

## К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ ТОЧНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАКЛОНОВ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ В ПОЛУМУЛЬДЕ СДВИЖЕНИЯ

Выполнена оценка точности распределения наклонов земной поверхности при полной подработке для условий Никопольского марганцевого месторождения, полученных по результатам инструментальных наблюдений на наблюдательных станциях.

Виконано оцінку точності розподілення нахилів земної поверхні при повній підробці для умов Нікопольського марганцевого родовища, що отримані за результатами інструментальних спостережень на спостережних станціях.

The estimation accuracy of the distribution of the earth's surface slopes at full part time conditions Nikopol manganese deposit received by the results of instrumental observations on the observation stations.

Выбор эффективных мер охраны сооружений и объектов при подработках проводится на основе расчётов сдвижений и деформаций земной поверхности от вредного влияния очистных горных выработок.

Существующие в настоящее время эмпирические методы расчета ожидаемых сдвижений и деформаций земной поверхности при подземной разработке месторождений полезных ископаемых [1,2] базируются, в основном, на типовых кривых, полученных для условий каждого месторождения или бассейна по данным натурных инструментальных наблюдений на наблюдательных станциях.

Для условий Никопольского марганцевого месторождения указанные расчёты должны выполняться по методике, представленной в нормативном документе – Правилах охраны [3]. Указанная методика разработана для главных сечений мульды сдвижения для условий полной подработки земной поверхности и отработки марганцевородного пласта лавами или комплексно-механизированными заходками в целике в нетронутым массиве при отсутствии соседних очистных горных выработок.

Известно, что основу всех расчетов положены широко известные и популярные аналитические зависимости, предложенные Колбенковым С.П. [1], определяющие величины сдвижений и деформаций земной поверхности в пределах полумульд при закончившемся процессе сдвижения. Для расчетов ожидаемых сдвижений и деформаций земной поверхности в полумульде при полной подработке рекомендованы следующие формулы:

$$\begin{aligned}
 \eta_{(x)} &= \eta_0 S(z), \\
 i_{(x)} &= \frac{\eta_0}{L} S'(z), \\
 k_{(x)} &= \frac{\eta_0}{L^2} S''(z), \\
 \xi_{(x)} &= \eta_0 F(z), \\
 \varepsilon_{(x)} &= \frac{\eta_0}{L} F'(z),
 \end{aligned} \tag{1}$$

где  $\eta_0$  – величина максимального оседания земной поверхности;  $\eta_{(x)}$ ,  $i_{(x)}$ ,  $k_{(x)}$ ,  $\xi_{(x)}$ ,  $\varepsilon_{(x)}$  – соответственно оседание, наклон, кривизна, горизонтальное сдвигание и горизонтальная деформация в точке с абсциссой  $X$ ; начало координат принимают в точке максимального оседания,  $L$  – длина полумульды сдвижения (рис. 1);  $S(z)$ ,  $S'(z)$ ,  $S''(z)$ ,  $F(z)$ ,  $F'(z)$  – функции распределения величин оседаний, наклонов, кривизны, горизонтальных сдвижений и горизонтальных деформаций в полумульде сдвижения;  $Z = \frac{x}{L}$  – отношение абсциссы определяемой точки к длине полумульды.

