ПРИЛАДИ

УДК 621.317

О.М. Безвесільна, д.т.н., проф.
Національний технічний університет України "КПІ"
А.В. Коваль, аспір.
Житомирський державний технологічний університет

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ НОВОГО ДВОГІРОСКОПНОГО ГРАВІМЕТРА АВТОМАТИЗОВАНОЇ АВІАЦІЙНОЇ ГРАВІМЕТРИЧНОЇ СИСТЕМИ

Запропоновано і досліджено нову двоканальну схему авіаційної гравіметричної системи (АГС) на основі двогіроскопного гравіметра, захищену авторським свідоцтвом на винахід, яка забезпечує вищу точність вимірювань, ніж відомі системи, за рахунок усунення похибок від перехресних кутових швидкостей основи і кутової швидкості обертання Землі (тільки остання похибка становить 584 мГл), вимірювання повного вектора прискорення сили ваги, а не одного компонента, як у разі ГАЛ-С або ГС.

Вступ. Постановка проблеми. На сьогодні найбільш відомі авіаційні гравіметри (струнний ГС та кварцовий ГАЛ-С) мають значні похибки від впливу перехресних кутових швидкостей основи і кутової швидкості обертання Землі (тільки остання похибка становить 584 мГл) [1]. Гіроскопічний однороторний гравіметр [1] також має зазначені вище похибки.

Для високоточних вимірювань гравітаційного поля Землі, корекції інерціальних навігаційних систем за гравітаційним полем Землі та інших прецизійних задач аерокосмічної галузі наявність означених вище похибок неприпустима.

Тому проблема підвищення точності авіаційних гравіметричних вимірювань шляхом компенсації похибок від впливу перехресних кутових швидкостей основи і кутової швидкості обертання Землі (величина цих похибок значно більша за 584 мГл) є актуальною.

У статті запропоновано нову схему АГС, у якій використовується новий двогіроскопний гравіметр (ДГ). Однак у літературі відсутня математична модель ДГ, яка може бути корисною для подальших досліджень приладу і яка забезпечує значне підвищення точності вимірювань, порівняно з відомими.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проведені дослідження показали, що значний внесок у теорію і практику наземних гравіметричних вимірювань було зроблено видатними вченими: В.О. Багромянцом, Ю.Д. Буланже, К.Е. Веселовим, А.М. Лозинською, А.А. Михайловим, С.А. Піддубним, Є.І. Поповим, В.А. Туліним, В.В. Фединським, М.Є. Хейфецом та іншими. Важливу роль у розробці гравітаційних вимірювань відіграли роботи закордонних вчених: Л.Ла-Кости, Д.Гаррісона, А.Графа, Ю.Томоди, М.Гольвані та ін.

Інтенсивно проводять гравіметричні дослідження у багатьох великих науково-технічних центрах: ННЦ "Інститут метрології" (м. Харків) під керівництвом Г.С. Сидоренка; ЦНДІ "Азимут" (м. Санкт-Петербург) під керівництвом Л.П. Несенюка, Г.Б. Вольфсона, Б.А. Блажнова; ВВІАУ ім. професора М.Є. Жуковського (м. Москва) під керівництвом А.А. Красовського, А.І. Сороки; РВ ВІАУ (м. Рига) під керівництвом А.А. Веселова.

У даний момент існує багато літератури в області методів і засобів вимірювання аномалій прискорення сили ваги (ПСВ) [1], яка містить як принцип дії, так і технічні характеристики сучасних приладів для вимірювання ПСВ. Особливу увагу приділено одногіроскопним гравіметрам [1, 2], на яких засновано основні методи визначення гравітаційного прискорення. Інформація про двогіроскопні гравіметри відсутня.

Мета роботи – запропонувати й отримати математичну модель двоканальної схеми АГС із двогіроскопним гравіметром, яка забезпечить вищу точність вимірювань, ніж відомі системи, за рахунок усунення похибок від перехресних кутових швидкостей основи і кутової швидкості обертання Землі та вимірювання повного вектора прискорення сили ваги, а не одного компонента, як у кварцовому гравіметрі ГАЛ-С, струнному гравіметрі ГС та одногіроскопному гравіметрі (ОГ).

Викладення основного матеріалу.

