



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **113033** (13) **C2**
(51) МПК
G01V 7/02 (2006.01)
G01V 7/16 (2006.01)
G01P 15/09 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

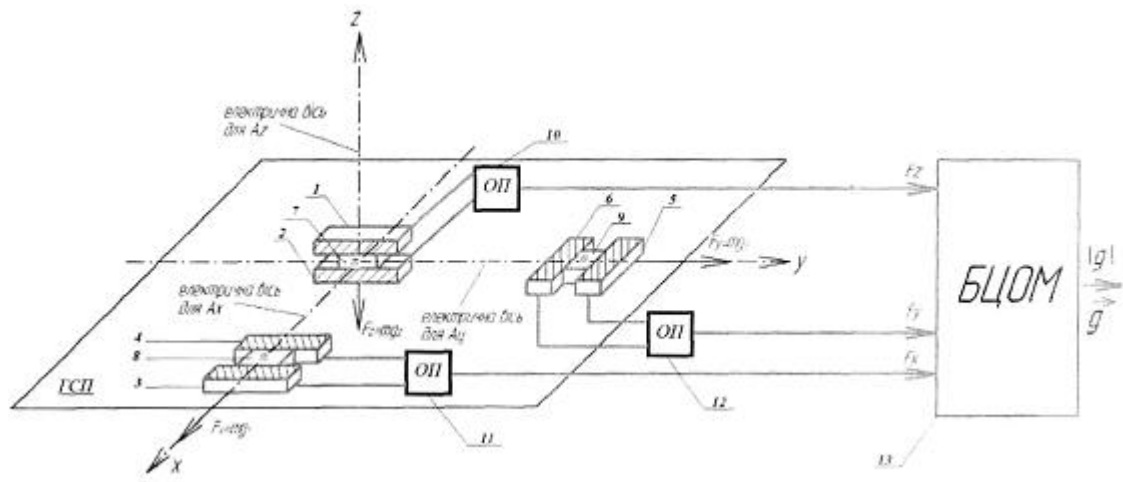
<p>(21) Номер заявки: а 2015 09858</p> <p>(22) Дата подання заявки: 12.10.2015</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 25.11.2016</p> <p>(41) Публікація відомостей про заяву: 11.04.2016, Бюл.№ 7</p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 25.11.2016, Бюл.№ 22</p>	<p>(72) Винахідник(и): Безвесільна Олена Миколаївна (UA), Ткачук Андрій Геннадійович (UA), Хильченко Тетяна Валентинівна (UA), Бичук Роман Вікторович (UA)</p> <p>(73) Власник(и): ЖИТОМИРСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, вул. Черняхівського, 103, м. Житомир, 10005 (UA)</p> <p>(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: UA 108963 C2, 25.06.2015 UA 79874 C2, 25.07.2007 UA 53478 A, 15.01.2003 RU 2090911 C1, 20.09.1997 US 5892151 A, 06.04.1999 AU 5649073 A, 05.12.1974</p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

(54) ТРИКООРДИНАТНИЙ П'ЕЗОЕЛЕКТРИЧНИЙ ГРАВІМЕТР АВІАЦІЙНОЇ ГРАВІМЕТРИЧНОЇ СИСТЕМИ

(57) Реферат:

Винахід належить до вимірювальної техніки і може бути використаний для проведення гравіметричних вимірів на літальних апаратах у геодезії, геології та інерціальних системах навігації. Трикоординатний п'єзоелектричний гравіметр авіаційної гравіметричної системи містить три чутливі елементи (Az), (Ax) та (Ay), кожен з яких виконаний із двома каналами, в кожному з яких встановлено по одному п'єзоелементу, що є ідентичними і виконані у вигляді п'єзопластин. П'єзоелементи обох каналів трьох чутливих елементів (Az), (Ax) та (Ay) розташовані по осях вимірювання Oz, Ox і Oy, відповідно, при цьому частота власних коливань п'єзопластин усіх чутливих елементів дорівнює частоті перетину спектральних щільностей корисного сигналу прискорення сили тяжіння та сигналу основної завади вертикального прискорення літака. При цьому чутливі елементи (Az), (Ax) та (Ay) містять інерційні маси (7), (8) та (9), які прикріплені до низу п'єзопластин п'єзоелементів одного каналу та до верху п'єзопластин п'єзоелементів другого каналу, відповідно. Виходи п'єзопластин обох каналів трьох чутливих елементів з'єднані з входами операційних підсилювачів, виходи яких з'єднані із входами бортової цифрової обчислювальної машини, у якій розраховуються повний вектор та модуль прискорення сили тяжіння. Технічний результат полягає у підвищенні точності вимірювань прискорення сили тяжіння.

UA 113033 C2



Винахід належить до галузі вимірювальної техніки і може бути використаний для проведення гравіметричних вимірів на літаках у геодезії, геології, інерціальних системах навігації.

5 Найбільш близьким за сукупністю суттєвих ознак до винаходу є п'єзогравіметр [1], що вибраний за прототип.

Спільними суттєвими ознаками прототипу та винаходу є те, що вони містять чутливий елемент A_z , виконаний з двома каналами, в кожному з яких встановлено по одному п'єзоелементу, що є ідентичними і виконані у вигляді п'єзопластин. Також конструкція гравіметра-винаходу, як і прототипу, передбачає компенсацію інструментальних похибок від впливу зміни температури, вологості та тиску зовнішнього середовища, які є значними в екстремальних умовах, якими характеризуються гравіметричні вимірювання. Проте, на відміну від гравіметра-винаходу, чутливий елемент гравіметра-прототипу вимірює лише прискорення

10 сили тяжіння g_z вздовж осі Oz , причому складові прискорення сили тяжіння g_x та g_y вздовж осей Ox і Oy прирівнюються до нуля через їх невелику величину [2]. Однак, для досягнення точності вимірювання прискорення сили тяжіння вищої за 1 мГал, вищезгадані складові необхідно обов'язково враховувати. Наприклад, якщо $g_x = g_y = 0,9$ мГал [3], тоді модуль цих прискорень буде рівним:

$$|g_{xy}| = \sqrt{g_x^2 + g_y^2} = \sqrt{2 \cdot 0,9^2} = 1,27 \text{ мГал}$$

20 Як бачимо, неврахування g_x та g_y спричиняє появу значної похибки, що є неприпустимим. Конструкція гравіметра-прототипу передбачає використання «...суматора, вихід якого з'єднаний із входом пристрою обчислення вихідного сигналу гравіметра...» [1]. Вихідний сигнал п'єзогравіметра, зазвичай, необхідно підсилювати перед тим, як подати його на вхід бортової цифрової обчислювальної машини (БЦОМ) [2]. У конструкції гравіметра-прототипу не передбачено підсилювач для підсилення вихідного сигналу, який замалий, хоча це необхідно.

25 Тому, у гравіметрі-винаході, доцільно використовувати операційний підсилювач (ОП), який буде виконувати і функції суматора, і функції підсилювача.

Таким чином, суттєвим недоліком гравіметра-прототипу є низька точність вимірювань гравітаційного прискорення.

30 В основу винаходу поставлена задача вдосконалення п'єзогравіметра (п'єзоелектричного гравіметра), що містить чутливий елемент A_z , виконаний з двома каналами, у кожному із яких встановлено по одному п'єзоелементу, що є ідентичними і виконані у вигляді п'єзопластин, шляхом того, що на двовісній гіростабілізованій платформі (ГСП) по кожній осі вимірювання встановлено додатково два чутливі елементи A_x і A_y , виконані з двома каналами, у кожному із яких встановлено по одному п'єзоелементу по осі Ox і Oy , що є ідентичними і виконані у вигляді п'єзопластин, частота власних коливань яких дорівнює частоті перетину спектральних щільностей корисного сигналу прискорення сили тяжіння та сигналу основної завади вертикального прискорення літака, а інерційні маси прикріплені до низу п'єзопластин п'єзоелементів одного каналу та до верху п'єзопластин п'єзоелементів другого каналу, причому виходи п'єзопластин обох каналів трьох чутливих елементів A_z , A_x , A_y з'єднані з входами операційних підсилювачів, виходи яких з'єднані із входами БЦОМ, щоб забезпечити підвищення точності вимірювань прискорення сили тяжіння.

