

Чепурная Л. А.,
д.т.н. Антощенко Н. И.,
Филатьев М. В., Крыжановский Ю. Ю.
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина)

РАСЧЕТНАЯ СХЕМА НАЧАЛА СДВИЖЕНИЯ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ЕЕ ПОДРАБОТКЕ УГОЛЬНЫМИ ПЛАСТАМИ

Приведены результаты анализа факторов, определяющих начало сдвижения земной поверхности и разработана схема определения размеров выработанного пространства, при которых начинается сдвижение земной поверхности.

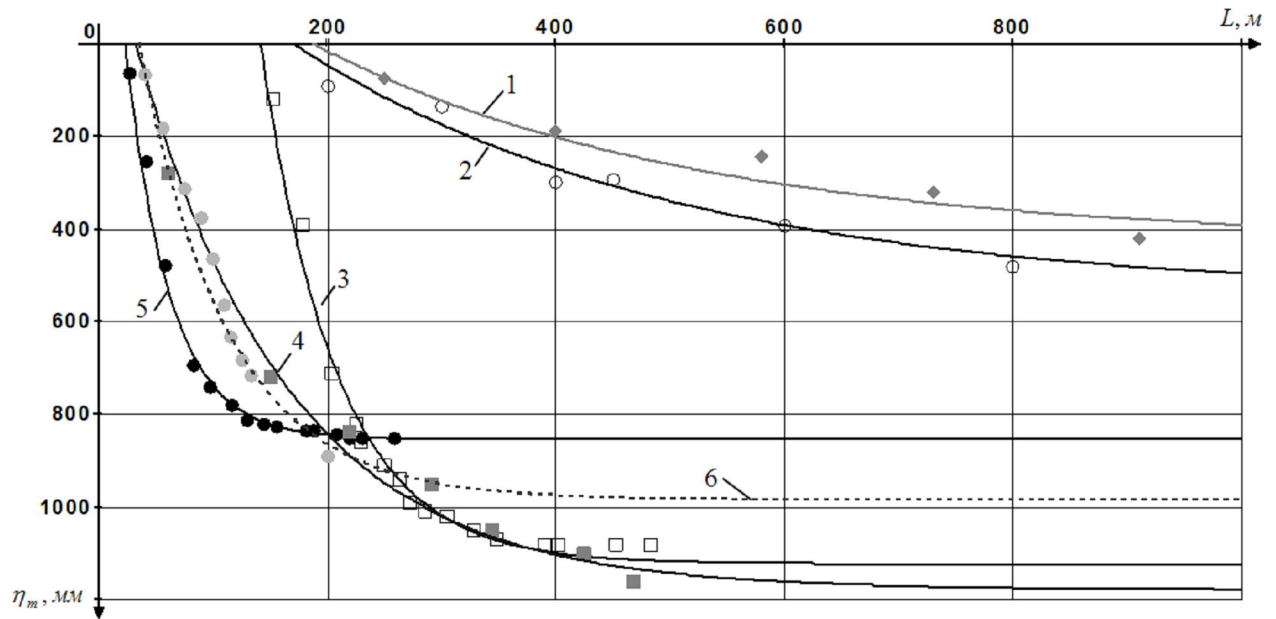
Ключевые слова: *схема, сдвижение, прогноз, земная поверхность, угольный пласт.*

При современном развитии науки и техники практически невозможно с помощью приборов зафиксировать начало сдвижения земной поверхности при ее подработке угольными пластами. По этой причине этот вопрос до настоящего времени остается практически неизученным. Наиболее перспективным направлением прогноза параметров сдвижения земной поверхности является математическое моделирование. Согласно известным математическим моделям [1], описывающим процессы только над движущимся очистным забоем, не представляется возможным установить начало сдвижения земной поверхности при развитии очистных работ для конкретных горнотехнических и горно-геологических условий. Актуальность рассматриваемого вопроса связана с разработкой рекомендаций по ликвидации или сведению до минимума негативного влияния на земную поверхность отработки угольных пластов.

Целью работы является проанализировать факторы, определяющие начало сдвижения земной поверхности и разработать схему определения размеров выработанного пространства, при которых начинается сдвижение земной поверхности.

