

УДК 622.23

к.т.н. Филатъев М. В., д.т.н. Антощенко Н. И.
(ДонГТУ, г. Лисичанск, Украина),
Пыжов С. В. (Минэнергоугля Украины)

ВЛИЯНИЕ ГЛУБИНЫ ВЕДЕНИЯ ОЧИСТНЫХ РАБОТ НА СДВИЖЕНИЕ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Приведена расчетная схема определения расстояния между проекцией точки начала сдвигения земной поверхности и неподвижной границей выработанного пространства. Установлено начало сдвигения в зависимости от глубины ведения очистных работ, на начало сдвигения земной поверхности.

Ключевые слова: сдвигение, земная поверхность, расчетная схема, выработанное пространство, угол полных сдвижений, мульда сдвигения, коэффициент корреляции.

Отработка угольных пластов существенно влияет на изменение природного состояния как подрабатываемых пород, так и земной поверхности. В результате этого на земной поверхности в большинстве случаев образуются мульды сдвигения. От их параметров зависят затраты на проведение мероприятий по охране и безопасной эксплуатации объектов на земной поверхности. По этой причине достоверное установление параметров мульд сдвигения является актуальной задачей. Для разработки рациональных мероприятий необходимо знать условия, при которых процессы сдвигения подрабатываемых пород достигают земной поверхности. Согласно нормативному документу [1] степень подработанности земной поверхности оценивается результатами расчёта максимального оседания земной поверхности (η_m) и графическим определением мульд сдвигения с использованием углов полных сдвижений (ψ_1, ψ_2, ψ_3), которые являются одними из основных исходных параметров. Расчётной схемой [1] предполагается, что эти углы характеризуют сдвигение с разрывом сплошности всей толщи коренных пород от разрабатываемого пласта до земной поверхности. Опыт эксплуатации угольных месторождений и анализ влияния очистных работ на земную поверхность показали, что такая ситуация соответствует только условиям отработки угольных пластов на неглубоких горизонтах (100÷200м). При ведении очистных работ на средних и больших глубинах (600м и более) верхняя граница зоны полных сдви-

жений в подработанных породах, как правило, не достигает земной поверхности. Выше этой границы породные слои оседают без разрыва их сплошности, что приводит к изменению влияния углов полных сдвижений на формирование параметров мульды на земной поверхности [2].

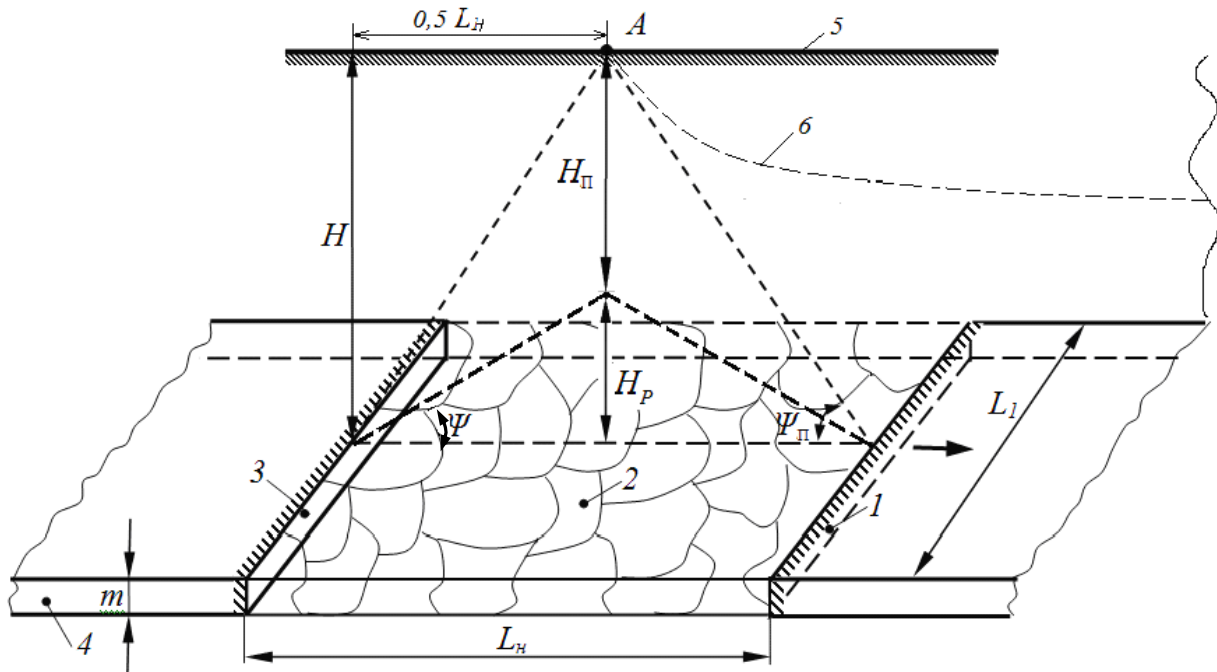
Цель работы – на основании экспериментальных данных установить влияние глубины ведения очистных работ (H) на развитие процессов сдвигения подрабатываемых пород и формирование мульд земной поверхности.

