

## **ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МУЛЬДЫ СДВИЖЕНИЯ ПРИ ЕЕ ФОРМИРОВАНИИ**

Приведені результати досліджень початкової стадії формування мульди зрушення на шахтах Західного Донбасу. Розроблена методика моделювання осідань земної поверхні в залежності від розміру очисної виробки при її відході від розрізної печі.

### **THE SPATIO-TEMPORAL DESING OF A SUBSIDENCE TROUGH AT ITS FORMING**

The outcomes of researches of an initial stage of shaping of a subsidence trough on mines of the Western Donbass are indicated. The technique of modelling of settlings of a surface is developed depending on the size of a coal face at its withdrawal from breakthrough.

В настоящее время прогнозирование влияния очистной выемки угольных пластов на земную поверхность и выбор мер охраны объектов на подрабатываемых территориях осуществляется по единой методике [1]. Такой подход к решению задач, связанных с определением влияния горных разработок, можно считать весьма прогрессивным и положительным, т.к. осуществлен глобальный, всесторонний анализ и обобщение результатов исследований, проводившихся на всех угольных месторождениях. С другой стороны, стремление унифицировать методику расчета привело к усреднению исходных параметров и, как следствие, в нормативном документе [1] не нашли отражения особенности отдельных регионов и даже месторождений. Последнее замечание справедливо для месторождения угля в Западном Донбассе.

Месторождение каменного угля в Западном Донбассе отличается от других месторождений меньшей степенью метаморфизма и практически одинаковой прочностью пород карбона. Другое важное отличие – мощные (50-300 м), обводненные наносы. Эти особенности определяют количественные и качественные изменения параметров сдвижения горных пород и земной поверхности.

Многолетние маркшейдерские инструментальные наблюдения за сдвижением земной поверхности на шахтах Западного Донбасса показывают, что методика [1] недостаточно объективно и полно отражает особенности месторождения. Основной причиной этого, на наш взгляд, является то, что подавляющее большинство исследований сдвижения земной поверхности на угольных шахтах выполнялось в условиях закончившегося процесса сдвижения, при этом исследовались угловые параметры и величины сдвижений и деформаций исключительно в главных сечениях мульды, как это регламентируется "Инструкцией..." [2]. Известны исследования процесса сдвижения в его развитии. В частности, С.А. Батугин исследовал перемещение точек земной поверхности над движущимся очистным забоем и установил качественные закономерности [3] изменения траектории их движения. В обобщенном виде характер перемещения подрабатываемой точки поверхности показан на рис. 1.

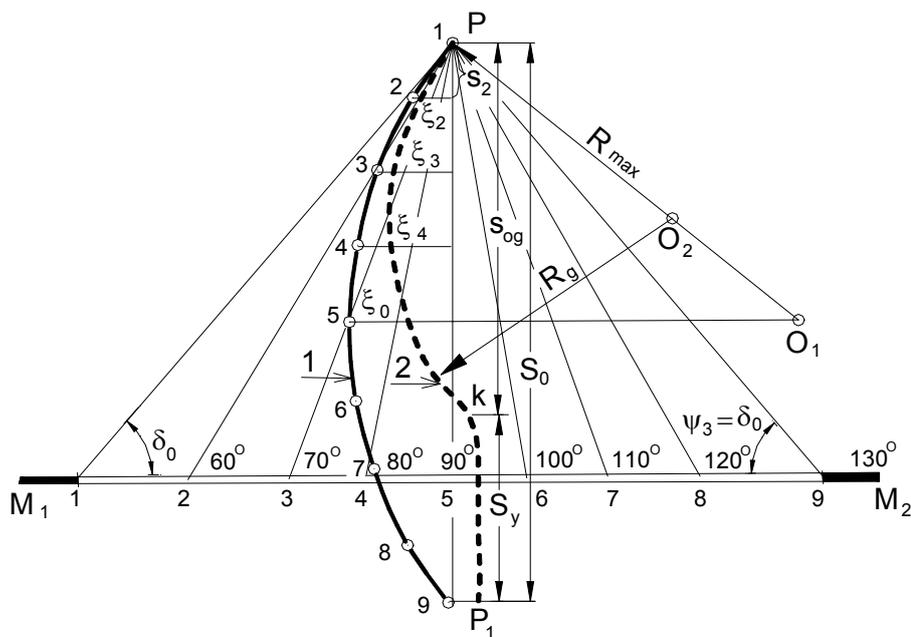


Рис. 1 – Траектория движения точки земной поверхности над движущимся очистным забоем

На основании анализа результатов многочисленных натуральных наблюдений за сдвижением земной поверхности в Западном Донбассе проф. Петрук Е.Г. разработал схему [4] распределения сдвижений, деформаций и их скоростей в полумульде над движущимся забоем (рис. 2). Эта схема характеризует процесс сдвижения в главном сечении мульды, совпадающем с направлением движения очистного забоя, при условии полной подработки земной поверхности.