Спочатку отримаємо математичну модель ОГ АГС

Для того щоб сформувати математичну модель ОГ (рис. 1), введемо такі праві системи координат (рис. 2):

Oxyz – опорна система координат, відносно якої розглядатимемо переміщення рухомої частини приладу. Початок її O сумістимо із центром мас рухомої частини приладу. Вісь Ox спрямуємо паралельно поздовжній осі літака, вісь Oy – паралельно поперечній, а вісь Oz – паралельно нормальній осі;

$Ox_1y_1z_1$ – система координат, незмінно пов'язана із зовнішньою рамкою приладу, вісь Oz_1 якої збігається з віссю Oz вісь Ox_1 спрямована паралельно осі кожуха гіроскопа, а вісь Oy_1 – за перпендикуляром до площини зовнішньої рамки;

$Ox_2y_2z_2$ – система координат, незмінно пов'язана з кожухом гіроскопа, вісь Ox_2 якої збігається з віссю підвісу кожуха, вісь Oy_2 – з головною віссю гіроскопа.

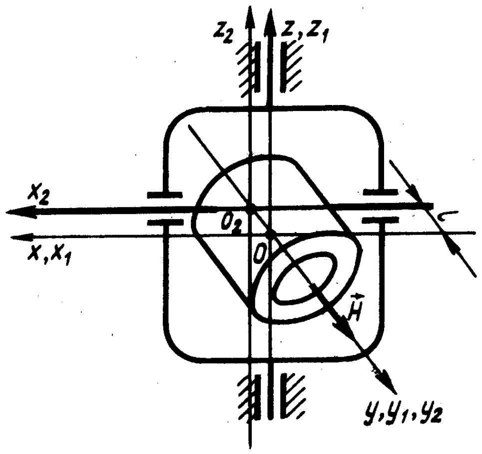

Рис. 1. Функціональна схема ОГ

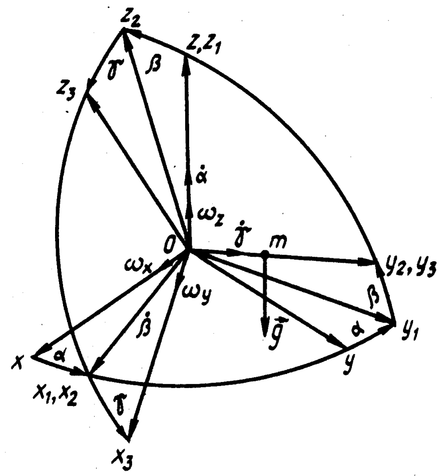

Рис. 2. Системи координат до виведення рівнянь руху ОГ

Введемо також координатну систему $Ox_3y_3z_3$, пов'язану з ротором гіроскопа. У початковий момент часу осі всіх систем координат збігаються.

Положення ротора гіроскопа відносно опорної системи координат визначають кути повороту: α – зовнішньої рамки відносно об'єкта; β – кожуха гіроскопа відносно зовнішньої рамки; γ – ротора відносно кожуха.

Вважаємо, що рух основи задано у вигляді кутових швидкостей ω_x, ω_y, ω_z. Визначимо проекції цих швидкостей на осі введених координатних систем:

$$\begin{aligned} &\omega_{x1} = \omega_x \cos\alpha + \omega_y \sin\alpha; && \omega_{x2} = \dot{\beta} + \omega_{x1}; && \omega_{x3} = \omega_{x2}\cos\gamma - \omega_{z2}\sin\gamma;\\ &\omega_{y1} = \omega_y \cos\alpha - \omega_x \sin\alpha; && \omega_{y2} = \omega_{z1}\sin\beta + \omega_{y1}\cos\beta; && \omega_{y3} = \omega_{y2} + \dot{\gamma};\\ &\omega_{z1} = \dot{\alpha} + \omega_z; && \omega_{z2} = \omega_{z1}\cos\beta - \omega_{y1}\sin\beta; && \omega_{z3} = \omega_{z2}\cos\gamma + \omega_{x2}\sin\gamma. \end{aligned} \tag{1}$$

Врахуємо також тотожності:

$$\frac{\partial\omega_{x1}}{\partial\alpha} = \omega_{y1}; \ \frac{\partial\omega_{y1}}{\partial\alpha} = -\omega_{x1}; \ \frac{\partial\omega_{z1}}{\partial\dot{\alpha}} = 1; \ \frac{\partial\omega_{x1}}{\partial\omega_x} = \cos\alpha; \ \frac{\partial\omega_{y1}}{\partial\omega_y} = \cos\alpha. \tag{2}$$

