

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

АНАЛИЗ ПОГРЕШНОСТЕЙ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КООРДИНАТ С ПОВЕРХНОСТИ В ШАХТУ ГРАВИТАЦИОННЫМ СПОСОБОМ

Розглянуті фактори, які впливають на точність проектування координат з поверхні на орієнтований горизонт гравітаційним способом. Встановлена залежність зходження вісей від відстані між ними та глибини орієнтованого горизонта, залежності швидкості та часу руху кульки по стовбуру від глибини горизонта.

Ключові слова: *проектування координат, глибина орієнтованого горизонта, зхождення вісей, швидкість та час руху кульки.*

Рассмотрены факторы, влияющие на точность проектирования координат с поверхности на ориентируемый горизонт гравитационным способом. Установлена зависимость схождения отвесных линий от расстояния между ними и глубины ориентируемого горизонта, зависимости скорости и продолжительности движения шарика по стволу от глубины горизонта.

Ключевые слова: *проектирование координат, глубина ориентируемого горизонта, схождение отвесных линий, скорость и продолжительность движения шарика.*

Ориентирование шахт является одной из главных задач маркшейдеров при подземной разработке полезных ископаемых. При вскрытии месторождения вертикальными стволами, оно включает проектирование с поверхности в шахту координат X , Y минимум одной точки и примыкание к ней (или к ним) на поверхности и в шахте. Проектирование координат X , Y на ориентируемый горизонт до настоящего времени выполняется шахтными отвесами [1], что требует длительной остановки ствола, наличия оборудования, спуска и подъема отвесов.

Предложенное С. В. Бегичевым [2] лазерное центрирование подземных маркшейдерских опорных сетей применения не нашло ввиду необходимости использования крупногабаритной дорогостоящей сложной аппаратуры, длительного простоя ствола и влияния многочисленных факторов на точность проектирования.

Поэтому новый гравитационный способ проектирования координат X , Y точек с поверхности на ориентируемый горизонт [3,4] исключает или значительно снижает указанные недостатки, является актуальным и имеет практическое значение.

Целью исследований является анализ погрешностей предложенного авторами статьи гравитационного способа [3,4] и определение их зависимости от определяющих факторов.

При проектировании координат X , Y с поверхности в шахту гравитационным способом необходимо установить зависимости и свести к минимуму влияние следующих основных погрешностей:

- схождение отвесных линий к центру сферической поверхности Земли;
- неравномерное движение воздуха в стволе;
- капеж в стволе.

Изучением воздействия воздушного потока на шахтный отвес занимались ученые СНГ Д. Н. Оглоблин, И. Г. Лисица, А. К. Сентемов, Н. А. Крякунов, П. И. Мустель и зарубежные ученые Вильский, Фокс, Эмшерман [5]. Установлено [1], что при наличии в стволах расстрелов и проводников движение воздуха в стволе становится хаотичным, учесть поведение отвеса весьма сложно. Поэтому до настоящего времени в неглубоких (до 100 м) стволах с незначительными скоростями воздушного потока проектирование выполняют неподвижным отвесом, а чаще - колеблющимся отвесом с наблюдениями на ориентируемом горизонте по двум взаимно перпендикулярным шкалам.

Проектирование точки гравитационным способом [3,4] представляет собой падение металлического шарика из направляющего отверстия с ускорением q_0 под действием силы тяжести, зависящей от расстояния R до центра Земли и силы сопротивления воздуха, которая зависит от скорости движения V , определяемой по формуле (1):

$$V = \sqrt{2q_0H}, \text{ м/с} \quad (1)$$

где H – глубина горизонта, м.

В таблице 1 приведены результаты расчета скорости падения шарика V от глубины горизонта H и продолжительности движения шарика по стволу T , вычисленной по формуле (2):

$$T = \frac{H}{V_{cp}}, \text{ с} \quad (2)$$

где V_{cp} – средняя скорость движения шарика по стволу, м/с.

По результатам расчета, приведенным в таблице 1, построены графики зависимости V от H и T от H .

Из таблицы 1 и рисунка 1 видно, что продолжительность падения шарика до горизонтов 500, 1000 и 1500 м составит соответственно 8, 11 и 13 секунд, что примерно в 2000 раз меньше продолжительности влияния на шахтный отвес воздушного потока и капежа, при проектировании традиционным способом. Последнее соотношение свидетельствует о преимуществе гравитационного способа проектирования по указанным факторам, в сравнении с традиционным центрированием подземной маркшейдерской опорной сети.

