

## О ТЕМПЕРАТУРНОЙ РАЗБАЛАНСИРОВКЕ ГИРОМОТОРОВ ГИРОТЕОДОЛИТОВ

Один из факторов, влияющих на точность работы гироскопов, — нестабильность положения центра тяжести гироскопов. С повышением точности гироскопического ориентирования нестабильность центра тяжести гироскопов от их саморазогрева становится определяющей погрешностью.

Значение смещения центра тяжести в лабораторных условиях определяют на специальных установках [1]. По результатам лабораторных исследований дают рекомендации по совершенствованию конструкции гироскопов для уменьшения смещения.

Поскольку смещение центра тяжести гироскопа от саморазогрева наблюдается практически в каждом гироскопе, необходимо исследовать значение погрешности, вызываемой этим смещением. Смещение центра тяжести гироскопа от саморазогрева называется температурной разбалансировкой чувствительного элемента и определяется формулой [2]

$$\Delta \epsilon_{\text{разб}} = \epsilon_{\text{разб}} \frac{\Delta v_e}{v_e}, \quad (1)$$

где  $\Delta \epsilon_{\text{разб}}$  — температурная разбалансировка чувствительного элемента;  $\epsilon_{\text{разб}}$  — разбалансировка чувствительного элемента, определяемая формулой  $\epsilon_{\text{разб}} \approx - \frac{\cos \theta_c}{l \omega_3 \cos \varphi} v_e$ ;  $v_e$  — линейная скорость смещения центра тяжести чувствительного элемента;  $l$  — плечо маятника — смещение по оси прецессии центра масс

гироскопа от точки подвеса;  $\omega_3$  — угловая скорость вращения Земли;  $\varphi$  — широта точки наблюдения;  $\Theta_c$  — направление смещения относительно главной оси;  $\Delta v_e$  — изменение скорости смещения центра тяжести.

Формулу (1) преобразуем, заменив значение величины  $\epsilon_{\text{разб}}$ ,

$$\Delta \epsilon_{\text{разб}} \approx - \frac{\cos \Theta_c}{l \omega_3 \cos \varphi} \Delta v_e. \quad (2)$$

Учитывая, что смещение центра тяжести чувствительного элемента в основном вызывается смещением центра тяжести гиromотора,  $\Delta v_e$  найдем из формулы [1]

$$\Delta v_e = \frac{L \alpha \Delta t (c_1 - c_2)}{2 (c_1 + c_2)}, \quad (3)$$

где  $L$  — расстояние между подшипниками гиromотора;  $\alpha$  — коэффициент линейного расширения материала ротора гиromотора;  $\Delta t$  — перепад температур между ротором и статором;  $c_1$ ,  $c_2$  — суммарные жесткости крышки и шарикоподшипника соответственно левой и правой сторон гиromотора.

Формулу (3) можно преобразовать, если допустить, что в течение нескольких следующих один за другим пусков величины  $c_1$ ,  $c_2$  для данного гиротеодолита постоянны. Обозначим

$$\frac{L \alpha (c_1 - c_2)}{2 (c_1 + c_2)} = k_1, \quad (4)$$

тогда

$$\Delta v_e = k_1 \Delta t. \quad (5)$$

Заменяя величину  $\Delta v_e$  в формуле (2) ее значением из формулы (5), получаем

$$\Delta \epsilon_{\text{разб}} \approx - \frac{k_1 \Delta t \cos \Theta_c}{l \omega_3 \cos \varphi}. \quad (6)$$

Упростим формулу (6), полагая, что величина  $\Theta_c$  для данного гиротеодолита постоянна. Все постоянные члены формулы обозначим через  $k$

$$\Delta \epsilon_{\text{разб}} \approx - \frac{k \Delta t}{\cos \varphi}. \quad (7)$$

Таким образом, формула (7) устанавливает зависимость температурной разбалансировки чувствительного элемента гиротеодолита от перепада температур между ротором и статором гиromотора.