Для того щоб скласти диференціальні рівняння руху ОГ, скористаємося теоремою про зміну головного моменту кількості руху системи:

$$\frac{\partial\vec{k}}{dt} + \vec{\omega}_e \times \vec{k} = \vec{M} - m\vec{\rho}\times\vec{w}, \tag{3}$$

де $\vec{k}$ – головний момент кількості руху тіла відносно нерухомої точки O; $\vec{\omega}_e$ – кутова швидкість переносного руху рухомої системи координат; $\vec{M}$ – головний момент зовнішніх сил, докладених до системи відносно полюса O; $\rho(0, l, 0)$ – зміщення відносно точки O.

Скориставшись (3), запишемо рівняння руху системи відносно осей обертання рамок карданова підвісу і головної осі:

$$\begin{aligned} &\frac{dk_{x2}}{dt} + \omega_{z2}k_{y2} - \omega_{y2}k_{z2} = M_{x2} - [m\rho\times w]_{x2};\\ &\frac{dk_{z1}}{dt} + \omega_{y1}k_{x1} - \omega_{x1}k_{y1} = M_{z1} - [m\rho\times w]_{z1}; \end{aligned} \tag{4}$$

$$\frac{dk_{y3}}{dt}+\omega_{x3}k_{z3}-\omega_{z3}k_{x3}=M_{y3}-[m\rho\times w]_{y3}.$$

Кінетична енергія гіроскопа складається з кінетичної енергії внутрішньої (T_1) і зовнішньої (T_3) рамок, ротора (T_2) і точкової маси m (T_4):

$$T=T_1+T_2+T_3+T_4=\frac{1}{2}\left[\sum_i J_{xi}\omega_{xi}{}^2+J_{yi}\omega_{yi}^2+J_{zi}\omega_{zi}^2\right]+mV^2, \qquad (5)$$

де $i=1, 2, 3$; V – лінійна швидкість маси m.

Враховуючи очевидну тотожність $\omega_{x3}^2+\omega_{y3}^2=\omega_{x2}^2+\omega_{z}^2$, отримаємо вираз для кінетичної енергії системи:

$$T=\frac{1}{2}\left(J_{x1}\omega_{x1}^2+J_{y1}\omega_{y1}^2+J_{z1}\omega_{z1}^2+B_x\omega_{x2}^2+B_z\omega_{z2}^2+J_{y2}\omega_{y2}^2+J\omega_{y3}^2\right), \qquad (6)$$

де $B_x=J_{x2}+J_e+ml^2$; $B_z=J_{z2}+J_e+ml^2$; $J_{x3}=J_{z3}=J_e$; $J_{y3}=J$ – відповідно екваторіальний і осьовий моменти інерції.

Зважаючи, що $k_{x3}=J_e\omega_{x3}$; $k_{z3}=J_e\omega_{z3}$; $k_{y3}=\dfrac{\partial T}{\partial\omega_{y3}}=H$; $\dfrac{dk_{y3}}{dt}=M_{z3}$ (де H – кінетичний момент гіроскопа), диференціальне рівняння руху ОГ відносно осі обертання ротора можна записати у вигляді:

$$\frac{dH}{dt}=M_{y3}=0, \qquad (7)$$

тобто $H=H_0=\text{const}$.

Рівняння руху ОГ навколо осі обертання внутрішньої рамки в розгорнутому вигляді потребує врахування таких співвідношень:

$$\begin{gathered}k_{x2}=\frac{\partial T}{\partial\omega_{x2}}=B_x\omega_{x2};\ k_{y2}=\frac{\partial T}{\partial\omega_{y2}}=\frac{\partial T}{\partial\omega_{y2}}+\frac{\partial T}{\partial\omega_{y3}}\cdot\frac{\partial\omega_{y3}}{\partial\omega_{y2}};\\ \frac{\partial T}{\partial\omega_{y3}}=H;\ \frac{\partial\omega_{y3}}{\partial\omega_{y2}}=1;\ k_{y2}=J_{y2}\omega_{y2}+H;\ k_{z2}=\frac{\partial T}{\partial\omega_{z2}}=B_z\omega_{z2}.\end{gathered} \qquad (8)$$

Після підстановки (8) у перше рівняння системи (4) отримаємо:

$$B_x\dot\omega_{x2}+D\omega_{y2}\omega_{z2}+H\omega_{z2}=M_{x2}-[m\rho\times w]_{x2}, \qquad (9)$$

де $D=J_{y2}-B_z$.