Установлено [2], что в одних горно-геологических условиях максимальное оседание земной поверхности η_m практически функционально (корреляционное отношение находилось в пределах $0,940 \div 0,997$) зависит от степени развития

очистных работ. Развитие очистных работ в одном из вариантов рассматривалось при удалении очистного забоя от разрезной печи. Во втором – при дискретном увеличении очистной выработки на длину очередной отработанной лавы. В обоих случаях анализировалась зависимость η_m от изменения одного размера (L) очистной выработки. Второй размер оставался неизменным. Это свидетельствует о том, что в горно-геологических условиях одной шахты главным влияющим фактором на параметры сдвижения земной поверхности являются размеры очистной выработки (выработанного пространства). Другие факторы: мощность разрабатываемого пласта (m), глубина ведения горных работ (H) и прочностные свойства подработанных пород (f) – остаются постоянными или изменяются незначительно. Подтверждением изложенному являются графики зависимости $\eta_m = \varphi(L)$ (рис. 1). Эти зависимости для рассматриваемых шахт хорошо описываются экспоненциальными уравнениями (табл. 1). Корреляционные отношения находились в диапазоне $0,940 \div 0,998$. Точки пересечения графиков уравнений с осью абсцисс ($\eta_m = 0$) соответствуют началу сдвижения земной поверхности. Для каждой из шахт определили линейный размер (L_n) очистной выработки (выработанного пространства), который соответствует началу сдвижения земной поверхности.



◆, ○, □, ■, ●, ◐ - экспериментальные данные максимальных оседаний земной поверхности соответственно в условиях шахт им. М.В.Фрунзе (пласт h_8) [3], им. П.Л. Войкова (пласт k_5^1) [4], одной из польских шахт [5], им. Г.Г. Капустина (пласт m_3^H) [6], «Степной» (пласт C_6) [7], «Юбилейной», пласт C'_6 [8];

1, 2, 3, 4, 5, 6 – эмпирические зависимости максимальных оседаний земной поверхности соответственно в условиях шахт им. М.В.Фрунзе, им. П.Л. Войкова, одной из польских шахт, шахт им. Г.Г. Капустина, «Степная» и «Юбилейная».

Рисунок 1 – График зависимости максимального оседания земной поверхности (η_m) при изменении одного из геометрических размеров выработанного пространства (L) для различных горно-геологических и горнотехнических условий

Таблица 1 – Результаты определения размера выработанного пространства (L_H), при котором начиналось сдвигание земной поверхности

Шахта, пласт, литературный источник	Эмпирические уравнения	Корреляционное отношение	L_H , м
Им. М.В.Фрунзе, h_8 , [3]	$\eta_m = 750[0.57 - \exp(-0.003L)]$	0,940	187
Им. П.Л. Войкова, k_5^1 , [4]	$\eta_m = 900[0.6 - \exp(-0.003L)]$	0,965	170
Польская шахта, [5]	$\eta_m = 9350[0.12 - \exp(-0.015L)]$	0,997	141
Им. Г.Г. Капустина, m_3^H , [6]	$\eta_m = 1500[0.785 - \exp(-0.0075L)]$	0,989	32
«Степная», C_6 , [7]	$\eta_m = 1550[0.55 - \exp(-0.026L)]$	0,998	23
«Юбилейная», C'_6 , [8]	$\eta_m = 1550[0.635 - \exp(-0.0128L)]$	0,971	35

