

И.Е. Балафин

АНАЛИЗ УГЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ СДВИЖЕНИЯ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ НА ШАХТАХ ЗАПАДНОГО ДОНБАССА

THE SUBSIDENCES ANGULAR PARAMETERS ANALYSIS ON THE WESTERN DONBASS MINES

Проанализированы значения граничных углов и углов сдвижения земной поверхности для условий шахт Западного Донбасса. Показано, что нормативные угловые параметры, которые используются для прогноза влияния горных разработок на земную поверхность, отличаются от фактических значений углов, которые определены по данным натурных маркшейдерских наблюдений на наблюдательных станциях. Указанное несоответствие является причиной недостаточной обоснованности применяемых мер защиты подрабатываемых сооружений.

Ключевые слова: земная поверхность на шахтах, параметры сдвижения, маркшейдерские наблюдения.

Угловые параметры являются важнейшими характеристиками процесса сдвижения. От точности их определения во многом зависит правильность выбора мер охраны объектов и сооружений, находящихся на земной поверхности, от вредного влияния горных разработок.

Величины граничных углов и углов полных сдвижений определяют размеры полумульды, а, следовательно, величины и распределение расчетных деформаций в мульде. По углам сдвижения, определяющим границу зоны опасных деформаций, строятся предохранительные целики под сооружениями на земной поверхности [1]. Названные угловые параметры широко используются в качестве исходных во многих методиках, применяемых для оценки геомеханического состояния горных пород и горных выработок на угольных месторождениях [2, 3].

В соответствии с этим, погрешности определения названных углов могут привести либо к неоправдан-

но завышенным потерям в предохранительных целиках, либо к недооценке вредного влияния горных разработок на охраняемые объекты, как на поверхности, так и в подрабатываемом массиве горных пород.

С целью оценки надежности полученных ранее для условий Западного Донбасса угловых параметров и для проверки методики их определения, по результатам измерений на наблюдательных станциях, заложенных над горными разработками шахт Западного Донбасса (табл. 1), на каждой линии реперов были определены границы зон влияния (угол ω^{ϕ_0}) и вредного влияния очистных горных работ (угол ω_{ϕ}) на земную поверхность, а также углы полных сдвижений ψ_{ϕ} . При этом были использованы критерии [4]: для граничных углов – наклоны $i = 0,5 \cdot 10^{-3}$ и растяжения $\varepsilon = 0,5 \cdot 10^{-3}$; для углов сдвижения – $i = 4 \cdot 10^{-3}$, $\varepsilon = 2 \cdot 10^{-3}$ и кривизна $k = 0,2 \cdot 10^{-3} \text{ 1/м}$.

Таблица 1

Условия подработки наблюдательных станций Западного Донбасса

№ стан-ции	Шахта	Размер очистной выработки, м		Вынимаемая мощность пласта t , м	Глубина разработки H , м	Мощность наносов h , м	Кратность подработки H/t
		270	240				
5/5	Першотравнева	270	240	0,80	160	100	200
5/1	Першотравнева	270	240	0,80	177	100	221
2	Терновская	310	250	0,65	160	85	246
7	Степная	580	670	0,70	195	84	278
1/7	Першотравнева	200	400	0,75	133	55	177
8	Степная	540	800	0,70	197	70	281
10	Юбилейная	200	320	1,05	158	54	150
29/1	Юбилейная	360	800	1,10	280	90	255
29/2	Юбилейная	360	800	1,15	270	80	235
9/2	Юбилейная	330	700	0,71	225	63	317
9/1	Юбилейная	330	700	0,80	250	63	312
26	Западно-Донбасская	340	1000	1,10	550	135	500
23/1	Западно-Донбасская	510	800	1,00	543	133	543
23/2	Западно-Донбасская	510	800	1,00	545	135	545

В силу того, что толща горных пород в Западном Донбассе состоит из мощных наносов и пород карбона и исходя из предположения, что значения угловых параметров процесса сдвижения в названных слоях неизвестны или одинаковы, углы сдвижения и граничные углы определялись на разрезах без разделения в наносах и карбоне, т.е. как общие углы ω и ω_0 наклона к горизонту линий, соединяющих крайние нижние границы очистных горных выработок и точки с критическими значениями деформаций на земной поверхности.

Для сравнения значения этих же углов соответствующие условиям подработки каждой из анализируемых линий реперов наблюдательных станций (табл. 1) были вычислены по данным, приведенным в "Правилах подработки..." [1] по формулам

$$ctg\omega_0^p = \frac{h}{H} ctg\varphi_0 + \frac{H-h}{H} ctg\delta_0; \quad (1)$$

$$ctg\omega^p = \frac{h}{H} ctg\varphi + \frac{H-h}{H} ctg\delta, \quad (2)$$

где ω_0^p и ω^p – общие расчетные граничный угол и угол сдвижения, град.; $\varphi_0, \varphi, \delta_0, \delta$ – углы граничные и сдвижения в наносах и карбоне, равные соответственно 45, 65, 50 и 75° [1]; H – глубина разработки пласта, м; h – мощность наносов, м.

