

В.О. Назаренко, профессор, НГУ,  
О.С. Кучин, доцент, НГУ,  
С.Ф. Леонов, инженер, НГУ

## **О МАКСИМАЛЬНЫХ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СДВИЖЕНИЯХ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ НА СТАДИИ ФОРМИРОВАНИЯ МУЛЬДЫ СДВИЖЕНИЯ**

Виконані дослідження горизонтальних зрушень земної поверхні при відробці вугільних пластів у Західному Донбасі. Встановлено, що максимальні горизонтальні зрушення приймають різні значення в межах мульди. Отримані кількісні характеристики максимальних зрушень у мульді.

## **ABOUT MAXIMAL HORIZONTAL DISPLACEMENTS TERRESTRIAL SURFACE AT THE STAGE OF FORMATION OF A SUBSIDENCE TROUGH**

The working of coal seams in Western Donbass is considered. The horizontal displacements of a surface are investigated. It is established, that the max horizontal displacements are various. The quantitative magnitudes of the maximal displacements are received.

Подземная разработка месторождений полезных ископаемых, как правило, сопровождается сдвижением земной поверхности, которое может стать причиной повреждения подрабатываемых зданий и сооружений. Для выбора мер охраны этих объектов выполняется прогнозирование влияния горных работ на земную поверхность. Применяемые методики прогнозирования для условий горизонтального и пологого залегания пластов [1, 2] основаны на представлении о симметричном строении поверхности мульды относительно ее главных сечений. Однако инструментальные наблюдения за земной поверхностью указывают, что ее сдвигения и деформации в различных сечениях мульды имеют неодинаковое распределение. Особенно это заметно над очистными выработками, имеющими большие продольные размеры, и проявляется в превышении деформаций растяжения над разрезной печью по отношению к растяжениям земной поверхности в районе остановки лавы. Величины же деформаций сжатия земной поверхности в начале лавы меньше, чем на ее конце (рис. 1).

Другим отличием данных натуральных наблюдений от прогнозируемых последствий подработки является присутствие горизонтальных сдвижений земной поверхности в области плоского дна мульды. Этот факт установлен многими исследователями, но не получил должного объяснения. Более того, порой он объясняется влиянием ошибок измерений т. к., согласно сложившимся представлениям, сдвигения и деформации земной поверхности в плоском дне мульды по окончании процесса сдвижения должны равняться нулю. Ниже на рис. 2 и 3 приведены графики сдвижений и деформаций земной поверхности, построенные по данным инструментальных наблюдений на станции № 10 шахты "Юбилейная". Эти графики наглядно иллюстрируют разный характер распределения сдвижений и деформаций в мульде.

