

УДК 622.1:622.834

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ МУЛЬДЫ СДВИЖЕНИЯ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ НАД ДВИЖУЩИМСЯ ОЧИСТНЫМ ЗАБОЕМ

**Назаренко В.А. Стельмащук Е.В.**

(НГУ, г. Днепрпетровск, Украина) [nazar54@yandex.ru](mailto:nazar54@yandex.ru)

*За результатами натурних інструментальних спостережень розроблена просторово-часова модель формування мультди зрушення для умов вугільних шахт Західного Донбасу. Запропоновано новий тип ізоліній, що характеризують час і місце виникнення у мультді осідань певної величини.*

*The surface subsidence in Western Donbas coal mines is analyzed. A spatial-temporal model of earth's surface subsidence is developed. A new type of contour - chronoisosubsidence is proposed. These lines characterize the time and place where the certain subsidences are formed.*

Подземная разработка угольных пластов изменяет напряженно-деформированное состояние массива, вызывает сдвиги земной поверхности. Земная поверхность в различных точках сдвигается неравномерно, в результате чего возникают деформации поверхности. Эти процессы вызывают деформации поверхностных зданий и сооружений, что приводит к нарушению условий их эксплуатации вплоть до разрушения. Обеспечение рациональной выемки угольных пластов и безопасной эксплуатации зданий и сооружений является обязанностью маркшейдерской службы горного предприятия и регламентируется Правилами [1].

Действующая методика прогнозирования влияния подземных разработок на здания и сооружения предусматривает расчет сдвигов и деформаций при закончившемся процессе сдвига. Вопросы развития деформаций поверхности во

времени до настоящего времени остаются нерешенными. Именно этот факт явился причиной интереса многих исследователей к динамике процесса сдвижения. В Западном Донбассе исследовано [2] развитие максимальных динамических сдвижений и деформаций, их положение относительно движущегося очистного забоя когда подработка земной поверхности достигает состояния полной. Такие же исследования выполнялись на других месторождениях [3, 4].

Развитие мульды сдвижения на стадии ее формирования остается практически неизученным. Отдельные публикации [5,6] раскрывают развитие максимальных оседаний и наклонов земной поверхности при отходе лавы от разрезной печи. Общие закономерности развития мульды сдвижения не установлены.

Основываясь на общепринятых представлениях о процессе сдвижения земной поверхности и особенностях его развития, установленных натурными маркшейдерскими наблюдениями на шахтах Западного Донбасса, нами разработана методика пространственно-временного моделирования сдвижений земной поверхности [7]. Эта методика позволяет создать графическую модель развития сдвижений и деформаций над движущимся очистным забоем до момента, пока подработка поверхности станет полной.

Практическое построение пространственно-временной модели процесса сдвижения земной поверхности показано на примере наблюдательной станции № 9, заложенной над 605 и 607 лавами пласта с<sub>6</sub> шахты «Юбилейная» ВАТ «Павлоградуголь». На рис.1 показаны план станции и графики оседания земной поверхности по профильной линии реперов № 1, заложенной над 605-ым сборным штреком.

Лавы 605 и 607 отрабатывались на глубине 250 м (глубина над разрезной печью 605-й лавы), мощность наносов составляет 80 м, отношение мощностей пород наносов и карбона – 0,32, вынимаемая мощность пласта – 0,75 м. Максимальное оседание в мульде достигло величины  $\eta_m = 680$  мм.

При построении модели использованы результаты 12 серий инструментальных наблюдений, проведенных в течение 5

месяцев с начала отработки лав. Каждое наблюдение отражает оседание земной поверхности, соответствующее размеру выработанного пространства  $D$  на дату наблюдения.