Значения фактических и рассчитанных по формулам (1), (2) углов сдвижения, граничных углов и углов полных сдвижений приведены в табл. 2.

Анализ приведенных данных показывает, что расхождение величин общих граничных углов, определенных по данным инструментальных наблюдений (фактических) и рассчитанных углов составляют +6...-11° при среднем квадратическом отклонении $\pm 5^\circ$. Разность общих вычисленных и фактических углов сдвижения достигает величин 1...13°, а их среднеквадратическое отклонение равно $\pm 8,5^\circ$.

Обращает на себя внимание тот факт, что отклонения вычисленных углов сдвижения носят явно выраженный систематический характер в сторону их выполаживания.

Для оценки практической значимости погрешностей определения углов сдвижения рассчитано положение границ зон опасного влияния горных работ относительно границ очистных выработок. Как видно из результатов вычислений (табл. 2), во всех случаях размеры зоны опасных деформаций, рассчитанные по "Правилам ..." [1], превышают фактические, и для условий станции №23 размеры предохранительного целика оказались бы завышенными на 120...130 м.

Начало плоского дна согласно "Правилам..." [1] определяется углом полных сдвижений $\psi = 55^\circ$. Фактические значения этих углов ψ_ϕ на анализируемых наблюдательных станциях изменяются от 49 до 64°. Средняя квадратическая погрешность угла ψ "Правил охраны" составляет $\pm 4,8^\circ$ (табл. 2).

Таблица 2

Значение угловых параметров для условий наблюдательных станций Западного Донбасса

№ п/п	№ станции	Граничные углы, град			Углы сдвижения, град			Углы полных сдвижений, град			Расстояние от проекции горной выработки до границ зоны опасных деформаций		
		ω_ϕ^0	ω^0	Δ	ω_ϕ	ω^p	Δ	ψ_ϕ	ψ	Δ	фактич.	рассчит.	Δ
1	5/5	54	51	+3	68	58	+10	49	55	-8	64	100	-36
2	5/1	52	52	0	72	59	+13	53	55	+2	56	106	-50
3	2	-	-	-	67	60	+7	57	55	22	68	92	-24
4	7	61	55	+6	76	63	+13	52	55	-3	50	99	-49
5	1/7	-	-	-	66	63	+3	48	55	-7	58	68	-10
6	8	58	57	+1	72	65	+7	54	55	-1	65	92	-27
7	10	53	57	-4	68	65	+3	56	55	+1	66	74	-8
8	29/1	49	58	-9	67	66	+1	64	55	99	120	125	-5
9	29/2	47	58	-11	67	66	+1	-	55	-	120	125	-5
10	9/2	61	58	+3	76	67	+9	62	55	+7	57	96	-39
11	9/1	57	59	-2	72	68	+4	64	55	+9	80	101	-21
12	23/1	62	59	+3	81	68	+13	61	55	+6	90	219	-129
13	23/2	61	59	+2	79	68	+11	58	55	+3	100	220	-120

Проведенные исследования указывают на несоответствие нормативных угловых параметров, применяющихся в настоящее время для условий Западного Донбасса, фактическим величинам углов сдвижения, граничных и углов полных сдвижений. Наиболее отчетливо это несоответствие проявляется при малых и больших глубинах разработки угольных пластов.

Этот факт вызвал необходимость оценки способа, применявшегося для определения граничных углов и углов сдвижения в породах наносов и карбона в Западном Донбассе [5, 6]. Этот способ, разработанный А.В. Онищенко, основан на решении систем из двух уравнений с двумя неизвестными. Уравнения составляются по результатам наблюдений отдельно по ка-

ждой из подрабатываемых профильных линий реперов и имеют вид:

– для граничных углов

$$H_i \operatorname{ctg} \omega_0^{\phi} = h_i \operatorname{ctg} \varphi_0 + (H_i - h_i) \operatorname{ctg} \delta_0; \quad (3)$$

– для углов сдвижения

$$H_i \operatorname{ctg} \omega_{\phi} = h_i \operatorname{ctg} \varphi + (H_i - h_i) \operatorname{ctg} \delta, \quad (4)$$

где H_i – глубина разработки пласта над границей очистной выработки для условий i -й профильной линии реперов, м; h_i – мощность наносов в районе i -й линии реперов, м.

