M$ . Тогда

$$L_{mt} = h \cdot k_h + M \cdot k_M, \quad (1)$$

где  $h$  – мощность наносов;  $M$  – мощность пород карбона.

Уравнение (1) приводится к линейному виду путем деления обеих его частей на  $M$

$$\frac{L_{mt}}{M} = k_h \frac{h}{M} + k_M. \quad (2)$$

Введем следующие обозначения:  $(L_{mt}/M) = y$ ;  $(h/M) = x$ ;  $k_M = b = \text{const}$ ;  $k_h = a = \text{const}$ . Тогда уравнение (2) примет вид

$$y = xa + b. \quad (3)$$

Экспериментальные данные (рис. 2) дают возможность составить 85 уравнений вида (3). Значения  $y_i$  и  $x_i$  этих уравнений являлись бы вариантами некоторых переменных величин  $Y$  и  $X$ , а параметры  $a$  и  $b$  – постоянными (согласно принятым обозначениям).

Если перейти от коэффициентов  $k_h$  и  $k_M$  к угловым величинам, то угловой параметр в наносах (рис. 3) будет соответствовать  $\text{arcctg}(k_h) = 89,4^\circ$ , а в коренных породах –  $\text{arcctg}(k_M) = 89,9^\circ$ . С учетом этого выражение (1) примет вид

$$L'_{mt} = h \cdot \text{ctg}89,4^\circ + M \cdot \text{ctg}89,9^\circ \approx \text{ctg}90^\circ (h + M) = \text{ctg}90^\circ H = 0.$$

Из этого следует вывод, что в формирующейся мульде положение точек с максимальными оседаниями не зависит от соотношения мощностей наносов и коренных пород в подрабатываемой толще. С учетом установленного факта получим

$$\frac{\frac{L_{mt} + 0,04}{H}}{\frac{D_t}{H}} = 0,47 = const . \quad (4)$$

Обозначим выражение, стоящее в левой части тождества (4) через  $B$ . Среднее значение коэффициента  $B$  для всех анализируемых станций при всех отношениях  $D_t/H$  составило 0,444. Среднеквадратическое отклонение этой величины от экспериментальных данных составляет  $\pm 0,043$  или 10% от среднего значения.

С учетом полученных закономерностей можно утверждать, что для условий Западного Донбасса положение точек максимального оседания в мульде сдвижения на стадии ее формирования не зависит от мощности обводненных наносов в подрабатываемой толще и однозначно определяется выражением

$$\frac{L_{mt} + 0,04H}{D_t} = 0,44 .$$

Установленная закономерность процесса сдвижения земной поверхности над движущимся забоем очистной выработки позволяет уточнить параметры влияния очистных работ на поверхность в условиях, когда в подрабатываемой толще имеются мощные обводненные наносы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авершин С.Г. Сдвижение горных пород при подземных разработках. – М.: Углетехиздат, 1947. – 245 с.
2. Правила подработки зданий, сооружений и природных объектов при добыче угля подземным способом // Отраслевой стандарт. – К.: Мінпаливенерго України, 2004. – 127 с.
3. Назаренко В.А. Аналитическое описание вертикальных сдвижений и деформаций земной поверхности над движущимся очистным забоем в условиях Западного Донбасса // Наук. праці ДонНТУ: Серія гірничо-геологічна. – Донецьк, 2003. – Вип. 62. – С. 45-52.
4. Мякенький В.И., Онищенко А.В., Назаренко В.А. Методика определения угловых параметров сдвижения горных пород на месторождениях с большой мощностью наносов / Республ. межвед. научн–техн. Сб. "Разработка месторождений полезных ископаемых", вып. 91, Киев, 1992.– С. 28-30.