Враховуючи у (9) вираз (1), нехтуючи складовими другого порядку малості, запишемо диференціальне рівняння руху ОГ відносно осі обертання внутрішньої рамки:

$$\begin{aligned}&B_x\ddot\beta+B_x\left(\dot\omega_x\cos\alpha+\dot\omega_y\sin\alpha\right)-H\left[(\dot\alpha+\omega_z)\cos\beta-\omega_y\cos\alpha\sin\beta\right]=\\&=M_{x2}-[m\rho\times w]_{x2}.\end{aligned} \qquad (10)$$

Складемо рівняння руху ОГ відносно осі обертання зовнішньої рамки, для цього врахуємо такі співвідношення:

$$\begin{aligned}k_{x1}&=\frac{\partial T}{\partial\omega_{x1}}=J_{x1}\omega_{x1}+B_x\omega_{x2};\\ k_{y1}&=\frac{\partial T}{\partial\omega_{y1}}=J_{y1}\omega_{y1}-B_z\omega_{z2}\sin\beta+J_{y2}\omega_{y2}\cos\beta+H\cos\beta;\\ k_{z1}&=\frac{\partial T}{\partial\omega_{z1}}=J_{z1}\omega_{z1}+B_z\omega_{z2}\cos\beta+J_{y2}\omega_{y2}\sin\beta+H\sin\beta.\end{aligned} \qquad (11)$$

Після деяких перетворень отримаємо:

$$\frac{dk_{z1}}{dt}+\left(J_{x1}-J_{y1}\right)\omega_{x1}\omega_{y1}+B_x\omega_{x2}\omega_{y1}+\left(B_z\omega_{z2}\sin\beta-J_{y2}\omega_{y2}\cos\beta\right)\omega_{x1}- \qquad (12)$$

$$-H\omega_{x1}\cos\beta = M_{z1} - [m\rho \times w]_{z1}.$$

Підставивши у (12) вирази (1), скориставшись (11), нехтуючи складовими другого порядку малості і вище, отримаємо диференціальне рівняння руху ОГ відносно осі обертання зовнішньої рамки:

$$A(\beta)(\ddot{\alpha} + \dot{\omega}_z) + H\dot{\beta}\cos\beta + H(\omega_x \cos\alpha + \omega_y \sin\alpha)\cos\beta = M_{z1} - (m\rho \times w)_{z1}, \quad (13)$$

де $A(\beta) = J_{z1} + B_z \cos^2\beta + J_{y2}\sin^2\beta$.

Представимо вирази для моментів M_{x2}, M_{z1} зовнішніх сил, що діють відносно осей ОГ:

$$\begin{aligned} M_{x2} &= M_{p2} + M_{T2} + M_B; \\ M_{z1} &= M_{p1} + M_{T1} + M_k, \end{aligned} \quad (14)$$

де M_{p1}, M_{p2} – проекції моменту сили ваги; M_{T1}, M_{T2} – моменти сил тертя відносно осей Oz_1, Ox_2 відповідно; M_k, M_B – моменти корекційного і вимірювального ДМ відповідно.

Вважаючи, що вісь чутливості ОГ виставлена за істинною вертикаллю, запишемо вирази для проекцій моменту сили ваги:

$$M_{p1} = 0;\ M_{p2} = -mgl. \quad (15)$$

З урахуванням того, що АГС працює тільки в разі прямолінійного польоту літака зі сталою швидкістю, представимо моменти сил в'язкого тертя:

$$M_{T1} = -c_1'\dot{\alpha};\ M_{T2} = -c_2'\dot{\beta}, \quad (16)$$

де c_1', c_2' – коефіцієнти сил в'язкого тертя відносно відповідних осей.

Запишемо вирази для моментів корекційного і вимірювального датчиків моментів:

$$M_k = -k_1\beta;\ M_{\text{Ц}} = k_2\alpha, \quad (17)$$

де k_1, k_2 – коефіцієнти, що дорівнюють добутку передаточних коефіцієнтів відповідних ДК і ДМ каналів корекції і вимірювання відповідно.

