

Чепурная Л.А.,
д.т.н. Антощенко Н.И.
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина)

ОБОБЩЕННАЯ СХЕМА СДВИЖЕНИЯ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ДО И ПОСЛЕ ОБРАЗОВАНИЯ ПЛОСКОГО ДНА МУЛЬДЫ

Приведена обобщенная схема сдвижения земной поверхности до и после образования плоского дна мульды, которая позволяет производить математическое моделирование для любой стадии развития очистных работ выемочного участка.

Ключевые слова: *схема, сдвижение, математическая модель, прогноз, земная поверхность.*

Определение закономерностей процесса сдвижения земной поверхности при подработке ее очистными выработками является одной из основных задач при отработке угольных пластов. Достоверный прогноз параметров сдвижения земной поверхности способствует успешному решению других, не менее важных, задач горного производства. К ним, кроме защиты объектов на земной поверхности, относятся выбор места расположения горных выработок и рациональных способов их охраны от влияния горного давления, прогноз газовыделения из подрабатываемых источников, обоснование рациональных схем проветривания выемочных участков, расчет несущей способности крепи и многие другие. При решении указанных задач существенное значение имеет установление динамики процесса сдвижения и выделение его характерных стадий.

Продолжительностью процесса считается период времени, в течение которого земная поверхность находится в состоянии сдвижения вследствие влияния очистных работ. Общая продолжительность делится на три стадии: начальную, активную и затухания. Установление указанных стадий согласно нормативному документу [1] производится достаточно условно и в современных условиях больших глубин разработки существующий подход к их определению нельзя признать полностью корректным [2]. Основным его недостатком является отсутствие четких и однозначных методов определения временных рамок

протекания, как всего процесса сдвижения земной поверхности, так и его отдельных стадий. Наиболее перспективным направлением в решении рассматриваемой проблемы представляется подход, предложенный профессором Гавриленко Ю.Н. [2].

Деление процесса сдвижения земной поверхности на отдельные стадии предлагается производить с помощью характерных точек математической функции, описывающей развитие оседания земной поверхности во времени только над движущимся очистным забоем после образования плоского дна мульды сдвижения. В качестве таких точек предложено использовать экстремумы первых трех производных по времени от основного уравнения, описывающего изменение оседания точки земной поверхности в процессе сдвижения [2 - 4].

Математическими моделями [2 - 4] предполагается образование плоского дна мульды сдвижения на земной поверхности (η_0) при ведении очистных работ в пределах одного выемочного участка. За окончание процесса рекомендуется [4] принимать момент времени, когда текущее оседание (η) достигает $0,97 \div 0,99$ его конечного значения (η_k). При таком подходе можно считать, что глубина плоского дна мульды сдвижения (η_0) равна конечному сдвижению земной поверхности (η_k), принятому за один из основных параметров математических моделей [2 - 4].

Анализ известных экспериментальных данных [5] показал, что имеются горно-геологические условия, в которых плоское дно мульды сдвижения на земной поверхности не образуется даже при отработке нескольких выемочных участков. Это свидетельствует о том, что математические модели [2 - 4] адекватно описывают процессы сдвижения земной поверхности только для максимально возможной степени развития очистных работ после образования плоского дна мульды сдвижения. При их использовании для прогнозирования протекания процесса остается неизвестной значение конечного оседания земной поверхности (η_k). Предложение [4] определять η_k согласно [1] является недостаточно обоснованным по причинам, приведенным ранее в работе [2]. Кроме этого установлено [6, 7], что критерии образования плоского дна мульды сдвижения при отработке антрацитовых пластов существенно отличаются от рекомендованных [1]. По указанным причинам в данной работе ставится цель разработать общую схему оседания земной поверхности до достижения полной ее подработки при удалении очистного забоя от разрезной печи. Такой подход позволит более полно раскрыть особенности протекания процесса сдвижения земной поверхности и прогнозировать значение η_k при любой степени развития очистных работ с удалением очистного забоя от разрезной печи на расстояние L .