Для достижения поставленной цели и теоретического обоснования возможных путей решения задачи рассмотрели схему, определяющую начало сдвигения земной поверхности при развитии очистных работ на глубоких горизонтах (рис. 1). Она разработана на основании связи границ зоны полных сдвижений с параметрами мульд земной поверхности при развитии очистных работ [2]. Согласно этой схеме при отработке пологих пластов достижение процессами сдвигения подработанных пород земной поверхности возможно только при определённых размерах очистной выработки (выработанного пространства). Частью этого размера выработки является расстояние (L_n) от проекции точки A (начала сдвигения земной поверхности) до границы выработанного пространства (рис. 1).

© Филатъев М. В., 2015

© Антощенко Н. И., 2015

© Пыжов С. В., 2015



1 – очистной забой; 2 – выработанное пространство; 3 – разрезная печь; 4 – угольный пласт; 5 – земная поверхность; 6 – траектория точек максимального оседания земной поверхности; H_n – мощность породных слоев, сдвигание которых происходит без разрыва сплошности; H_p – мощность породных слоев с разрывом их сплошности; H – глубина горных работ; m – мощность разрабатываемого пласта; ψ – угол полных сдвижений ψ_n – угол, соответствующий началу сдвижения земной поверхности в точке A ; L_1 – постоянный размер выработанного пространства (длина лавы); \rightarrow – направление подвигания очистного забоя

Рисунок 1 – Расчетная схема определения размера очистной выработки L_n , при котором начинается сдвигание точки A на земной поверхности

Параметр L_n можно определить, применив несколько способов. Наиболее точными являются способы с использованием экспериментальных данных о траектории точек максимального оседания земной поверхности. Значение L_n в этом случае рассчитывается из условия $\eta_m = 0$ [3]. Имеются также эмпирические уравнения, позволяющие определить значение L_n применительно к рассматриваемым горно-геологическим условиям [4]. Результаты определения L_n пятью способами для разных горно-геологических и горно-технических условий в большинстве случаев близки между собой [5]. Зная величину L_n , исходя из расчётной схемы (рис. 1), можно рассчитать для каждого объекта угол ψ_n , соответствующий началу сдви-

жения земной поверхности в точке A из условия:

$$\psi_n = \arctg \frac{H}{0,5 \cdot L_n}, \text{ град.} \quad (1)$$

Исходные результаты расчета L_n [5] сгруппировали по способам их определения. В первую группу вошли средние значения \bar{L}_n^1 , рассчитанные на основании экспериментальных данных о траекториях точек максимального оседания земной поверхности. Во вторую – средние значения \bar{L}_n^2 , определённые согласно эмпирическим уравнениям [3,4]. Для каждой группы значений \bar{L}_n^1 и \bar{L}_n^2 , учитывая глубину ведения очистных работ (H), рассчитали для рассматриваемых объектов средние значения углов $\bar{\psi}_n^1$ и $\bar{\psi}_n^2$, соответствующие началу сдвижения точки A земной поверхности (табл. 1).