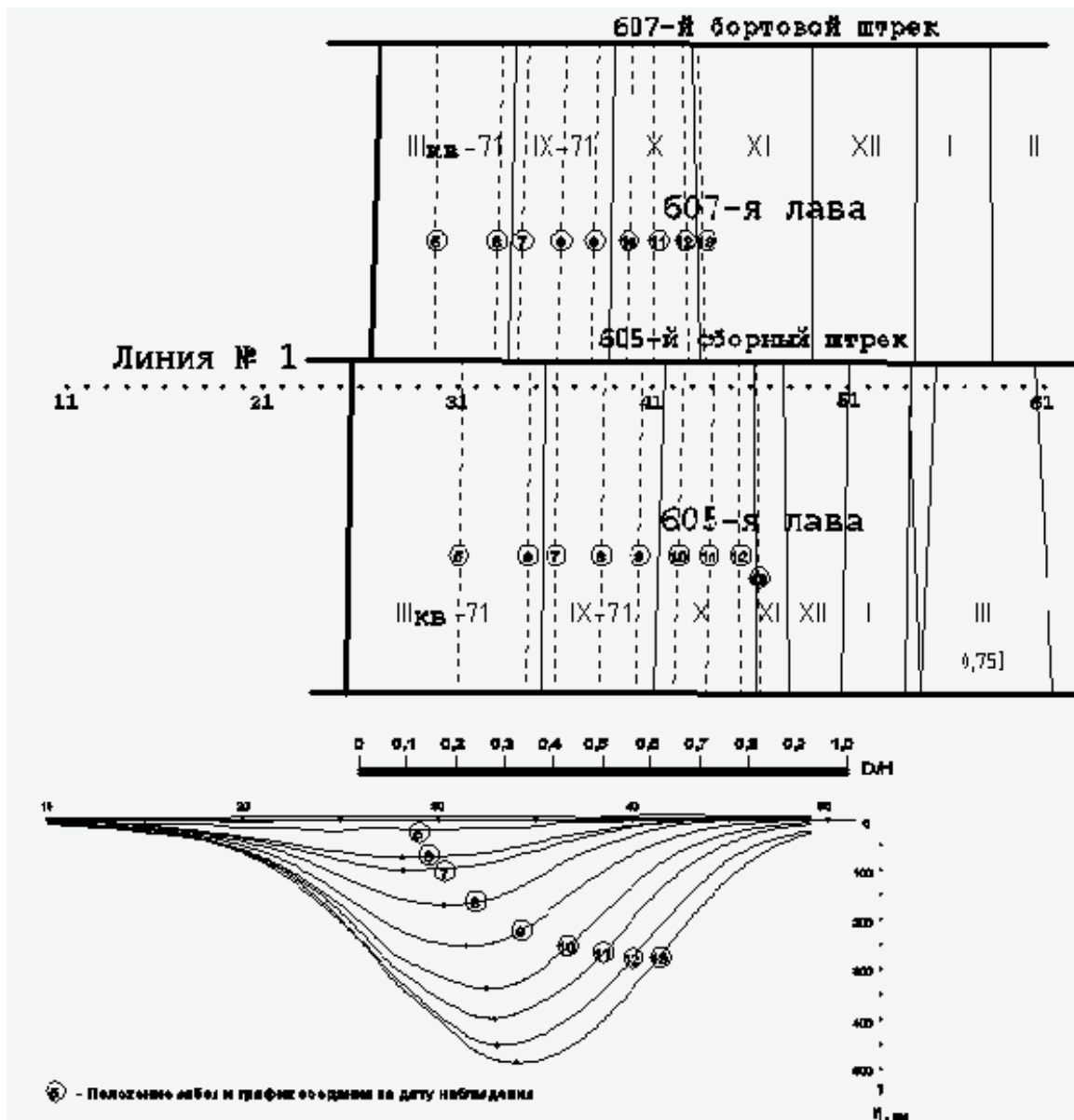


Рис. 1. План наблюдательной станции №9 и графики оседания земной поверхности над 605 и 07 лавами

С учетом глубины разработки  $H$  и величины подвигания очистного забоя  $D$  на дату наблюдения, создается специальная система координат (рис.2), по оси абсцисс которой откладываются расстояния от проекции разрезной печи на

земной поверхности, отнесенные к глубине  $H$  (в сторону подвигания очистного забоя со знаком «плюс», в сторону массива со знаком «минус»). По оси ординат откладываются размеры выработанного пространства  $D$  по направлению движения очистного забоя, отнесенные к глубине  $H$ .