Математической моделью [3, 4] процессы сдвижения земной поверхности рассматриваются во времени для примерно одинаковой скорости подвигания очистного забоя. Такое условие применения модели отмечается и в работе [2]. Автор модели [4] предлагает также для описания развития процесса сдвижения вместо времени по оси абсцисс использовать расстояние относительно проекции линии очистного забоя на земную поверхность до точки наблюдения. Использование геометрических параметров, по нашему мнению, является более целесообразным, так как они позво-

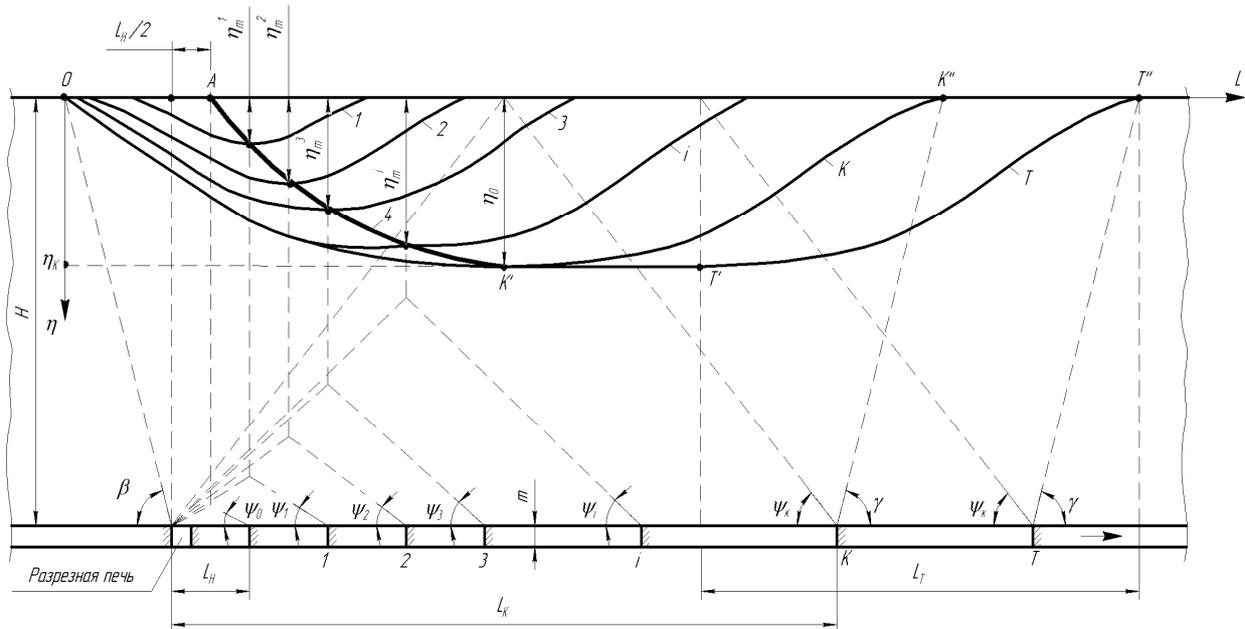
ляют увязать между собой степень развития очистных работ, изменение углов полных сдвижений в подработанных породах и максимальное оседание земной поверхности. Подтверждением обоснованности такого подхода являются также практически функциональные зависимости максимального оседания земной поверхности (η_m) в конкретных горно-геологических условиях при изменении одного из геометрических размеров очистной выработки [6, 7], что объясняется постоянством мощности разрабатываемого пласта (m), глубины ведения работ (H) и прочностных свойств подрабатываемых пород. В условиях одного шахтопласта, в силу указанных причин, можно применять математические зависимости как с абсолютными параметрами, так и с относительными [7]. Относительные параметры (η_m / m , L / H) целесообразно использовать для обобщения результатов, полученных в разных горно-геологических условиях [6, 7].

При разработке схемы формирования параметров мульды сдвижения земной поверхности (рис. 1) использованы современные представления о геомеханических процессах, происходящих в подработанных породах при развитии очистных работ. Они заключаются в следующем:

- начало сдвижения земной поверхности происходит в точке А при удалении очистного забоя от разрезной печи на некоторое расстояние L_n , которое определяется прочностными свойствами пород (f) и глубиной ведения работ (H);

- максимальное оседание земной поверхности ($\eta_m^1, \eta_m^2, \eta_m^3 \dots \eta_m^i$) до полной ее подработки пластами пологого залегания происходит примерно над серединой выработанного пространства. Зависимость $\eta_m = \varphi_1(L)$ описывается кривой 4 (рис. 1).