Остаточно запишемо вирази (14) для моментів M_{x2}, M_{z1} з урахуванням (15)–(17):

$$\begin{aligned} M_{x2} &= -mgl - c_2'\dot{\beta} + k_2\alpha - M_{2T}sign\dot{\beta}; \\ M_{z1} &= -c_1'\dot{\alpha} - k_1\beta - M_{1T}sign\dot{\alpha}, \end{aligned} \quad (18)$$

де M_{1T}, M_{2T} – залишкові моменти сил сухого тертя.

З урахуванням наведених припущень рівняння руху ОГ мають вигляд:

$$\begin{aligned} &A(\beta)(\ddot{\alpha} + \omega_z) + c_1'\dot{\alpha} + H\dot{\beta}\cos\beta - k_1\beta = -H(\omega_x\cos\alpha + \omega_y\sin\alpha)\cos\beta - \\ &- M_{1T}sign\dot{\alpha}; \\ &B_x\ddot{\beta} + c_2'\dot{\beta} - H(\dot{\alpha} + \omega_z)\cos\beta + k_2\alpha = -mgl - mlw_z\cos\beta - \\ &-(w_y\cos\alpha - w_x\sin\alpha)\sin\beta + B_x(\dot{\omega}_x\cos\alpha + \dot{\omega}_y\sin\alpha) - \\ &- H\omega_y\cos\alpha\sin\beta - M_{2T}sign\dot{\beta}. \end{aligned} \quad (19)$$

Вважаючи, що кути α і β настільки малі, що допустима заміна $\cos x \approx 1$, $\sin x \approx x$, $x = \alpha, \beta$, нехтуючи моментами сил сухого тертя, запишемо систему рівнянь (19) руху ОГ відносно осей підвісу гіроскопа:

$$\begin{aligned} &A\ddot{\alpha} + c_1'\dot{\alpha} + H\dot{\beta} + k_1\beta = -H(\omega_x + \omega_y\alpha) - A\dot{\omega}_z; \\ &B\ddot{\beta} + c_2'\dot{\beta} - H(\dot{\alpha} + \omega_z) - k_2\alpha = -ml\,g - mlw_z - ml(w_x\alpha - w_y)\beta - \\ &- B(\dot{\omega}_x + \dot{\omega}_y\alpha) - H\omega_y\beta, \end{aligned} \quad (20)$$

де $A = J_{z1} + B_z$; $B = B_x$.

Розв'язки (20) в операторній формі мають такий вигляд:

$$\begin{aligned} \alpha(p) &= \frac{(Bp^2 + c_2'p)M_{n1} + (Hp\acute{K} + k_1)(mlg - M_{n2})}{\Delta}; \\ \beta(p) &= \frac{(Ap^2 + c_1'p)(M_{n2} - mlg) + (Hp + k_2)M_{n1}}{\Delta}, \end{aligned} \quad (21)$$

де $\Delta' = a_2 p^2 + a_3 p + a_4$.

Отримаємо математичну модель АГС з ДГ

Опис АГС з ДГ надано у [2], тому не будемо його наводити.

Система прецизійних рівнянь руху одного із двох однакових гіроскопів ДГ має вигляд:

$$\begin{aligned} &H\dot{\beta} + k_1\beta + c_1\dot{\alpha} = mw_x l - mlg_x - H(\omega_x + \omega_y\alpha) - A\dot{\omega}_z - H\omega_3\cos\varphi; \\ &H\dot{\alpha} + k_2\alpha + c_2\dot{\beta} = mw_z l - mlg_z - ml(w_x\alpha - \omega_y)\beta - B(\dot{\omega}_x + \dot{\omega}_y\alpha) - \\ &- H\omega_y\beta - H\omega_3\sin\varphi. \end{aligned} \tag{22}$$

Позначивши збурюючі моменти перешкод відносно осей підвісу рамок гіроскопа

$$M_1 = mw_x l - H(\omega_x + \omega_y\alpha) - A\dot{\omega}_z - H\omega_3\cos\varphi,$$

$$M_2 = mw_z l - ml(\omega_x\alpha - \omega_y)\beta - B(\dot{\omega}_x - \dot{\omega}_y\alpha) - H\omega_y\beta - H\omega_3\sin\varphi,$$