Согласно [5], из всей совокупности данных о границах влияния горных работ (табл. 1) может быть составлено 55 пар линейных уравнений (3), а для границ опасного влияния – 78 пар уравнений вида (4). Однако с учетом ограничений, вводимых с целью уменьшения влияния погрешностей измерений и разброса исходных данных, как это сделано в работе [5], граничные углы φ_0 и δ_0 и углы сдвижения φ и δ определялись из 15 и 19 пар уравнений соответственно.

В результате попарного решения составленных уравнений были получены значения углов, которые изменяются в следующих пределах:

– граничные углы в наносах φ_0 изменяются от 41 до 64°;

– граничные углы в породах карбона δ_0 изменяются от 41 до 80°;

– углы сдвижения в наносах φ изменяются от 49 до 83°;

– углы сдвижения в породах карбона δ изменяются от 59 до 93°.

Среднеквадратические отклонения средних значений углов $\varphi_0 = 55,5^\circ$, $\delta_0 = 60^\circ$, $\varphi = 65^\circ$ и $\delta = 77^\circ$ составили соответственно $\pm 7,5^\circ$; $\pm 11,9^\circ$; $\pm 9,1^\circ$; $\pm 11,4^\circ$.

Из полученных данных видно, что вычисленные по методике [5] значения угловых параметров имеют значительные погрешности ($\pm 7,5 \dots 11,9^\circ$), превышающие погрешности общих углов сдвижения, рассчитанных по [1]. Сравнение средних величин углов, рассчитанных по обеим методикам, так же указывает на их большое различие, хотя в данном случае сложно судить, какие углы ближе к фактическим.

Из результатов проведенных исследований следует, что угловые параметры, определенные по данным натуральных наблюдений с применением постоянных критериев, существенно отличаются друг от друга. Установлено, что значения граничных углов φ_0 и δ_0 и углов сдвижения φ и δ , регламентируемые "Правилами подработки..." [1] для условий шахт Западного Донбасса, отличаются от углов, полученных из натуральных инструментальных маркшейдерских наблюдений за сдвижением земной поверхности.

Общий анализ полученных данных указывает на необходимость дальнейших исследований угловых параметров процесса сдвижения земной поверхности в Западном Донбассе, что обеспечит более эффективные меры охраны подрабатываемых объектов и позволит избежать неоправданных потерь угля в целых.

Список литературы

1. Правила подработки зданий, сооружений и природных объектов при добыче угля подземным способом: Отраслевой стандарт. – К.: Мінпаливенерго України, 2004. – 127 с.
2. Защитные пласты / И.М.Петухов, А.М.Линьков, И.А.Фельдман, В.П.Кузнецов, В.В.Тетеревенков. – Л.: Недра, 1972. – 424 с.
3. Построение зон защиты и ПГД для условий больших глубин: Методика КД 12.07.301-96 – УкрНИИМИ, 1997. – 44 с.
4. Инструкция по наблюдениям за сдвижением земной поверхности и подрабатываемыми сооружениями на угольных и сланцевых месторождениях: Минво угольн. пром-ти СССР. – М.: Недра, 1989. – 96 с.
5. Лисица И.Г., Онищенко А.В., Василенко Г.Т. Расчет углов сдвижения в наносах и каменноугольных породах Западного Донбасса // Технология добычи угля подземным способом. – М.: Недра, 1967. – С. 26-30.
6. Назаренко В.А., Мякенький В.И., Онищенко А.В. Методика определения угловых параметров сдвижения горных пород на месторождениях с большой мощностью наносов // Разработка месторождений полезных ископаемых. – К., 1992. – Вып. 91. – С. 88-91.

Проаналізовано значення граничних кутів і кутів зрушення земної поверхні для умов шахт Західного Донбасу. Показано, що нормативні кутові параметри, які використовуються для прогнозу впливу гірничих розробок на земну поверхню, відрізняються від фактичних значень кутів, що визначені за даними натурних маркшейдерських спостережень на спостережних станціях. Зазначена невідповідність є причиною недостатньої обґрунтованості заходів щодо захисту підроблюваних споруд.

Ключові слова: *земна поверхня на шахтах, параметри зрушення, маркшейдерські спостереження.*

The analysis of rocks movement angles is executed. It is shown, that these angles does not correspond to actual angles, which from the results of measurements are received. This discrepancy is the reason of insufficiently proved constructions protection for buildings, which are located over mining.

The values of scope corners and corners of moving of earthly surface are analysed for the terms of mines of Western Donbass. It is rotined that normative angular parameters which are utilized for the prognosis of influence of mountain developments on an earthly surface differ from the actual values of corners which are certain from data of model surveyor supervisions on the observant stations. The indicated disparity is reason of insufficient validity of the applied measures of defence of the earned additionally buildings.

Key words: *earth's surface in the mines, the parameters of displacement, surveying observations.*

Рекомендовано до публікації д.т.н. О.М. Шашенком 10.02.10