

УДК 622.834

ВРЕМЕННЫЕ ПАРАМЕТРЫ ИНТЕНСИВНОЙ СТАДИИ ПРОЦЕССА СДВИЖЕНИЯ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Кулибаба С. Б., Рожко М. Д.
(УкрНИИМИ НАНУ, г. Донецк, Украина)

Проаналізовано інтенсивну стадію процесу зрушення земної поверхні над рухомим очисним вибоєм. На основі аналізу експериментальних даних встановлені залежності її часових параметрів від основних геологічних і гірничотехнічних факторів.

We have analyzed an active phase of ground subsidence movement above the moving breakage face. Based on the experimental record dependencies of its time parameters on the main geological and mine engineering factors are determined.

Одним из основных этапов оценки последствий подработки земной поверхности является определение временных параметров процесса сдвижения. Их достоверный прогноз имеет большое практическое значение, поскольку позволяет ответить на ряд важных вопросов, связанных с назначением оптимальных сроков проведения тех или иных защитных мероприятий для подрабатываемых объектов [1]. При этом наиболее актуальной является задача определение временных рамок интенсивной стадии процесса сдвижения, решение которой сводится к установлению момента начала этой стадии, после которого проявляются первые опасные деформации, и к определению периода ее продолжительности.

Ранее нами был установлен вид функции, оптимально описывающей развитие оседания земной поверхности η во времени над движущимся очистным забоем [2]:

$$\eta = k_0 + k_1 th(k_2 t + k_3), \quad (1)$$

где t – текущая координата времени, равная разности дат между рассматриваемым моментом и началом процесса сдвижения;

$k_0 - k_3$ – эмпирические коэффициенты.

На рис. 1 показан график этой функции в интервале от начального момента $T_{\text{нач}}$ сдвижения точки A земной поверхности, до конечного $T_{\text{кон}}$. На этом графике точками 1 и 3 обозначены временные границы интенсивной стадии развития процесса сдвижения, определяемые экстремумами второй производной функции (1) по времени.

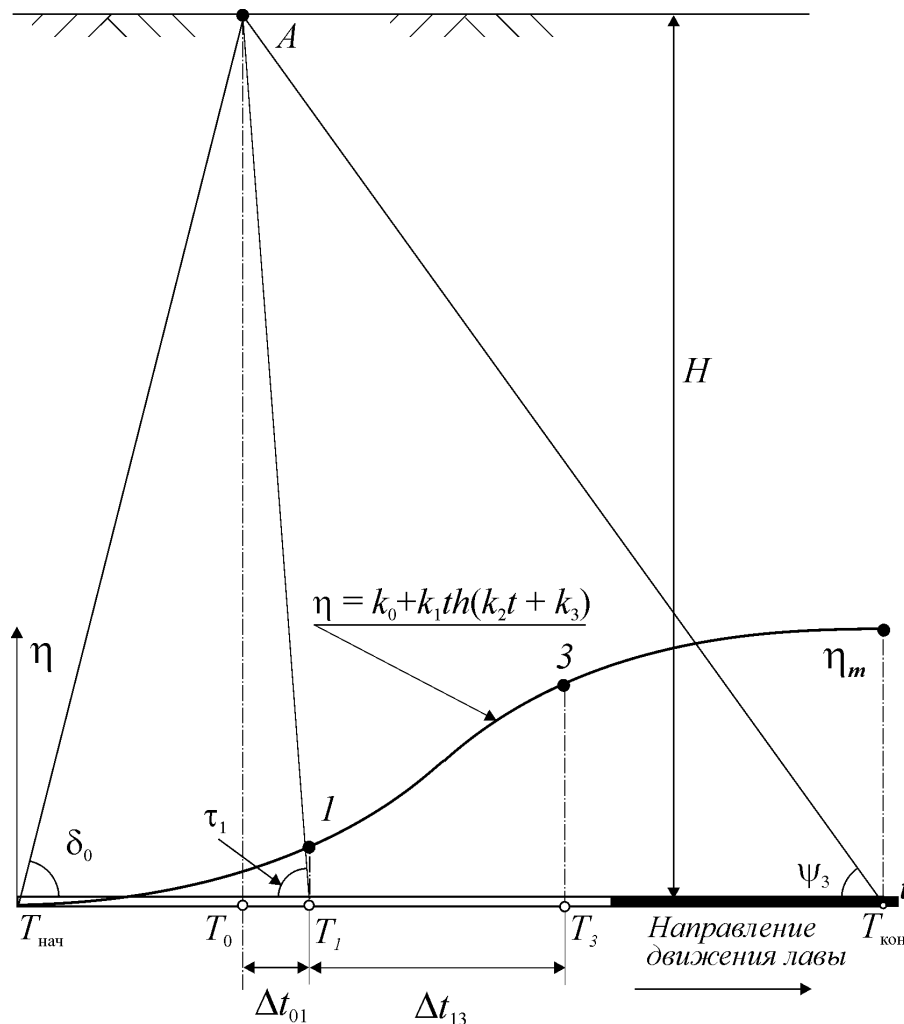


Рис. 1. Схема подработки точки A земной поверхности на вертикальном разрезе по простираию пластов