перепишемо (22) у вигляді:

$$\begin{aligned} &H\dot{\beta} + k_1\beta + c_1\dot{\alpha} = M_1 - mlg_x, \\ &H\dot{\alpha} + k_2\alpha + c_2\dot{\beta} = M_2 - mlg_z. \end{aligned} \tag{23}$$

Знайдемо розв'язок (23):

$$\begin{aligned} &\alpha(p) = [c_2 p(M_1 - mlg_x) - (Hp + k_1)(M_2 - mlg_z)] \times \\ &\times [c_1 c_2 p^2 - (Hp + k_1)(Hp + k_2)]^{-1}; \end{aligned} \tag{24}$$

$$\begin{aligned} &\beta(p) = [c_1 p(M_2 - mlg_z) - (Hp + k_2)(M_1 - mlg_x)] \times \\ &\times [c_1 c_2 p^2 - (Hp + k_1)(Hp + k_2)]^{-1}. \end{aligned} \tag{25}$$

Запишемо вирази усталених значень кутів повороту гіроскопа, скориставшись (24), (25):

$$\begin{aligned} &\alpha_{уст.} = k_2^{-1}[-mlg_z + ml w_z - ml(w_x\alpha - w_y)\beta - B(\dot{\omega}_x + \dot{\omega}_y\alpha) - \\ &- H\omega_y\beta - H\omega_3\sin\varphi]; \\ &\beta_{уст.} = k_1^{-1}[-mlg_x + ml w_x - H(\omega_x + \omega_y\alpha)\beta - A\dot{\omega}_z - H\omega_3\cos\varphi]. \end{aligned}$$

Сформуємо сигнали, пропорційні сумі кутів повороту двох гіроскопів. Для цього використаємо два однакових гіроскопи із протилежно спрямованими векторами кінетичних моментів. Сигнали двох гіроскопів мають вигляд відповідно:

$$\begin{aligned} &\alpha_{1уст.} = k_2^{-1}[-mlg_z + mlw_z - ml(w_x\alpha - w_y)\beta - B(\dot{\omega}_x + \dot{\omega}_y\alpha) - H\omega_y\beta - H\omega_3\sin\varphi]; \\ &\alpha_{2уст.} = k_2^{-1}[-mlg_z + mlw_z - ml(w_x\alpha - w_y)\beta - B(\dot{\omega}_x + \dot{\omega}_y\alpha) + H\omega_y\beta + H\omega_3\sin\varphi]; \\ &\beta_{1уст.} = k_1^{-1}[-mlg_x + mlw_x - H(w_x + w_y\alpha) - A\dot{\omega}_z - H\omega_3\cos\varphi]; \\ &\beta_{2уст.} = k_1^{-1}[-mlg_x + mlw_x + H((w_x + w_y\alpha) - A\dot{\omega}_z + H\omega_3\cos\varphi]. \end{aligned}$$

Знайдемо два вихідні сигнали ДГ:

$$f_z = \alpha_{1уст.} + \alpha_{2уст.} = k_2^{-1}[-2mlg_z + 2mlw_z - 2ml(w_x\alpha - w_y)\beta - 2B(\dot{\omega}_x + \dot{\omega}_y\alpha)]; \tag{26}$$

$$f_x = \beta_{1уст.} + \beta_{1уст.} = k_1^{-1}[-2mlg_x + 2mlw_x - 2A\dot{\omega}_z]. \tag{27}$$

З виразів (26) і (27) вихідних сигналів АГС видно:

- складові корисного сигналу $-2mlg_z$, $-2mlg_x$ подвоюються;
- ДГ АГС може вимірювати підсумковий напрямок і модуль прискорення сили ваги за формулами:

$$\vec{g} = \vec{g}_z + \vec{g}_x;$$

$$|g| = \sqrt{g_z^2 + g_x^2},$$

що забезпечує вищу точність вимірювань і виставлення ДГ АГС. Для цього вихідні сигнали $f_z \equiv 2g_z$ і $f_x \equiv 2g_x$ ((26) і (27)) ДГ використовують для керування двома додатковими двигунами додатково введеної платформи, на якій встановлюють основний і додатковий гіроскопи;

• деякі моменти-перешкоди внаслідок перехресних лінійних і кутових прискорень подвоюються: $\left[-2mlw_z - 2ml(w_x l - w_y)\beta - 2B(\dot{\omega}_x + \dot{\omega}_y\alpha) + 2\mathrm{mlw}_x - 2A\dot{\omega}_z\right]$. Тут можна враховувати тільки вплив моментів $-2mlw_z$, $-2mlw_x$. Тому можна вважати, що вихідні сигнали ДГ АГС мають вигляд:

$$f_z \cong -2mlg_z + 2mlw_z;$$

$$f_x \cong -2mlg_x + 2mlw_x,$$

тобто нами отримано математичну модель ДГ АГС.