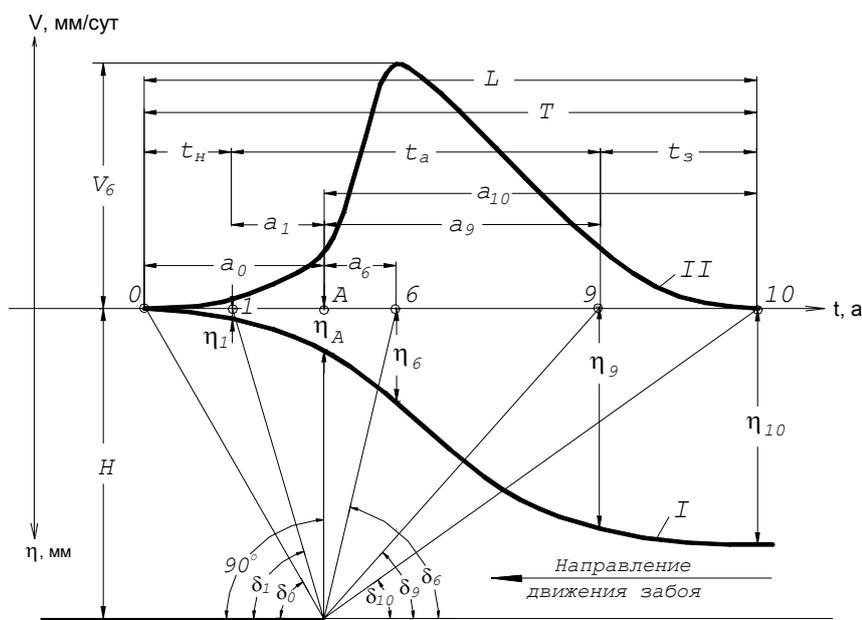


Рис. 2 – Схема распределения оседаний и их скоростей в полумульде во времени над движущимся забоем: I – кривая оседаний; II – кривая скоростей оседаний

Известны другие исследования [5-7] процесса сдвижения земной поверхности над движущимся очистным забоем, но все они выполнены в условиях, когда размеры очистной выработки обеспечивают полную подработку земной поверхности и могут быть сведены к схеме, приведенной на рис. 3. На этой схеме отображаются оседания подрабатываемой точки земной поверхности (кривая 1) и скорость изменения оседаний (кривая 2) в зависимости от положения забоя лавы, которое характеризуется линией 3.

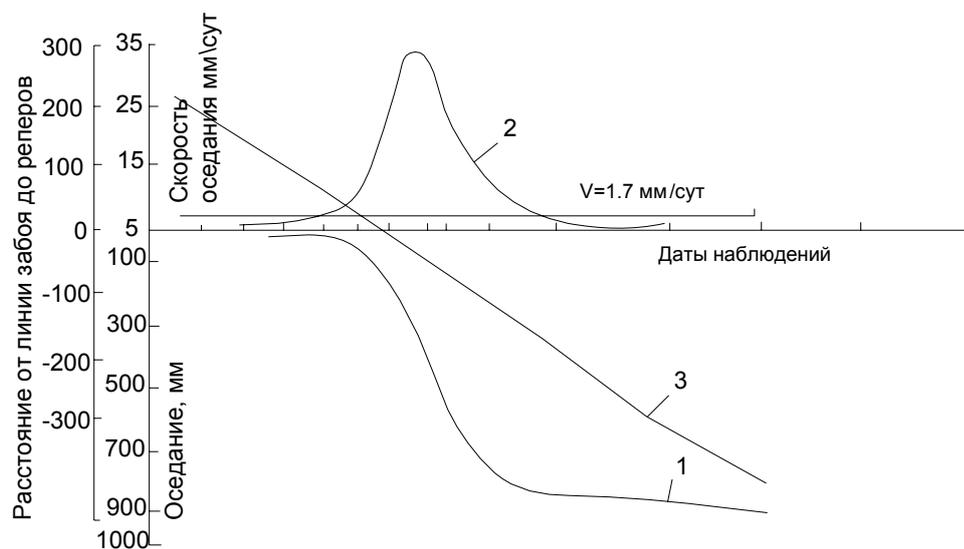


Рис. 3 – Модель изменения величин и скоростей вертикальных сдвижений точки земной поверхности во времени

