

Л. О. Чеплюк

СТРУННИЙ ГРАВИМЕТР АВІАЦІЙНОЇ ГРАВИМЕТРИЧНОЇ СИСТЕМИ

У статті розглянуто доцільність застосування струнного гравіметра в авіаційній гравіметричній системі для визначення аномалії прискорення сили тяжіння

Ключові слова: прискорення сили тяжіння, авіаційна гравіметрична система, струнний гравіметр

1. Вступ

Дослідження, про які йдеться у доповіді, відносяться до галузі приладобудування. Визначення характеристик гравітаційного поля Землі (прискорення сили тяжіння g та аномалій прискорення сили тяжіння Δg) широко використовуються у багатьох галузях науки і техніки — в авіаційній і космічній техніці, у геології, геодезії і геофізиці. Так в авіаційній і космічній техніці вони використовуються для корекції систем інерціальної навігації ракет, літаків, орбіт космічних літальних апаратів, в геодезії — для вивчення форми поверхні Землі, в геології — для розвідки корисних копалин. Тому дослідження, про які йдеться в доповіді є актуальними.

2. Постановка проблеми

Підвищення точності та швидкодії визначення навігаційних координат рухомих об'єктів і проведення гравіроздавки у важкодоступних районах земної кулі зумовлюють необхідність підвищення точності та швидкодії авіаційної гравіметричної системи (АГС). Оскільки гравіметр є основним ЧЕ АГС, то його точність і швидкодія є основними чинниками, що впливають на якість і час проведення гравіметричних досліджень.

На даний час точність існуючих гравіметрів недостатня і складає 3–10 мГл [1–3]. Більшість із них є неавтоматизованими і їх швидкодія є також недостатньою. Обробка результатів вимірювань проводиться на Землі після виконання польоту літака протягом декількох місяців.

Майже відсутні роботи, в яких досліджується можливість та доцільність використання у якості авіаційного гравіметра струнного гравіметра. Струнний гравіметр має високу точність вимірювання, високу вібраційну та ударну міцність, надійність, частотно-модульований вихідний сигнал, високу потужність вихідного сигналу, а також малі габарити та вагу. Він дозволяє виконувати швидко і точно цифрову реєстрацію прискорення сили тяжіння.

Актуальною науково-технічною задачею є підвищення точності та швидкодії вимірювань величини прискорення сили тяжіння шляхом створення

автоматизованого струнного гравіметра авіаційної гравіметричної системи.

3. Основна частина

3.1. Аналіз літературних джерел по темі дослідження. Відомі наземні, підводні, надводні, авіаційні дослідження прискорення сили тяжіння або його аномалій Δg . Авіаційні гравіметричні прискорення дозволяють отримувати точну інформацію про Δg найбільш швидко та дешево, ніж наземні, підводні та надводні засоби.

Аналіз літературних джерел [1–4] показав, що великий внесок у теорію і практику гравіметричних вимірювань було зроблено такими видатними вченими як: В. О. Багрянц, Ю. Д. Буланже, К. Е. Веселов, А. М. Лозинська, С. А. Піддубний, Є. І. Попов, В. А. Тулін та інші. Серед закордонних вчених слід відзначити Д. Гаррісона, А. Графа, Л. Ла-Коста, Ю. Томоди, М. Гальвані та ін.

Процес вимірювання аномалій прискорення сили ваги на борту літака є набагато складнішим, ніж такі вимірювання на кораблі.

Аерогравіметричні вимірювання (АВ) і морські гравіметричні вимірювання (МВ) мають суттєві відмінності [2]:

— у разі АВ слід враховувати й усувати довгоперіодичні вертикальні прискорення (можливість приглушувати збурюючі прискорення, усереднюючи виміри протягом деякого часу, обмежена; час осереднення має не перевищувати 3–4 хв., у противному разі дістанемо сильно згладжені значення Δg);

— у випадку АВ при обчисленні поправки Ет-веша вже не можна знехтувати другим членом формули поправки, як у разі МВ;

— у разі АВ треба враховувати зміни Δg зі зміною висоти польоту літака;

— під час АВ слід враховувати коливання швидкості й курсу літака, тому треба безперервно реєструвати швидкість і напрямок руху літака;

— у разі АВ утворюються дуже складні умови вимірювання: гравіметр відчуває вплив вібрації літака, обертання його вздовж і позадвжньої, і поперечної осей, які деякою мірою спостерігають протягом всього польоту, повітряні ями на шляху літака, його підйоми тощо [2].

Для морських гравіметричних вимірювань точність близько 1 мГл є реальною, а для АВ указана точність є важкодосяжною.

Інтенсивно проводять дослідження по створенню авіаційних гравіметричних систем у багатьох великих науково-технічних центрах, провідних інститутах та університетах: національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», севастопольський національний технічний університет, федеральне державне унітарне підприємство «Науково-дослідницький інститут «ПОИСК», інститут фізики Землі ім. О. Ю. Шмідта РАН та інші.

