

СПОСОБ УЧЕТА ИЗМЕНЕНИЯ ПОСТОЯННОЙ  
ПОПРАВКИ ГИРОТЕОДОЛИТА

Одна из основных причин изменения постоянной поправки гироскопа — изменение величины разбалансировки чувствительного элемента в процессе эксплуатации прибора. Погрешности гироскопического ориентирования, вызванные изменениями постоянной поправки прибора, исключают путем периодического эталонирования гироскопа по направлениям с известными астрономическими азимутами или дирекционными углами. Периодичность повторного эталонирования из сложившегося производственного опыта разные авторы устанавливают по-разному [2, 4—6].

Принимая основным условием для повторного эталонирования время работы гироскопа, выраженное в пусках или днях, некоторые авторы полагают, что изменение постоянной поправки прибора от пуска к пуску носит случайный характер.

Основная задача, которую мы ставили, — установление способа учета изменения постоянной поправки гироскопа.

Известно [1—3], что смещение плоскости симметрии ротора гироскопа относительно его статора вызывает изменение разбалансировки чувствительного элемента. Изменение разбалансировки определяется формулой

$$\Delta \varepsilon_{\text{разб}} = \frac{K \Delta t}{\cos \varphi} \left( \frac{C_1 - C_2}{C_1 + C_2} \right), \quad (1)$$

где  $\Delta t$  — изменение перепада температур между ротором и статором гироскопа;  $\varphi$  — широта места наблюдения;  $C_1, C_2$  — суммарная жесткость подшипников и крышек гироскопа соответственно левой и правой сторон;  $K$  — коэффициент, определяемый формулой

$$K = \frac{\cos \Theta_c}{l \omega_3} \frac{L}{2} \alpha_k. \quad (2)$$

Коэффициент  $K$  для данного гироскопа — величина постоянная. В формуле (2)  $\Theta_c$  — направление смещения центра тяжести чувствительного элемента;  $L$  — расстояние между шарикоподшипниками;  $\omega_3$  — угловая скорость вращения Земли;  $\alpha_k$  — температурный коэффициент расширения материала ротора;  $l$  — смещение по оси прецессии центра масс гироскопа.

Мы исследовали изменения постоянной поправки прибора для трех гироскопов. Программа исследований включала гироскопическое определение дирекционных углов сторон хода (рисунок) по четырем пускам на каждой точке. Результаты исследований одного из гироскопов приведены в данной статье.

Средняя квадратическая погрешность определения дирекционного угла из одного пуска, вычисленная по внутренней сходимости, составила  $M\alpha \pm 3,7''$ . Дирекционный угол каждой стороны хода определялся в прямом и обратном направлениях и по их значениям найдены разности  $d'$  (табл. 1)

$$d' = \alpha'_{\text{пр}} - \alpha'_{\text{обр}} \pm 180^\circ, \quad (3)$$

где  $\alpha'_{\text{пр}}$  и  $\alpha'_{\text{обр}}$  — измеренные дирекционные углы.

Для всего хода при определении  $\alpha'_{\text{пр}}$  и  $\alpha'_{\text{обр}}$  была взята поправка прибора  $\Delta = 90^\circ 06' 58,8''$ , полученная перед началом исследований по твердому направлению на исходном пункте  $B$ .

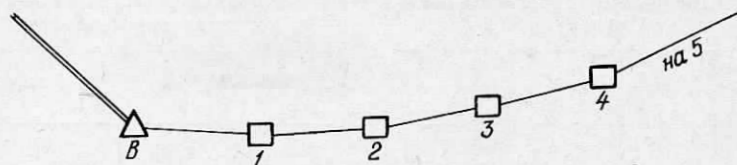


Схема хода.

Легко показать, что в полигонометрическом ходе с измеренными дирекционными углами

$$\Sigma d' = f\beta, \quad (4)$$

где  $f\beta$  — угловая невязка хода при переходе от измеренных направлений к измеренным углам поворота. При отсутствии систематических погрешностей и достаточном количестве измерений должно выполняться условие  $\Sigma d' \rightarrow 0$ . Для исследуемого гиротеодолита  $\Sigma d' = +18,6''$  (табл. 1). Разности имеют преимущественно одинаковый знак, что свидетельствует о наличии систематических погрешностей, вызванных изменением инструментальной поправки прибора. Гироскопические измерения на всех пунктах хода выполняли по одной программе, состоящей из четырех пусков с перерывами между определениями на каждой точке не менее 3 ч. Поэтому погрешности, вызываемые температурной разбалансировкой, исключались. По-видимому, изменение постоянной поправки прибора от пункта к пункту будет определяться изменением жесткости подшипников ротора. Поскольку величины  $C_1$  и  $C_2$  являются функцией от времени работы гиромотора, то изменение поправки на один пуск в данном случае составит

$$\delta\alpha = \frac{\Sigma d'}{n - k} = +0,365''. \quad (5)$$

В формуле (5) общее количество пусков  $n = 55$  соответствует числу пусков на момент завершения наблюдений на последнем пункте, включая пуски, выполненные между определениями на-

правлений сторон хода. При вычислении  $\delta\alpha$  из общего числа исключено  $k$ , равное четырем пускам, выполненным при эталонировании на исходном пункте  $B$ . Изменение поправки на  $i$ -м пункте определим по формуле

$$\delta\alpha_i = \delta\alpha(n_i - k), \quad (7)$$

где  $n_i$  — количество пусков на конец наблюдений на  $i$ -м пункте, включая пуски, выполненные между определениями направлений сторон хода;  $i=1, 2, \dots$  — номер пункта, на котором определялся соответствующий дирекционный угол (табл. 2).