Для определения местоположения груди очистного забоя в момент T_1 достижения процессом сдвижения начала своей интенсивной стадии (точка I на графике) используем угол τ_1 , образованный на вертикальном разрезе по простиранию пласта между горизонталью и прямой, соединяющей грудь очистного забоя с расчетной точкой, в момент, определяемый точкой I (см. рис. 1).

Во всех отечественных нормативных документах, включая и действующий в настоящее время [3], началом интенсивной стадии процесса сдвижения считался момент T_0 пересечения очистным забоем вертикальной проекции на пласт расчетной точки земной поверхности, т.е. $\tau_1 = 90^\circ$. Экспериментально установлено, что это положение не всегда отвечает действительности в современных условиях разработки угольных пластов в Донбассе.

Проанализируем основные факторы, которые могут оказывать влияние на величину угла τ_1 , – глубину разработки, скорость подвигания очистного забоя и физико-механические свойства породного массива.

Глубина разработки. Ранее нами было установлено, что зависимость величины угла τ_1 от средней глубины разработки при неизменной скорости подвигания очистного забоя и прочих равных условиях может быть описана логарифмической функцией. При увеличении глубины разработки от 100 м до 500 м этот угол в условиях проводимого эксперимента (шахта "Глубокая") изменялся от 85° до 89° [2].

Скорость подвигания очистного забоя. Интенсивная стадия процесса сдвижения точки A наступит тогда, когда соответствующий возмущающий импульс преодолеет в подрабатываемом массиве расстояние H от пласта до земной поверхности; в этот момент грудь очистного забоя окажется в точке T_1 (см. рис. 1). Следовательно, принимая за условную точку отсчета момент T_0 пересечения очистным забоем вертикальной проекции точки A земной поверхности на пласт, период до начала интенсивной стадии Δt_{01} можно выразить следующим образом:

$$\Delta t_{01} = \frac{H}{v} = \frac{l_{01}}{c}, \text{ мес.} \quad (2)$$

где H – средняя глубина разработки, м;
 v – скорость передачи возмущающего импульса, соответствующего началу интенсивной стадии процесса сдвижения, от разрабатываемого пласта к земной поверхности, м/мес. (рис. 2);
 l_{01} – расстояние, пройденное очистным забоем за период Δt_{01} , м;
 c – средняя скорость подвигания очистного забоя, м/мес.;
Таким образом, значение угла τ_1 определится из соотношения скоростей v и c :

$$ctg \tau_1 = \frac{c}{v}. \quad (3)$$

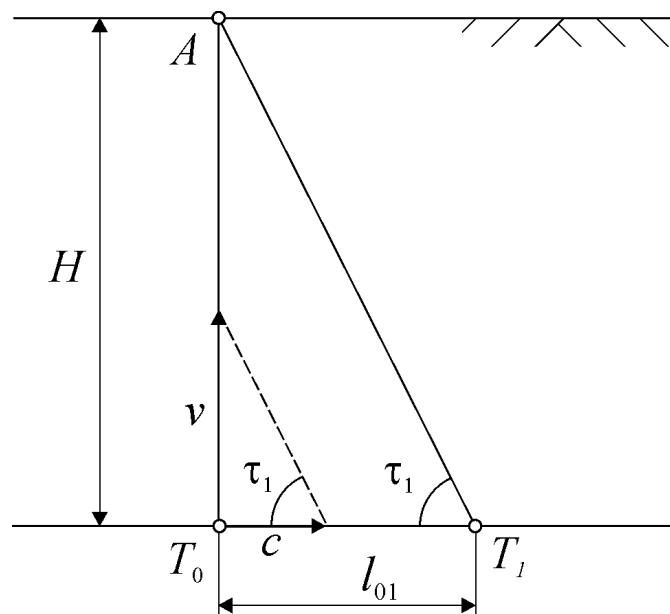


Рис. 2. Схема к определению угла τ_1

Известно [4], что скорость распространения в подрабатываемом массиве горных пород возмущающего импульса от разрабатываемого пласта к земной поверхности на порядок выше скорости подвигания очистного забоя. Экспериментально установлено, что скорость v в общем случае не является постоянной величиной, и зависит от глубины разработки H [5], поэтому в качестве фактора, влияющего на момент начала интенсивной стадии сдвижения земной поверхности, вместо скорости подвигания очистного забоя c , логично использовать отношение c/H .