3.2. Результати досліджень. З відомостей, викладених в літературі [1–4] відомо, що всі наведені вище гравіметри в умовах їх роботи на літаку мають недостатню точність ($1-10 \text{ мГал} = (1 \div 10) \cdot 10^{-5} \text{ м/с}^2$) та швидкодію. Вихідні дані усіх гравіметрів потім підлягають математичній обробці на Землі, цей процес може займати декілька місяців.

Проведений аналіз гравіметрів АГС показав, що на сьогоднішній день досяжною є точність авіаційних гравіметричних вимірювань 1...10 мГл. Однак, для розв'язання задач пошукової гравіметрії і корекції інерційних навігаційних систем, аерогравіметрична зйомка потребує суттєвого підвищення точності та швидкодії авіаційних гравіметричних вимірювань. Це пов'язане, насамперед, із необхідністю підвищення точності гравіметра, розвитком методів автоматичної компенсації похибок вимірювань Δg , з удосконаленням математичної моделі АГС, вирішенням проблем фільтрації збурюючих впливів у вихідному сигналі гравіметра АГС.

Дослідження, проведені у 1995 році проф. В. Р. Грамертом та Дж. К. Харисоном у США, показали, що авіаційні гравіметричні роботи по визначенню вертикальної складової вектора гравітаційного прискорення будуть доцільними лише тоді, коли точності дані від АГС будуть приблизно рівними 2 мГл. А порівняльний аналіз існуючих типів АГС, проведений проф. Дж. Ханнахом (Університет Отаго, Нова Зеландія) у 2001 році показав, що їх вищезгадана точність досягається лише за рахунок здійснення близько десяти польотів за однаковим маршрутом.

Точність сучасних АГС обмежена не точністю роботи навігаційної системи, а вихідною точністю гравіметра АГС і для суттєвого покращення характеристик точності АГС наразі критичним є досягнення сумарної похибки гравіметра АГС у 1 мГл.

Всім відомим гравіметрам АГС притаманні як переваги, так і суттєві недоліки, серед яких основними є:

- 1) низька точність вимірювання (1–10 мГл);
- 2) обов'язкова необхідність застосування процедури фільтрації вихідного сигналу гравіметра АГС;

3) нестабільність статичного передатного коефіцієнта гравіметра АГС, спричинена змінами властивостей конструктивних елементів;

4) невисока швидкодія та відсутність можливості оперативної обробки інформації та інші.

Вказані недоліки можливо подолати, якщо в якості гравіметра АГС застосувати новий автоматизований струнний гравіметр [5].

Струнні гравіметри мають високу точність вимірювання, високу вібраційну та ударну міцність, надійність, частотно-модульований вихідний сигнал, високу потужність вихідного сигналу, а також малі габарити та вагу. Вони дозволяють виконувати швидко і точно цифрову реєстрацію прискорень сили тяжіння. До переваг також слід віднести малість сталої часу, що важливо при вимірюваннях на літаку, і майже необмежений діапазон вимірювання вхідних величин без перебудови приладу.

Література

1. Безвесільна О. М. Вимірювання прискорень [Текст] / О. М. Безвесільна. — К. : Либідь, 2001. — 261 с.
2. Безвесільна О. М. Авіаційні гравіметричні системи та гравіметри [Текст]: Монографія / О. М. Безвесільна. — Житомир : ЖДТУ, 2007. — 604 с.
3. Безвесільна О. М. Вимірювання гравітаційних прискорень [Текст]: Підручник / О. М. Безвесільна. — Житомир : ЖІТІ, 2002. — 264 с.
4. Безвесільна О. М. Гравіметри та їх виставка [Текст] : Монографія / О. М. Безвесільна, А. А. Остапчук, С. С. Ткаченко. — Ж. : ЖДТУ, 2010. — 303 с.
5. Безвесільна О. М. Розрахунок елементів струнного гравіметра авіаційної гравіметричної системи [Текст] / О. М. Безвесільна, Л. О. Чепюк // Вісник Інженерної академії наук. — 2012. — № 4. — С. 89–93.

СТРУННИЙ ГРАВИМЕТР АВИАЦИОННОЙ ГРАВИМЕТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Л. А. Чепюк

В статье рассмотрена целесообразность применения струнного гравиметра в авиационной гравиметрической системе для определения аномалии ускорения силы тяжести.

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

Ларина Алексеевна Чепюк, старший преподаватель кафедры автоматизации и управления в технических системах Житомирского государственного технологического университета, тел.: (067) 233-50-98, e-mail: chepyuk.larina@mail.ru.

STRING GRAVIMETER AVIATION GRAVIMETRIC SYSTEM

L. Chepiuk

The article considers the feasibility of a string gravimeter in the air-gravimetric system to determine the gravity anomaly.

Keywords: acceleration of gravity, air gravimetric system, gravimeter.

Larina Chepiuk, senior Lecturer of Department of Automation and Control in Engineering System, Zhytomyr State Technological University, tel.: (067) 233-50-98, e-mail: chepyuk.larina@mail.ru.