

А. Г. Ткачук

П'ЕЗОЕЛЕКТРИЧНИЙ ГРАВИМЕТР АВІАЦІЙНОЇ ГРАВИМЕТРИЧНОЇ СИСТЕМИ

У статті описано авіаційну гравіметричну систему для вимірювання аномалій прискорення сили тяжіння, чутливим елементом якої є п'єзоелектричний гравіметр. Особливу увагу приділено конструкції та принципу роботи гравіметра

Ключові слова: прискорення сили тяжіння, авіаційна гравіметрична система, п'єзоелектричний гравіметр

1. Вступ

Дослідження, про які йдеться у доповіді, необхідні, як в авіаційній і космічній техніці (корекція систем інерціальної навігації ракет, літаків), так і в інших галузях науки і техніки — у геології, геодезії (розвідка корисних копалин, вивчення форми поверхні Землі тощо).

Для визначення характеристик гравітаційного поля Землі (гравітаційного прискорення та аномалій) можна побудувати авіаційну гравіметричну систему (АГС), чутливим елементом якої є гравіметр. За допомогою АГС можна здобути гравіметричну інформацію у важкодоступних районах земної кулі набагато швидше та з меншими витратами, ніж за допомогою наземних морських або сухопутних гравіметричних засобів. Тому дослідження та розробка нових авіаційних гравіметричних систем є актуальними.

2. Постановка проблеми

Ефективність роботи АГС значною мірою забезпечується вибором чутливого елемента системи — гравіметра. На сьогоднішній день найбільш відомими є такі авіаційні гравіметри, як струнний (ГС), кварцовий (ГАЛ-С) та гіроскопічний (ГГ). Результати вимірювань, отримані за допомогою вищезгаданих гравіметрів, містять великі похибки вимірювань, що є неприпустимим для високоточних вимірювань гравітаційного поля Землі. Тому проблема їх компенсації чи ліквідації і, як наслідок, підвищення точності авіаційних гравіметричних вимірювань є актуальною.

3. Основна частина

3.1. Аналіз літературних джерел по темі дослідження. У роботі [1] розроблено й апробовано уточнену математичну модель авіаційної гравіметричної системи, яка відрізняється від відомих наявністю додаткових поправок. Проведено аналіз

знайденого рівняння руху АГС, унаслідок чого визначено його функціональну схему АГС. Узагальнено теорію і принципи побудови прецизійних гіроскопічних гравіметрів. Описано проведені експериментальні дослідження АГС із використанням гіроскопічного гравіметра з цифровою обробкою інформації.

У роботі [2] було проведено аналіз випадкових похибок двогіроскопного гравіметра АГС, який можна використовувати для дослідження аналогічних похибок будь-якого іншого гравіметра АГС.

У роботі [3] проаналізовано всі фактори, які впливають на статичну похибку саме п'єзоелектричного акселерометра (гравіметра) та запропоновано шляхи ліквідації їх впливів.

Описаний у роботі [4] метод фільтрації вихідного сигналу п'єзоелектричного гравіметра дозволяє підвищити точність вимірювання прискорення сили тяжіння набагато більше (понад 0,1 мГл), ніж відомі на сьогоднішній день методи.

Запропонована у роботі [5] АГС із двогіроскопним гравіметром має певні переваги порівняно з іншими відомими системами, а саме забезпечує вищу точність вимірювань завдяки компенсації похибок внаслідок перехресних кутових швидкостей і кутової швидкості обертання Землі.

Використовуючи результати моделювання параметрів збурень на роботу гравіметра АГС, що приведені в роботі [6], можна зробити висновок, що необхідно конструктивно вирішувати проблему впливу горизонтальних перехресних прискорень на покази гравіметра; амплітуди вимушених коливань приладу найбільші, коли частоти власних коливань приладу дорівнюють частоті збурюючого впливу.

Методика проведення експериментальних досліджень п'єзоелектричного акселерометра у роботі [7] є доцільною для проведення експериментальних досліджень п'єзоелектричного гравіметра АГС.

3.2. Результати досліджень. У рамках проведених досліджень було показано, що у якості чутливого елемента АГС доцільно використовувати саме п'єзоелектричний гравіметр.

П'єзоелектричний гравіметр містить чутливий елемент, розміщений у герметичному корпусі і виконаний у вигляді консольно закріпленого на стержні п'єзоелемента. На вільному кінці п'єзоелемента розміщено інерційну масу. Вихід чутливого елемента підключено до входу пристрою обчислення вихідного сигналу гравіметра.

П'єзоелемент виконано у вигляді п'єзопластин, склеєних між собою. Закріплення п'єзоелемента на стержні відбувається за допомогою клею або різбового гвинта. Інерційна маса виготовляється із діамантних матеріалів для уникнення впливу сторонніх магнітних полів.

П'єзоелектричний гравіметр працює наступним чином. Під дією прискорення g_z сили тяжіння на інерційну масу виникає сила тяжіння G :

$$G \equiv m \cdot g_z, \quad (1)$$

де m – вага інерційної маси.