Таблица 1

Таблица 2

Значение разностей  $d'$   
по измеренным дирекционным  
углам

Значения  $\delta\alpha_i$  изменения  
поправки и исправленная  
поправка гиротеодолита

Пункт	$\alpha'_{пр}$	$\alpha'_{обр}$	$d'$
$B$			—
1	334°42'50,4"	39,7"	+10,7"
2	325 42 45,3	41,4	+ 3,9
3	321 03 08,2	09,4	— 1,2
4	327 28 07,1	01,9	+ 5,2
5	346 32 19,6		

Пункт	$n_i$ при $k=4$	$\delta\alpha_i$	$\Delta_i$
$B$	4	—	90°06'58,8"
1	25	+ 7,7"	90 07 06,5
2	41	+13,5	90 07 12,3
3	51	+17,2	90 07 16,0
4	55	+18,6	90 07 17,4

$$\Sigma d' = +18,6''$$

$$n=55 \quad \delta\alpha = +0,365''$$

В табл. 2 для каждой точки хода приведены значения исправленной инструментальной поправки

$$\Delta_i = \Delta + \delta\alpha_i. \quad (7)$$

Из табл. 2 видно, что при наличии в ходе разностей  $d'$  одного знака, изменение поправки гиротеодолита пропорционально числу пусков, а знак изменения поправки соответствует знаку разностей. Так как

$$\alpha = \alpha_{гир} + \Delta - \gamma + \delta_A + \delta + c_r, \quad (8)$$

где  $\alpha$  — дирекционный угол стороны;  $\alpha_{гир}$  — гироскопический азимут этой стороны;  $\Delta$  — постоянная поправка гиротеодолита;  $\gamma$  — сближение меридианов;  $\delta_A$  — поправка за уклонение отвесной линии;  $\delta$  — поправка за редуцирование на плоскость проекции Гаусса;  $c_r$  — поправка за центрировку и редукцию, то изменение постоянной поправки гиротеодолита соответствует изменению дирекционных углов. Поэтому в гирополигонометрических ходах исправление дирекционных углов, вычисленных с первоначальной поправкой  $\Delta$ , следует выполнять следующим образом:

$$\alpha_{пр} = \alpha'_{пр} + \delta\alpha_i; \quad \alpha_{обр} = \alpha'_{обр} + \delta\alpha_i. \quad (9)$$

В нашем случае введение поправок  $\delta\alpha_i$  в измеренные дирекционные углы (табл. 3) позволило значительно повысить точность определения последних. Исправленные таким образом

средние дирекционные углы направлений ( $\alpha_{\text{ср}}$ ) имеют хорошую сходимость с дирекционными углами направлений ( $\alpha_{\text{п}}$ ), полученными из полигонометрии 4 кл. В случае одиночных гироскопических определений вычисление дирекционных углов следует производить по формуле (8), используя исправленную согласно формуле (7) инструментальную поправку.

Таблица 3  
Значения  $d_{\text{ср}}$  исправленных дирекционных углов

Пункт	$\alpha_{\text{пр}}$	$\alpha_{\text{обр}}$	$d$	$\alpha_{\text{ср}}$	$\alpha_{\text{п}}$	$V$
B	334°42'50,4"	47,4"	+3,0"	48,9"	49,5"	-0,6"
1	325 42 53,0	54,9	-1,9	54,0	55,8	-1,8
2	321 03 21,7	26,6	-4,9	24,2	23,8	+0,4
3	327 28 24,3	20,5	+3,8	22,4	20,6	+1,8
4	346 32 38,2	—	—	38,2	39,0	-0,8
5						

Закономерность изменения инструментальной поправки была также выявлена по результатам наблюдений контрольного направления, гироскопические определения на котором выполнялись после измерений на каждой точке хода. Изменения постоянной поправки за один пуск из этих наблюдений составили  $\delta\alpha = +0,323''$ , что хорошо согласуется с полученным ранее по формуле (5) результатом.

Изменение постоянной поправки для других гиротеодолитов составило  $+0,1''$  и  $+0,3''$ .

Следовательно, время между повторными эталонированиями можно увеличить, если из предварительных исследований получена величина  $\delta\alpha$ , которую определяют из повторных эталонирования или по разностям  $d'$ ; кроме того, введение поправок  $\delta\alpha_i$  существенно повышает точность гироскопического ориентирования.

**Список литературы:** 1. *Аганов А. В.* Гироскопы. Производство и исследование. М. Машиностроение, 1969. 2. *Воронков Н. Н., Ашимов Н. М.* Гироскопическое ориентирование. М., Недра, 1973. 3. *Ковалев М. П.* Опоры и подвесы гироскопических устройств. М., Машиностроение, 1970. 4. *Кутырев В. В., Макаров И. А.* Определение ориентирных направлений с точностью 5—7" гиротеодолитами. — Геодезия и картография, 1973, № 10. 5. *Сидорик Р. С., Русин М. И.* О точности определения истинных азимутов гиротеодолитами ГИ-Б2. — Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка, 1973, № 1. 6. *Сидорик Р. С., Шевчук П. М., Яцюк И. И.* О точности ориентирования направлений гиротеодолитами ГИ-Б2. — Геодезия, картография и аэрофотосъемка, 1977, вып. 26. 7. *Торочков В. Ю.* Гиротеодолиты. М., Недра, 1970.

Работа поступила в редколлегию 18 января 1978 года. Рекомендована кафедрой геодезии Львовского политехнического института.