# *ГЕОДЕЗИЯ, ГЕОМЕХАНИКА И ПОДЗЕМНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО*

# *GEODESY, GEOMECHANICS AND UNDERGROUND CONSTRUCTION*

УДК 622.23.05

**А.Г.АЛЕКСЕНКО**, *студентка, asyaalexenko@yandex.ru*
*Санкт-Петербургский государственный горный университет*

**A.G.ALEXENKO**, *student, asyaalexenko@yandex.ru*
*Saint Petersburg State Mining University*

## МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МАРКШЕЙДЕРСКОГО ГИРОКОМПАСА МВТ-2

Для надежной работы маркшейдерского гирокомпаса необходима его поверка. Поверки может выполнить сам исполнитель работ, так как для этого не нужно иметь эталонные базисы или полигоны. Предложена методика выполнения такой поверки. Результаты экспериментов свидетельствуют о надежности предложенного способа поверки.

***Ключевые слова*:** гирокомпас, поверки, метрология.

## GYROCOMPASS MVT-2 METROLOGICAL RESEARCHES

For reliable operation of surveying gyrocompass must periodically carry out its verification. Verification can make himself executor of works, since it does not need to have a reference bases or polygons. The paper proposed a method of performance of such verification. The experimental results demonstrate the reliability of the proposed method of verification.

***Key words*:** gyrocompass, verification, metrology.

Для достижения высокой точности и надежности результатов гироскопического ориентирования маркшейдерских подземных сетей необходимо периодически выполнять поверки и калибровки маркшейдерских гирокомпасов. В настоящее время эта задача возложена на метрологическую службу. Зачастую метрологические центры от предприятий на значительные расстояния и приборы для поверки должны быть отправлены за сотни, а иногда даже за тысячи километров. После поверок прибор возвращается потребителю со свидетельством о поверке и в этот момент ответственность метрологического центра за результаты работы прибора заканчивается. Причем маркшейдеру никто не может гарантировать точность результатов поверки и того, что при длительной перевозке прибор не был разъюстирован. Соответственно специалист обязательно проверит прибор самостоятельно, у себя на предприятии. Таким образом, навязанная и дорогостоящая процедура поверок средств измерения практической ценности для маркшейдера не имеет.

Маркшейдерский гирокомпас является одним из самых сложных по своему устройству и принципу действия маркшейдерских приборов. Он служит для определения дирекционных углов при ориентировании подземных маркшейдерских сетей.

Внедрение в практику маркшейдерских работ гирокомпасов позволяет значительно повысить точность планового положения пунктов подземной опорной сети и решить проблему ориентирования горных выработок на глубоких горизонтах. Например, осуществить сбойку Евротоннеля под проливом Ла-Манш длиной 50 км без применения гирокомпасов было бы невозможно[*].

Применение гироскопического ориентирования – важная составляющая современного горного дела – дает следующие преимущества:

• сокращается объем работ при создании опорных сетей, так как гиростороны надежно контролируют угловые измерения и благодаря этому исключается необходимость прокладки повторных (контрольных) ходов;

• снижается требование к точности измерения горизонтальных углов, что также повышает производительность труда при прокладке полигонометрических ходов;

• уменьшается влияние случайных ошибок угловых измерений, в результате чего значительно повышается точность планового положения пунктов сети.

Гирокомпас – прибор весьма индивидуальный, при работе с ним необходимо учитывать множество тонкостей. Чаще всего на производстве с ним работает всего один исполнитель. Отправлять гирокомпас для определения его метрологических характеристик в центры поверок нецелесообразно.

Для определения дирекционного угла стороны при помощи гирокомпаса требуется выполнить следующие операции:

1. Гироскопическое ориентирование – определение «местной» поправки гирокомпаса. Для этого рассчитывают гироскопический азимут стороны с известным дирекционным углом

$$\delta_м = \alpha_0 - \Gamma_0.$$

2. Гироазимут искомой стороны

$$\Gamma = N - N_0 + \varepsilon,$$

где $N$ – примычное направление; $N_0$ – положение равновесия чувствительного элемента (ЧЭ); $\varepsilon$ – поправка за закручивание; $\Gamma$ – среднее значение гироскопического азимута сторон,

$$\Gamma = (\Gamma' + \Gamma'')/2,$$

$\Gamma'$ и $\Gamma''$ – гироскопические азимуты ориентируемых сторон.

3. Поправка «за сближение меридианов»

$$\delta_\gamma = \mu(Y_0 - Y).$$

4. Дирекционный угол

$$\alpha = \Gamma + \delta_м + \delta_у.$$

Соответственно главной метрологической характеристикой маркшейдерского гирокомпаса является среднеквадратическая погрешность (СКП) определения гироазимута. Именно это значение гарантирует высокую точность измерений данного прибора, поскольку по нему получаем дирекционный угол.

Существующие ныне методики определения СКП основаны на многократном определении гироазимута одной и той же стороны, что вызывает сомнение в точности данной методики.

Разработана схема определения среднеквадратической ошибки определения гироазимута, позволяющая определять СКП гирокомпаса в производственных условиях (см. рисунок). Во время исследований был применен гирокомпас маркшейдерский МВТ-2 и его теодолитная часть Т-5. Данные практические исследования проводились в аудиторных условиях.

За исходные направления принимались три неподвижных отвеса ($H_I$, $H_{II}$ и $H_{III}$).