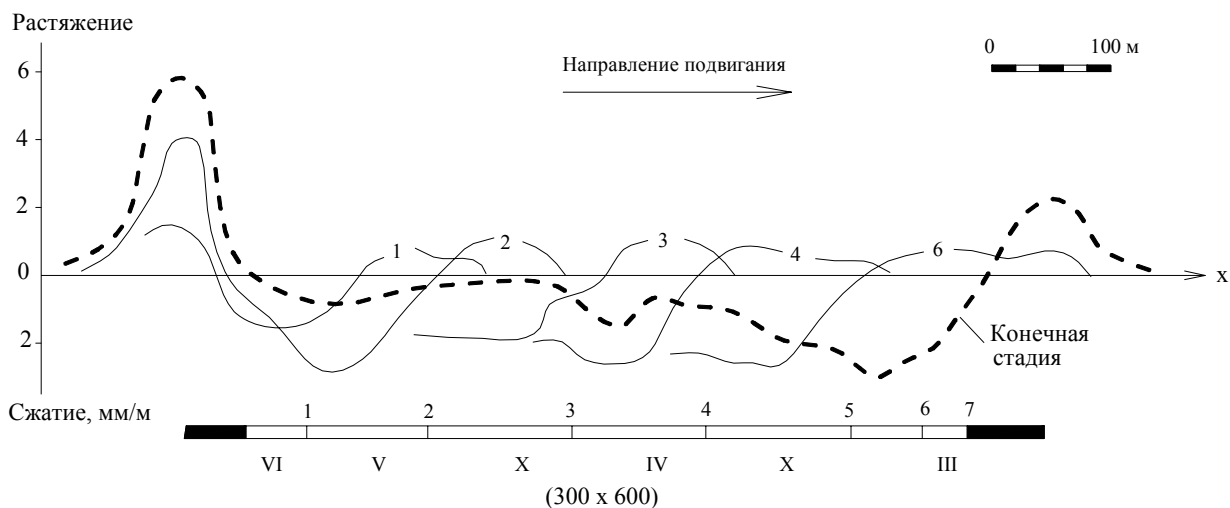


Рис. 1 – Развитие во времени деформаций земной поверхности над очистным забоем при отработке горизонтально залегающего пласта (по данным Г. Кратча [3])

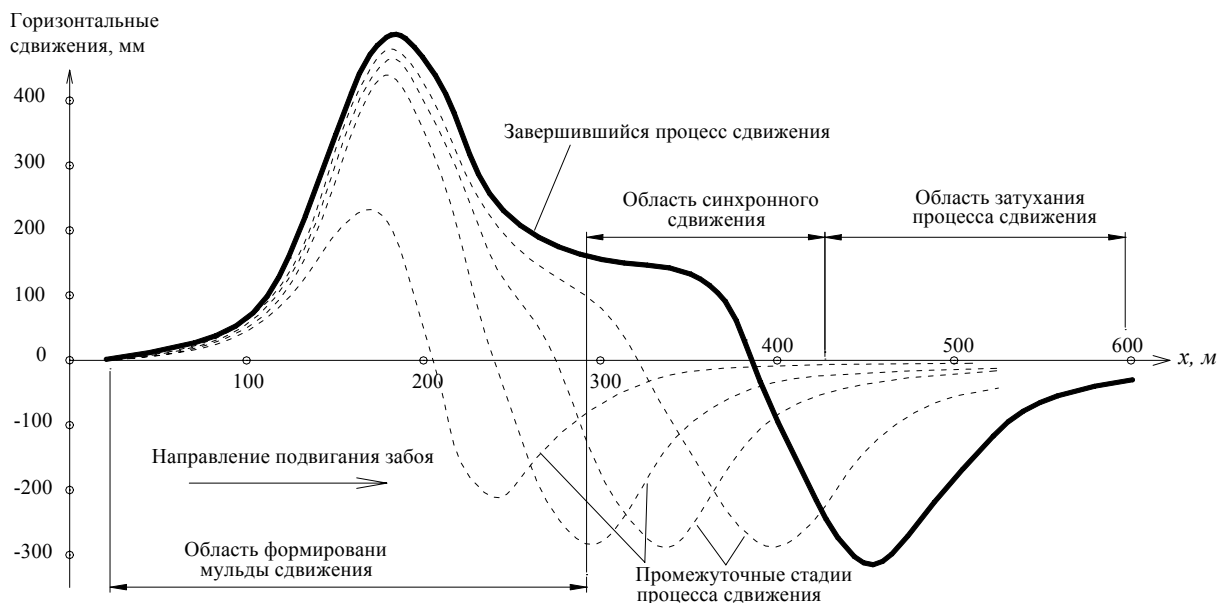


Рис. 2 – Графики распределения горизонтальных сдвижений земной поверхности в направлении продольной оси очистной выработки по данным наблюдений на станции №10 шахты "Юбилейная"

Для выявления общих закономерностей сдвижения земной поверхности над протяженной очистной выработкой требуется проведение комплексных исследований, охватывающих всю мульду сдвижения, а не отдельные участки в ее начале или конце, как этого рекомендует Инструкция [4]. Такие исследования выполнены в Западном Донбассе по данным инструментальных измерений перемещений реперов наблюдательных станций, заложенных на различных участках мульды сдвижения, в том числе и в границах всей области влияния очистной выработки на земную поверхность. Анализируемые на-

блюдательные станции подработаны горными работами по пластам мощностью от 0,60 до 1,20 м. Угольные пласты отрабатываются длинными столбами с полным обрушением кровли. Глубина разработки пластов для различных станций составляет 100-550 м, мощность наносов – 50-200 м, угол падения пластов – 2-5°.