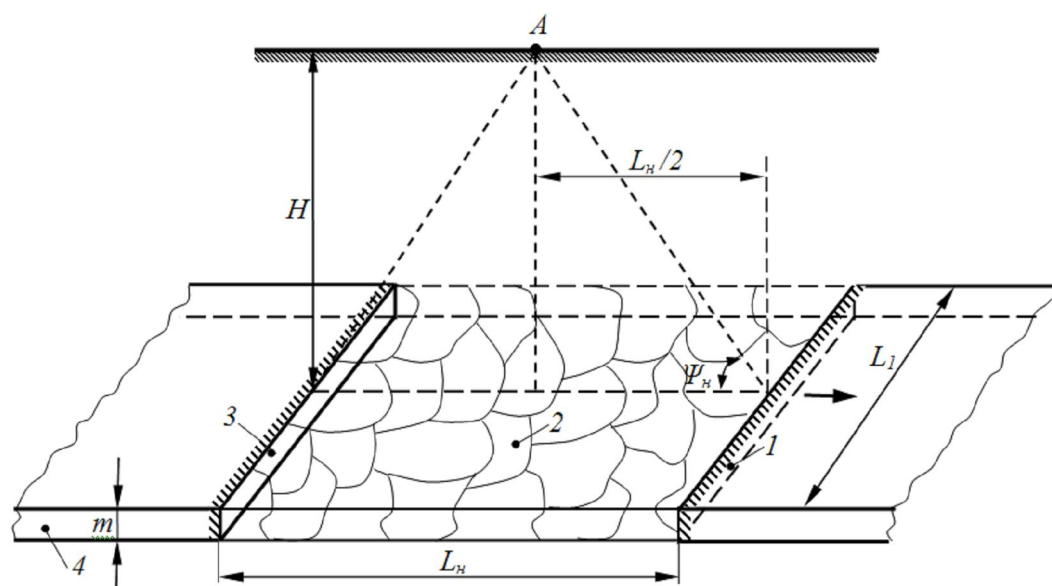
Результаты расчета L_n сведены в таблицу 1. Значения L_n находились в широком диапазоне, который составлял $23 \div 187$ м. Это свидетельствует о существенном отличии горно-геологических и горнотехнических условий проведения экспериментов [3 - 8]. Согласно расчетной схеме определения L_n (рис. 2) отличия могли заключаться в мощности пластов (m), глубине ведения очистных работ (H) и размере выработанного пространства L_1 , который оставался постоянным в процессе наблюдений. Кроме указанных факторов существенное влияние на величину L_n могли оказывать прочностные свойства подрабатываемых пород (марка угля отрабатываемых пластов) и скорость подвигания очистных забоев ($V_{оч}$).

Параметры указанных факторов приведены в таблице 2.

Парный корреляционный анализ зависимости L_n от каждого из факторов (m , H ,

L_1 , $V_{оч}$) показал разную степень и направленность их влияния. Влияние мощности пласта m на L_n в рассматриваемой выборке характеризовалось незначительным коэффициентом корреляции ($r = -0,130$). Отрицательное значение коэффициента корреляции указывает на то, что с увеличением m уменьшается значение L_n . Такое изменение рассматриваемых параметров соответствует современным представлениям о влиянии мощности пласта на процессы сдвижения подработанных пород и земной поверхности.

Аналогичным образом согласуется с теорией и практикой ведения горных работ влияние глубины. Существенное значение коэффициента корреляции ($r = 0,842$) свидетельствует, что фактор глубины является одним из основных. Положительное значение r указывает, на увеличение L_n с ростом H .



1, 2, 3, 4 – соответственно очистной забой, выработанное пространство, разрезная печь, угольный пласт; m – мощность разрабатываемого пласта; H – глубина горных работ; Ψ_n – угол, определяющий начало сдвижения земной поверхности; L_1 – размер выработанного пространства, который оставался неизменным при проведении экспериментов; L_n – размер выработанного пространства, при котором начинается сдвижение точки А профильной линии, заложенной на земной поверхности в главном сечении; \rightarrow – направление подвигания очистного забоя

Рисунок 2 – Расчетная схема определения расстояния L_n , при котором начинается сдвижение точки А на земной поверхности

Таблица 2 – Сведения о факторах, определяющих расстояние L_n , при котором начинается сдвигание земной поверхности

№ п/п	Шахта, пласт, литературный источник	L_n , м	Условия проведения экспериментов					ψ_n , град	$\frac{L_n}{H}$
			Марка угля	m , м	H , м	$V_{оч}$, м/мес	Постоянный размер выработки, L_1 , м		
1	им. П.Л. Войкова, k_5^1 , [3]	170	А	0,93÷1,07	660÷720	40÷55	1000	64	0,25
2	им. Г.Г. Капустина, m_3^n , [4]	32	Г	2,10	260	46÷87	150	76	0,12
3	«Степная», C_6 , [5]	23	Г	0,91	106	57	150	67	0,22
4	им. М.В.Фрунзе, h_8 , [6]	187	А	1,40	900	30÷75	1000	67	0,21
5	Польская шахта, [7]	141	-	1,65	200÷240	240	190	38	0,64
6	«Юбилейная», C_6' , [8]	35	Г	1,00	150	39	206	65	0,23
Коэффициент Корреляции		-	-	-0,130	0,842	0,259	0,832	-	-

Некоторое прямопропорциональное изменение L_n наблюдалось с увеличением скорости подвигания очистного забоя ($r = 0,259$).