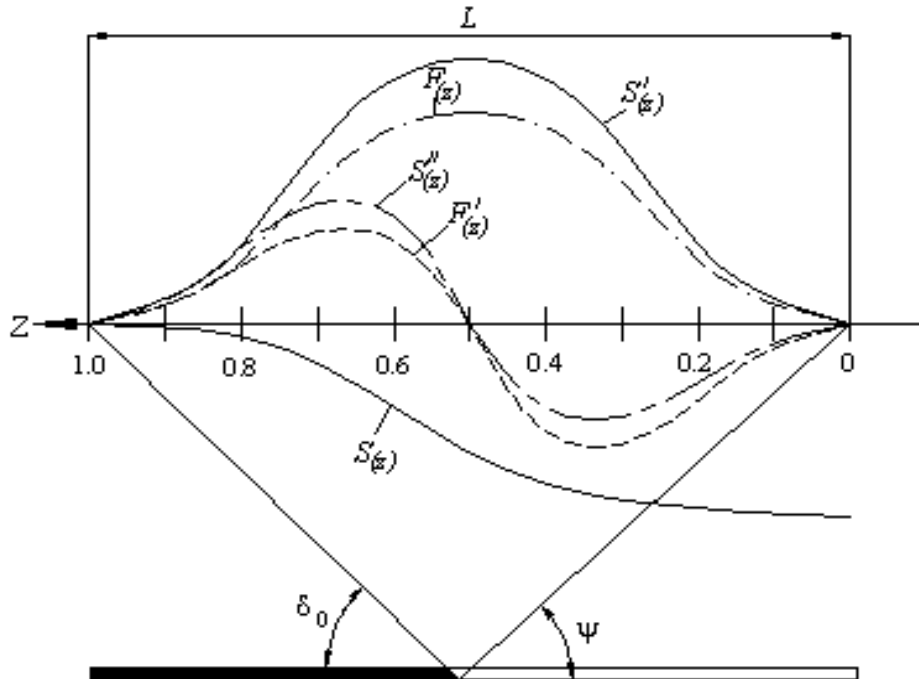


Рис. 1. Схема распределения сдвижений и деформаций в полумульде

Установлено [4], что на данном месторождении величина максимального оседания земной поверхности зависит от вынимаемой мощности марганцеворудного пласта, способа отработки выемочного столба и степени дренирования подрабатываемой породной толщи. При этом отмечается, что величины сдвижений и деформаций находятся в прямой зависимости от максимального оседания. Для инженерных расчетов в указанных условиях нами рекомендовано вычислять общее максимальное оседание, состоящее из двух основных компонентов – за счет ведения очистных горных работ и водопонижения. В дальнейшем величину общего максимального оседания в полумульде сдвижения обозначим как  $\eta_{0o}$ .

От точности прогнозирования величин сдвижений и деформаций в полумульде в конечном счете зависит надежность и достоверность принятия решений о возможности подработки объектов [5,6,7]. Следовательно, оценка достоверности окончательных значений функций типовых кривых распределений в полумульде, рекомендованных для практического использования, играет важ-

ную роль при прогнозировании сдвижений и деформаций земной поверхности при подработках.

При решении вопросов выбора мер охраны сооружений наиболее показательными являются наклоны земной поверхности и горизонтальные деформации растяжений-сжатий. Поэтому величины этих деформаций приведены в качестве допустимых в Правилах [3] для различных категорий сооружений и объектов.

В настоящей статье изложена оценка точности определения функций  $S'(z)$ , характеризующих распределение деформаций наклонов в точках полумульды при закончившемся процессе сдвижения по данным натурных инструментальных измерений, выполненных на наблюдательных станциях на шахтах ПАО «Марганецкий ГОК».

Известно, что на точность определения значений функции  $S'(z)$  в точках полумульды влияют погрешности определения глубины разработки  $H$ , величины общего максимального оседания  $\eta_{0o}$  и величин наклонов земной поверхности  $i_{(x)}$ . Преобразование выражения (1) позволяет получить следующую зависимость:

$$S'(z) = \frac{1,54H}{\eta_{0o}} i_{(x)},$$

где  $L = H(ctg\delta_0 + ctg\psi) = 1,54H$ ;  $\delta_0 = 50^\circ$ ,  $\psi = 55^\circ$ .

При оценке точности погрешность определения глубины разработки  $m_H$  нами была условно принята  $\pm 3$  м. Известно, что погрешности определения наклонов в точках полумульды  $m_{i_{(x)}}$  могут достигать величин  $\pm 0,3 i_{(x)}$  [5,6,7]. Погрешность определения величины общего максимального оседания  $m_{\eta_{0o}}$  может достигать  $\pm 0,1 \eta_{0o}$ .