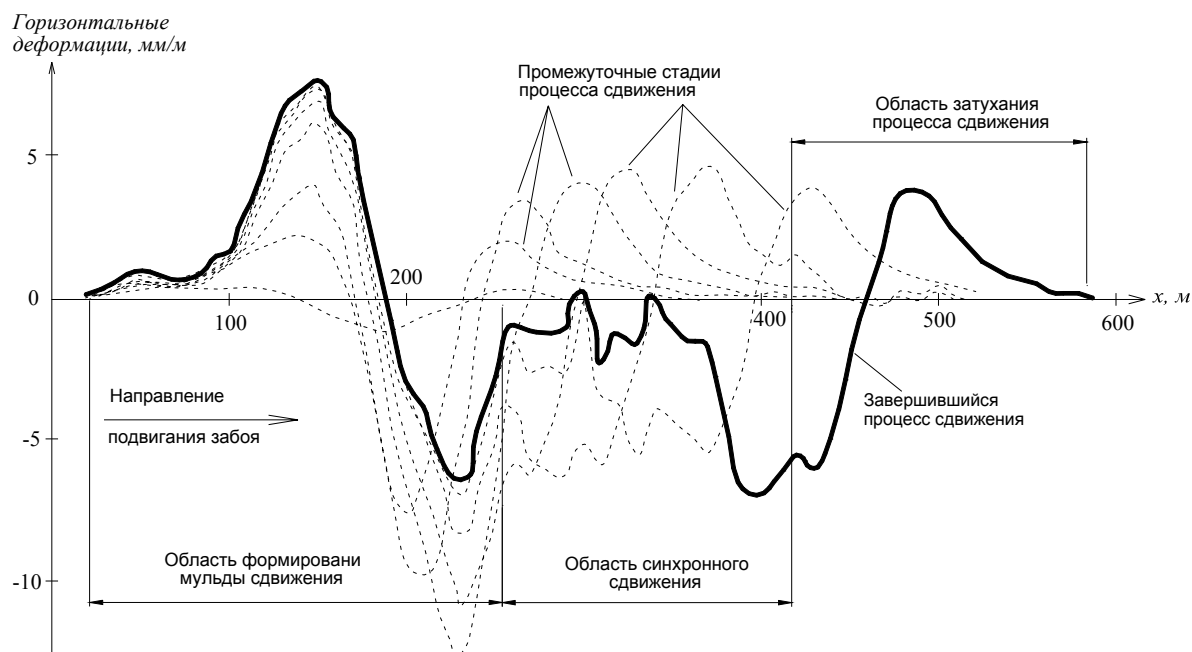


Рис. 3 – Графики распределения горизонтальных деформаций земной поверхности на станции №10

Исследование результатов натуральных наблюдений за сдвижением земной поверхности в Западном Донбассе по профильным линиям, параллельным продольной оси очистной выработки, показывает, что величины и характер распределения горизонтальных сдвижений и деформаций в мульде различаются в зависимости от степени развития горных пород [5, 6]. Но резкое отличие имеют участки мульды в областях формирования мульды и затухания процесса сдвига, которые располагаются соответственно над разрезной печью лавы и границей лавы при окончании ведения очистных работ. Максимальные сдвижения и деформации земной поверхности на этих участках не одинаковы (табл. 1).

Закономерности процесса сдвига поверхности в плоском дне мульды в условиях Западного Донбасса изучены достаточно детально и установлены основные параметры, характеризующие сдвижения и деформации поверхности над движущимся забоем [5, 6]. Эти параметры отличаются постоянством по отношению к движущемуся забою, что значительно облегчает их изучение.

Мало изученным остается вопрос о развитии процесса сдвига во времени на стадии формирования мульды сдвига, т.е. при отходе очистной выработки от разрезной печи. Эта стадия характеризуется постоянным увели-

чением вертикальных сдвижений и деформаций поверхности по мере увеличения размеров выработанного пространства [7]. Закономерности изменения горизонтальных сдвижений и деформаций поверхности в Западном Донбассе не исследовались.