Конечное оседание (η_k^i) для конкретного положения очистного забоя (размера очистной выработки) характеризуется максимальным оседанием $\eta_k^i \approx \eta_m^i$;



H – глубина ведения очистных работ; m – мощность разрабатываемого пласта; 1, 2, 3, ..., i , ..., K , ..., T - положения очистного забоя при его отходе от разрезной печи и соответствующие им мульды оседания земной поверхности; β , γ - граничные углы; ψ_0 - угол полных сдвижений, соответствующий началу оседания земной поверхности; ψ_1 , ψ_2 , ψ_3 , ..., ψ_i – углы полных сдвижений, соответствующие 1, 2, 3, ..., i – му положениям очистного забоя; ψ_k – конечное значение угла полных сдвижений; η_m^1 , η_m^2 , η_m^3 , ..., η_m^i – максимальные оседания земной поверхности, соответствующие 1, 2, 3, ..., i – му положениям очистного забоя; 4 – траектория перемещения точек с максимальными значениями оседания η_m^i в сторону подвигания очистного забоя; η_k – конечное оседание земной поверхности, примерно равное глубине плоского дна мульды сдвижения η_0 ; L_n – отход очистного забоя от разрезной печи, при котором начинается сдвижение земной поверхности; L_k – отход очистного забоя от разрезной печи, при котором происходит полная подработка земной поверхности; L_T – длина динамической полумульды над движущимся очистным забоем после образования плоского дна мульды сдвижения; \rightarrow – направление подвигания очистного забоя.

Рисунок 1 – Схема формирования параметров мульды сдвижения земной поверхности при удалении очистного забоя от разрезной печи до и после образования плоского дна

- полная подработка земной поверхности наблюдается при удалении очистного забоя от разрезной печи на расстояние более L_k . В этом случае конечное, максимально возможное, значение оседания земной поверхности (η_k) приблизительно равно глубине плоского дна мульды (η_0);

- после образования плоского дна мульды сдвижение любой точки на земной поверхности уже не зависит от расстояния ее проекции до разрезной печи, а связано только с дальнейшим подвиганием очистного забоя. Описание процесса сдвижения земной поверхности в этот период разви-

тия очистных работ полностью соответствует математическим моделям [2 - 4].

Разработанная схема формирования мульды сдвижения земной поверхности при удалении очистного забоя от разрезной печи подтверждается как непосредственным измерением некоторых параметров, так и их расчетом с использованием экспериментальных данных о процессах, вызванных сдвижением подработанных пород и косвенно характеризующих их состояние.

Одним из важных моментов является определение отхода очистного забоя от разрезной печи (L_n), при котором начинается

сдвигание земной поверхности. Для конкретных горно-геологических условий его можно определить статистически обработав экспериментальные данные прямо пропорциональных зависимостей $\eta_m = \varphi_1(L)$ или $\eta_m / m = \varphi_2(L/H)$. Такой вид зависимостей обусловлен активной стадией протекания процесса сдвигания пород в этот период времени ведения очистных работ. Точка пересечения этих зависимостей с осью абсцисс (А) определяет искомое значение L_n . Пример такого определения приведен в работе [8], когда при $H = 97 \div 114$ м величина L_n составила 21 м.

После удаления очистного забоя от разрезной печи на расстояние L_k , участок ($K' - T'$) кривой зависимости $\eta_m = \varphi(L)$ становится практически параллельным оси абсцисс (рис. 1), что свидетельствует об образовании плоского дна мульды сдвигания. Оседание земной поверхности на участке между точками T' и T'' определяется только текущим положением (T) очистного забоя. Расстояние от проекции точек земной поверхности до разрезной печи в этом случае уже не оказывает практического влияния на процессы сдвигания и уплотнения подработанных пород.

Разработанная обобщенная схема сдвигания земной поверхности до и после образования плоского дна мульды позволяет производить математическое моделирование для любой стадии развития очистных работ выемочного участка.