Висновки.

1. Запропоновано і досліджено двоканальну схему АГС, захищену авторським свідоцтвом на винахід, яка забезпечує вищу точність вимірювань, ніж відомі системи, за рахунок усунення похибок від перехресних кутових швидкостей основи і кутової швидкості обертання Землі (тільки остання похибка становить 584 мГл), вимірювання повного вектора прискорення сили ваги (а не одного компонента, як у разі ГАЛ-С або ГС).

2. АГС з одногіроскопним і АГС із двогіроскопним гравіметрами мають вищу швидкодію, ніж відомі системи, оскільки обидві ці запропоновані системи забезпечують безперервний процес вимірювань Δg на борту літака під час польоту, на відміну від відомих систем, у яких обробку результатів (визначення поправок, усереднення, обчислення аномалій прискорення сили ваги) виконують після польоту.

3. ДГ АГС може вимірювати підсумковий напрямок і модуль прискорення сили ваги, що забезпечує вищу точність як безпосередньо вимірювань Δg, так і виставлення ДГ системи завдяки застосуванню двох додаткових двигунів і додаткової платформи.

ЛІТЕРАТУРА:

1. *Безвесільна О.М.* Авіаційні гравіметричні системи та гравіметри : моногр. / *О.М. Безвесільна*. – Житомир : ЖДТУ, 2007. – 604 с.
2. *Безвесільна О.М.* Авіаційна гравіметрична система для вимірювання аномалій прискорення сили ваги з двогіроскопним гравіметром / *О.М. Безвесільна, А.В. Коваль* // Вісник ЖДТУ / Технічні науки. – Житомир, 2009. – Вип. № 4(51). – С. 115–119.

БЕЗВЕСІЛЬНА Олена Миколаївна – Заслужений діяч науки і техніки України, доктор технічних наук, професор кафедри приладобудування Національного технічного університету України “КПІ”.

Наукові інтереси:
– гравіметричні системи та гравіметри;
– гіроскопічні прилади та системи;
– системи автоматизації;
– методи та прилади вимірювання механічних величин.

КОВАЛЬ Антон Валерійович – аспірант кафедри автоматизації і комп’ютеризованих технологій Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:
– гравіметричні системи та гравіметри;
– математичне моделювання;
– системи автоматизації.

Подано 21.04.2010

Безвесільна О.М., Коваль А.В. Математична модель нового двогіроскопного гравіметра автоматизованої авіаційної гравіметричної системи

Безвесильная Е.Н., Коваль А.В. Математическая модель нового двухгироскопного гравиметра автоматизированной авиационной гравиметрической системы

Bezvesilna O.M., Koval A.V. Mathematical model of new two gyroscope gravimeter of automated aviation gravimetric system

УДК 621.317

Математическая модель нового двухгироскопного гравиметра автоматизированной авиационной гравиметрической системы / Е.Н. Безвесильная, А.В. Коваль

Предложена и исследована новая двухканальная схема авиационной гравиметрической системы (АГС) на основе двухгироскопного гравиметра, защищенная авторским свидетельством на изобретение, которая обеспечивает более высокую точность измерений, чем известные гравиметры, за счет устранения погрешностей от перекрестных угловых скоростей основания и угловой скорости вращения Земли (только последняя погрешность составляет 584 мГл), измерения полного вектора ускорения силы тяжести (а не одного компонента, как в гравиметрах ГАЛ-С или ГС).

УДК 621.317

Mathematical model of new two gyroscope gravimeter of automated aviation gravimetric system / O.M. Bezvesilna, A.V. Koval

Offered and investigated the new two-way circuit air gravity system (AGS) based on two gyroscope gravimeter which is protected by inventor’s certificate on the invention, which provides higher measurement accuracy than known systems by eliminating errors from cross-angular velocities and angular velocity of the Earth rotation (only the last error is 584 mgl), measuring the full vector of gravitational acceleration (but not a single component, as in gravimeter GAL-S or GS).