Таблица 1 – Максимальные значения сдвижений земной поверхности на шахтах Западного Донбасса

№ станции	Наименование шахты	Выним. мощность пласта $m$ , м	Средняя глубина $H$ , м	Мощность наносов $h$ , м	Максимальное оседание $\eta_m$ , мм	Максимальное сдвижение $\zeta_m$ , мм	Относительное максимальное сдвижение $a_0$ в направлении			
							Прохода лавы	Отхода лавы	Подхода лавы	В плоском дне мульды
3	"Степная"	1,00	103	64	967	220	–	–	0,23	–
5	"Першотравнева"	0,80	167	100	706	300	0,42	–	–	–
5	"Першотравнева"	0,8	167	100	700	200	–	–	0,29	–
6	"Терновская"	1,00	227	85	941	400	0,43	–	–	–
7	"Степная"	0,72	192	85	597	230	0,39	–	–	–
8	"Степная"	0,80	200	75	646	380	–	0,59	–	0,33
9	"Юбилейная"	0,75	260	85	700	410	–	0,59	–	0,35
9	"Юбилейная"	0,75	240	85	620	256	0,41	–	–	–
9	"Юбилейная"	0,75	170	80	518	144	–	–	0,28	–
10	"Юбилейная"	1,00	160	65	920	500	–	0,54	–	0,28
12	"Степная"	1,00	115	50	870	450	–	0,52	–	–
12	"Степная"	1,00	105	50	920	340	0,37	–	–	–
13	"Степная"	1,00	125	50	890	470	–	0,53	–	–
14	"Степная"	1,05	220	83	670	390	–	0,58	–	0,30
14	"Степная"	0,95	230	83	626	263	0,42	–	–	–
14	"Степная"	1,02	205	85	626	180	–	–	0,29	–
23	"Западно-Донбасская"	0,97	540	180	875	470	–	0,54	–	0,31
24	им. Героев Космоса	1,06	320	130	894	360	0,40	–	–	–

Ниже приведен анализ результатов частотных маркшейдерских наблюдений на наблюдательной станции №8 шахты «Степная» (рис. 4). Эта станция была заложена над горными работами 713-й и 715-й лав пласта  $C_6^1$  в виде одной профильной линии реперов (71 рабочий и 2 опорных). Профильная линия располагается вкрест простирания пласта перпендикулярно линии забоя. Расстояния между рабочими реперами 10 м., между опорными – 50 м.

Мощность наносов в районе станции составляет 70-75 м. Глубина разработки 175-200 м. Вынимаемая мощность 0,8 м. Скорость подвигания очистного забоя 60-80 м/мес.