Физико-механические свойства породного массива. Сдвигание подрабатываемой толщи горных пород над очистной выработкой происходит в виде последовательного прогиба породных слоев. В более прочных слоях этот процесс будет протекать медленнее, чем в слабых породах, в связи с бóльшим сопротивлением, оказываемым ими изгибающим нагрузкам, которые возникают в процессе подработки. Вследствие этого обрушение каждого из таких слоев над выработанным пространством в условиях крепких пород будет происходить с замедлением по сравнению со слоями, подрабатываемыми в других горно-геологических условиях, где прочность пород более слабая. Для характеристики прочностных свойств горных пород подрабатываемого участка массива воспользуемся показателем прочности F , представляющим собой средневзвешенную по мощности крепость подрабатываемых пород по шкале Протодьяконова [6].

Для определения зависимости, объединяющей влияние всех рассмотренных выше факторов на величину угла τ_1 , нами были отобраны 36 экспериментальных точек на пяти шахтах Донбасса, где по результатам инструментальных наблюдений были зафиксированы моменты начала интенсивной стадии сдвижения земной поверхности. Регрессионный анализ позволил установить вид и параметры этой зависимости:

$$\operatorname{ctg} \tau_1 = -0,109 + 0,196 \exp\left(\frac{c}{H}\right) F^{0,264} - 0,0313 \ln H . \quad (4)$$

Таким образом, дату начала интенсивной стадии процесса сдвижения в любой точке земной поверхности можно определить по плану горных выработок с нанесенной программой работы рассматриваемой лавы, совмещенному с планом земной поверхности, путем нанесения местоположения груди очистного забоя с помощью угла τ_1 , рассчитанного по данной зависимости (см. рис. 1 и 2).

Для определения длительности интенсивной стадии процесса сдвижения нами были использованы экспериментальные данные по восьми шахтам Донбасса, где в результате инструментальных наблюдений были определены фактические значения ве-

личины Δt_{13} (см. рис. 1). Их анализ показал, что, в отличие от первого исследуемого параметра – момента начала интенсивной стадии, – ее длительность не зависит от физико-механических свойств породного массива, а распределение экспериментальных точек адекватно описывается зависимостью

$$\Delta t_{13} = -11,5 + 2,37 \ln(H) + 0,006 \left(\frac{H}{c} - 1,86 \right)^2, \text{ мес.} \quad (5)$$

Коэффициенты детерминации R^2 полученных зависимостей составили 0,9, что говорит о достаточно высокой концентрации распределения экспериментальных данных около кривых уравнений регрессии (4) и (5).

Оценка точности прогноза исследованных параметров проведена путем сравнения расчетных величин с фактическими, полученными экспериментально на шахте им. А.А. Скочинского (г. Донецк), где средняя глубина разработки составила 1200 м, а среднемесячное подвигание очистного забоя – 26 м. Определенная таким способом погрешность прогноза временных параметров с помощью установленных зависимостей не превысила одного месяца, что вполне допустимо для практического использования.

Таким образом, в результате проведенных исследований установлены зависимости начала и продолжительности интенсивной стадии процесса сдвижения земной поверхности над движущимся очистным забоем от основных геологических и горно-технических факторов – средней глубины разработки, скорости подвигания очистного забоя и физико-механических свойств подрабатываемого массива горных пород.

СПИСОК ССЫЛОК

1. Кратч Г. Сдвижение горных пород и защита подрабатываемых сооружений / Г. Кратч; пер. с нем.– М.: Недра, 1978. – 494 с.
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: зб. наук. пр. – Донецьк, 2010. – № 7. – С. 40-54.
3. Правила підробки будівель, споруд і природних об'єктів при видобуванні вугілля підземним способом: ГСТУ 101.00159226.001-2003.– [Чинний 2004-01-01]. – Офіц. вид.– Донецьк: УкрНДМІ, 2003. – 128 с.
 4. Кулибаба С.Б. Исследование скорости распространения процесса сдвижения в подрабатываемом массиве горных пород / Кулибаба С.Б. // Вісті Донецького гірничого інституту. – 2004. – № 1. – С. 78 - 82.
 5. Кулибаба С.Б. Об изменении концепции охраны вертикальных шахтных стволов / С.Б. Кулибаба // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія гірничо-геологічна: зб. наук. пр. – Донецьк, 2003. – Вип. 62. – С. 121-135.
 6. Гертнер И.А. Физико-механические свойства горных пород Донбасса применительно к вопросам сдвижения горных пород и земной поверхности / И.А. Гертнер // Горное давление, сдвижение горных пород и методика маркшейдерских работ. – Л.: ВНИМИ, 1970. – Вып. 77. – С. 229 - 239.