РОЗРОБКА КОРИСНИХ КОПАЛИН

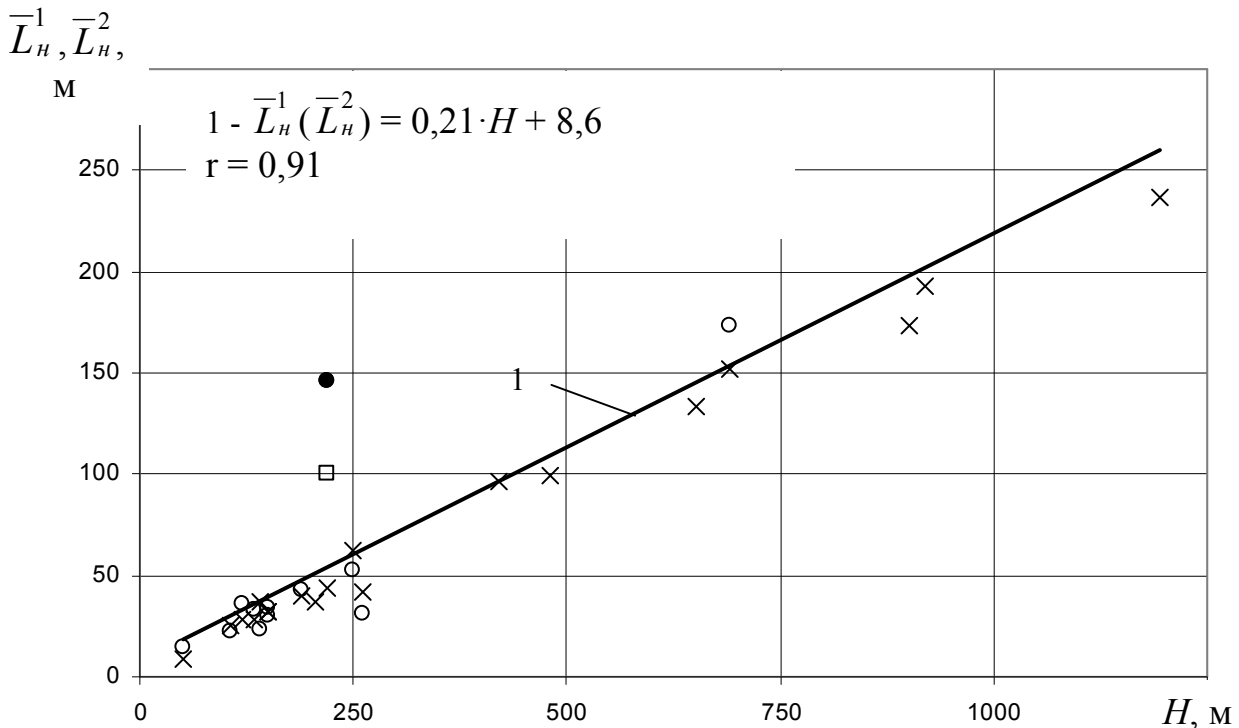
Таблица 1 – Результаты определения параметров \bar{L}_n^{-1} , \bar{L}_n^{-2} и $\bar{\psi}_n^{-1}$, $\bar{\psi}_n^{-2}$ на основании расчетов [5]

№ п/п	Шахта, пласт, лава	Марка угля М и его условный индекс		Мощность пласта m , м	Угол падения пласта α , °	Глубина работ H , м	Длина лавы $L_{л}$, м	Скорость подвигания забоя $v_{от}$, м/мес	Мощность наносов $m_{н}$, м	Средние значения параметров			
										Согласно экспериментальным данным о траектории максимального оседания земной поверхности		Согласно эмпирическим уравнениям	
										\bar{L}_n^{-1} , м	$\bar{\psi}_n^{-1}$, м	\bar{L}_n^{-2} , м	$\bar{\psi}_n^{-2}$, м
1	«Белозерская»	Д	1	1,30	12	420	–	63	65	-	-	96	83
2	№ 22 «Коммунарская», k_3	Т	6	1,47	20	652	305	45	14	-	-	133	84
3	«Степная», C_6	Г	2	0,91	4	106	150	57	50	22	84	25	83
4	Аппалачского бассейна (США)	–	–	1,65	–	220	190	240	20	146	72*	100	77*
5	«Грамотеинская», Сычевский – III	Д	1	4,50	4	220	210	210	–	-	-	44	84
6	Германия (Рурский бассейн), Grimberg 2/3	–	–	2,20	–	920	330	125	–	-	-	193	84
7	«Сташиц» (Польша) 352	–	–	2,10	–	480	275	105	–	-	-	99	84
8	«Степная», C_6 (715-я, 713-я лава)	Г	2	0,95	3	190	–	–	75	43	84	40	84
9	«Степная», C_6 606-я лава	Г	2	1,05	3	120	–	55	50	36	81	28	83
10	«Степная», C_6 604-я лава	Г	2	0,92	3	150	–	–	50	30	84	32	84
11	«Першотравнева», C_4	Г	2	0,63	3	140	–	61	70	23	85	37	82
12	«Юбилейная», C_1	Г	2	0,95	3	135	–	–	55	33	83	28	84
13	«Юбилейная», C_6	Г	2	0,71	3	250	–	49	80	53	84	62	83
14	«Юбилейная», C_6 530-я лава	Г	2	1,00	3	150	206	20	85	34	84	32	84
15	Им. А. Ф. Засядько, m_3	Ж	3	2,10	10	1195	250	90	15	-	-	237	84
16	Им. М. В. Фрунзе, h_8	А	7	1,40	11	900	200	53	–	186	84	173	85
17	Им. П. Л. Войкова, k_5	А	7	1,00	9	690	175	48	–	173	83	152	84
18	Им. Г. Г. Капустина, l_3^H	Г	2	2,10	16	260	150	67	–	31	87	42	85
19	Им. С. М. Кирова, «Болдыревский»	–	–	1,70	6	205	135	26	–	-	-	37	85
20	№ 9 ПО «Скуратовуголь»	–	–	2,85	2	50	70	26	–	15	81	9	85
Средние значения $\bar{\psi}_n^{-1}$ и $\bar{\psi}_n^{-2}$											84	-	84

