

к.т.н. Ларченко В. Г.,
Денисенко Е. А.
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина)

АНАЛИЗ ДОПУСТИМОЙ ПОГРЕШНОСТИ ОРИЕНТИРОВАНИЯ ШАХТ ЧЕРЕЗ ДВА ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТВОЛА

Проведено аналіз припустимої похибки орієнтування шахт через два вертикальних стовбури, встановлені недоліки в методиці розрахунку і вимогах інструкції, приведені рекомендації щодо їх усунення.

Ключові слова: *припустима похибка орієнтування, вертикальні стовбури, поправки, сходження прямовисних ліній.*

Проведен анализ допустимой погрешности ориентирования шахт через два вертикальных ствола, установлены неточности в методике расчета и требованиях инструкции, приведены рекомендации по их устранению.

Ключевые слова: *допустимая погрешность ориентирования, вертикальные стволы, поправки, сходжение отвесных линий.*

Одной из основных задач маркшейдерской службы при подземной разработке месторождений полезных ископаемых является ориентирование шахт. При вскрытии месторождений вертикальными стволами оптимальным является ориентирование через два ствола. После производства ориентирования, как и других видов маркшейдерских работ, необходимо выполнить оценку точности результатов.

Оценка точности ориентирования шахт через два вертикальных ствола в соответствии с инструкцией [1] производится сравнением расстояния между стволами А и В на поверхности L_{Π} и в шахте L_{III} и сопоставлением фактической разности

$$\Delta L = L_{\Pi} - L_{\text{III}} \quad (1)$$

с допустимой $\Delta L_{\text{доп}}$, определяемой из равенства (2) в соответствии с инструкцией [1] и методикой [2]:

$$\Delta L_{\text{доп}} = 2 \sqrt{\frac{m_{\beta}^2}{\rho^2} [R_{y_i}^2] + \mu^2 [l_i \cdot \cos^2 \varphi_i] + \lambda^2 L^2}, \quad (2)$$

где m_{β} – средняя квадратическая погрешность измерения углов;

$R_{y_i}^2$ – сумма квадратов расстояний от точек соединительного полигона до створа проектируемых точек (Рисунок 1);

μ и λ – коэффициенты случайного и систематического влияния погрешностей линейных измерений ($\mu = 5 \cdot 10^{-4}$; $\lambda = 5 \cdot 10^{-5}$);

φ_i – угол, образуемый стороной полигона и створом проектируемых точек;

l_i – длина стороны хода (Рисунок 1);

L – горизонтальное расстояние между отвесами.

Установлено [3,4], что расстояние между отвесами в шахте уменьшается с увеличением глубины ориентируемого горизонта под влиянием систематической погрешности ΔL_{CX} , вызванной сходимением отвесных линий к центру сферической поверхности Земли, определяемой по формуле:

$$\Delta L_{\text{CX}} = + \frac{L_{\Pi} \cdot H}{R}, \quad \text{м} \quad (3)$$

где R – средний радиус Земли, равный 6371,11 км;

H – глубина ориентируемого горизонта, м;

L_{Π} – расстояние между отвесами на поверхности, м.

Значения погрешности ΔL_{CX} [3,4] приведены в таблице 1.

