

УДК 622.834

Определение условий начала сдвижения земной поверхности при отработке угольных пластов

В результате использования методов статистической обработки и экспериментальных данных максимального оседания точек земной поверхности получено эмпирическое уравнение, позволяющее в зависимости от мощности разрабатываемого пласта, глубины ведения очистных работ и скорости подвигания очистного забоя определить начальный размер выработанного пространства (отход очистного забоя от разрезной печи), при котором начинается сдвижение земной поверхности.

Ключевые слова: максимальное оседание, начало сдвижения, земная поверхность, влияющие факторы.

Контактная информация: lach83@mail.ru

Согласно действующему нормативному документу [1] земная поверхность начинает сдвигаться при отходе очистного забоя от разрезной печи на расстояние L_n (начальный размер выработанного пространства, при котором процессы сдвижения достигают земной поверхности), равное $0,1 - 0,3$ глубины H ведения очистных работ. Согласно данным, приведенным в работе [2], это расстояние может достигать $0,5 H$. Непосредственно зафиксировать начало сдвижения земной поверхности с помощью современных приборов невозможно. Поэтому рассматриваемый вопрос до настоящего времени практически не изучен. Его актуальность связана с разработкой рекомендаций по ликвидации или сведением до минимума негативного влияния на земную поверхность последствий отработки угольных пластов.

Успешно решить поставленную задачу можно методами математического моделирования процессов сдвижения земной по-

верхности и прогноза их параметров. Целенаправленно факторы, влияющие на начало сдвижения земной поверхности, до настоящего времени не изучали. Учитывая длительность и трудоемкость одновременного проведения наблюдений в шахтных условиях и на земной поверхности, для анализа использовали экспериментальные данные максимального оседания земной поверхности η_{max} при развитии очистных работ в разных горно-геологических и горнотехнических условиях [3–9]. Условия отработки пластов приведены в таблице.

В одном случае [4] развитие очистных работ заключалось в дискретном увеличении выработанного пространства на длину очередной отработанной лавы, в других [3, 5–9] наблюдения проводились при удалении очистного забоя от разрезной печи.

Статистическая обработка экспериментальных данных зависимости η_{max} от изменения одного из размеров (L) выработан-



Л. А. ЧЕПУРНАЯ,
аспирант
(Донбасский ГТУ)



М. В. ФИЛАТЬЕВ,
канд. техн. наук
(Донбасский ГТУ)



Н. И. АНТОЩЕНКО,
доктор техн. наук
(Донбасский ГТУ)

Шахта, пласт, научный источник	Условия проведения эксперимента				Эмпирические уравнения	Корреляционное отношение	L_H , м	L_H/H	L_H^p , м
	Марка угля	Мощность пласта, м	Глубина ведения очистных работ, м	Скорость подвигания очистного забоя, м/мес					
Им. М. В. Фрунзе, h_8 , [3]	А	1,40	900	30–75	$\eta_{\max} = 750 [0,57 - \exp(-0,003L)]$	0,940	187	0,21	196
Им. П. Л. Войкова, k_5^1 , [4]	А	0,93–1,07	660–720	40–55	$\eta_{\max} = 900 [0,6 - \exp(-0,003L)]$	0,965	170	0,25	173
Польская шахта, [5]	–	1,65	200–240	240	$\eta_{\max} = 9350 [0,12 - \exp(-0,015L)]$	0,997	141	0,64	105
Им. Г. Г. Капустина, m_3^H , [6]	Г	2,10	260	46–87	$\eta_{\max} = 1500 [0,785 - \exp(-0,0075L)]$	0,989	32	0,12	41
«Степная», c_6 , [7]	Г	0,91	106	57	$\eta_{\max} = 1550 [0,55 - \exp(-0,026L)]$	0,998	23	0,22	30
«Юбилейная», c_6^1 (530-я лава), [8]	Г	1,00	150	20	$\eta_{\max} = 1550 [0,635 - \exp(-0,0128L)]$	0,971	35	0,23	29
«Юбилейная», c_6^1 (605-я, 607-я лавы), [9]	Г	0,71	250	49	$\eta_{\max} = 1180 [0,6 - \exp(-0,0093L)]$	0,973	55	0,22	71
«Степная», c_6 (606-я лава), [9]	Г	1,00–1,10	120	55	$\eta_{\max} = 2450 [0,4 - \exp(-0,0250L)]$	0,994	37	0,31	31

ного пространства показала, что она хорошо описывается экспоненциальной кривой. Корреляционные отношения были в диапазоне 0,940 – 0,998. Пример описания зависимости $\eta_{\max} = f(L)$ с помощью экспоненциальных кривых 1–8 показан на рис. 1. Различное расположение кривых по отношению друг к другу и отличающиеся

