

## МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ НАКЛОНОВ ПОВЕРХНОСТИ НАД ДВИЖУЩИМСЯ ОЧИСТНЫМ ЗАБОЕМ ПОЛОГОГО УГОЛЬНОГО ПЛАСТА

Ведение очистных горных работ на угольных шахтах вызывает нарушение земной поверхности на значительных территориях. В зонах влияния оказываются здания и сооружения, эксплуатация которых может осуществляться при соблюдении определенных условий, а именно: деформации их оснований не должны превышать допустимых значений. Решение о допустимости или недопустимости деформаций поверхности, вызванных подработкой, принимается на основании маркшейдерского прогноза, который основывается на расчетах ожидаемых или вероятных сдвижений и деформаций земной поверхности над горными разработками [1].

Методика [1] предусматривает расчет сдвижений и деформаций исключительно для условий закончившегося процесса сдвижения и поэтому применение ее ограничено. Этот существенный недостаток нормативного для угольной промышленности документа компенсируется многочисленными исследованиями процесса сдвижения на угольных шахтах Украины. Широкую известность получили, и в определенной мере используются в производстве исследования процесса сдвижения, выполненные Е.Г. Петруком [2], М.А. Иофисом [3], В.А. Назаренко. Но следует отметить, что и эти исследования не раскрывают всех закономерностей сдвижения земной поверхности над движущимся очистным забоем, т.к. не затрагивают значительную по площади область формирования мульды сдвижения.

Область формирования мульды характеризуется тем, что сдвижения и деформации в ней изменяются как в пространстве, так и во времени. Но самое главное отличие этой области от динамической мульды, рассмотренной в работах [2, 3], заключается в том, что различные ее участки формируются и развиваются неодинаково. Общее представление о формировании мульды дают результаты периодических натуральных маркшейдерских наблюдений за сдвижением земной поверхности. В качестве примера на рис. 1 показано развитие наклонов поверхности над 713, 715 лавами пласта с<sub>6</sub> шахты "Степная".

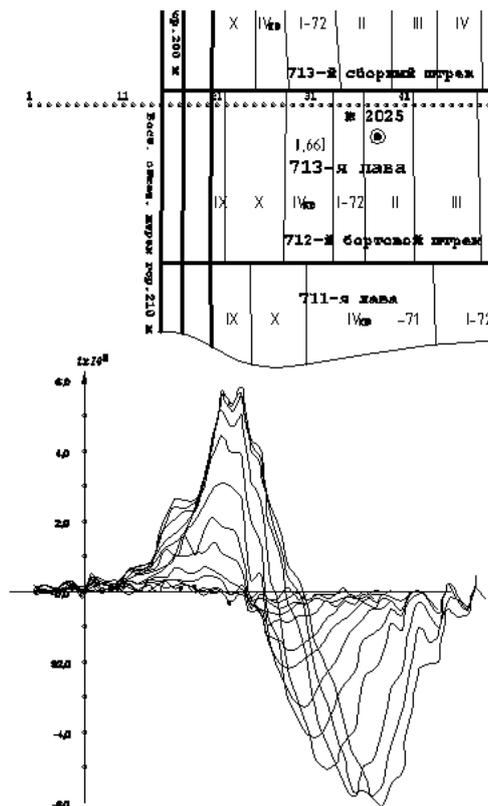


Рис. 1. План наблюдательной станции №8 и графики наклонов земной поверхности

На развитие наклонов в мульде оказывают влияние многие горно-геологические факторы и параметры подрабатываемого массива и технологии отработки угольного пласта. Основными из них являются: глубина разработки; вынимаемая мощность и угол падения пласта; свойства пород подрабатываемой толщи; поперечные и продольные размеры выработанного пространства; скорость подвигания очистного забоя лавы. Детальность и полнота общей картины развития деформаций в значительной мере зависит от частоты выполнения периодических наблюдений за сдвижением земной поверхности.

Зависимость величин сдвижений и деформаций поверхности от такого большого числа параметров делает практически невозможным установление общих закономерностей их изменения. Ни одна из известных методик анализа результатов натуральных маркшейдерских наблюдений за процессом сдвижения для этой цели не пригодна. В

связи с этим нами была сделана попытка разработки новой методики моделирования сдвижения земной поверхности на стадии формирования мульды, основанной на результатах периодических маркшейдерских наблюдений. В результате получена пространственно-временная модель оседания поверхности в главном сечении мульды по направлению движения очистного забоя.

По разработанной методике выполнены преобразования результатов инструментальных наблюдений на 14 профильных линиях 8 наблюдательных станций, заложенных над горными разработками шахт Западного Донбасса (табл. 1)

В результате выполненных исследований получена сводная модель формирования наклонов земной поверхности на стадии формирования мульды сдвижения, показанная на рис. 2 (для лучшей визуализации модели на рис. 1б отдельно представлены изолинии с отметками  $1 \times 10^{-3}$ ;  $5 \times 10^{-3}$ ;  $15 \times 10^{-3}$ ;  $-1 \times 10^{-3}$ ;  $-5 \times 10^{-3}$ ;  $-15 \times 10^{-3}$ ).

Модель наклонов имеет две оси: ось ординат (L/H), по которой откладываются расстояния L до точек земной поверхности в главном сечении мульды от проекции разрезной печи очистной выработки, и ось абсцисс (D/H), являющаяся опосредованно осью времени, т.к. текущий размер подвигания очистного забоя о разрезной печи D является функцией времени и скорости подвигания очистного забоя.

