

Притуленко. В.С., Пономаренко С.О.

МЕТОД КАЛІБРУВАННЯ БЕЗПЛАТФОРМЕННИХ ІНЕРЦІАЛЬНИХ НАВІГАЦІЙНИХ СИСТЕМ З НЕ ОРТОГОНАЛЬНИМ РОЗМІЩЕННЯМ ЧУТЛИВИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Для блоку інерціальних вимірювачів з їх не ортогональним розміщенням
рис. 1.

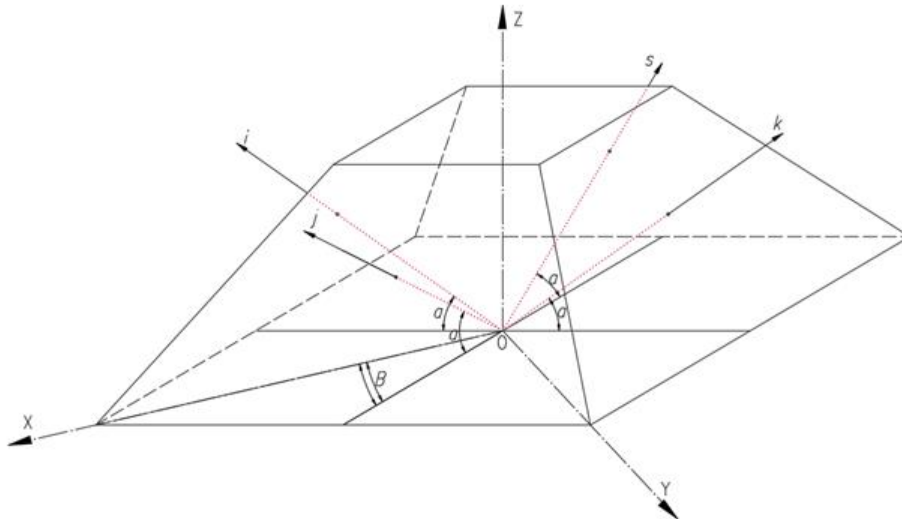


Рис. 1. Інерціальний вимірювальний блок БІНС з чотирма вимірювальними осями

Де i, j, k, s - вимірювальні осі датчиків первинної інформації; OX, OY, OZ - осі системи координат блоку; β – кут між датчиком і віссю системи координат; α - кут нахилу вимірювальної осі датчика.

В [1] вважаючи значення кутів за оптимальним розміщенням для конусної конфігурації α : $\sin \alpha = \frac{1}{\sqrt{3}}$, $\cos \alpha = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}$.

Отримано загальний вираз для формування значень вихідних сигналів блоку:

$$\begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ w_3 \\ w_4 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \delta_{(1)0} + \delta_{(1)1}w_{(1)} + \delta_{(1)2}w_{(1)}^2 \\ \delta_{(2)0} + \delta_{(2)1}w_{(2)} + \delta_{(2)2}w_{(2)}^2 \\ \delta_{(3)0} + \delta_{(3)1}w_{(3)} + \delta_{(3)2}w_{(3)}^2 \\ \delta_{(4)0} + \delta_{(4)1}w_{(4)} + \delta_{(4)2}w_{(4)}^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \alpha \cos \beta & \cos \alpha \sin \beta & \sin \alpha \\ -\cos \alpha \cos \beta & \cos \alpha \sin \beta & \sin \alpha \\ -\cos \alpha \cos \beta & -\cos \alpha \sin \beta & \sin \alpha \\ \cos \alpha \cos \beta & -\cos \alpha \sin \beta & \sin \alpha \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_{(1)x} & \varepsilon_{(1)y} & \varepsilon_{(1)z} \\ \varepsilon_{(2)x} & \varepsilon_{(2)y} & \varepsilon_{(2)z} \\ \varepsilon_{(3)x} & \varepsilon_{(3)y} & \varepsilon_{(3)z} \\ \varepsilon_{(4)x} & \varepsilon_{(4)y} & \varepsilon_{(4)z} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} g_x \\ g_y \\ g_z \end{bmatrix}, \quad (1)$$

Де w_i - вихідний сигнал i -го акселерометра; $\delta_{(i)0}$ - зміщення нуля i -го акселерометра; $\delta_{(i)1}$ - похибка масштабного коефіцієнта; $\delta_{(i)2}$ - квадратична похибка; $\varepsilon_{(i)x,y,z}$ - похибки відхилень вимірювальної осі датчика від номінального значення по відповідних осях; $g_{x,y,z}$ - проекції вимірюваного прискорення на відповідні осі.