Таблица 1 – Расчетные скорость V и продолжительность T падения шарика в стволе

Глубина, H , м	Скорость, V , м/с	Средняя скорость, V_{cp} , м/с	Продолжительность падения шарика, $T_{шар}$, с
100	44,32	25,22	3,97
500	99,11	61,92	8,07
1000	140,16	90,53	11,05
1500	171,66	112,10	13,38

На рисунке 2 изображена схема для ее определения, откуда видно, что треугольники OAB и $OA_{ш}B_{ш}$ подобны, значит

$$\frac{L_{п}}{L_{ш}} = \frac{R}{R-H}, \quad (3)$$

где $L_n, L_{ш}$ – расстояния между отвесными линиями на поверхности и в шахте;

R – радиус Земли, равный 6371110м;

H – глубина ориентируемого горизонта.

Из уравнения (3) найдем расстояние между отвесными линиями на ориентируемом горизонте $L_{ш}$ и поправку за схождение отвесных линий ΔL :

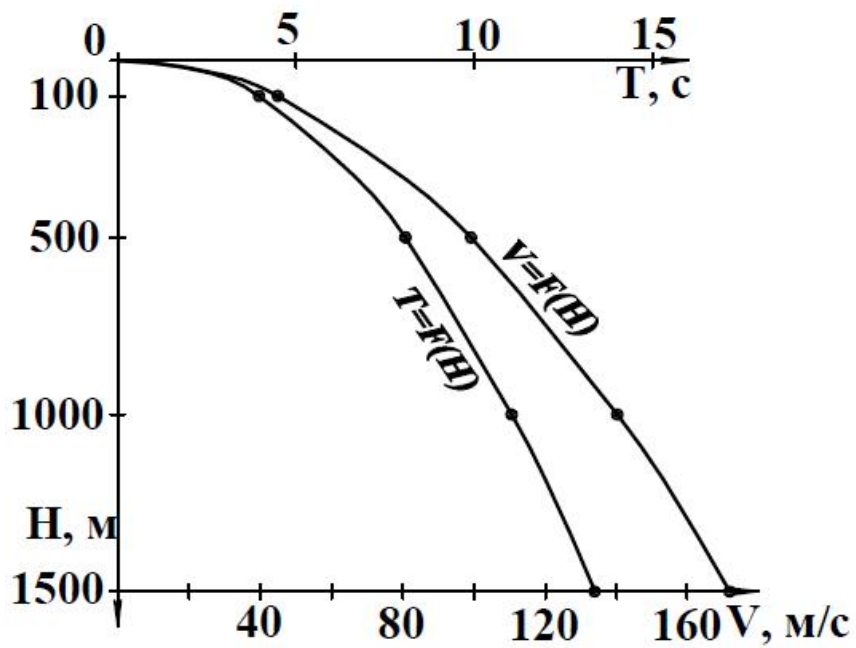


Рисунок 1 – Графики зависимости скорости V и продолжительности падения шарика T от глубины ориентируемого горизонта H

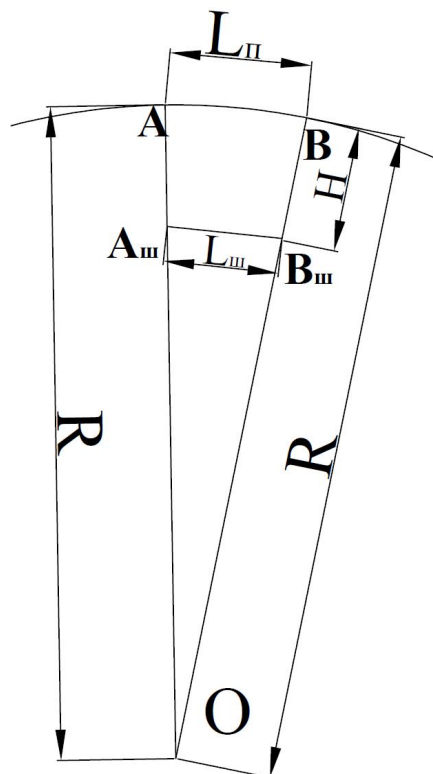


Рисунок 2 – Схема определения поправки за схождение отвесных линий к центру Земли

$$L_{\text{ш}} = \frac{L_{\text{п}}(R-H)}{R}; \quad (4)$$

$$\Delta L = L_{\text{п}} - L_{\text{ш}} = L_{\text{п}} - \frac{L_{\text{п}}R - L_{\text{п}}H}{R} = + \frac{L_{\text{п}}H}{R}, \quad (5)$$

$$\Delta L = + \frac{L_{\text{п}}H}{R}.$$

Поправку за схождение отвесных линий целесообразно учитывать также и при проектировании шахтными отвесами, при создании плановой опорной маркшейдерской сети в шахте, особенно при больших размерах шахтного поля и глубине более 1000м.