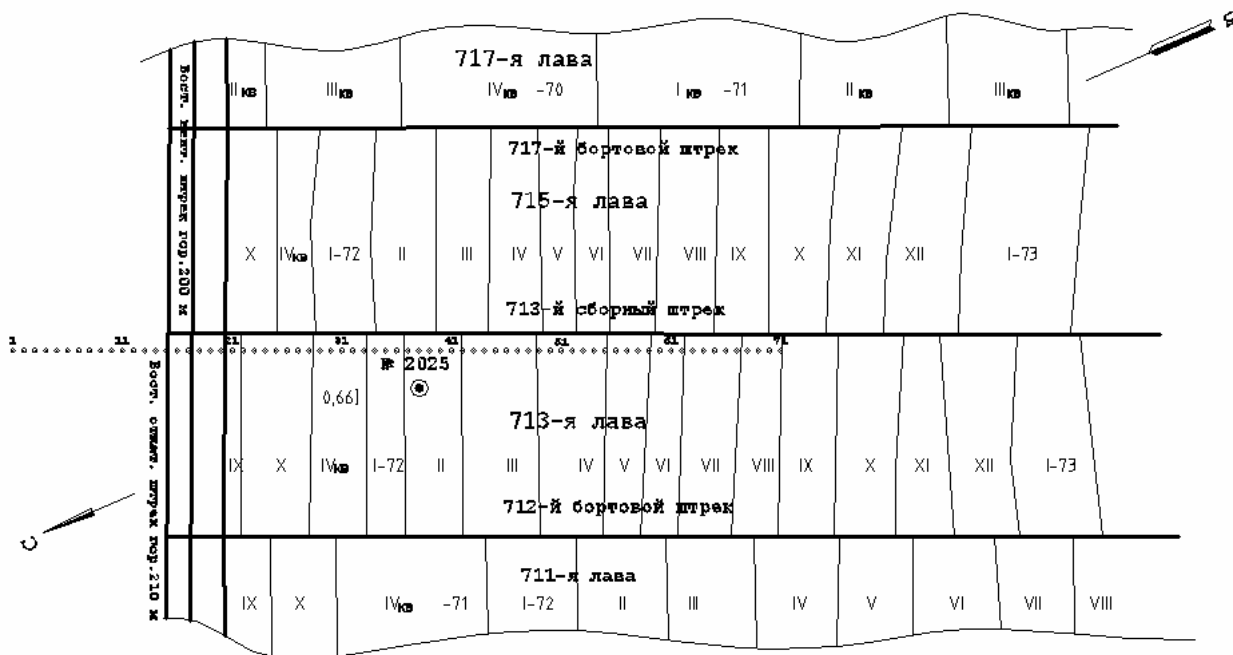


Рис. 4 – Наблюдательная станция №8 шахты «Степная»

На станции №8 были применены забивные реперы, изготовленные из армированного металла диаметром 18-20 мм, длиной 0,8-0,9 м. Керн репера – отверстие диаметром 2 мм и глубиной до 5 мм. В точке закладки реперов бурились скважины диаметром 0,3 м, и глубиной 0,5 м. В дно скважины реперы забивались специальной забойкой, сохраняющей керн. Расстояние от поверхности земли до головки репера составляет 0,45-0,50 м. Применённый способ закладки обеспечивает долгосрочную сохранность реперов.

Исследование проводилось по следующей методике. На вертикальном разрезе по анализированной профильной линии по результатам частотных наблюдений строятся совмещённые графики горизонтальных сдвижений земной поверхности (рис. 5). На каждом графике фиксируется положение точек поверхности с наибольшими горизонтальными сдвигами  $\xi_{mt}$ . Отдельно на плане (рис. 4) определяется положение очистного забоя на соответствующую дату наблюдения  $t_i$  и измеряется размер  $D_i$  очистной выработки по направлению движения очистного забоя.

Анализ графиков указывает на наличие зависимости между размером выработанного пространства и горизонтальными сдвигами земной поверхности на начальной стадии процесса сдвижения. Она заключается в перемещении точек с максимальными значениями горизонтальных сдвижений  $\xi_{mt}$  вслед за очистным забоем по направлению подвигания забоя и длины выработанного пространства  $D_t$  (рис. 6, 7).