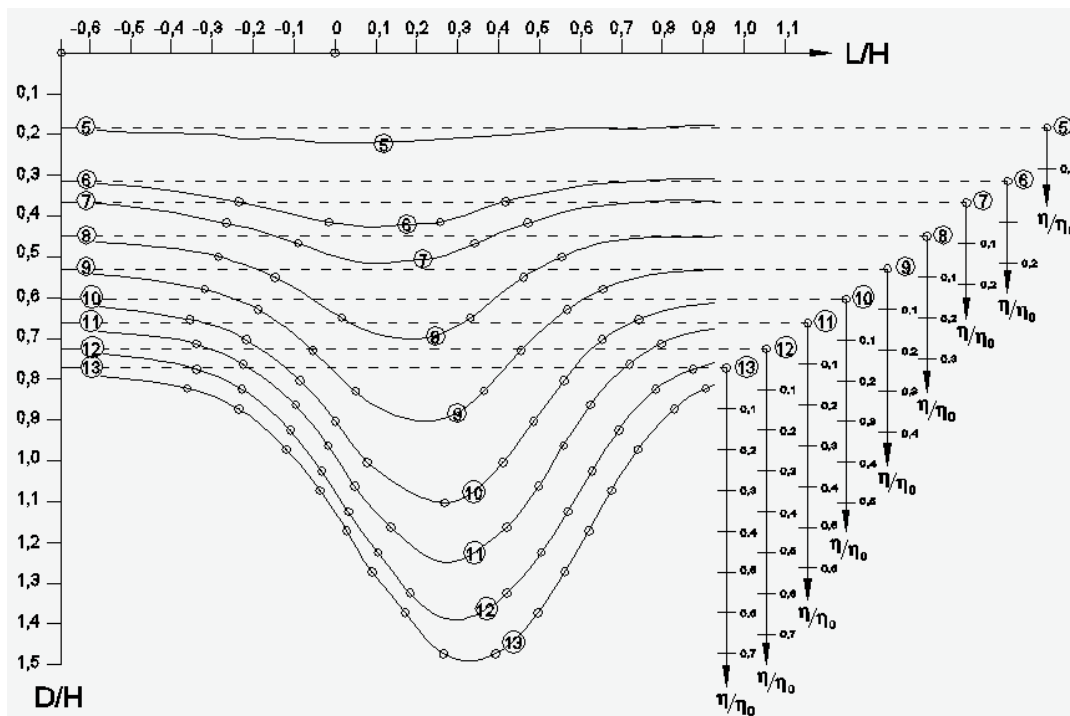


Рис. 2. Графики оседания земной поверхности, размещенные в локальных системах координат

В этой системе координат проводятся горизонтальные линии с ординатами, соответствующими положениям забоя на даты наблюдений. Эти линии должны отражать профиль мульды сдвижения на земной поверхности по линии реперов наблюдательной станции на дату соответствующего наблюдения. В новой системе координат отстраиваются графики оседаний. При этом, каждый график имеет свою локальную систему координат, осями абсцисс которой являются ранее проведенные горизонтальные линии, а осью ординат – ось оседаний  $\eta$ . Привязка графиков по горизонтали осуществляется относительно точки «0» (проекция разрезной печи) оси абсцисс исходной системы координат. Если учесть, что текущий размер

выработанного пространства  $D$  является функцией от времени  $t$ , то графики оказываются «разнесенными» во времени.

Следующий шаг создания модели процесса сдвижения заключается в отыскании на графиках оседаний отметок с величинами оседания кратными  $0,1\eta_m$  (рис. 2) и переносе этих отметок с графиков на ось абсцисс соответствующей локальной системы координат (рис. 3). Эти отметки показывают точки земной поверхности, которые на момент наблюдения имеют оседание, равное величине отметки. Точки с одинаковыми отметками на всех локальных графиках соединяются плавными линиями. Физический смысл полученных изолиний заключается в том, что они характеризуют время образования и расположение в мульде значений оседаний, кратных  $0,1\eta_m$ .