Примем L от 5м (при ориентировании через один вертикальный ствол) до 10 000м (фланговые стволы), H от 100м до 1500м и выполним расчет поправки за схождение отвесных линий.

Результаты вычислений по формуле (5) сведены в таблицу 2, по которым на рисунках 3 и 4 построены графики зависимости схождения отвесных линий от расстояния между ними и глубины ориентируемого горизонта.

Так как проектирование координат гравитационным способом может применяться и при ориентировании через два вертикальных ствола, т. е. при значительном расстоянии между «отвесами», то погрешность проектирования за счет схождения отвесных линий к центру Земли будет иметь систематический характер по направлению и преобладающей по величине.

Таблица 2 – Зависимость поправки за схождение отвесных линий (ΔL ,мм) от расстояния между ними L и глубины ориентируемого горизонта H

$L, \text{м}$ $H, \text{м}$	5	10	50	100	200	500	1000	2000	5000	10000
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

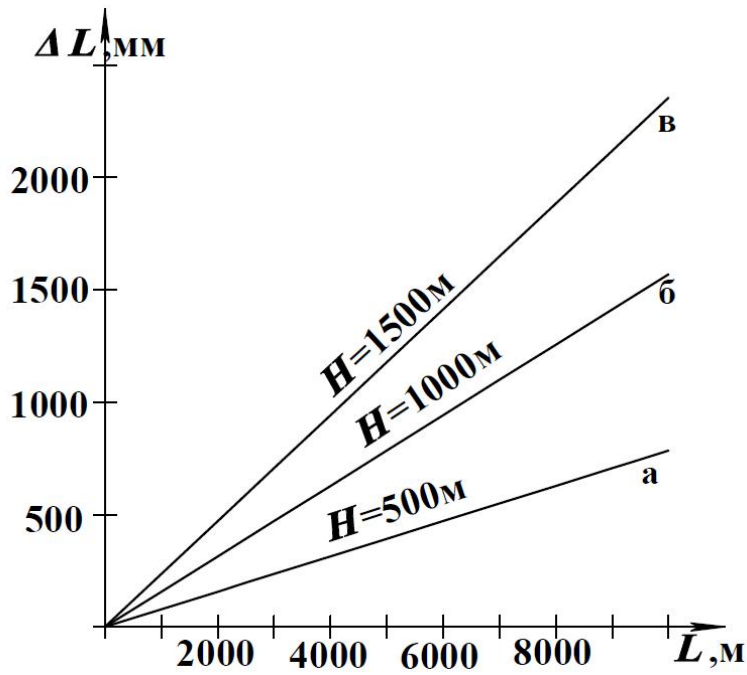


Рисунок 3 - График зависимости схождения отвесных линий ΔL от расстояния между ними L при H : а = 500м; б = 1000м; в = 1500м