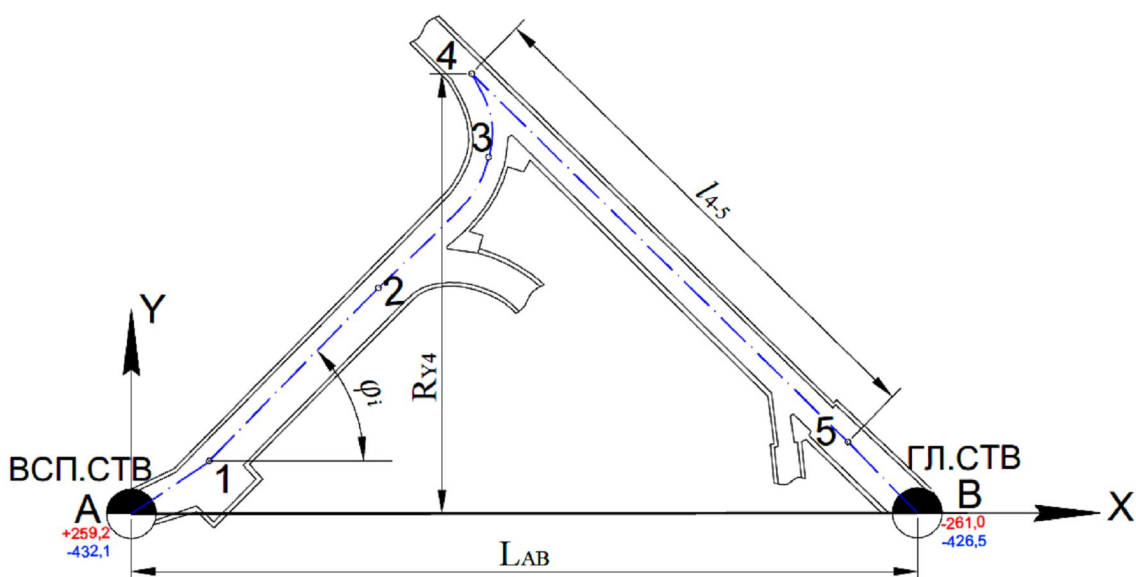


Рисунок 1 – Схема определения параметров для оценки точности ориентирования через два вертикальных ствола

Таблица 1 – Зависимость поправки за схождение отвесных линий (ΔL_{CX} , мм) от расстояния между ними L и глубины ориентируемого горизонта H

$L, м$	5	10	50	100	200	500	1000	2000	5000	10000
$H, м$										
100	0,1	0,2	0,8	1,6	3,1	7,8	15,7	31,4	78,5	157,0
500	0,4	0,8	3,9	7,8	15,7	39,2	78,5	157,0	392,4	784,8
1000	0,8	1,6	7,8	15,7	31,4	78,5	157,0	313,9	784,8	1569,6
1500	1,2	2,4	11,8	23,5	47,1	117,7	235,4	470,9	1177,2	2354,4

Выполним расчет допустимой погрешности $\Delta L_{доп}$ по формуле (2) в соответствии с инструкцией [1] и методикой [2] и сравним ее с неучтенной поправкой за схождение отвесных линий ΔL_{CX} на примере отдельно взятых шахт, результаты расчета приведены в таблице 2.

Допустимая погрешность $\Delta L_{доп}$ рассчитана для четырех подземных соединительных полигонов между стволами (таблица 2, строка 5), ее величина не зависит от глубины ориентируемого горизонта, поэтому с углублением она остается постоянной.

Величины систематической погрешности (необходимой поправки) за схождение отвесных линий ΔL_{CX} вычислены для трех горизонтов ориентирования и приведены в таблице 2, строках 6,7,8.

Результаты вычислений (таблица 2) показывают, что уже при расстоянии между стволами 82м погрешность схождения отвесных линий составляет 76% всей допустимой невязки $\Delta L_{доп}$, а во всех остальных анализируемых случаях не учитываемая инструкцией [1] поправка за схождение отвесных линий превышает допусковое значение $\Delta L_{доп}$ [1].

По данным таблицы 2 и рисунка 2 видно, что при расстоянии между отвесами L_{AB} более 700м на горизонте 700м систематическая погрешность схождения отвесных линий ΔL_{CX} превышает допустимое значение разности расстояний между отвесами А и В на поверхности и в шахте $\Delta L_{доп}$. Распределение этой невязки в соответствии с [1,2] ведет к ошибочным результатам ориентирования.