Внаслідок дії цієї сили п'єзоелемент згинається на кут α :

$$\alpha \equiv f(g_z). \quad (2)$$

У результаті на п'єзоелементі виникає електричний заряд Q (явище прямого п'єзоэффекту), який прямо пропорційний g_z . У п'єзоелектричному гравіметрі, зазвичай, вимірюється не заряд Q , а напруга U :

$$U \equiv \frac{Q(g_z)}{C}, \quad (3)$$

де C – ємність п'єзоелемента.

Вихідний сигнал U чутливого елемента подається у пристрій обчислення вихідного сигналу гравіметра, де він обчислюється за необхідний інтервал часу.

П'єзоелемент, який використовується в якості чутливого елемента п'єзоелектричного гравіметра, працює на основі деформації згину. Це значно підвищує коефіцієнт перетворення сигналу за зарядом та зменшує чутливість п'єзоелемента до поперечних коливань.

Запропоноване використання в якості чутливого елемента саме п'єзоелемента та розміщення його у герметичному корпусі дозволяє підвищити стабільність статичного передавального коефіцієнта, а значить, і надійність гравіметра. Крім того, консольне закріплення п'єзоелемента на стержні забезпечує стійкість до впливу перенавантажень та максимальну його пружність.

За рахунок вибору довжини і товщини п'єзоелемента можна регулювати власну частоту п'єзоелектричного гравіметра, а саме зменшувати її, що дозволить підвищити точність вимірювання прискорення сили тяжіння шляхом ліквідації впливу

на вихідні покази похибок, частота яких більша за власну частоту гравіметра. Тобто, п'єзоелектричний гравіметр буде виконувати функції як чутливого елемента АГС, так і фільтра низьких частот.

Література

1. Безвесільна О. М. Вимірювання прискорень [Текст] / О. М. Безвесільна. – К.: Либідь, 2001. – 263 с.
2. Безвесільна О. М. Аналіз випадкових похибок двогіроскопного гравіметра авіаційної гравіметричної системи [Текст] / О. М. Безвесільна, А. В. Коваль, Є. В. Гура // Вісник інженерної академії України. – 2011. – № 2. – С. 150–154.
3. Безвесільна О. М. Статична похибка п'єзоелектричного акселерометра [Текст] / О. М. Безвесільна, А. Г. Ткачук // Вісник інженерної академії України. – 2011. – № 2. – С. 150–154.
4. П'єзогравіметр: Патент України на винахід 99084, МПК G 01 V 7/00 / О. М. Безвесільна, Ю. О. Подчашинський, А. Г. Ткачук. – № а201113894; Заявл. 25.11.2011; Опубл. – 10.07.2012. – Бюл. № 13.
5. Безвесільна О. М. Двоканальна авіаційна гравіметрична система для вимірювання аномалій прискорення сили тяжіння [Текст] / О. М. Безвесільна, А. В. Коваль // Вісник Житомирського державного технологічного університету. Технічні науки. – Житомир: ЖДТУ. – 2009. – № 3. – С. 115–118.
6. Безвесильная Е. Н. Моделирование влияния параметров возмущений на работу гироскопического гравиметра авиационной гравиметрической системы [Текст] / Е. Н. Безвесильная, А. В. Коваль, Е. В. Гура // Электронное моделирование. – 2012. – № 2. – С. 113–123.
7. Безвесільна О. М. Експериментальні дослідження п'єзоелектричного акселерометра [Текст] / О. М. Безвесільна, А. Г. Ткачук // Вісник інженерної академії України. – 2011. – № 1. – С. 57–60.

ПЬЕЗОЛЕКТРИЧЕСКИЙ ГРАВИМЕТР АВИАЦИОННОЙ ГРАВИМЕТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

А. Г. Ткачук

В статье описана авиационная гравиметрическая система для измерения аномалий ускорения силы тяжести, чувствительным элементом которой является пьезоэлектрический гравиметр. Особое внимание уделено конструкции и принципу работы гравиметра.

Ключевые слова: ускорение силы тяжести, авиационная гравиметрическая система, пьезоэлектрический гравиметр.

Андрей Геннадьевич Ткачук, аспирант кафедры автоматизации и компьютеризированных технологий Житомирского государственного технологического университета, тел.: (097) 167-53-27, e-mail: andrew_tkachuk@i.ua.

PIEZOELECTRIC GRAVIMETER OF GRAVITY AVIATION SYSTEMS

A. Tkachuk

The article describes the aviation gravity system for measuring the gravity anomalies, sensing element which is piezoelectric gravimeter. Special attention is paid to the design and principle of the gravimeter.

Keywords: gravity, aviation gravity system, piezoelectric gravimeter.

Andriy Tkachuk, graduate student of Department of Automation and Computerized technologies, Zhytomyr State Technological University, tel.: (097) 167-53-27, e-mail: andrew_tkachuk@i.ua.