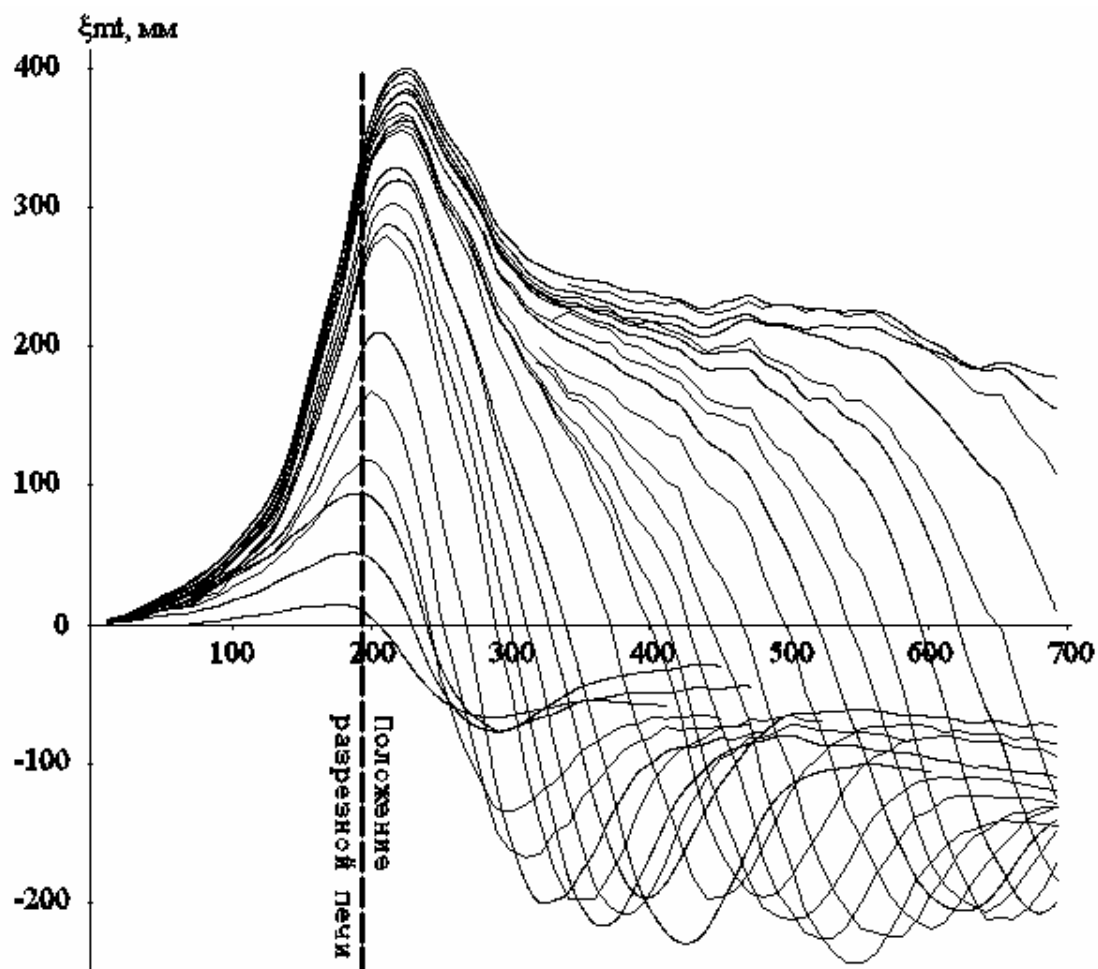


Рис. 5 – Графики горизонтальных сдвижений по профильной линии наблюдательной станции №8

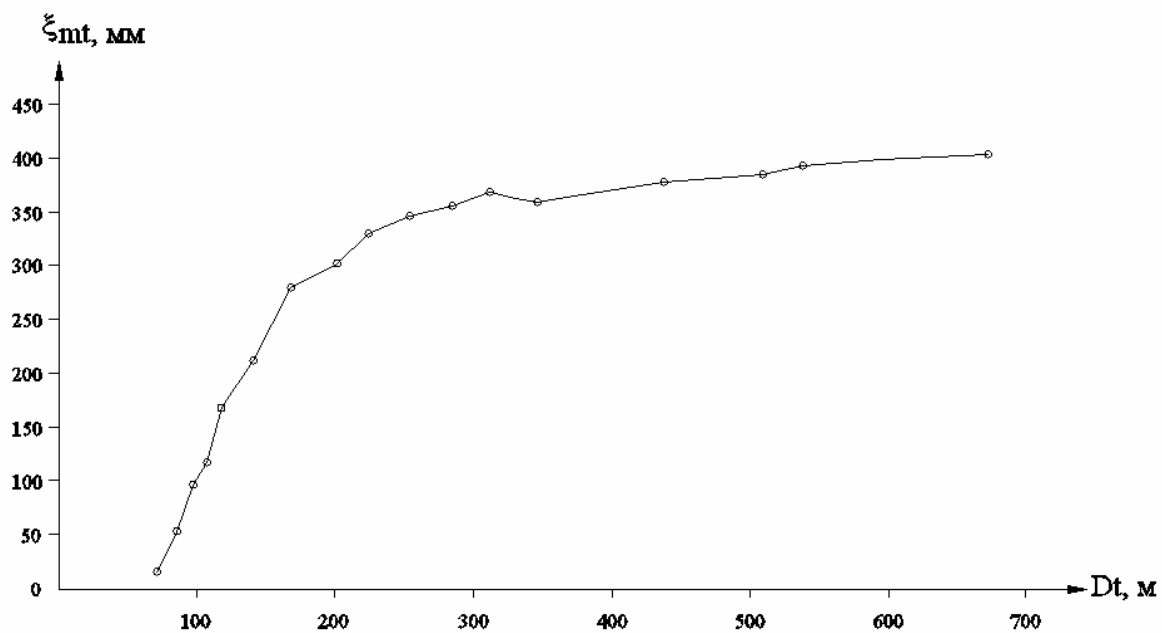


Рис. 6 – График расположения положительных максимальных горизонтальных сдвижений на начальной стадии формирования мульды сдвижения