Среднеквадратическая погрешность определения значений функции  $S'(z)$  в точках полумульды может быть представлена следующим образом:

$$M_{S'(z)} = \pm \sqrt{m_{S'(z)_1}^2 + m_{S'(z)_2}^2 + m_{S'(z)_3}^2},$$

где  $m_{S'(z)_1}$  – погрешность определения  $S'(z)$  за счет влияния погрешностей определения глубины разработки.

$$m_{S'(z)_1} = \frac{\partial S'(z)}{\partial H} m_H = \frac{1,54 i_{(x)}}{\eta_{0o}} m_H. \quad (2)$$

$m_{S'(z)_2}$  – погрешность определения  $S'(z)$  за счет влияния погрешностей определения наклонов в точках полумульды.

$$m_{S'(z)_2} = \frac{\partial S'(z)}{\partial i_{(x)}} m_{i_{(x)}} = \frac{1,54H}{\eta_{0o}} m_{i_{(x)}}. \quad (3)$$

$m_{S'(z)_3}$  – погрешность определения  $S'(z)$  за счет влияния погрешностей определения величины максимального оседания земной поверхности.

$$m_{S'(z)_3} = \frac{\partial S'(z)}{\partial \eta_{0o}} m_{\eta_{0o}} = -\frac{1,54H}{\eta_{0o}^2} i_{(x)}. \quad (4)$$

Зададим параметрам, входящим в формулы, следующие значения:  $H=80$  м,  $\eta_{0o}=3500$  мм. Величины наклонов, как известно, изменяются в зависимости от

места расположения рассматриваемой точки в полумульде. После подстановки значений  $H$ ,  $\eta_{0o}$ ,  $m_H$ ,  $m_{i(x)}$  в формулы (2), (3) и (4) соответственно получим:

$$m_{S'(z)1} = 1,5 \times 10^{-3} i_{(x)}, \quad m_{S'(z)2} = 12,3 \times 10^{-3} i_{(x)}, \quad m_{S'(z)3} = -3,5 \times 10^{-3} i_{(x)}.$$

Общая погрешность в этом случае будет равна:

$$M_{S'(z)} = \pm 12,9 \times 10^{-3} i_{(x)}.$$

Следовательно, погрешность определения значений типовой кривой  $S'(z)$  находится в прямой зависимости от величины деформации наклона в рассматриваемой точке в пределах полумульды сдвижения. Вычисленные величины  $M_{S'(z)}$  представлены в табл. 1. В этой же таблице для сравнения приведены значения функции  $S'(z)$  и средние значения величин наклонов земной поверхности по всем наблюдательным станциям, заложенным на шахтах ПАО «Марганецкий ГОК» сотрудниками кафедры маркшейдерии НГУ.

По результатам камеральной обработки данных натуральных инструментальных наблюдений были определены средние квадратические погрешности величин  $S'(z)$  в соответствующих точках полумульды по следующей формуле:

$$m_{S'(z)} = \pm \sqrt{\frac{[\delta\delta]}{n}}, \quad \delta = S'(z)_n - S'(z)_{cp},$$

где  $S'(z)_n$  – измеренное значение функции;  $S'(z)_{cp}$  – среднее (расчетное) значение функции;  $n$  – количество разностей.

Для оценки достоверности результатов, полученных по наблюдательным станциям, построены графики средних квадратических погрешностей  $m_{S'(z)}$ , полученных по данным камеральной обработки натуральных инструментальных наблюдений и расчетных значений (рис. 2).

