

О.М. Безвесільна, д.т.н, проф.
Національний технічний університет України "КПІ"
О. О. Добржанський, к.т.н., доц.
Житомирський державний технологічний університет

ІНТЕГРУЮЧИЙ ГІРОСКОПІЧНИЙ ГРАВІМЕТР АВІАЦІЙНОЇ ГРАВІМЕТРИЧНОЇ СИСТЕМИ

Гірогравіметри сьогодні є найперспективнішими з точки зору широкомасштабного вивчення розподілу гравітаційного поля Землі, що необхідно у таких галузях: в аерокосмічній для корекції інерціальних навігаційних систем рухомих об'єктів; в геології, геофізиці, геодезії для визначення форми Землі, вивчення розподілу та руху глибинних мас, для розвідки корисних копалин. Гірогравіметр є основним чутливим елементом авіаційної гравіметричної системи (АГС).

В авіаційній гравіметрії в СНД найбільш відомі роботи Лозинської А.М. (струнний гравіметр), Попова Є.І. (кварцовий гравіметр); за кордоном – ЛаКосте, Ромберга (гравіметр ЛаКосте-Ромберга), Графа (гравіметр Асканія-Граф). Точність та швидкодія існуючих гравіметрів недостатні. Однак відсутні роботи, присвячені дослідженням можливості та доцільності використання у якості авіаційного гравіметра гірогравіметра на основі гіроскопічного інтегратора лінійних прискорень (ГЛП), перевагами якого перед відомими гравіметрами є відсутність необхідності проведення фільтрації вихідного сигналу; ГЛП виготовляється у високопрецизійних умовах, прилад розраховано на значні перенавантаження (до 10 g) та великі перепади температур. Різні аспекти роботи ГЛП висвітлено в роботах школи видатних гіроскопістів НТУУ «КПІ»: Павловського М.А., Одинцова А.А., Збруцького О.В., Самотокіна Б.Б.

Актуальність теми

Актуальною науково-технічною задачею є підвищення точності та швидкодії вимірювань величини гравітаційного прискорення шляхом створення гіроскопічного гравіметра авіаційної гравіметричної системи (гірогравіметра) на основі гіроскопічного інтегратора лінійних прискорень (ГЛП) (рис.1).

Мета і завдання дослідження

Метою дослідження є підвищення точності та швидкодії вимірювань величини гравітаційного прискорення шляхом створення гіроскопічного гравіметра авіаційної гравіметричної системи на основі гіроскопічного інтегратора лінійних прискорень.

Об'єкт дослідження: вимірювання величини гравітаційного прискорення інтегруючим гіроскопічним гравіметром.

Предмет дослідження: інтегруючий гіроскопічний гравіметр авіаційної гравіметричної системи (гірогравіметр).

Завдання дослідження: розробити новий тип гравіметра авіаційної гравіметричної системи (АГС) на основі гіроскопічного інтегратора лінійних прискорень; розробити математичну модель роботи гірогравіметра в умовах збурень на борту рухомого апарату; дати аналітичну та кількісну оцінку літаковим збуренням; здійснити оцінку залежності похибок гірогравіметра від величини збурень та конструктивних параметрів гірогравіметра та розробити методи зниження похибки гірогравіметра; розробити систему реєстрації сигналу гірогравіметра; провести за допомогою ЕОМ моделювання та аналіз роботи гірогравіметра в умовах збурень; здійснити лабораторні дослідження роботи гірогравіметра у статичному і динамічному режимах.