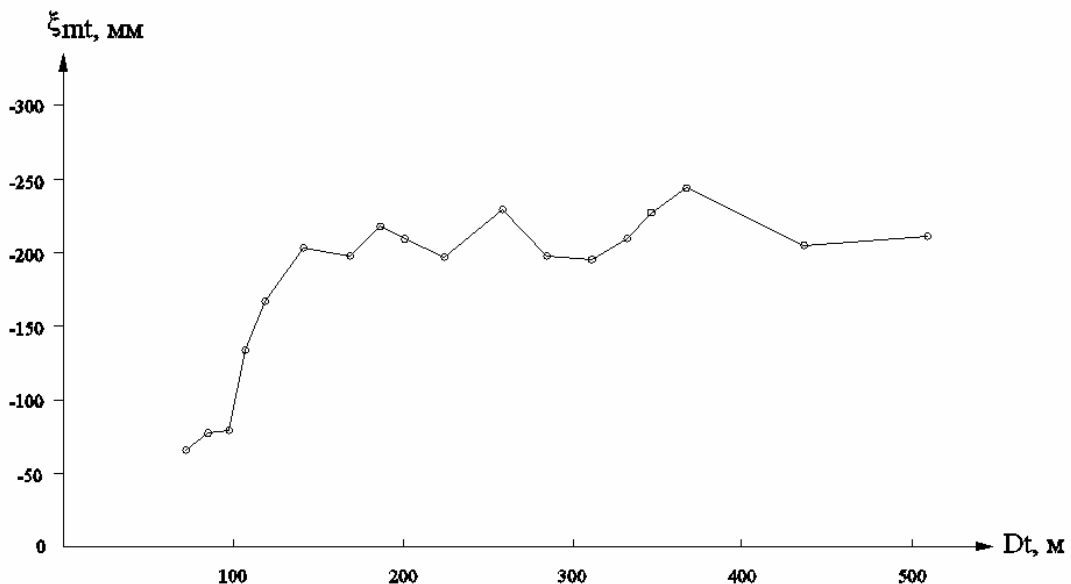


Рис. 7 – График положения отрицательных максимальных горизонтальных сдвижений на начальной стадии формирования мульды сдвижения

Выполненные исследования указывают на наличие зависимости максимальных горизонтальных сдвижений от размеров выработанного пространства. Графики, показанные на рис. 6, 7 не позволяют оценить эту зависимость для условий всего месторождения угля в Западном Донбассе, но дают основание для проведения дальнейших исследований по аналогии с исследованиями максимальных вертикальных сдвижений и деформации, выполненными ранее [7].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях / М-во уг. пр-сти СССР. – М.: Недра, 1981. – 288 с.
2. Временные технические условия по охране сооружений и природных объектов от влияния подземных горных разработок. КД 12.00159226.013-95 / – Донецк: Министерство угольной промышленности Украины, 1995.– 201 с.
3. 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.
4. Инструкция по наблюдениям за сдвижением земной поверхности и подрабатываемыми сооружениями на угольных и сланцевых месторождениях/ Мин-во угольн. пром-ти СССР.– М.: Недра, 1989. – 96 с.
5. Ларченко В.Г. Закономерности сдвижений и деформаций земной поверхности при отработке свиты пологих пластов // Сборник научных трудов НГА Украины. – 2001. – № 12, Том 2. – С. 36-39.
6. Геомеханическое обоснование этапов развития горизонтальных деформаций в динамической мульде сдвижения / Е.Г. Петрук, В.Г. Черватюк, И.Е. Головчанский, В.В. Сологуб, В.В. Рожков // Сборник научных трудов НГА Украины. – 2001. – № 11, Том 1. – С. 174-180.
7. Назаренко В.А., Йощенко Н.В., Кучин А.С. Закономерности расположения максимальных отрицательных наклонов земной поверхности в мульде сдвижения / Збірник наукових праць НГУ. – 2007. – №27. – С. 35-41.