

# ПРИБОР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ШИРОТЫ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ОБЪЕКТА С ПОМОЩЬЮ ГИРОМАЯТНИКА

Е. Н. БЕЗВЕСИЛЬНАЯ

Киевский политехнический институт

Поступило 25 сентября 1982 г.

Представлено проф. д-р. О. Петрик

Гироскопические способы определения географической широты имеют определенные преимущества по сравнению с другими методами (радиотехническими, астрономическими и проч.), заключающиеся прежде всего в автономности измерений, относительной простоте реализации, помехозащищенности и т.п. Однако известные схемы гиросирот, основанные на использовании гироскопа Фуко II рода [1] или гиромаятниковой вертикали [2], не получили распространения вследствие больших методических и инструментальных погрешностей. В настоящей статье рассмотрена двухканальная схема определения географической местоположения объекта, включающая в себя гиромаятник в кардановом подвесе с горизонтально расположенной осью вращения гироскопа.

Рассмотрим трехстепенный гиромаятник, расположенный в некоторой точке А на земной поверхности, принимаемой за сферу радиуса  $R$  (см. рис.). Центр масс гиромаятника смещен вдоль оси вращения гироскопа, которая расположена перпендикулярно плоскости географического меридиана. Ось  $z$  наружной рамки карданова подвеса гиромаятника направлена по линии отвеса, составляющей с плоскостью экватора угол географической широты  $\varphi$ . Гиромаятник снабжен электрическими датчиками угла  $\Delta U_1$  и  $\Delta U_2$ , а также датчиками момента  $DM_1$  и  $DM_2$ , образующими две системы коррекции. Для пояснения сущности способа определения угла  $\varphi$  обратимся к укороченным линеаризованным уравнениям движения прибора, справедливым в рамках прецессионной теории [1]:

$$\begin{aligned} H(\dot{\beta} + \omega_3 \cos \varphi) + k_1 \beta + n_1 \dot{\alpha} &= mlw_r; \\ H(\dot{\alpha} + \omega_3 \sin \varphi) + k_2 \alpha + n_2 \dot{\beta} &= mlw_s, \end{aligned} \quad (1)$$

где  $\alpha, \beta$  — углы поворота рамок карданова подвеса гиромаятника;  $H$  — кинетический момент гироскопа;  $k_1, k_2$  — коэффициенты, характеризующие крутизну характеристик коррекции;  $n_1, n_2$  — коэффициенты вязкого трения;  $\omega_3$  — угловая скорость суточного

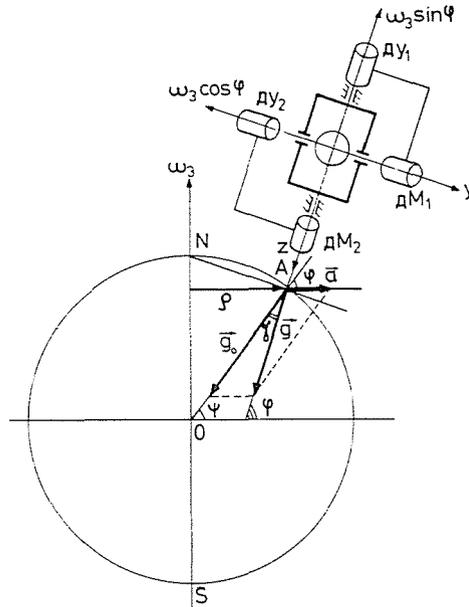


Рис. 1

вращения Земли;  $m$  — масса подвижной части прибора;  $l$  — смещение центра масс гиromотора относительно точки пересечения осей карданова подвеса;  $w_v, w_r$  — вертикальная и горизонтальная составляющие линейного ускорения, действующего на гиromаятник, определяемые формулами [2]

$$w_v = g_0 \cos \gamma - a \cos \varphi; \quad (2)$$

$$w_r = -g_0 \sin \gamma + a \sin \varphi,$$

где  $\gamma = \varphi - \psi$ ;  $\psi$  — геоцентрическая широта точки А;  $g_0$  — ускорение земного тяготения;  $a = \omega_3^2 R \cos \psi$  — центробежное ускорение, обусловленное вращением Земли.