Схему дослідного гірогравіметра зображено на рис. 1. Основні елементи: гіромотор 1 із берилієвим ротором 2, який встановлено на осі 12 внутрішнього підвісу так, щоб була створена маятниковість відносно осі 12 внутрішнього підвісу, а центр мас гіромотора розташовувався на осі ξ обертання зовнішньої рамки при взаємній перпендикулярності осі обертання ротора гіромотора та осі підвісу зовнішньої рамки. Зовнішньою рамкою є поворотна платформа 6, на якій розташовано стійки з підшипниковими вузлами для кріплення осі 12 внутрішнього підвісу гіромотора. На осі 12 внутрішнього підвісу гіромотора закріплено ротор датчика 3 кута β повороту гіромотора, а статор датчика 3 закріплено на платформі 6. Для демпфування кутових коливань гіромотора 1 навколо осі 12 внутрішнього підвісу гіромотора передбачено рідинний демпфер 5. Підбором робочого зазору між лопаткою та корпусом рідинного демпфера забезпечується підвищення коефіцієнту в'язкого тертя до $f_1 = 2,3 \cdot 10^{-3}$ кг·м²/с. Сигнал з датчика 3 підсилюється і направляєється на датчик моменту, в якості якого працює серводвигун 7, що прикладає до поворотної платформи обертовий момент, який пропорційний сигналу з датчика 3 кута β .

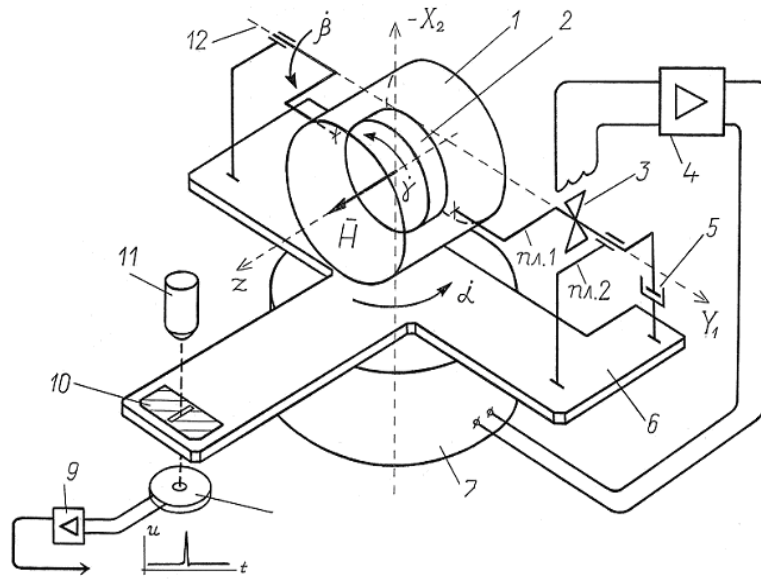


Рис. 1. Інтегруючий гіроскопічний гравіметр

На поворотній платформі 6 передбачено зміщену в радіальному напрямку світлонепроникну мембрану 10 із щілиною, над якою розташоване джерело 11 вузьконаправленого світла. На кожному оберті поворотної платформи зосереджений світловий промінь проходить над фотоприймачем 8. При цьому виникає короткий імпульс, що інформує про здійснений поворотною платформою 6 повний оберт навколо осі ξ . Точність відліку становить 5 мікрорадіан. Цей імпульс (сигнальний вихід гірогравіметра) направляється через підсилювач 9 на схему блоку електронних лічильників. Пристрій поміщений у алюмінієвий захисний циліндр (магнітний захист).

У результаті проведених теоретичних та експериментальних досліджень по створенню нового типу гравіметра АГС підвищено точність літакових вимірювань гравітаційного прискорення у 4 рази до 2мГл, досягнуто швидкодії 10с шляхом:

- застосування нового типу гравіметра АГС – гірогравіметра на основі гіроскопічного інтегратора лінійних прискорень;
- використання при автоматичній компенсації похибок гірогравіметра уточнених рівнянь руху АГС;
- аналізу розробленої за уточненою методикою математичної моделі роботи гірогравіметра в умовах збурень, за допомогою якої знайдено аналітичні вирази складових похибки гірогравіметра;
- застосування розроблених на основі аналізу аналітичних та кількісних оцінок похибок гірогравіметра сукупності методів і рекомендацій щодо зниження похибок гірогравіметра, ефективність яких підтверджено експериментальними дослідженнями;
- впровадження розробленої за новими принципами системи реєстрації сигналу гірогравіметра.

Результати проведених і представлених у роботі теоретичних та експериментальних досліджень є внеском у теорію побудови нових типів авіаційних та наземних гравіметричних систем та направлено на підвищення точності та швидкодії вимірювань величини гравітаційного прискорення.