Общий анализ исследований процесса сдвижения над движущимся очистным забоем приводит к выводу, что в подавляющем числе случаев изучались закономерности, относящиеся к стадии синхронного сдвижения земной поверхности [8], в которой мульда сдвижения имеет не изменяющуюся форму, а величины сдвижений и деформация стабильны. В стадии своего формирования мульда сдвижения практически не исследовалась. По этой причине остаются неизвестными закономерности изменения сдвижений земной поверхности при отходе забоя лавы от разрезной печи. С другой стороны, это объясняет отсутствие методики таких исследований, а модель динамической мульды, приведенная на рис. , не подходит для условий изменяющейся геометрии профиля мульды, как это имеет место в стадии формирования.

На рис. 4 показаны графики оседания земной поверхности, построенные по результатам натуральных маркшейдерских наблюдений за сдвижением реперов наблюдательной станции над 530-й лавой шахты "Юбилейная" ОАО "Павлоградуголь". Из рисунка видно, что распределение оседаний земной поверхности и их величины зависят от положения очистного забоя лавы на дату наблюдения, т.е. от размера выработанного пространства.

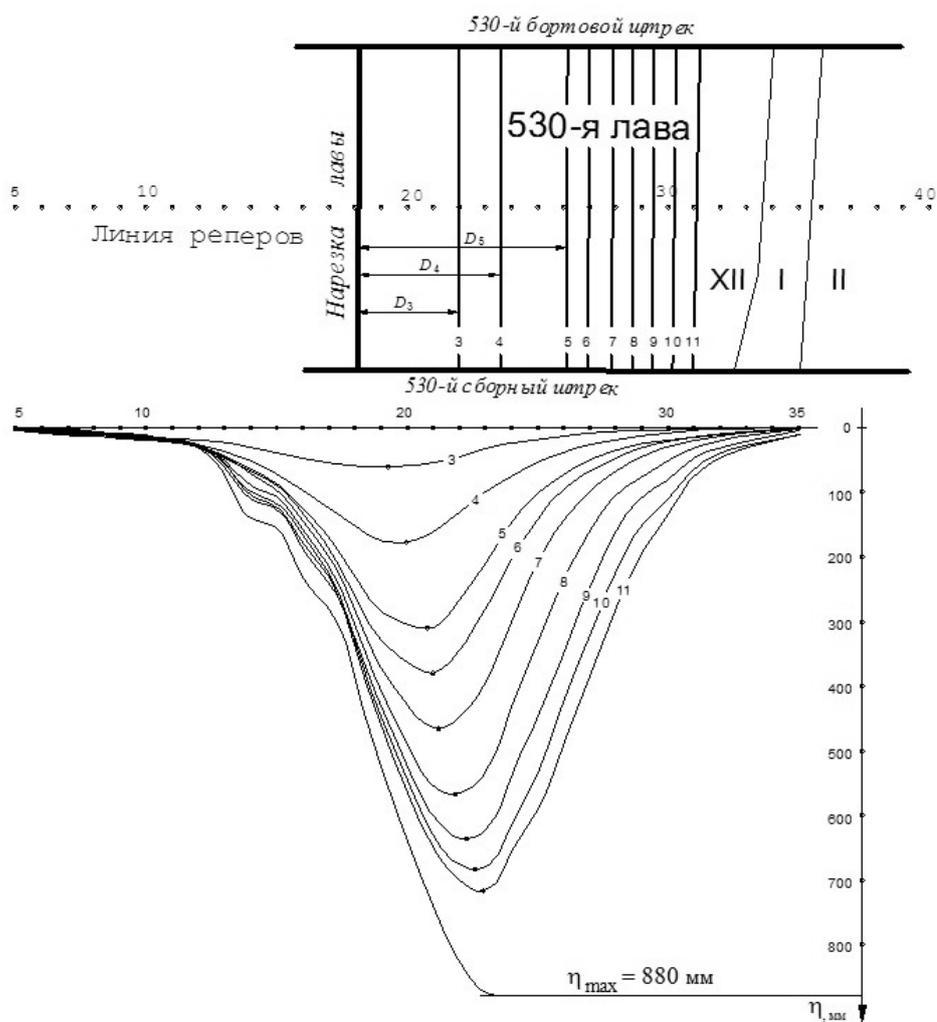


Рис. 4 – Графики оседания земной поверхности при отходе забоя 530-й лавы от разрезной печи