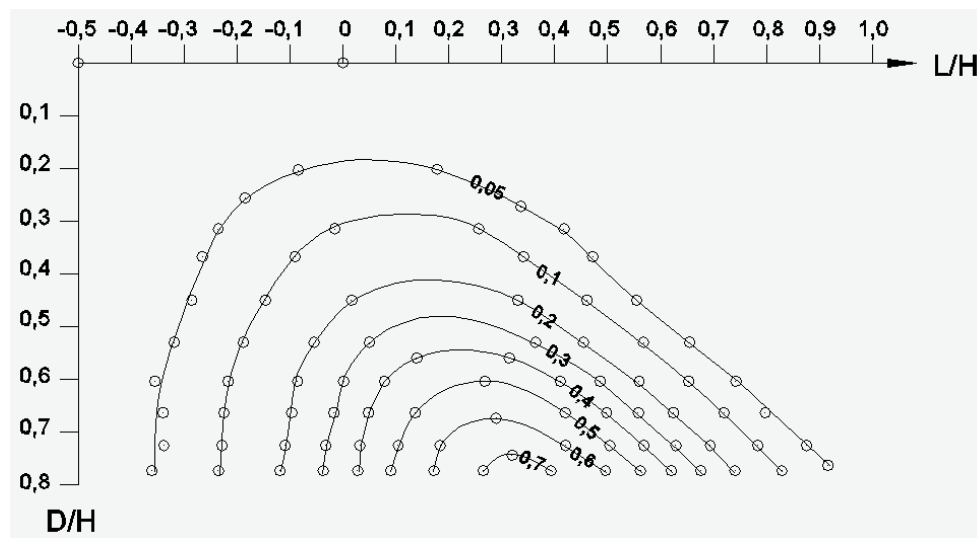


Рис. 3. График развития оседаний поверхности при формировании мульды сдвижения над движущимися забоями 605 и 607 лав

В практике изучения сдвижения земной поверхности над горными разработками аналогов полученных нами изолиний нет. Исходя из физической сущности, эти изолинии могут быть названы «хроноизооседаниями».

Построенная модель сдвижения позволяет определить оседания земной поверхности на любой произвольный момент времени  $t$ . Для этого достаточно знать размер выработанного

пространства  $D_t$ . Осуществляется это следующим образом. На графике рис. 3 проводим горизонтальную линию с ординатой  $D_t/H$ , находим точки ее пересечения с линиями хроноизооседаний и по значениям этих изолиний откладываем вниз величины оседаний. Концы отложенных отрезков образуют профиль мульды сдвижения на момент времени  $t$ .

Аналогичные пространственно-временные модели процесса оседания земной поверхности построены по наблюдательным станциям №№ 13, 14 (ш. Степная) и №№ 10, 12 (ш. Юбилейная). После преобразований, учитывающих различия горно-геологических условий подработки земной поверхности составлена совмещенная пространственно-временная модель по этим станциям, представленная на рис. 4.