45 Поставлена задача вирішується тим, що трикоординатний п'єзоелектричний гравіметр авіаційної гравіметричної системи, що містить чутливий елемент A_z , виконаний з двома каналами, в кожному з яких встановлено по одному п'єзоелементу (1) і (2), що є ідентичними і виконані у вигляді п'єзопластин. По кожній осі вимірювання Oz , Ox і Oy встановлено чутливі елементи A_z , A_x , A_y відповідно, виконані з двома каналами, в кожному з яких встановлено по одному п'єзоелементу (1) і (2) по осі Oz , (3) і (4) по осі Ox , (5) і (6) по осі Oy , що є ідентичними і виконані у вигляді п'єзопластин, частота власних коливань яких дорівнює частоті перетину спектральних щільностей корисного сигналу прискорення сили тяжіння та сигналу основної завади вертикального прискорення літака, а інерційні маси (7), (8) та (9) прикріплені до низу п'єзопластин п'єзоелементів (1), (3) та (5) одного каналу та до верху п'єзопластин п'єзоелементів (2), (4) та (6) другого каналу, причому виходи п'єзопластин обох каналів трьох чутливих елементів з'єднані з входами операційних підсилювачів (10), (11) і (12), виходи яких з'єднані із входами бортової цифрової обчислювальної машини (БЦОМ) (13), у якій розраховують повний вектор та модуль прискорення сили тяжіння.

55 Суть винаходу пояснює креслення.

П'єзопластини усіх чутливих елементів мають частоту власних коливань, яка дорівнює частоті перетину спектральних щільностей корисного сигналу прискорення сили тяжіння та сигналу основної завади вертикального прискорення літака.

5 Вихідні електричні сигнали п'єзопластин обох каналів усіх чутливих елементів надходять на входи операційних підсилювачів, що, окрім підсилення, виконують і функцію сумування сигналів, звідки на входи БЦОМ.

У БЦОМ будуть проводитись необхідні розрахунки для визначення значення повного вектора \vec{g} та модуля $|g|$ прискорення сили тяжіння.

Отже, завдяки використанню трьох чутливих елементів A_z, A_x, A_y можна вимірювати повний

10 вектор прискорення сили тяжіння \vec{g} : $\vec{g} = \vec{g}_x + \vec{g}_y + \vec{g}_z$, а не лише одну його складову g_z , як у прототипі. Трикоординатний гравіметр-винахід забезпечує вимірювання повного модуля

прискорення сили тяжіння, а не однієї його складової, як у прототипі: $|g| = \sqrt{g_x^2 + g_y^2 + g_z^2}$. Також відбувається усунення впливу вертикального прискорення літака на показання гравіметра одразу двома способами: 1 - за рахунок встановлення частоти власних коливань трьох п'єзоелементів гравіметра A_z, A_x, A_y , рівними частоті перерізу спектральних щільностей корисного сигналу прискорення сили тяжіння та сигналу основної завади вертикального прискорення літака [4, 5]; 2 - завдяки використанню у трьох п'єзоелементів A_z, A_x, A_y додатково введеного каналу вимірювання.

20 Таким чином, запропонований трикоординатний п'єзогравіметр авіаційної гравіметричної системи забезпечує суттєве підвищення точності вимірювання прискорення сили тяжіння.

Суть винаходу пояснюється кресленням, де зображено структурну схему трикоординатного п'єзогравіметра авіаційної гравіметричної системи.