Вначале углы между направлениями были многократно измерены теодолитной приставкой гирокомпаса методом круговых приемов (СКП теодолита 5″). Далее направ-

[*] *Голованов В.А.* Гироскопическое ориентирование / СПГГИ. СПб, 2004.

*Golovanov V.A.* Gyroscopic orientation / Saint Petersburg State Mining Institute. 2004.

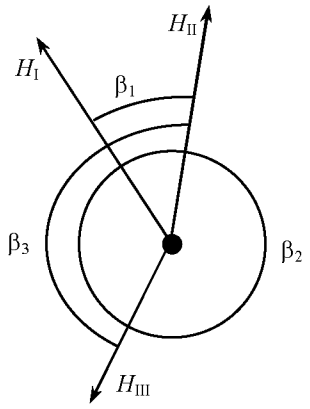



Схема измерений

ления, образующие углы $\beta_1$, $\beta_2$, $\beta_3$, были определены с помощью гирокомпаса. Искомые углы определяются через гироазимуты по следующим формулам:

$$\beta_1 = \Gamma_{H_{II}} - \Gamma_{H_I};$$

$$\beta_2 = 360 - \Gamma_{H_{II}} + \Gamma_{H_{III}};$$

$$\beta_3 = \Gamma_{H_I} - \Gamma_{H_{III}}.$$

Три гиростороны определялись по 10 раз каждая, независимо, по четырем точкам реверсии.

В результате были получены 30 значений гироазимутов (табл.1).

*Таблица 1*

**Результаты измерений направлений гирокомпасом**

| Номер измерения | $\Gamma_1$ | $\Gamma_2$ | $\Gamma_3$ |
|---|---|---|---|
| 1 | 298°50′ 37″ | 324°38′ 33″ | 158° 10′ 12″ |
| 2 | 298 49 48 | 324 39 16 | 158 10 07 |
| 3 | 298 49 35 | 324 38 16 | 158 09 50 |
| 4 | 298 49 48 | 324 38 30 | 158 10 14 |
| 5 | 298 49 31 | 324 38 54 | 158 09 59 |
| 6 | 298 49 48 | 324 37 42 | 158 09 47 |
| 7 | 298 49 27 | 324 37 40 | 158 10 12 |
| 8 | 298 49 47 | 324 38 27 | 158 10 14 |
| 9 | 298 48 51 | 324 38 37 | 158 10 27 |
| 10 | 298 49 52 | 324 38 08 | 158 09 55 |

Отбраковка полученных результатов в данном исследовании не проводилась, но при дальнейшем использовании методики целесообразно применять критерии Граббса – Смирнова, которые используются для оценки независимых нормально распределенных результатов определения одной и той же величины (ГОСТ Р ИСО 5725-2-2002 «Точность методов и результатов измерений»).

Далее при обработке результатов использовались средние значения углов $\beta_1$, $\beta_2$, $\beta_3$ из круговых приемов, в данном случае рассматриваемые как более точные, эталонные значения (табл.2).

*Таблица 2*

**Результаты измерений углов между направлениями методом круговых приемов**

| Номер измерения | $\beta_1$ | $\beta_2$ | $\beta_3$ |
|---|---|---|---|
| 1 | 25° 48′ 33″ | 140°39′ 27″ | 193° 32′ 00″ |
| 2 | 25 48 41 | 140 39 20 | 193 31 59 |
| 3 | 25 48 25 | 140 39 34 | 193 32 01 |
| 4 | 25 48 33 | 140 39 10 | 193 32 17 |
| 5 | 25 48 34 | 140 39 12 | 193 32 14 |
| 6 | 25 48 49 | 140 39 37 | 193 31 34 |
| 7 | 25 48 33 | 140 39 37 | 193 31 50 |
| 8 | 25 48 53 | 140 39 32 | 193 31 35 |

Для вычисления СКП гироазимута использовались два стандартных способа обработки равноточных измерений по методу наименьших квадратов – параметрический и корреляционный*. Оба способа показали один и тот же результат. Параметрический метод как менее трудоемкий рекомендован к дальнейшему использованию.

За предварительный параметр гироазимута $\Gamma_0$ принималось значение 298° 50′ 00″. Далее составлялась матрица $L$ разниц каждого измеренного направления от предварительного параметра.

С помощью этой матрицы были найдены поправки к измеренным направлениям, сводящие их значения под эталонные углы, измеренные теодолитом, и составлена матрица $V$ поправок:

* *Гудков В.М.* Математическая обработка маркшейдерско-геодезических измерений / В.М.Гудков, А.В.Хлебников. М., 1990.

*Gudkov V.M., Hlebnikov A.V.* Mathematical treatment of the surveyor-geodetic measurements. Moscow, 1990.

$$\sum_{i=0}^{29} L_i = 656;$$

$$\delta r = -656 \div 30;$$

$$\delta r = -21{,}867;$$

$$V = L + \delta r.$$

Таким образом, мы получили ошибку измерения одной гиростороны, равную 26,6″ при паспортном значении ошибки 30″:

$$\mu = \sqrt{V^T V \div 29};$$

$$\mu = 26{,}6.$$

Близкие результаты, полученные разными методами обработки, доказывают, что найденную ошибку можно считать верной. Заниженное значение СКП по сравнению с паспортной можно объяснить аудиторными условиями проведения наблюдений.

Таким образом, данная методика позволяет получить истинную среднеквадратическую погрешность определения гироазимута маркшейдером на производстве, не отправляя прибор в метрологические центры.

Научный руководитель канд. техн. наук, доцент *В.А.Голованов*