Высокая корреляционная связь установлена для рассматриваемой выборки между L_n и постоянным размером L_1 выработанного пространства $r = 0,832$.

Рассмотренные парные коэффициенты корреляции между $L_n \div m$, $L_n \div H$, $L_n \div V_{оч}$, $L_n \div L_1$, соответственно равны -0,130, 0,842, 0,259 и 0,832. Это указывает на наличие сильной прямой связи L_n с глубиной H и размером выработанного пространства L_1 , а также умеренным прямым влиянием скорости подвигания очи-

стного забоя $V_{оч}$ и незначительную обратную связь L_n с мощностью пласта m .

Межфакторная связь между m , H , $V_{оч}$ практически отсутствует (парные коэффициенты корреляции для $m \div H$, $m \div V_{оч}$, $H \div V_{оч}$ соответственно равны -0,025, 0,402, -0,026). Следовательно, эти факторы информативны и их можно включать для дальнейшего анализа.

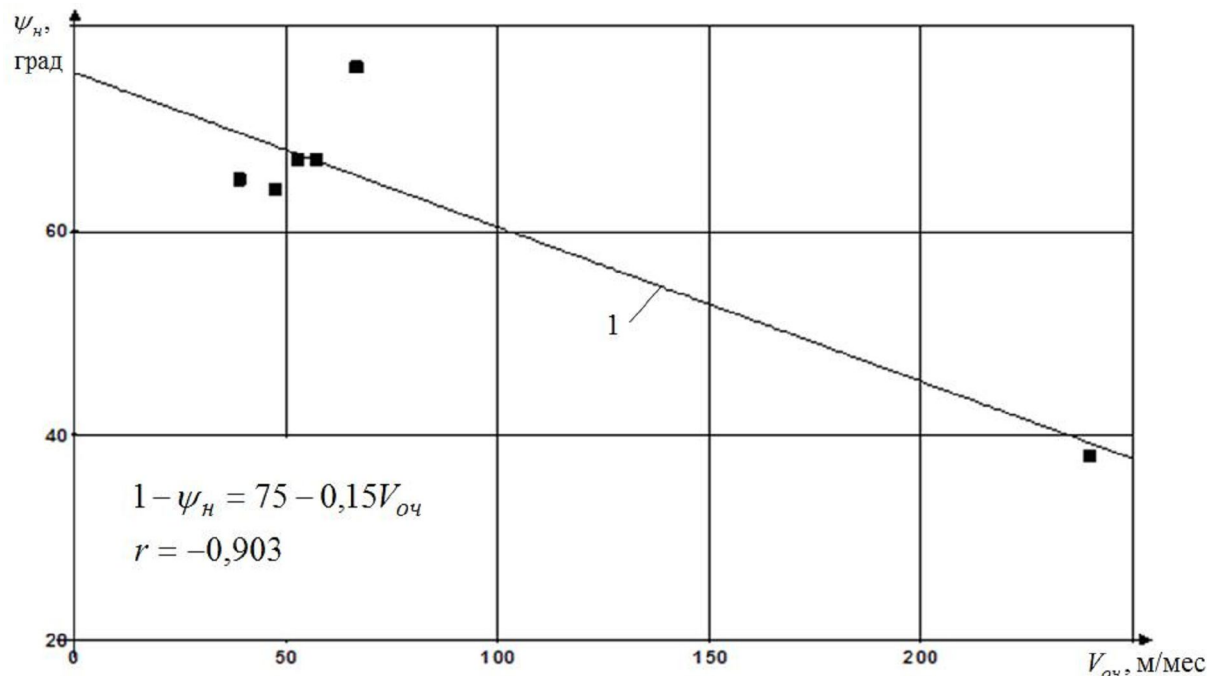
Вместе с тем отмечена высокая межфакторная связь между H и L_1 ($r = 0,960$). Исходя из физических представлений, между этими факторами не может быть какой-либо обоснованной зависимости. Она может быть только статистически случайной, что подтверждается рассматриваемой выборкой экспериментальных данных.