У п'єзогравіметрі, що пропонується, по кожній осі вимірювання встановлено чутливий елемент, виконаний з двома каналами, в кожному з яких встановлено по одному п'єзоелементу 1 і 2 по осі O_z , 3 і 4 по осі O_x , 5 і 6 по осі O_y . П'єзоелементи обох каналів є ідентичними і виконані у вигляді п'єзопластин, частота власних коливань яких дорівнює частоті перетину спектральних щільностей корисного сигналу прискорення сили тяжіння та сигналу основної завади вертикального прискорення літака. Інерційні маси 7, 8 та 9 прикріплені до низу п'єзопластин п'єзоелементів 1, 3 та 5 одного каналу та до верху п'єзопластин п'єзоелементів 2, 4 та 6 другого каналу. Виходи п'єзопластин обох каналів трьох чутливих елементів з'єднані з входами операційних підсилювачів 10, 11 і 12, виходи яких з'єднані із входами БЦОМ 13.

Трикоординатний п'єзогравіметр авіаційної гравіметричної системи працює наступним чином.

35 На п'єзоелементи обох каналів трьох чутливих елементів A_z, A_x, A_y , які розташовано по осях O_z, O_x та O_y діють прискорення сили тяжіння g_z, g_x та g_y відповідно. Також на кожен вісь вимірювання діє вертикальне прискорення літака та інструментальні похибки від впливу залишкової неідентичності конструкцій однакових п'єзопластин та мас, від впливу зміни температури, вологості та тиску зовнішнього середовища.

40 Якщо використовувати для трьох двоканальних п'єзоелементів A_z, A_x, A_y , алгоритм роботи двоканальної схеми вимірювання, який описано в [6], то отримаємо на входах БЦОМ 13 три сигнали, які містять подвоєні значення $2g_z, 2g_x$ та $2g_y$, в яких відсутнє значення вертикального прискорення літака та інструментальних похибок від впливу залишкової неідентичності конструкцій однакових п'єзопластин та мас, від впливу зміни температури, вологості та тиску зовнішнього середовища. Ці сигнали пісумовуються та підсилюються в операційних підсилювачах ОП10, ОП11, ОП12 і подаються у БЦОМ13, де відбувається визначення:

- повного вектора прискорення сили тяжіння:

$$\vec{g} = \vec{g}_x + \vec{g}_y + \vec{g}_z ;$$

- повного модуля прискорення сили тяжіння:

$$|g| = \sqrt{(2km g_x)^2 + (2km g_y)^2 + (2km g_z)^2} = 2km \sqrt{g_x^2 + g_y^2 + g_z^2} ,$$

50 де m - інерційні маси 7, 8, 9 у кожному п'єзоелементі;

k - п'єзоелектрична стала, яка є однаковою для всіх п'єзоелементів через їх ідентичність.

Отже, на виході БЦОМ 13 буде значення повного вектора та повного модуля прискорення сили тяжіння, у якому відсутній вплив вертикального прискорення літака та інструментальних похибок від впливу залишкової неідентичності конструкцій однакових п'єзопластин та мас, від