Модель развития процесса сдвижения земной поверхности при отходе очистного забоя от разрезной печи, в отличие от схемы на рис. 3, должна отражать изменение геометрии и величин оседаний в зависимости от размера очистной выработки. За основу для создания такой модели можно взять методику построения пространственно-временных графиков оседания земной поверхности, разработанную П.К. Кекухом для крутопадающих рудных месторождений большой мощности [9].

На рис. 4 каждая кривая оседания соответствует определенному положению очистного забоя, зафиксированному на плане лавы. Добавим на графике дополнительную ось ординат  $D$  и оцифруем ее метрах в том же масштабе, что и ось абсцисс, т.е. в масштабе плана. Отложим по этой оси расстояния  $D_i$  от разрезной печи до линии очистного забоя на даты наблюдений и в полученные точки перенесем кривые оседаний, распределив их по вертикали согласно датам наблюдений (рис. 5). На полученном графике положение разрезной печи отображается вертикальной линией, а очистного забоя – линией, проведенной под углом  $45^\circ$ .

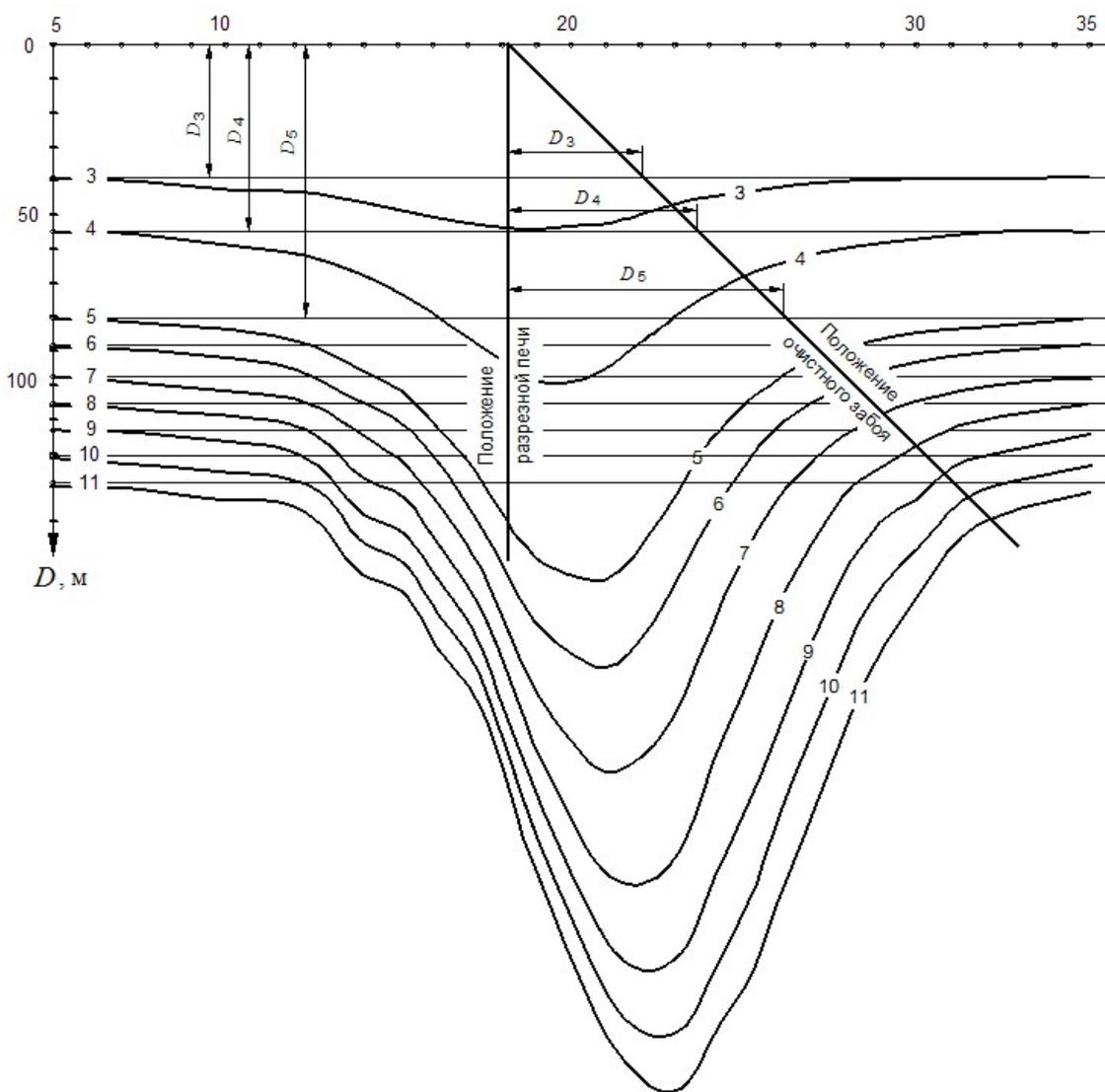


Рис. 5 – Распределение графиков оседания земной поверхности в соответствии с влияющим размером очистной выработки (датой наблюдения)

На каждой из разнесенных по вертикали кривых найдем точки, имеющие оседания, кратные некоторой заданной величине (например, 100 мм) и соединим точки с одинаковыми значениями оседаний плавной линией. В результате получится система изолиний (рис. 6). Их физический смысл заключается в том, что они характеризуют оседания земной поверхности при различном размере очистной выработки.

Для определения оседаний земной поверхности по модели представленной на рис. 6 необходимо выполнить следующие действия. Пусть нас интересует форма мульды сдвижения и величины оседаний земной поверхности, которые сформируются в главном сечении мульды, совпадающем с направлением движения забоя 530-й лавы, при его отходе от разрезной печи на расстояние 100 м. На графике проводим горизонтальную линию с ординатой  $D = 100$  м (см. рис. 6) и находим точки ее пересечения с изолиниями (точки с оседаниями 50, 100, 200, 300, 400 и 500 мм). Из найденных точек восста-

навливаем перпендикуляры к горизонтальной линии на длину, равную оседанию (в принятом масштабе), и соединяем концы перпендикуляров плавной линией. Эта линия и будет искомым профилем мульды.