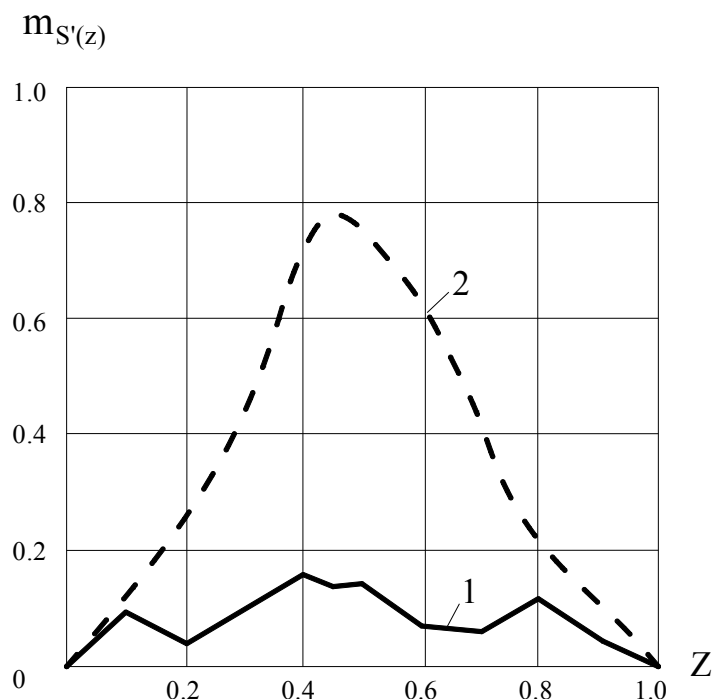


Рис. 2. Графики средних квадратических погрешностей определения функции  $S'(z)$  в полумульде: 1 – измеренные значения; 2 – расчетные значения

На графиках видно, что фактические погрешности (измеренные) значительно меньше расчетных. Следовательно, выполненные исследования по установлению функции распределения наклонов земной поверхности в полумульде можно считать вполне удовлетворительными и за окончательные значения типовой кривой  $S'(z)$  в точках полумульды могут быть приняты средние величины.

На основании проведенных исследований по оценке точности распределений деформаций наклонов земной поверхности при подработках для условий Никопольского марганцевого месторождения можно сформулировать следующие основные выводы:

1. Распределение наклонов земной поверхности в окончательно сформированной полумульде при закончившемся процессе сдвижения подчиняется определенным закономерностям. При этом установлены функциональные зависимости между величинами наклонов и их средними квадратическими погрешностями.

2. Оценка точности распределения наклонов земной поверхности в полумульде свидетельствует о достаточной точности определения этого вида вертикальных деформаций, высокой надежности и достоверности проведенных исследований, что позволяет рационально использовать полученную функцию распределения при прогнозировании деформаций наклонов земной поверхности в полумульде при подработках.

Таблица 1

Распределение типовой кривой  $S'(z)$  и ее среднеквадратических погрешностей  $m_{S'(z)}$  в полумульде

№№ наблюдательных станций		1	2	2	3	4	$S'(z)_{\text{ср}}$	$m_{S'(z)}_{\text{изм}}$	$M_{S'(z)}_{\text{расч}}$	$t_{(x)} \times 10^{-3}$	
№№ профильных линий		2	3	4	1	1					
$z = \frac{x}{L}$	0	$S'(z)$	0	0	0	0	0	0	0	0	
		$\delta$									
	0,1	$S'(z)$	0,51	0,24	0,28	0,28	0,34	0,33	0,10	0,12	9,4
		$\delta$	0,18	-0,09	-0,05	-0,05	-0,01				
	0,2	$S'(z)$	0,68	0,65	0,69	0,62	0,74	0,68	0,04	0,25	19,3
		$\delta$	0	-0,03	0,01	-0,06	0,06				
	0,3	$S'(z)$	1,01	1,19	1,32	1,20	1,30	1,20	0,11	0,44	34,1