Для определения температурной разбалансировки чувствительного элемента производились исследования гиротеодолита ГИ—В2М, в котором был установлен электронный термометр для определения величины  $\Delta t$ .

Программа исследований включала измерение «постоянной» поправки гиротеодолита в нескольких сериях, состоящих из четырех пусков каждая. Величину  $\Delta t$  измеряли в начале и в конце каждого пуска. Серии пусков производили при различной температуре окружающей среды в дневное и ночное время суток при спокойных изображениях визирной цели. Перепад температур между сериями достигал  $20^\circ \text{C}$ . Результаты измерений приведены в таблице.

Изменение «постоянной» поправки гиротеодолита между последовательными пусками в сериях

Серия	$\Delta t = +2^\circ \text{C}$			$\Delta t = +6^\circ \text{C}$			$\Delta t = +6^\circ \text{C}$			Вычисления
	$\Delta \varepsilon_{\text{разб}_2}$	$\delta$	$\delta^2$	$\Delta \varepsilon_{\text{разб}_3}$	$\delta$	$\delta^2$	$\Delta \varepsilon_{\text{разб}_4}$	$\delta$	$\delta^2$	
1	-5,0"	-8,4"	70,5	+ 4,0"	-3,9"	15,2	+ 6,0"	-0,8"	0,6	$M \Delta \varepsilon_{\text{разб}_2} =$ $= \pm 1,5$
2	+7,0	+3,6	12,9	+11,0	+3,1	9,6	+ 5,0	-1,8	3,2	
3	+3,0	-0,4	0,2	+ 8,0	+0,1	0,0	+ 6,0	-0,8	0,6	$M \Delta \varepsilon_{\text{разб}_3} =$ $= \pm 1,1$
4	+6,0	+2,6	6,7	+ 9,0	+1,1	1,2	+13,0	+6,2	38,4	
5	+4,0	+0,6	0,4	+ 9,0	+1,1	1,2	—	—	—	$M \Delta \varepsilon_{\text{разб}_4} =$ $= \pm 1,4$
6	+4,0	+0,6	0,4	+10,0	+2,1	4,4	+ 5,0	-1,8	3,2	
7	+5,0	+1,6	2,6	+ 4,0	-3,9	15,2	+ 6,0	-0,8	0,6	
Среднее $\Sigma$	+3,4		93,7	+ 7,9		46,8	+ 6,8		46,6	

В таблице значение  $\Delta \varepsilon_{\text{разб}}$  определяли по формуле

$$\Delta \varepsilon_{\text{разб}} = \Delta_n - \Delta_1, \quad (8)$$

где  $\Delta_1$  — «постоянная» поправка прибора, определяемая в первом пуске серии;  $\Delta_n$  — «постоянная» поправка прибора, определяемая в последующем пуске.

Найдем для данного гиротеодолита из таблицы коэффициент температурной разбалансировки по формуле

$$k = - \frac{[\Delta \varepsilon_{\text{ср}}] \cos \varphi}{[\Delta t]} = - 0,8 \frac{c}{\text{рад}}. \quad (9)$$

Анализируя результаты таблицы, заключаем, что средняя квадратическая погрешность величины  $\Delta \varepsilon_{\text{разб}}$  из одного определения составляет  $\pm 3''$ . Следовательно, точность гироскопического ориентирования одним пуском, определенная по внутренней сходимости, будет  $\pm 2-3''$ . Точность гироскопического ориентирования одним пуском по внутренней сходимости, вычисленная без учета температурной разбалансировки, для этого же гиротеодолита составит  $\pm 5-6''$ .

Таким образом, учет температурной разбалансировки гиromотора при точном гироскопическом ориентировании имеет важное значение.

**Список литературы:** 1. *Агапов А. В.* Гироскопы. Производство и исследование. М., Машиностроение, 1969. 2. *Воронков Н. Н., Ашимов Н. М.* Гироскопическое ориентирование. М., Недра, 1973.

Работа поступила 23 декабря 1977 года.  
Рекомендована кафедрой геодезии Львовского политехнического института.