Таблица 1

Условия подработки поверхности по наблюдательным станциям

№ станции	Шахта	Пласт	№ лавы	Глубина H, м	h/H	Максимально е оседание l <sub>m</sub> , м
1/2	"Юбилейная"	C <sub>1</sub>	2-я вост.	135	0,41	0,6
13	"Степная"	C <sub>6</sub>	604	120	0,42	0,88
14	"Степная"	C <sub>4</sub>	415	235	0,34	0,85
12	"Степная"	C <sub>6</sub>	606	120	0,42	0,9-1,0
11	"Першотравнева"	C <sub>2</sub> '	302, 304	140	0,5	0,5
10	"Юбилейная"	C <sub>6</sub>	530	150	0,4	0,88
9	"Юбилейная"	C <sub>6</sub> '	605, 607	250	0,32	0,68
8	"Степная"	C <sub>6</sub> '	715, 713	190	0,37	0,64

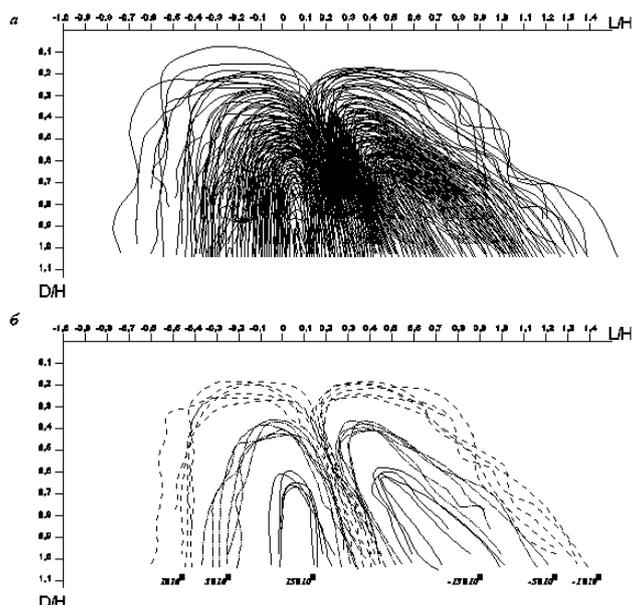


Рис. 2. Сводная модель наклонов на стадии формирования мульды сдвижения: а – все изолинии; б – изолинии с отметками  $1 \times 10^{-3}$ ;  $5 \times 10^{-3}$ ;  $15 \times 10^{-3}$ ;  $-1 \times 10^{-3}$ ;  $-5 \times 10^{-3}$ ;  $-15 \times 10^{-3}$

После математической обработки сводной модели получена обобщенная модель (рис. 3), которая характеризует место (координата L/H) и время возникновения в главном сечении мульды величин наклонов определенной величины.

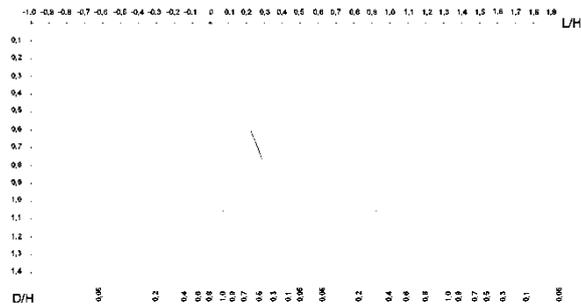


Рис. 3. Обобщенная модель наклонов земной поверхности на стадии формирования мульды сдвижения в Западном Донбассе

Нами выполнен анализ точности модели с использованием изолиний сводной модели наклонов, представленной на рис. 2 а. В результате оценки отклонений изолиний обобщенной модели от изолиний сводной модели установлено, что средняя квадратическая погрешность планового положения наклонов, определяемых по модели рис. 3, не превышает величины  $0,05H$ , где  $H$  – глубина ведения горных работ.

Изолинии обобщенной модели оседаний земной поверхности в силу их физического смысла (а именно – возникновение в главном сечении мульды в определенном месте и в определенное время определенных величин оседаний) получили название линий хроноизонаклонов поверхности.

Разработанная нами пространственно-временная модель развития наклонов земной поверхности на стадии формирования мульды сдвижения имеет двойное предназначение. Во первых, она может быть применена для прогнозирования наклонов земной поверхности над движущимся очистным забоем при его отходе от разрезной печи лавы. Тем самым получает решение инженерная задача, которая до настоящего времени не может быть реализована по известным методикам, включая Правила подработки [1].

Второе направление использования модели наклонов поверхности, так же, как и модели оседаний возможно для установления общих закономерностей развития процесса сдвижения и в частности, установление временных параметров, касающихся начала, окончания и продолжительности сдвижения в неподвижной части мульды сдвижения.

### Литература

1. Правила подработки зданий, сооружений и природных объектов при добыче угля подземным способом / Отраслевой стандарт. – К.: Мінпаливенерго України, 2004. – 127 с.
2. Иофис М.А. Научные основы управления деформационными и дегазационными процессами при разработке полезных ископаемых. – М.: Изд. ИПКОН, 1984. – 230 с.
3. Методические указания по расчету деформаций земной поверхности во времени и горногеометрическому прогнозированию охраны пойм рек при подземной разработке угольных пластов в Западном Донбассе / Е.Г. Петрук, А.В. Онищенко, А.И. Воронкин. – Донецк : ЦБНТИ, 1986. – 55 с.