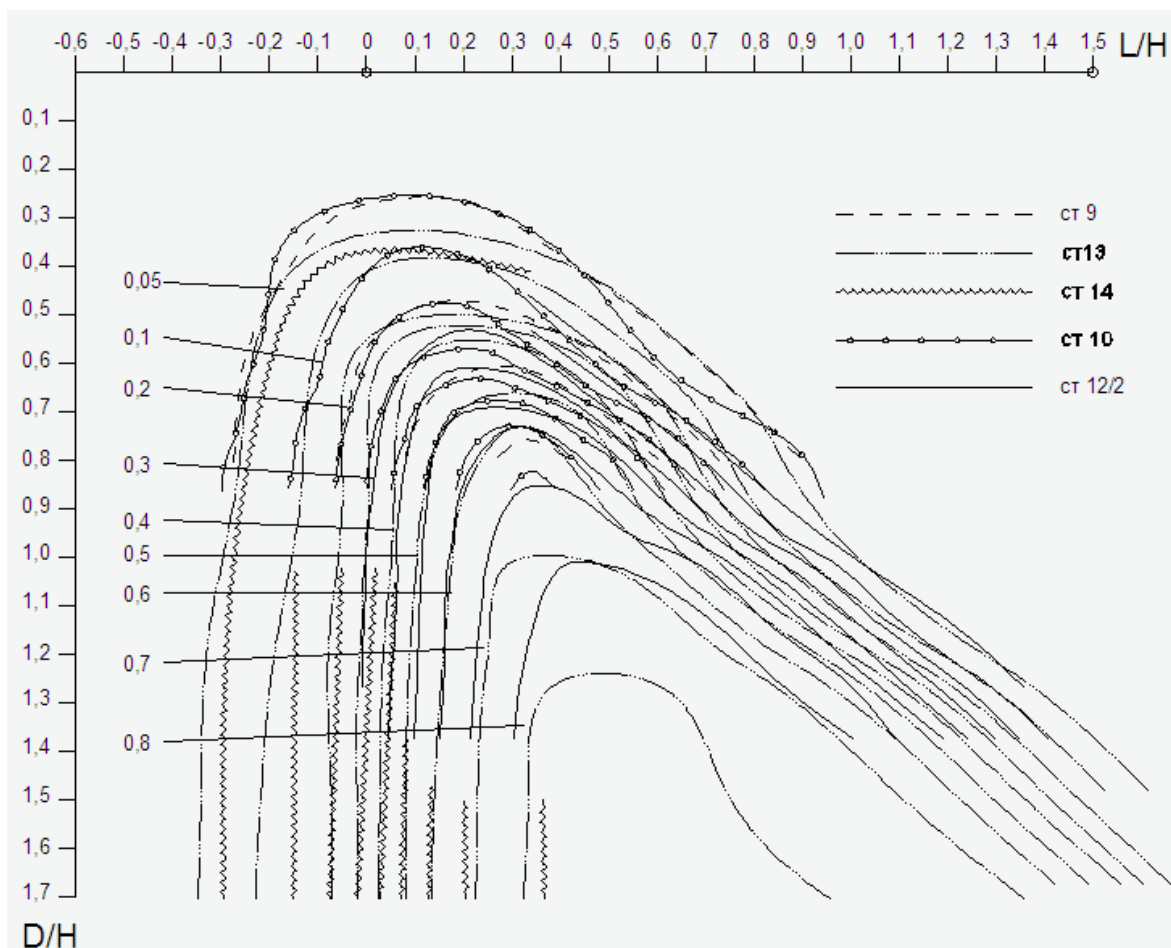


Рис. 4. Совмещенная пространственно-временная модель процесса оседания земной поверхности

Как видно из рисунка, линии хроноизооседаний с одинаковыми отметками по разным наблюдательным станциям располагаются близко друг от друга, а в некоторых случаях совпадают. Этот факт свидетельствует о "работоспособности" модели в различных горно-геологических условиях Западного Донбасса и дает предпосылки к созданию общей для шахт Западного Донбасса модели оседания земной поверхности над движущимся очистным забоем.

**Выводы.**

В результате выполненных исследований на основании анализа натуральных инструментальных маркшейдерских наблюдений за сдвижением земной поверхности на угольных шахтах Западного Донбасса разработана и апробирована пространственно-временная модель формирования мульды сдвижения над движущимся очистным забоем. Основываясь на полученных результатах, предложен новый тип изолиний, характеризующих образование во времени в главном сечении мульды по направлению движения очистного забоя оседаний определенной величины. Исходя из физической сущности этих изолиний, они названы линиями хроноизооседаний.

После расширения базы данных натуральных наблюдений и оценки их точности, совместный анализ моделей для различных горно-геологических условиях дает основание для создания общей модели сдвижения для условий Западного Донбасса.

Результаты выполненных исследований являются оригинальными, не имеют аналогов и могут быть использованы для разработки модели процесса сдвижения на угольных шахтах Львовско-Волынского месторождения и районов Центрального Донбасса с горизонтальным и пологим залеганием угольных пластов.

Обобщенная модель процесса сдвижения предназначена для прогнозирования сдвижений земной поверхности над горными разработками угольных шахт без выполнения сложных и громоздких вычислений.

## ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК

Правила подработки зданий, сооружений и природных объектов при добыче угля подземным способом // Отраслевой стандарт. – К.: Мінпаливенерго України, 2004. – 127 с.

Петрук Е.Г. Исследование деформаций земной поверхности в мульде сдвижения по времени // Изв. вузов. Горный журнал. – 1969. – № 1. – С. 40-43.

Doney, E.D., Peng, S.S. and Luo, Y. Subsidence Prediction in Illinois Coal Basin. 10th International Conference on Ground Control in Mining, p.p. 212-219.

Waddington, A.A. and Kay, D.R. Recent Developments in the Profile Method of predicting Subsidence, Tilt and Strain over a series of Longwall Panel. Australia, p.p. 767-776.

Bialek, J. and Mielimaka, R. Influence of working direction shape of subsidence trough in view of geodesic observation and numerical modeling. ISM 12th International Congress, p.p. 32-37.

Назаренко В.О., Йощенко Н.В., Стельмашук Е.В. Закономерности расположения максимальных оседаний земной поверхности в мульде сдвижения / Науковий вісник НГУ – Д.: 2006. – №10 – С. 8-12.

Стельмашук Е.В., Назаренко В.А. Пространственно-временное моделирование мульды сдвижения при ее формировании / Геотехнічна механіка: Межвід. зб. наук. праць/ Ін-т геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України. – Дніпропетровськ, 2007. – Вип. 72. – С. 25-31.

*Здано до редакції 28.10.09 р.*

*Рекомендовано до друку д.т.н. Сдвижковою О.О.*