

КОМПЕНСАЦІЯ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ ПОХИБОК НИЗЬКОЧАСТОТНОГО ГРАВИМЕТРА АВІАЦІЙНОЇ ГРАВИМЕТРИЧНОЇ СИСТЕМИ ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ ДВОКАНАЛЬНОСТІ

Фізичні поля Землі представлені гравітаційним, магнітним й електричним полями. Гравітаційне поле Землі – силове поле, зумовлене тяжінням маси Землі і відцентровою силою, яка виникає внаслідок добового обертання Землі. Гравітаційне поле Землі характеризується силою тяжіння, потенціалом сили тяжіння і прискоренням сили тяжіння (ПСТ). Сьогодні одним із найперспективніших методів вимірювання аномалій гравітаційного поля Землі є використання авіаційних гравіметричних систем (АГС), чутливим елементом яких є гравіметр. Ефективність роботи АГС значною мірою забезпечується вибором чутливого елемента системи – гравіметра. Проте, у гравіметрах не передбачено компенсацію інструментальних похибок від впливу зміни температури, вологості та тиску зовнішнього середовища, які є значними в екстремальних умовах, якими характеризуються гравіметричні вимірювання на ЛА.

Інструментальну похибку ПГ будемо визначати як суму похибок усіх величин, які безпосередньо впливають на кінцеві покази гравіметра. Основна робоча формула перетворення PST у напругу має наступний вигляд:

$$U_{ВИХ} = \frac{d_{ij} \cdot m \cdot g_z}{C_{ПЕ}}, \quad (1)$$

де $U_{ВИХ}$ – вихідна напруга ПГ; g_z – PST; d_{ij} – п'єзомодуль; m – маса ПЕ та ІМ разом; $C_{ПЕ}$ – електрична ємність ПЕ.

Істинне значення PST визначається за формулою:

$$g_z = \frac{U_{ВИХ} \cdot C_{ПЕ}}{d_{ij} \cdot m}. \quad (2)$$

Відносна похибка вихідного сигналу рівна сумі множин відносних похибок параметрів на показники ступенів цих параметрів:

$$\frac{\Delta g_z}{g_z} = \frac{\Delta U_{ВИХ}}{U_{ВИХ}} + \frac{\Delta C_{ПЕ}}{C_{ПЕ}} - \frac{\Delta d_{ij}}{d_{ij}} - \frac{\Delta m}{m}. \quad (3)$$

Розглянемо кожну складову похибки:

1) Для розрахунку похибки зміни п'єзомодуля варто згадати про те, що матеріал з якого виготовлено ЧЕ нового ПГ, є ніобіт літій. У приведено температурну характеристику ПГ. П'єзомодуль зі зміною температури змінюється по закону: $\Delta d_{ij} = d_{ij} \alpha_{cmp} \cdot \Delta t$, де α_{cmp} – температурний коефіцієнт лінійного розширення матеріалу, Δt – величина зміни температури.

Відносна похибка зміни п'єзомодуля від зміни температури: $\left(\frac{\Delta d_{ij}}{d_{ij}}\right) = \alpha_{cmp} \Delta t$. Для ніобату літій $\alpha = 0.59 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

[5], тоді $\left(\frac{\Delta d_{ij}}{d_{ij}}\right) = 0.59 \cdot 10^{-6} \cdot 1 = 0.59 \cdot 10^{-6}$.

2) Для розрахунку похибки від зміни електричної ємності використаємо формулу:

$$C_{ПЕ} = \frac{\varepsilon \cdot S}{h_n}, \quad (4)$$

де ε – діелектрична проникливість ніобату літій; S – площа ПЕ; h_n – висота ПЕ.

Як бачимо із формули (4), похибка електричної ємності залежить від зміни діелектричної проникливості, у першу чергу, та площі, на яку діє PST. У приведено характеристику залежності зміни діелектричної проникливості ніобату літій від зміни температури. У діапазоні температур від 0°C до $+500^\circ\text{C}$ ε змінилося лише на 0.5%, а у розрахунку на 1°C це становитиме 0.001%.

Отже, похибка від зміни діелектричної проникливості становитиме: $\left(\frac{\Delta \varepsilon}{\varepsilon}\right) = 1 \cdot 10^{-5}$. Аналогічно визначено всі інші складові інструментальної похибки.

Похибку від зміни напруги визначено із наступних міркувань. Оскільки максимальна інструментальна похибка ПГ не повинна перевищувати 0,1 мГал (на порядок менша сумарної похибки ПГ 1 мГал), тобто $1 \cdot 10^{-5} \text{ м/с}^2$, тому:

$$\frac{\Delta U_{ВИХ}}{U_{ВИХ}} = \frac{\Delta g_z}{g_z} - \frac{\Delta C_{ПЕ}}{C_{ПЕ}} + \frac{\Delta d_{ij}}{d_{ij}} + \frac{\Delta m}{m} = 1.1 \cdot 10^{-4}.$$

Запропоновано для компенсації інструментальних похибок зробити ПГ двоканальним. Для цього чутливий елемент виконано з двома каналами, в кожному з яких встановлено по одному ідентичному п'єзоелементу.