При увеличении параметра L_1 значение L_H должно уменьшаться, а по данным выработки оно возрастает. Следовательно, в рассматриваемом случае фактор L_1 не является информативным.

Для оценки возможного влияния прочностных свойств вмещающих пород, исходя из расчетной схемы (рис. 2), рассчитали угол ψ_n , соответствующий началу сдвижения точки А на земной поверхности (табл. 2). При средних скоростях подвигания очистных забоев $39 \div 67$ м/мес угол ψ_n находился в диапазоне $64^\circ \div 76^\circ$. Различий между ψ_n при отработке антрацитовых пластов и пластов с углями марки Г не установлено. Существенно меньшее значение ($\psi_n = 38^\circ$) получено для польской шахты. Отличие условий этой шахты заключалось в высокой скорости подвигания очистного забоя (240 м/мес).

Параметры остальных влияющих факторов были сопоставимы с их значениями при отработке пластов другими шахтами. На основании имеющихся экспериментальных данных наблюдается увеличение L_H с ростом $V_{оч}$. Подтверждением этому может служить график зависимости угла ψ_n от $V_{оч}$ (рис. 3), на котором просматривается тенденция уменьшения ψ_n при увеличении $V_{оч}$.

В практических расчетах нормативными документами отношение L_H/H рекомендуется принимать $0,1 \div 0,3$. Такому диапазону изменения L_H/H соответствуют данные по всем шахтам кроме польской. Повышенное значение этого параметра ($L_H/H = 0,64$), можно предполагать, вызвано высокой (240 м/мес) скоростью подвигания забоя (табл. 2).



- – расчетные значения угла ψ_n , соответствующие началу сдвижения точки на земной поверхности;
- 1 - зависимость угла ψ_n от $V_{оч}$.

Рисунок 3 – График зависимости угла ψ_n от скорости подвигания очистного забоя $V_{оч}$

Учитывая ограниченное количество принятых к анализу объектов, рассматриваемый вопрос требует дальнейшего изучения и более детального уточнения роли влияющих факторов. Однако этот

факт не препятствует использованию разработанной схемы для определения условий начального сдвижения земной поверхности при математическом моделировании процессов.

Библиографический список

1. 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.
2. Филатьев М.В. Влияние развития очистных работ на максимальное оседание земной поверхности / М.В. Филатьев // Уголь Украины. – 2011. - №4. – С. 12-16.
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. 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.
5. Бабенко Е.В. Настройка модели для моделирования сейсмических событий техногенной природы / Е.В. Бабенко // Проблеми гірського тиску, ДонНТУ. – 2009. - № 17. – С. 67 – 93.
6. Иофис М.А. Инженерная геомеханика при подземных разработках / М.А. Иофис, А.И. Шмелёв. – 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.

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

Статья поступила в редакцию 05.09.13.

Чепурна Л. О., Антощенко М. І., Філат'єв М. В., Крижановський Ю. Ю.

(ДонДТУ, м. Алчевськ, Україна)

РОЗРАХУНКОВА СХЕМА ПОЧАТКУ ЗРУШЕННЯ ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ ПРИ ЇЇ ПІДРОБЦІ ВУГІЛЬНИМИ ПЛАСТАМИ

Наведено результати аналізу факторів, що визначають початок зрушення земної поверхні та розроблено схему визначення розмірів виробленого простору, при яких починається зрушення земної поверхні.

Ключові слова: *схема, зсування, прогноз, земна поверхня, вугільний пласт.*

Chepurnaya L. A., Antoshchenko N. I., Filatyev M. V., Kryzhanovskiy Yu. Yu.

(DonSTU, Alchevsk, Ukraine)

THE CALCULATION SCHEME OF BEGINNING DISPLACEMENT OF EARTH SURFACE BY WORKING OUT OF COAL LAYERS

The results of analysis of factors that indicate the beginning displacement the earth surface are presented. It's been developed a scheme for determining the sizes of mined-out space, at which begins displacement of the earth surface.

Key words: *scheme, displacement, forecast, earth surface, coal layer.*