Таблица 2 – Расчет допустимой погрешности $\Delta L_{доп}$ и поправки за схождение отвесных линий $\Delta L_{сх}$

№ п/п	Параметры	Шахта							
		"Комсомольская"				"Интер-Инвест уголь"		"Горская"	
1	Отвесы	А	В	А	В	А	В	А	В
2	Используемые вертикальные стволы	Всп. ств.	Гл. ств.	Вент. ств. № 5	Воздухопод. ств. № 6	Сев. воздухопод. ств.	Юж. вент. ств. № 7	Сев. вент. ств.	Кл. ств. № 1
3	Расстояние между отвесами А и В, L, м	82,6		763,6		2255,6		4196,4	
4	Глубина ориентируемого горизонта, Н, м	690		690		707		700	
5	Допустимая погрешность $\Delta L_{доп}$, мм [1]	12		81		233		430	
Поправка за схождение отвесных линий, $\Delta L_{сх}$, мм при Н, м									
6	700	9		83		250		461	
7	1000	13		120		354		659	
8	1500	19		180		531		988	

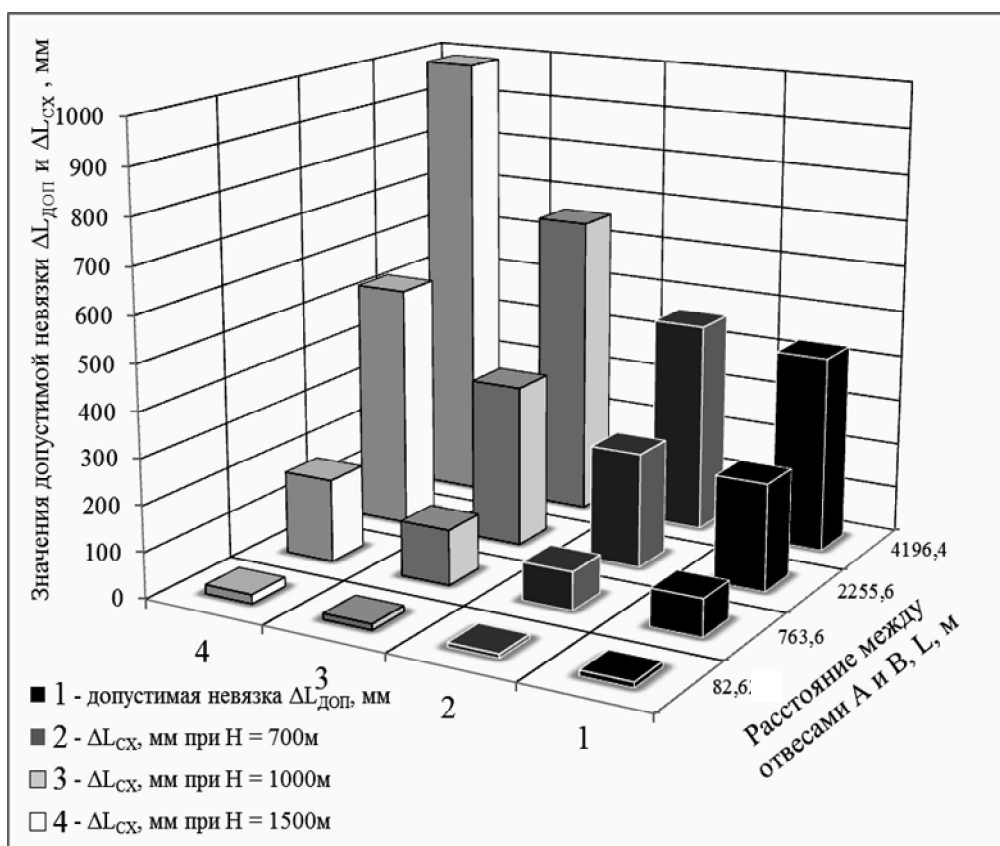


Рисунок 2 – Сравнительный анализ величин допустимой невязки $\Delta L_{доп}$ со значениями поправки за схождение отвесных линий $\Delta L_{сх}$

При ориентировании через два удаленных вертикальных ствола также необходимо вводить поправку $\Delta L_{\text{Э}}$ [3,4] в расстояния между отвесами за переход с эллипсоида на плоскость в системе координат Гаусса-Крюгера:

$$\Delta L_{\text{Э}} = \frac{Y_{\text{ср}}^2 \cdot L}{2R^2}, \text{ мм} \quad (4)$$

где $Y_{\text{ср}}$ – средняя ордината между отвесами А, В.

Значения данной поправки приведены в таблице 3.