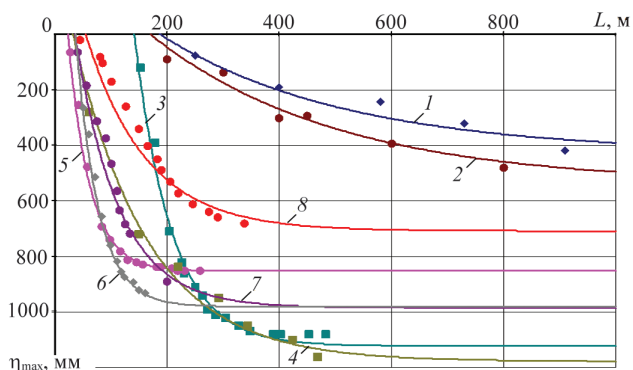


Рис. 1. Зависимость максимального оседания земной поверхности η_{\max} при изменении одного из геометрических размеров выработанного пространства L для разных горно-геологических и горнотехнических условий [3–9]: 1–8 – эмпирические зависимости максимальных оседаний земной поверхности в условиях шахт им. М. В. Фрунзе (h_8 , [3]), им. П. Л. Войкова (k_5^1 , [4]), одной из польских шахт [5], шахт им. Г. Г. Капустина (m_3^H , [6]), «Степная» (c_6 , [7]), «Степная» (c_6 , 606-я лава, [9]), «Юбилейная» (c_6^1 , 530-я лава, [8]) и «Юбилейная» (c_6^1 , 605-я, 607-я лавы, [9]).

коэффициенты в эмпирических уравнениях (см. таблицу) свидетельствуют о разном влиянии факторов, определяющих кривую траектории максимального оседания точек земной поверхности при изменении одного из размеров выработанного пространства в конкретных горно-геологических и горнотехнических условиях.

Размер очистной выработки L_H , при котором начинается сдвигание земной поверхности, определяется согласно эмпирическим зависимостям 1–8 (см. рис. 1) из условия $\eta_{\max} = 0$. Численные значения параметра L_H для рассматриваемых условий были в диапазоне 23–187 м, а отношение L_H/H составляло 0,12–0,64 (см. таблицу). Минимальное значение L_H/H соответствовало максимальной мощности разрабатываемого пласта $m = 2,1$ м, а максимальное отношение L_H/H получено при высокой скорости $v_{оч}$ подвигания очистного забоя (240 м/мес), что подтверждает значительное влияние этих факторов (m , $v_{оч}$) на отношение L_H/H (рис. 2 и 3). При увеличении мощности пласта с 0,71 до 2,10 м и средних скоростях подвигания очистных забоев 20–67 м/мес наблюдалось уменьшение L_H/H с 0,31 до 0,12.

Экспериментальная точка, полученная в условиях высокой скорости подвигания очистного забоя, находилась за пределами этой зависимости (см. рис. 2). Аналогично экспериментальная точка, полученная в условиях более мощного пласта ($m = 2,1$ м), отличается от зависимости $L_H/H = f_2(v_{оч})$ при средней мощности пластов 1,1 м (см. рис. 3). Графики показывают, что

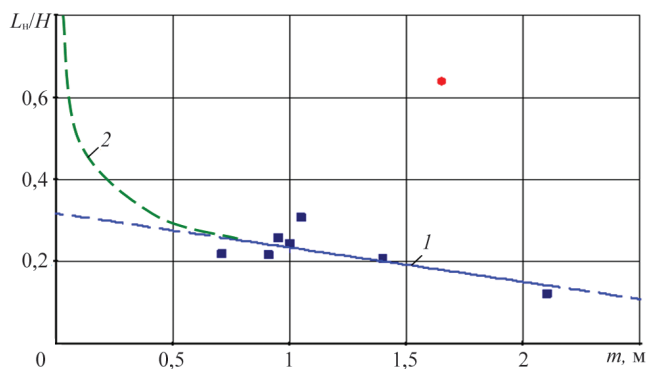


Рис. 2. Зависимость отношения L_n/H от мощности пластов m : ■ и ● – экспериментальные данные при средних скоростях подвигания очистных забоев 20–67 и 240 м/мес; 1 – усредняющая прямая $L_n/H = 0,329 - 0,096 m$ для средних скоростей подвигания очистных забоев 20 – 67 м/мес; 2 – теоретическая кривая зависимости $L_n/H = f_1(m)$.