Примечание: * – данные не учитывались при определении средних значений $\bar{\psi}_n^{-1}$ и $\bar{\psi}_n^{-2}$.

На основании статистической обработки установлена тесная корреляционная зависимость расстояний \bar{L}_n^{-1} и \bar{L}_n^{-2} от глубины ведения очистных работ. Это подтверждается высоким коэффициентом корреляции ($r = 0,91$). Из двадцати рассмотрен-

ных объектов в разных угольных месторождениях только результаты определения \bar{L}_n^{-1} и \bar{L}_n^{-2} для шахты Аппалачского бассейна существенно отличались от общей прямолинейной зависимости (рис. 2).



○, × – значения соответственно \bar{L}_N^1 и \bar{L}_N^2 ; ●, □ – значения \bar{L}_N^1 и \bar{L}_N^2 , полученные для условий шахты Аппалачского бассейна; 1 – осредняющая прямая; $r = 0,91$ – коэффициент корреляции

Рисунок 2 – Зависимость средних значений параметров \bar{L}_N^1 и \bar{L}_N^2 от глубины ведения очистных работ

Полученные результаты подтверждают один из выводов работы [6]:

- динамическая муфта сдвижения горного массива осадочного происхождения – это многовариантная система взаимодействия слоев и блоков пород, в которых величина прогиба на 80% и более определяется соотношением размера выемки к глубине (геометрия выемки), а свойства пород и прочностные условия на контактах между слоями выполняют вспомогательную роль.

По указанной причине для большинства объектов разных угольных бассейнов углы $\bar{\psi}_\Pi^1$ и $\bar{\psi}_\Pi^2$ незначительно отличались между собой. Значения $\bar{\psi}_\Pi^1$ находились в диа-

пазоне $81^\circ \div 87^\circ$, а $\bar{\psi}_\Pi^2$ – в интервале $82^\circ \div 85^\circ$. Средние величины этих углов составляли 84° , что указывает на примерно постоянное их значение для большинства угольных бассейнов независимо от глубины ведения очистных работ.

Постоянными для всех марок каменных углей месторождений Украины рекомендуется принимать в расчетах значения углов полных сдвижений (ψ_1, ψ_3), равными 55° [1]. Незначительная поправка вводится только для угла полных сдвижений у верхней границы выработки (ψ_2) с учетом угла падения разрабатываемого пласта α . Угол ψ_2 принимается равным $55^\circ + 0,3\alpha$. Для пологих пластов максимальные значе-

ния углов ψ_2 , при $\alpha \leq 18^\circ$, могут достигать максимум 60° . Это свидетельствует о том, что в большинстве случаев углы ψ и ψ_{II} расчетной схемы (рис. 1) являются практически постоянными. Зная их значения, глубину ведения очистных работ (H) и размеры выработанного пространства (L_n) можно определить неизвестные параметры расчетной схемы H_P и H_{II} . Следует учитывать, что верхняя граница зоны полных сдвижений будет находиться на максимальном и постоянном удалении от разрабатываемого пласта (H_P) при образовании квадрата выработанного пространства [7].