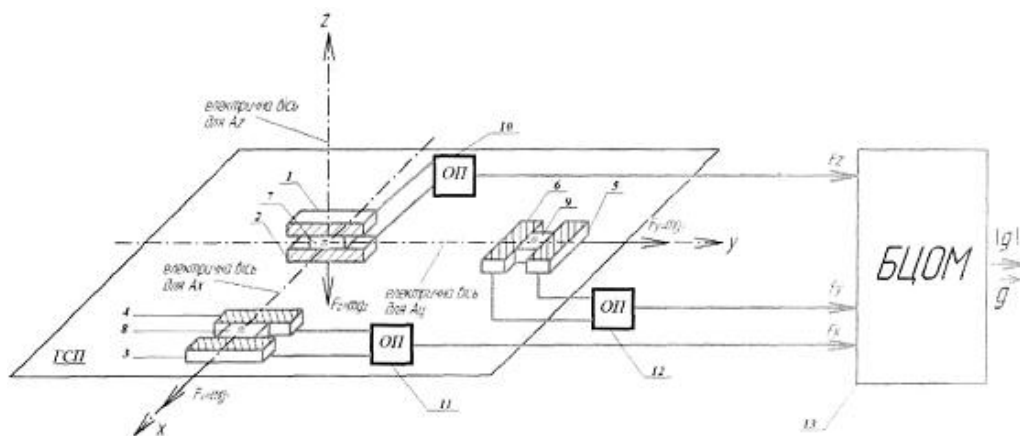
виливу зміни температури, вологості та тиску зовнішнього середовища. Тому точність трикоординатного п'єзогравіметра авіаційної гравіметричної системи буде вищою за точність п'єзогравіметра-прототипу.

Джерела інформації:

1. Патент України на винахід 108963, МПК 001V 7/00. П'єзогравіметр / О.М. Безвесільна, А.Г. Ткачук. № а2014 06204; Заявл. 05.06.14; Опубл. 25.06.14, Бюл. № 12.
2. Безвесільна О.М. Технологічні вимірювання та прилади: підручник / О.М. Безвесільна, Г.С. Тимчик. - Житомир: ЖДТУ, 2013. - 908с.
3. Безвесільна О.М. П'єзоелектричний гравіметр авіаційної гравіметричної системи: монографія / О.М. Безвесільна, А.Г. Ткачук. Житомир: ЖДТУ, 2007. - 604с.
4. Безвесільна О.М. Вимірювання прискорень / О.М. Безвесільна. - К.: Либідь, 2001. - 261 с.
5. Безвесільна О.М. Розробка нового автоматизованого п'єзогравіметра авіаційної гравіметричної системи / О.М. Безвесільна, А.В. Коваль, А.Г. Ткачук [та ін.]. // Науковий журнал "Science Rise". - 2015. - № 5/2 (10). С. 56-60.
6. Безвесільна О.М. Сучасні гравіметри авіаційної гравіметричної системи / О.М. Безвесільна, А.Г. Ткачук, Л.О. Четок, К.С. Козько // Геофизический журнал. - 2015. - № 2. - Т. 37. - С. 86-94.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

П'єзоелектричний гравіметр авіаційної гравіметричної системи, що містить чутливий елемент (Az), виконаний з двома каналами, в кожному з яких встановлено по одному п'єзоелементу (1) і (2), що є ідентичними і виконані у вигляді п'єзопластин, який **відрізняється** тим, що додатково містить ще два чутливі елементи (Ax) та (Ay), які також виконані з двома каналами, в кожному з яких встановлено по одному п'єзоелементу (3) і (4) та (5) і (6), відповідно, що є ідентичними і виконані у вигляді п'єзопластин, причому п'єзоелементи обох каналів трьох чутливих елементів (Az), (Ax) та (Ay) розташовані по осях вимірювання Oz, Ox і Oy, відповідно, при цьому частота власних коливань п'єзопластин усіх чутливих елементів дорівнює частоті перетину спектральних щільностей корисного сигналу прискорення сили тяжіння та сигналу основної завади вертикального прискорення літака, при цьому чутливі елементи (Az), (Ax) та (Ay) містять інерційні маси (7), (8) та (9), які прикріплені до низу п'єзопластин п'єзоелементів (1), (3) та (5) одного каналу та до верху п'єзопластин п'єзоелементів (2), (4) та (6) другого каналу, відповідно, причому виходи п'єзопластин обох каналів трьох чутливих елементів з'єднані з входами операційних підсилювачів (10), (11) і (12), виходи яких з'єднані із входами бортової цифрової обчислювальної машини (БЦОМ) (13), у якій розраховуються повний вектор та модуль прискорення сили тяжіння.



Комп'ютерна верстка Л. Бурлак

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601