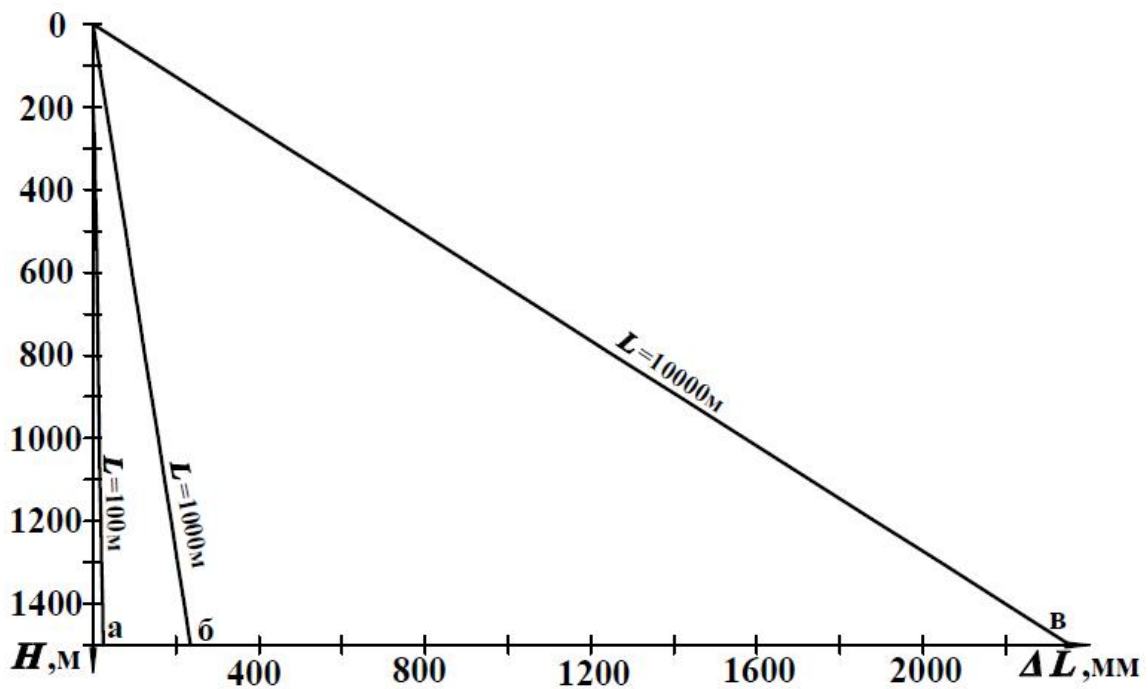


Рисунок 4 - Зависимость схождения отвесных линий ΔL от глубины ориентируемого горизонта H при L : а = 100м; б = 1000м; в = 10000м

Анализ результатов вычислений (таблица 2) и графиков зависимостей на рисунках 3,4 показывает, что при ориентировании через один вертикальный ствол поправка за схождение отвесных линий при глубине ориентируемого горизонта 1300м составляет 1мм в плоскости створа отвесов, что не превышает допуска [6] и ее легко учитывать. При ориентировании через два вертикальных ствола (при $L=50\text{м}$) поправка за схождение отвесных линий при глубине горизонта 1300м равна 10мм, что составляет $\frac{1}{5000}$ расстояния между отвесными линиями, но она не влияет на погрешность определения дирекционного угла ориентируемых сторон, так как находится в плоскости створа отвесов и ее нужно учитывать. При ориентировании через фланговые стволы и построении маркшейдерских опорных сетей поправку за схождение отвесных линий обязательно необходимо учитывать, так как при глубине горизонта 1000м и расстоянии между отвесными линиями 10000м поправка составляет 1,570м.

Выводы:

- преобладающая по величине, систематическая по знаку поправка за схождение отвесных линий при ориентировании через один вертикальный ствол не превышает допустимой «Инструкцией ...» величины даже при глубине горизонта 1300м и ее легко учитывать;

- при ориентировании через два вертикальных ствола, расположенных на одной промплощадке, поправка за схождение отвесных линий находится в плоскости створа отвесных линий, поэтому не оказывает существенного влияния на определение дирекционного угла, но для повышения точности подземной маркшейдерской опорной сети ее необходимо учитывать;

- при построении подземных маркшейдерских опорных сетей глубоких шахт больших размеров поправку за схождение отвесных линий необходимо учитывать, так как при $H=1000\text{м}$ и $L=10000\text{м}$ она составит 1,570м;

- продолжительность влияния воздушного потока и капежа при гравитационном способе примерно в 2000 раз меньше, чем при традиционном проектировании шахтными отвесами при ориентировании через один вертикальный ствол;

- приведенные преимущества, совместно с перечисленными ранее [3], позволяют рекомендовать гравитационный способ проектирования координат через вертикальные стволы к широкому внедрению при разработке полезных ископаемых подземным способом.

Библиографический список:

1. Лисица И. Г. О проектировании отвесами при геометрическом ориентировании шахт / И. Г. Лисица // Горный журнал. М. – 1963. - №8. – С. 49-52.

2. Бегичев С. В. Лазерное центрирование подземных маркшейдерских опорных сетей // Изв. вузов. Горный журнал. Св-к. – 1988. - №9. - С.35-38.

3. Ларченко В. Г. Способ проектирования координат точек с поверхности в шахту / В. Г. Ларченко, Е. А. Денисенко // Сборник научных трудов ДонГТУ, Вып. 32. – Алчевск: ДонГТУ, 2010. – С. 95-100.

4. Пат. 56401 U Україна, МПК G 01 C 15/12 Спосіб проектування координат точок з поверхні на горизонт при орієнтуванні шахт. / В.Г.Ларченко, О.О.Денисенко (Україна). Донбаський державний технічний університет (Україна). - №и201008687, заяв. 12.07.2010, опубл. 10.01.2011, Бюл. №1.

5. Маркшейдерское дело: учеб. для вузов / И. Н. Ушаков, Д. А. Козаковский, Г. А. Кротов и др.; под ред. И. Н. Ушакова. [3-е изд. перераб. и доп.]. – М.: Недра, 1989. – 437 с. (часть II).

6. Маркшейдерські роботи на вугільних шахтах та розрізах: Інструкція / [Ред. коміс.: М.Є. Коплонець (голова) та ін.] – Донецьк: ТОВ «Алан», 2001. - 264с.

Рекомендована к печати д.т.н., проф. Клишиным Н.К.