Поэтому при ориентировании глубоких шахт через два удаленных вертикальных ствола рекомендуется обязательное введение поправок за схождение отвесных линий к центру сферической поверхности Земли $\Delta L_{\text{СХ}}$ (3) и за переход с эллипсоида на плоскость в системе Гаусса-Крюгера $\Delta L_{\text{Э}}$ (4) в формулу (2) допустимой невязки расстояний между отвесами А, В на поверхности и в шахте $\Delta L_{\text{доп}}$ при расстоянии между отвесами А, В более 50м и значении средней ординаты более 15км (табл. 1, табл. 3).

Таким образом, для определения допустимой невязки $\Delta L_{\text{доп}}$ рекомендуется использовать следующую формулу:

$$\Delta L_{\text{доп}} = 2\sqrt{\frac{m_{\text{в}}^2}{\rho^2} [R_{y_i}^2] + \mu^2 [l_i \cdot \cos^2 \varphi_i] + \lambda^2 L^2} + \Delta L_{\text{СХ}} + \Delta L_{\text{Э}}, \quad (5)$$

где $\Delta L_{\text{СХ}}$ – поправка за схождение отвесных линий (формула 3, таблица 1);

$\Delta L_{\text{Э}}$ – поправка за переход с эллипсоида на плоскость в системе координат Гаусса-Крюгера (формула 4, таблица 3).

Выводы:

Анализ допустимой погрешности ориентирования шахт через два вертикальных ствола показал, что рекомендуемая инструкцией [1] формула (2) контроля точности измерений и вычислений не учитывает существенные по величине систематические поправки:

- за схождение отвесных линий к центру сферической поверхности Земли $\Delta L_{\text{СХ}}$ (формула 3, таблица 1), которая при расстоянии между отвесами на поверхности и в шахте более 200м превышает допускаемое расхождение $\Delta L_{\text{доп}}$;

- поправку за переход с эллипсоида на плоскость в системе координат Гаусса-Крюгера (формула 4, таблица 3);

- формула расчета величины допустимой невязки $\Delta L_{\text{доп}}$ (2), рекомендуемая инструкцией [1], не зависит от глубины ориентируемого горизонта, что не соответствует действительности.

По результатам проведенных исследований, рекомендуется внести изменения в инструкцию [1], где расчет допустимого расхождения расстояний между отвесами на поверхности и в шахте должен производиться по формуле (5) с учетом поправок $\Delta L_{\text{СХ}}$, $\Delta L_{\text{Э}}$.

Таблица 3 – Поправки $\Delta L_{\text{Э}}$ в расстояния между отвесами при переходе с эллипсоида на плоскость, мм

Y, км \ L, м	5	50	100	200	300
	$\Delta L_{\text{Э}}$, мм				
5	0,0	0,2	0,6	2,5	5,5
50	0,0	1,5	6,2	24,6	55,4
100	0,0	3,1	12,3	49,3	110,9
500	0,2	15,4	61,6	246,4	554,3
1000	0,3	30,8	123,2	492,7	1108,6
5000	1,5	154,0	615,9	2463,6	5543,1
10000	3,1	307,9	1231,8	4927,2	11086,2

Бібліографічний список:

1. *Маркшейдерські роботи на вугільних шахтах та розрізах: Інструкція / Ред. коміс.: М.Є. Коплонець (голова) та ін. – Вид. офіц. – Донецьк: ТОВ «Алан», 2001. - 264с.*
2. *Маркшейдерское дело: учеб. для вузов. – В двух частях / Под ред. И.Н. Ушакова. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1989. – Часть 1 / И.Н. Ушаков, Д.А. Козаковский, Г.А. Кротов и др. – 311с.*
3. *Ларченко В. Г. Гравітаційний спосіб проектування планових координат с земної поверхності в шахту через вертикальні стволи/ В.Г. Ларченко, Е.А. Денисенко / журнал Уголь України. - №10. - 2011. – С. 45-48.*
4. *Ларченко В. Г. Новый способ проектирования плановых координат с поверхности на горизонт ориентирования шахт/ В.Г. Ларченко, Е.А. Денисенко / М.: Горный журнал. – №8. – 2012. - С. 85-88.*

Рекомендована к печати д.т.н., проф. Бабиюком Г.В.