Выводы:

- на основании статистической обработки экспериментальных данных получена эмпирическая зависимость начала сдвижения земной поверхности от размера выра-

ботанного пространства и глубины ведения очистных работ;

- в большинстве случаев углы (ψ_{II}), определяющие начало сдвижения земной поверхности, остаются постоянными и не зависят от глубины ведения очистных работ. Среднее их значение составляет 84° ;

- установленные значения углов ψ_{II} в совокупности с углами полных сдвижений (ψ_1, ψ_2, ψ_3) позволяют, для конкретных размеров выработанного пространства, определять положение верхней границы зоны полных сдвижений подработанных пород (H_P) и мощность породных слоев (H_{II}), сдвижение которых происходит без разрыва их сплошности.

Библиографический список

1. Правила підробки будівель, споруд і природних об'єктів при видобуванні вугілля підземним способом: ГСТУ 101.00159226.001. – Офіц. вид. – Київ: Мінпаливенерго України, 2004. – 128 с. – (Галузевий стандарт України).
2. Филатьев М. В. Формирование зон сдвижений подработанных пород и земной поверхности / М. В. Филатьев, Н. И. Антощенко, С. В. Пыжов // Уголь Украины. – 2014. – №11. – С. 5–7.
3. Чепурная Л. А. Определение условий начала сдвижения земной поверхности при отработке угольных пластов / Л. А. Чепурная, М. В. Филатьев, Н. И. Антощенко // Уголь Украины. – 2014. – № 4. – С. 7–9.
4. Чепурная Л. А. О подработке земной поверхности антрацитовыми пластами / Л. А. Чепурная, М. В. Филатьев, Н. И. Антощенко // Уголь Украины. – 2014. – № 6. – С. 3–7.
5. Филатьев М. В. Сдвижение земной поверхности при отработке угольных пластов / М. В. Филатьев, Н.И. Антощенко, С.В. Пыжов // Уголь Украины. – 2015. – №5. – С. 12–16.
6. Ягунов А. С. Исследование влияния высоких скоростей подвигания очистного забоя на характер и параметры процесса сдвижения земной поверхности / А. С. Ягунов // Вестник научно-го центра по безопасности в угольной промышленности. – 2007. – №2. – С. 36–43.
7. Лобков М. І. Розвиток наукових основ прогнозу обвалення порід покрівлі при вийманні лавою пологого пласта: автореф. Дис.. на здобуття наук. ступеня доктора технічних наук: спец. 05.15.02. «Підземна розробка родовищ корисних копалин» / М. І. Лобков. – Донецьк, 2012. – 36 с.

Рекомендована к печати д.т.н., проф. ДонГТУ Окалеловым В. Н., зав. каф. "РПИ" НГУ, д.т.н., проф. Бондаренко В. И.

Статья поступила в редакцию 06.08.15.

к.т.н. Філатєв М. В., д.т.н. Антощенко М. І. (ДонДТУ, м. Лисичанськ, Україна), Піжов С. В. (Міненерговугілля України)

ВЛИВ ГЛИБИНИ ВЕДЕННЯ ОЧИСНИХ РОБІТ НА ЗРУШЕННЯ ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ

Розглянутий теоретичний зв'язок між параметрами очисних виробок, розташуванням верхньої межі зони повних зрушень підроблених порід і процесами утворення мульди на земній пове-

рхні обґрунтована розрахунковою схемою. На підставі проведеного аналізу встановлена необхідність використання в розрахунковій схемі близько двох десятків параметрів, залежних від гірничо-геологічних і гірничотехнічних умов.

Ключові слова: *підробка, зрушення, земна поверхня, математична модель, виробка.*

PhD Filatiev M. V., Antoshchenko M. I. (*DonSTU, Lisichansk, Ukraine*), **Pyzhov S. V.** (*Ministry of Energy and Coal Industry of Ukraine*)

PARAMETERS FOR IMPLEMENTATION THE MATHEMATICAL MODEL OF WORKED-OUT COAL SEAMS AND EARTH SURFACE SUBSIDENCE

Theoretical relation between breakage face parameters, upper boundary position of full displacement zones and processes of displacement formation on the surface was studied and substantiated by calculation scheme. On the basis of given analysis there was established the necessity of using around two dozens of parameters in the calculation scheme, which depend on mining-geological and mining engineering properties.

Key words: *underworking, subsidence, Earth surface, mathematical model, heading.*