	$\delta$	-0,19	-0,01	0,12	0	0,10				
0,4	$S'(z)$	1,67	2,00	2,12	1,90	1,80	1,90	0,16	0,70	54,0
	$\delta$	-0,23	0,10	0,22	0	-0,10				
0,45	$S'(z)$	2,02	2,25	2,30	2,10	1,93	2,12	0,14	0,78	60,2
	$\delta$	-0,10	0,13	0,18	0,02	0,19				
0,5	$S'(z)$	1,96	2,16	2,42	2,00	1,87	2,05	0,14	0,75	58,2
	$\delta$	-0,09	0,11	0,19	0,05	0,18				
0,6	$S'(z)$	1,68	1,78	1,66	1,80	1,64	1,71	0,07	0,63	48,6
	$\delta$	-0,03	0,07	-0,05	0,09	-0,07				
0,7	$S'(z)$	1,13	1,18	1,00	1,15	1,10	1,11	0,06	0,42	32,4
	$\delta$	0,02	0,07	-0,11	0,04	-0,01				
0,8	$S'(z)$	0,66	0,48	0,49	0,82	0,59	0,61	0,12	0,22	17,3
	$\delta$	0,05	-0,13	-0,12	0,21	-0,02				
0,9	$S'(z)$	0,36	0,25	0,26	0,36	0,36	0,32	0,05	0,12	9,1
	$\delta$	0,04	-0,07	-0,06	0,04	0,04				
1,0	$S'(z)$	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	$\delta$	0	0	0	0	0				

#### Список литературы

1. Колбенков С.П. Аналитическое выражение типовых кривых сдвижения поверхности / С.П. Колбенков / *Тр. ВНИМИ*. – Л.: 1961, сб. XLIII, – С. 43-46.
2. ГСТУ 101.00159226.001–2003. Правила підробки будівель, споруд і природних об'єктів при видобуванні вугілля підземним способом. – Офіц. вид. – К.: Мінпаливенерго України, 2004. – 128 с.: *ил., табл.* – (Галузевий стандарт України).
3. Лисица И.Г. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных разработок на Никопольском марганцевом месторождении / Лисица И.Г., Антипенко Г.А., Гаврюк Г.Ф. – Днепропетровск, 1985. – 38 с. *ил., табл.* – (Нормативный документ Министерства черной металлургии УССР. Инструкция).
4. Лисица И.Г. Особенности процесса сдвижения земной поверхности при разработке Никопольского месторождения / И.Г. Лисица, Г.А. Антипенко, Г.Ф. Гаврюк / Разработка месторождений полезных ископаемых. Вып. 91, К.: Техніка, 1992. С.38-43. – *Библиогр.: с. 43.*
5. Казаковский Д.А. К вопросу о предрасчете сдвижений горных пород при разработке угольных месторождений / Казаковский Д.А. // *Тр. ВНИМИ*, 1952, сб. XXV. – С.3-11.– *Библиогр.: с.43.*
6. Колбенков С.П. Оценка точности измеренных и расчетных величин деформаций земной поверхности / С.П. Колбенков / *Тр. ВНИМИ*. – 1961. – С. 78-90. – *Библиогр.: с. 90.*
7. Медянцев А.Н. О точности расчета деформаций земной поверхности / Медянцев А.Н.; *Тр. ВНИМИ*, 1963, сб. L, – С.190-193. – *Библиогр.: с. 193.*

*Рекомендовано до публікації д.т.н.Назаренком В.О.  
Надійшла до редакції 27.11.2014*

УДК 622.278

© В.Г. Лозинський

### **СТЕНДОВІ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ ПІДЗЕМНОГО ГАЗОГЕНЕРАТОРА В ЗОНІ ВПЛИВУ ГЕОЛОГІЧНИХ ПОРУШЕНЬ**

Приведены результаты исследования температурного режима подземного газогенератора на стендовой экспериментальной установке при выгазовывании угольного пласта в зоне влияния дизъюнктивного геологического нарушения. Установлены закономерности потерь тепла при увеличении амплитуды геологического нарушения.

Представлено результати дослідження температурного режиму підземного газогенератора на стендовій експериментальній установці при вигазовування вугільного пласта в зоні впливу диз'юнктивного геологічного порушення. Встановлені закономірності втрат тепла при збільшенні амплітуди геологічного порушення.

The results of investigation of borehole underground coal gasification technology in a bench experimental setup at simultaneous upward mining gasification of thin coal seams are given. The parameters of the spatial distribution of the maximum combustion face are set up.

**Вступ.** Вугілля є основним видом органічного палива, яке використовується в енергетиці. За даними World Energy Resources за 2013 р. у середньому 60 % світових забалансових запасів вугілля знаходиться в складних геологічних