Вираз для зв'язку вимірюваних значень прискорення з похибками акселерометрів у випадку для трьох довільних вимірювальних осей з обрахунком до першого порядку малості:

$$\tilde{G}^T \tilde{G} = G^T G + A_{W(3)} - A_{V(3)} \quad (2)$$

$$A_{W(3)} = 2W^T (VV^T)^{-1} \Delta_W, \quad (3)$$

$$A_{V(3)} = W^T (VV^T)^{-1} (\Delta_V V^T + V \Delta_V^T) (VV^T)^{-1} W, \quad (4)$$

Де W - вихідні сигнали датчиків; V - матриця ортів осей чутливості датчиків; Δ_V - похибки установок датчиків; Δ_W - похибки датчиків; G - вектор прискорення сили тяжіння; $\tilde{G}$ - вектор прискорення сили тяжіння з врахуванням похибок.

Вираз для зв'язку вимірюваних значень прискорення з похибками акселерометрів у випадку для чотиривісного вимірювального блоку:

$$\tilde{G}^T \tilde{G} = G^T G + A_W + A_V, \quad (5)$$

$$M = (V^T V)^{-1} \quad (6)$$

$$A_W = W^T V M M V^T \Delta_W + \Delta_W^T V M M V^T W \quad (7)$$

$$A_V = W^T V M M \Delta_V W + W^T \Delta_V M M V^T W - W^T V M M (\Delta_V^T V + V^T \Delta_V) M V^T W - W^T V M (\Delta_V^T V + V^T \Delta_V) M M V^T W \quad (8)$$

На рис. 2 зображено загальну схему калібрування, де надлишковий вимірювальний блок установлений на поворотному стенді перетворює вимірюваний вектор в матрицю показань датчиків

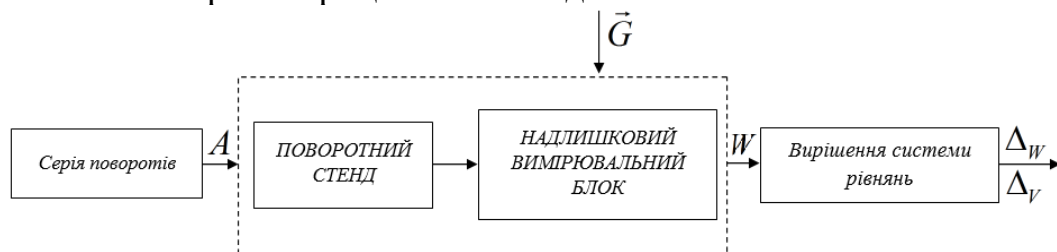


Рис. 2. Схема метода калібрування вимірювального блоку.

Де A – серія заданих поворотів блоку; $\tilde{G}$ - вектор прискорення сили тяжіння; W – матриця показів датчиків в блоці; Δ_V - матриця похибок установки датчиків в блоці; Δ_W - матриця похибок акселерометрів.

Література

1. Alekhova E. YU. *Nekotorye zadachi besplatformennyh inercial'nyh navigacionnyh sistem (BINS)* – Moskva, 2016. – 56p.

2. Zaharin F.M., Ponomarenko S.O., Kovtun V.I. *Suchasni tendencii rozvitku integrovanih inercial'nosuputnikovih navigacijnih sistem lital'nih aparativ* / Zbirnik naukovih prac' / Derzhavnij naukovo-doslidnic'kij institut aviacii – Kiiv, 2013 №16. 78-79p.
3. Borisova A. YU., Smal' A. V. *Analiz razrabotok sovremennyh besplatformennyh inercial'nyh navigacionnyh sistem* – Moskva: MGTU im. M.E. Baumana. –2017. 50-52p.
4. Avrutov V.V., Golovach S.V., Mazepa T.YU. *O skalyarnoj kalibrovke inercial'nogo izmeritel'nogo modulya* // XIH Sankt – Peterburgskaya mezhdunarodnaya konferenciya po integrirovannym navigacionnym sistemam. Sbornik dokladov.– SPb, 2012. 113–118p.
5. Lakoza S. L., Meleshko V. V. *Skalyarnaya kalibrovka akselerometrov nizkoj i srednej tochnosti* // Radiooptika. MGTU im. N. E. Baumana. Elektron. zhurn. 2015. № 01. 9–28p.