Проведенные теоретические исследования и анализ имеющихся экспериментальных данных позволил сделать следующие выводы:

– в математических моделях вместо временного параметра более целесообразно

использовать геометрические размеры очистной выработки (выработанного пространства). Это позволяет использовать общую математическую модель для описания процессов сдвигания при выемке определенной группы угольных пластов. К фактору времени в этом случае можно перейти, задавая значения скорости подвигания очистного забоя;

– три стадии процессов сдвигания земной поверхности (начальная, активная и затухания) имеют свои особенности, связанные с развитием очистных работ. При неполной подработке земной поверхности необходимо рассматривать математические модели с применением параметров, характеризующих геометрические размеры очистных выработок (выработанных пространств). После достижения полной подработки процессы сдвигания точек земной поверхности зависят только от их расположения по отношению к очистному забою;

– для математического моделирования условно можно считать, что образование плоского дна мульды сдвигания земной поверхности является одним из критериев окончания процессов на стадии ведения очистных работ;

– в условиях одного шахтопласта при примерно постоянных значениях глубины ведения работ, мощности разрабатываемого пласта и прочностных свойств вмещающих пород рекомендуется использовать математические зависимости, как с абсолютными параметрами, так и с относительными. Относительные параметры необходимы для обобщения экспериментальных данных, полученных в разных горно-геологических условиях.

Библиографический список

1. Правила підробки будівель, споруд і природних об'єктів при видобуванні вугілля підземним способом. Видання офіційне. Мінпаливенерго України: ГСТУ 101.00159226.001-2003. – Київ.: 2004. – 128с. (Галузевий стандарт України).

2. Кулибаба С.Б. Характер развития процесса сдвижения земной поверхности во времени над движущимся очистным забоем / С.Б. Кулибаба, М.Д. Рожко, Б.В. Хохлов // Наукові праці УкрНДМІ НАН України – 2010. - №7. – С. 40 – 54.
3. Гавриленко Ю.Н. Математическое описание динамики процесса сдвижения на угольных шахтах Донбасса / Ю.Н. Гавриленко // International Society for Mine Surveying, XIII International Congress, Budapest, Hungary. 24-28 September. – 2007. – Report 032. – 6p.
4. Гавриленко Ю.Н. Прогнозирование сдвижений земной поверхности во времени / Ю.Н. Гавриленко // Уголь Украины. – 2011. - №6. – С. 45-49.
5. Борзых А.Ф. Влияние ширины выработанного пространства на активизацию сдвижения угленосного массива / А.Ф. Борзых, Е.П. Горовой // Уголь Украины. – 1999. - №9. – С. 26-30.
6. Филатьев М.В. О максимальном сдвижении земной поверхности при отработке угольных пластов / М.В. Филатьев, Н.И. Антощенко, С.Л. Сятковский // Уголь Украины. – 2011. - №2. – С.37 – 40.
7. Филатьев М.В. Влияние степени развития очистных работ на максимальное оседание земной поверхности / М.В. Филатьев // Уголь Украины. – 2011. - №4. – С. 12 – 16.
8. Антощенко Н.И. Количественная оценка параметров сдвижения подработанных пород и земной поверхности при выемке угольных пластов / Н.И. Антощенко, Л.А. Чепурная, М.В. Филатьев // Сб. научных трудов ДонГТУ. Вып.38. – Алчевск. – 2012. – С. 17 – 24.

Рекомендована к печати д.т.н., проф. Окалеловым В.Н.

Статья поступила в редакцию 31.05.13.

Чепурная Л.О., д.т.н., проф. Антощенко М. І. (ДонДТУ, м. Алчевськ, Україна)

УЗАГАЛЬНЕНА СХЕМА ЗРУШЕННЯ ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ ДО І ПІСЛЯ УТВОРЕННЯ ПЛОСКОГО ДНА МУЛЬДИ

Наведена узагальнена схема зрушення земної поверхні до і після утворення плоского дна мунди, яка дозволяє проводити математичне моделювання для будь-якої стадії розвитку очисних робіт виїмкової ділянки.

Ключові слова: *схема, зсування, математична модель, прогноз, земна поверхня.*

Chepurnaya L.A., Antoshchenko N.I. (DonSTU, Alchevsk, Ukraine)

GENERALIZED SCHEME OF DISPLACEMENT EARTH SURFACE BEFORE AND AFTER FORMATION OF THE FLAT BOTTOM TROUGH

Generalized scheme of displacement earth surface before and after formation of the flat bottom of trough is presented, which allows for the mathematical modeling of any stage of development of mining work.

Key words: *scheme, displacement, mathematical model, forecast, earth surface.*