

### ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЛІНІЙНОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТРУННОГО ГРАВІМЕТРА

Сьогодні у зв'язку із нехваткою традиційних видів пального (нафта, газ) в Україні надзвичайно актуальною є проблема високоточної та швидкодіючої розвідки їх покладів і, особливо, у важкодоступних місцях – акваторії морів, їх шельфів, гірських масивів та інш. Актуальною є також високоточна розвідка золота, урану та інших цінних металів. Розвиток аерокосмічного комплексу України неможливий без корекції інерціальних систем навігації (ІНС) рухомих об'єктів (літаки, підводні та надводні човни, космічні апарати та інш.) по гравітаційному полю Землі.

Тому удосконалення (підвищення точності) гравіметрів (приладів для вимірювання прискорення сили тяжіння  $g$  або його аномалії  $\Delta g$ ) є надзвичайно актуальним. Значення  $\Delta g$ , які вимірюють гравіметри, саме свідчать про наявність покладів корисних копалин, про наявність у глибинах морів та океанів підводних об'єктів та можуть бути використані для корекції ІНС по гравітаційному полю Землі.

Дослідженню струнних гравіметрів присвячена велика кількість літературних джерел. Однак, сьогодні точність відомих струнних гравіметрів є недостатньою. Тому актуальною є задача підвищення точності струнного гравіметра.

Як відомо, частота коливань струни  $f$  пов'язана з прискоренням сили тяжіння  $g$  рівнянням

$$f = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{mg}{\lambda}},$$

де  $m$  – маса вантажу,  $l$  – довжина струни,  $\lambda$  – маса струни на одиницю довжини.

Як ми бачимо, залежність частоти  $f$  від прискорення сили тяжіння у відомого струнного гравіметра нелінійна.

У досліджуваного нового струнного гравіметра запропоновано в якості матеріалу струни обрати тензочутливий матеріал, який має лінійну залежність зміни внутрішнього опору  $R$  від деформуєчого зусилля. У даному випадку цим зусиллям є  $F$  – сила інерції від дії прискорення сили тяжіння

$$F = mg,$$

Опір струни із тензочутливого матеріалу

$$R = \rho \frac{l}{q}, \tag{1}$$

де  $\rho$  – питомий електричний опір матеріалу струни;

$l$  – довжина струни;

$q$  – площа поперечного перерізу струни.

Прологарифмуємо вираз (1)

$$\ln R = \ln \rho + \ln l - \ln q, \tag{2}$$

Продиференціюємо (2) та запишемо у часткових приростках

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{\Delta \rho}{\rho} + \frac{\Delta l}{l} - \frac{\Delta q}{q}, \tag{3}$$

Перепишемо (3) у вигляді

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{\Delta l}{l} \left( \frac{\Delta \rho / \rho}{\Delta l / l} + 1 - \frac{\Delta q / q}{\Delta l / l} \right), \tag{4}$$

Врахуємо, що

$$-\frac{\Delta q / q}{\Delta l / l} = 2\sigma, \tag{5}$$

де  $\sigma$  – коефіцієнт Пуассона.

Тоді (4) із врахуванням (5) буде

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{\Delta l}{l} \left( \frac{\Delta \rho / \rho}{\Delta l / l} + 1 + 2\sigma \right), \quad (6)$$

Згідно закону Гука

$$\frac{\Delta l}{l} = \frac{F}{Eq}, \quad (7)$$

де  $E$  – модуль пружності матеріалу струни,  $F = mg$ .

Підставимо (7) у (6) і отримаємо

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{F}{Eq} \left( \frac{\Delta \rho / \rho}{F / Eq} + 1 + 2\sigma \right), \quad (8)$$

У дротяній струні  $\frac{\Delta \rho / \rho}{F / Eq} \ll 1 + 2\sigma$ .

Тому першою складовою (8) будемо нехтувати. Тоді

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{F}{Eq} (1 + 2\sigma), \quad (9)$$

Враховуючи, що  $F = mg$ , отримаємо із (9)

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{\Delta g}{g} \frac{m}{Eq} (1 + 2\sigma), \quad (10)$$

Звідси ми бачимо, що відносна зміна опору струни  $\Delta R / R$  пропорційна відносній зміні прискорення сили тяжіння  $\Delta g / g$ .

Відповідно, відносна зміна вихідної напруги, що реєструється пристроєм обчислення вихідного сигналу, буде

$$\frac{\Delta U}{U} = I \cdot \frac{\Delta R}{R} = \frac{\Delta g}{g} \frac{I \cdot m}{Eq} (1 + 2\sigma) = \frac{\Delta g}{g} \cdot k, \quad (11)$$

де

$$k = \frac{I \cdot m}{Eq} (1 + 2\sigma).$$

З (11) бачимо, що у досліджуваному новому струнному гравіметрі, на відміну від відомих, відносна зміна вихідної напруги  $\Delta U / U$  прямо пропорційна відносній зміні прискорення сили тяжіння  $\Delta g / g$ .

У відомого ж струнного гравіметра [2] залежність вихідного сигналу від прискорення сили тяжіння завжди нелінійна.

Таким чином, використання в якості матеріалу струни тензочутливого матеріалу забезпечує лінійну залежність вихідного сигналу запропонованого нового гравіметра від прискорення сили тяжіння. Це дозволяє значно збільшити точність вимірювань  $g$ .

## **ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ:**

**БЕЗВЕСІЛЬНА** Олена Миколаївна, Заслужений діяч науки і техніки України, доктор технічних наук, професор кафедри приладобудування Національного технічного університету України «КПІ». Наукові інтереси: гіроскопи, стабілізатори, гравіметричні системи та гравіметри, прилади та методи вимірювання механічних величин, комп'ютеризовані інформаційні системи.

**ЧЕПЮК** Ларіна Олексіївна, комп'ютеризовані інформаційні системи. Наукові інтереси: гіроскопи, стабілізатори, гравіметричні системи та гравіметри, комп'ютеризовані інформаційні системи.