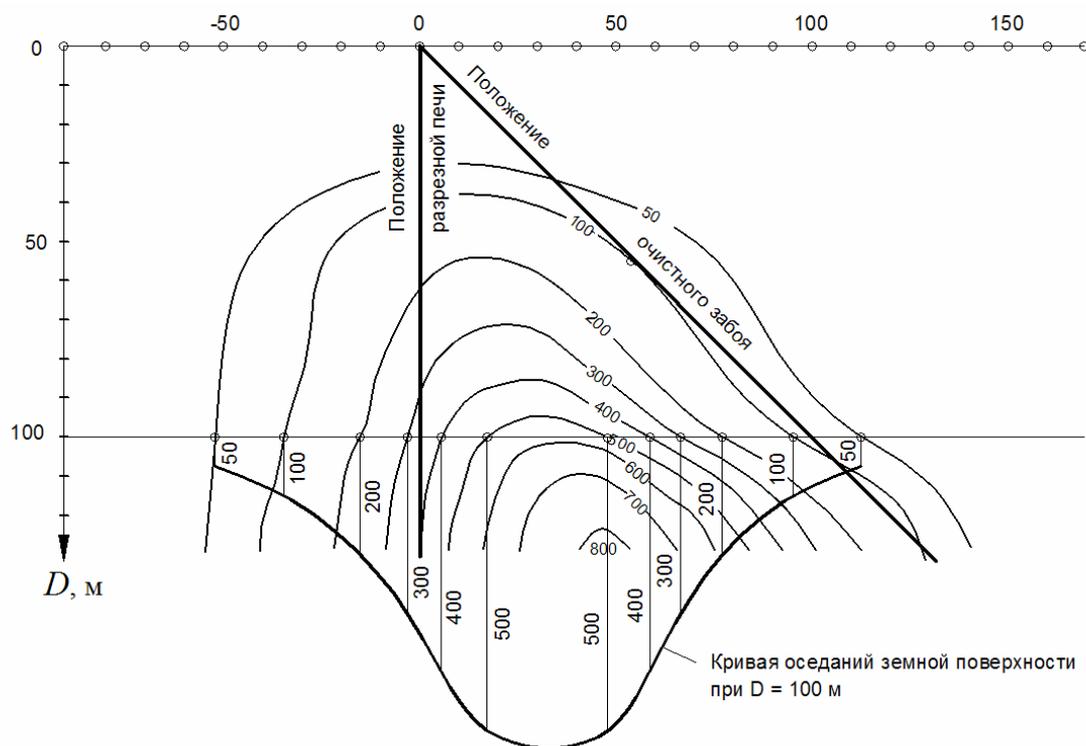


Рис. 6 – Модель сдвижения земной поверхности при отходе 530-й лавы от разрезной печи, представленная системой изолиний оседания

Приведенные выше графические преобразования результатов натурных маркшейдерских наблюдений за сдвижением земной поверхности представляют собой новую методику построения пространственно-временных графиков развития процесса сдвижения. В отличие от разработанной пространственно-временной модели сдвижения земной поверхности ни один из известных способов отображения процесса сдвижения не позволяет моделировать мульду сдвижения на земной поверхности в стадии ее формирования над движущимся очистным забоем, отходящим от разрезной печи лавы.

Дальнейшие исследования процесса сдвижения земной поверхности при формировании мульды сдвижения должны проводиться в направлении создания единой пространственно-временной модели для условий шахт Западного Донбасса, учитывающей горно-геологические условия отработки угольных пластов. Учитывая простоту использования, наглядность и отсутствие аналитических расчетов такая модель может значительно усовершенствовать и упростить существующую методику прогнозирования ожидаемых сдвижений и деформаций земной поверхности [1], установить временные параметры развития процесса сдвижения земной поверхности со стороны разрезной печи лавы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила подработки зданий, сооружений и природных объектов при добыче угля подземным способом // Отраслевой стандарт. – К.: Мінпаливенерго України, 2004. – 127 с.
2. 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.
3. Батугин С.А. Сдвигения и деформации земной поверхности и горных пород над движущимся забоем // Сб. статей по вопросам исследования горного давления и сдвижения горных пород / ВНИМИ. – 1962. – Сб. 47. – С. 159-199.
4. Петрук Е.Г. Исследование деформаций земной поверхности в мульде сдвижения по времени // Изв. вузов. Горный журнал. – 1969. – № 1. – С. 40-43.