Установившиеся значения углов  $\alpha^*$  и  $\beta^*$  поворота рамок карданова подвеса гиromаятника найдем из формул (1)

$$\alpha^* = \frac{mlw_v}{k_2} - \frac{H\omega_3 \sin \varphi}{k_2}; \quad \beta^* = \frac{mlw_r}{k_1} - \frac{H\omega_3 \cos \varphi}{k_1}. \quad (3)$$

Если изменить направление вращения ротора гироскопа на противоположное, то вместо формул (3) получим

$$d_1^* = -\frac{mlw_B}{k_2} - \frac{H\omega_3 \sin \varphi}{k_2}; \quad \beta_1^* = -\frac{mlw_r}{k_1} - \frac{H\omega_3 \cos \varphi}{k_1}. \quad (4)$$

Если сформировать сигналы, пропорциональные сумме и разности статических углов поворота гиросмаятника, то из полученных выражений

$$u_1 = \alpha^* + \alpha_1^* = -\frac{2H\omega_3}{k_2} \sin \varphi; \quad u_2 = \alpha^* - \alpha_1^* = \frac{2mlw_B}{k_2}; \quad (5)$$

$$u_3 = \beta^* + \beta_1^* = -\frac{2H\omega_3}{k_1} \cos \varphi$$

можно определить географическую широту местоположения объекта по формулам

$$|\varphi| = \arcsin \frac{k_2 u_1}{2H\omega_3}; \quad |\varphi| = \arccos \frac{k_1 u_3}{2H\omega_3}. \quad (6)$$

Формирование сигналов  $u_1, u_2, u_3$  может быть осуществлено двумя путями: либо использованием двух одинаковых и одинаково ориентированных гиросмаятников с противоположно направленными векторами кинетических моментов, либо использованием одного прибора с реверсированием кинетического момента и применением запоминающих устройств.

В обоих случаях создаются два канала прохождения сигналов, что позволяет осуществить разделение последних и дальнейшую обработку. Наличие избыточной информации обеспечивает единственность решения задачи определения угла  $\varphi$  и существенное снижение ошибок измерения, обусловленных методическими и инструментальными погрешностями гиросмаятников.

Использование сигнала  $u_2 = \alpha^* - \alpha_1^*$  позволяет получить третье значение угла  $\varphi$ . Действительно, учитывая малость угла  $\gamma$  ( $\gamma_{\max} \ll 11,5$  дуг.мин. [1]), из формул (2) найдем

$$w_B = g_0 \left( 1 - \frac{\omega_3^2 R}{g_0} \cos^2 \psi \right); \quad (7)$$

$$\gamma = \frac{a \sin \psi}{g_0 - a \cos \psi} \approx \frac{\omega_3^2 R}{2g_0} \sin 2\psi. \quad (8)$$

Тогда  $\varphi = \psi + \gamma$ , а величина угла  $\psi$  определяется формулами (7) и (5)

$$\psi = \arccos \left( \frac{g_0 - \frac{k_2 u_2}{2ml}}{\omega_3^2 R} \right)^{\frac{1}{2}}. \quad (9)$$

Возможность получения трех независимых значений угла  $\varphi$  позволяет повысить надежность измерительной системы и достоверность полученных результатов.

В заключение следует отметить то обстоятельство, что рассмотренная методика определения географической широты остается в силе и при учете несферичности Земли; при этом формулы (6) сохраняют свой вид, а в формулах (8) и (9) величину  $R$  следует брать равной [2]

$$R = c(1 - e \sin^2 \Psi), \quad (10)$$

где  $e$  — эллиптичность (сжатие),  $c$  — большая полуось эллипсоида.

### Резюме

Обосновывается возможность определения географической широты местоположения объекта с помощью гиromаятника с дополнительно смещенным центром масс относительно оси внутренней рамки, снабженного коррекцией.

### Литература

1. Ривкин С. С. Теория гироскопических устройств. Л. «Судпромгиз», т. II, 1962, 507 с.
2. Селезнев В. П. Навигационные устройства. М. «Машиностроение», 1974, 559 с.

Безвесильная Елена Николаевна  
Киевский политехнический институт СССР  
252056 Киев-56 Брест-Литовский пр. 39.