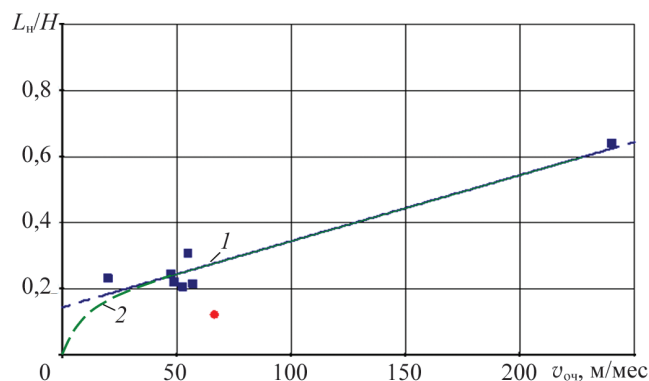


Рис. 3. Зависимость отношения L_n/H от скорости подвигания очистных забоев $v_{оч}$: ■ и ● – экспериментальные данные соответственно при средней мощности пластов 1,1 и 2,1 м; 1 – усредняющая прямая $L_n/H = 0,002v_{оч} + 0,145$ для средней мощности пластов 1,1 м; 2 – теоретическая кривая зависимости $L_n/H = f_2(v_{оч})$.

в диапазоне изменения параметров $m = 0,71 \dots 2,10$ м и $v_{оч} = 20 \dots 240$ м/мес зависимости $L_n/H = f_1(m)$ и $L_n/H = f_2(v_{оч})$ – прямолинейные. Согласно статистической обработке экспериментальных данных им соответствуют эмпирические уравнения

$$L_n/H = 0,329 - 0,096m; \quad (1)$$

$$L_n/H = 0,002v_{оч} + 0,145. \quad (2)$$

Коэффициенты корреляции r для уравнений (1) и (2) соответственно составили 0,71 и 0,96.

Уравнение (1) получено для средней мощности разрабатываемых пластов $\bar{m} = 1,1$ м, при котором $L_n/H = 0,329 - 0,096\bar{m} = 0,329 - 0,096 \cdot 1,1 = 0,223$.

Чтобы учесть разные мощности разрабатываемых пластов при объединении уравнений (1) и (2), ввели поправку K на возможное отклонение фактических значений m от 1,1 м:

$$K = (0,329 - 0,096m)/0,223. \quad (3)$$

С учетом изложенного и уравнений (1) и (2) расчетный размер выработанного пространства L_n^p , при котором начинается сдвигание земной поверхности, можно представить уравнением

$$L_n^p = H[(0,329 - 0,096m)/0,223](0,002v_{оч} + 0,145). \quad (4)$$

Значения L_n^p для конкретных условий сведены в таблицу.

Вывод. Абсолютные отклонения расчетных значений L_n^p от L_n , полученных на основании экспериментальных данных, составляли 3 – 36 м, а относительные – 1,8 – 29,3 %, в среднем отклонения по всем шахтам 19 %. Это свидетельствует о том, что, используя уравнение (4), учитывающее влияющие факторы H , m и $v_{оч}$, можно довольно точно определять значение L_n^p для конкретных условий. По мере накопления экспериментальных данных очевидно, что при определении L_n^p необходимо учитывать влияние прочностных свойств пород и второго размера очистной выработки (выработанного пространства).

ЛИТЕРАТУРА

1. Правила підробки будівель, споруд і природних об'єктів при видобуванні вугілля підземним способом: ГСТУ 101.00159226.001-2003. – Офіц. вид. – К.: 2004. – 128 с. – (Стандарт Мінпаливенерго України).
2. Земисев В. Н. Расчет деформаций горного массива / В. Н. Земисев. – М.: Недра, 1973. – 144 с.
3. Аверин Г. А. Влияние слоистости на оседание земной поверхности / Г. А. Аверин, П. Н. Кирьязов, О. Г. Доценко // Уголь Украины. – 2010. – № 10. – С. 34–35.
4. Борzych А. Ф. Влияние ширины выработанного пространства на активизацию сдвига угленосного массива / А. Ф. Борzych, Е. П. Горовой // Уголь Украины. – 1999. – № 9. – С. 26–30.
5. Бабенко Е. В. Настройка модели для моделирования сейсмических событий техногенной природы / Е. В. Бабенко // Проблеми гірського тиску: сб. УкрНИМИ-2009. – № 17. – С. 67–93.
6. Иофис М. А. Инженерная геомеханика при подземных разработках / М. А. Иофис, А. И. Шмелев. – М.: Недра, 1985. – 248 с.
7. Ларченко В. Г. Влияние подземной разработки угольных пластов на состояние земной поверхности / В. Г. Ларченко // Вестник МАНЭБ № 4(12). – С.-Петербург. – 1998. – С. 39–41.
8. Назаренко В. О. Розвиток осідань земної поверхні при відході лави від розрізної печі / В. О. Назаренко, П. П. Пилипенко // Вісник ЖДТУ. – 2012. – №1 (60). – С. 126–129.
9. Назаренко В. А. Закономерности развития максимальных оседаний и наклонов поверхности в мульде сдвига / В. А. Назаренко, Н. В. Йоценко. – Днепропетровск: НГУ, 2011. – 91 с.