5. Авершин С.Г. Сдвигение горных пород при подземных разработках. – М.: Углетехиздат, 1947. – 245 с.
6. 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.
7. Иофис М.А. Научные основы управления деформационными и дегазационными процессами при разработке полезных ископаемых. – М.: Изд. ИПКОН, 1984. – 230 с.
8. Назаренко В.А., Антипенко Г.А. О некоторых терминах и определениях процесса сдвижения земной поверхности // Уголь Украины. – 2001. – № 9. – С. 44-45.
9. Кекух П.К. Поток сдвижения и возможность его геометризации / Тр. Алтайского горн.-мет. НИИ. – Алма-Ата: Изд. АН Каз. ССР, 1962.– Том 12. – С. 93-101.

**УДК 622.1:622.834**

Н.В. Йощенко, инженер,  
ОАО "Днепрогипрошахт",  
В.А. Назаренко, профессор, НГУ

### **ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ МАКСИМАЛЬНЫХ ОСЕДАНИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ НАД ОЧИСТНЫМ ЗАБОЕМ**

Наведені результати досліджень початкової стадії формування мульди зрушення на шахтах Західного Донбасу. Встановлена залежність положення і величин максимальних осідань земної поверхні від розміру очисної виробки під час її відходу від розрізної печі та величина відходу лави, при якій зрушення проявляються на поверхні.

### **THE LAWS OF FORMING THE MAXIMUM SUBSIDENCES A SURFACE ABOVE STOPE**

The present results of researches of an original stage of formation of a subsidence trough on mines of Western Donbass. The dependence of the maximal subsidences of a surface from the size of a coal face when it departs from rise gallery is established. The size of an exploited space, from which the displacements are shown on a surface, is 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 и обеспечением требуемой точности применяемыми расчетными способами определения сдвижений и деформаций земной поверхности.

подавляющее большинство публикаций о сдвижении земной поверхности на угольных шахтах посвящено исследованиям угловых параметров и вели-