



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **113038** (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 ВИНАХІД**

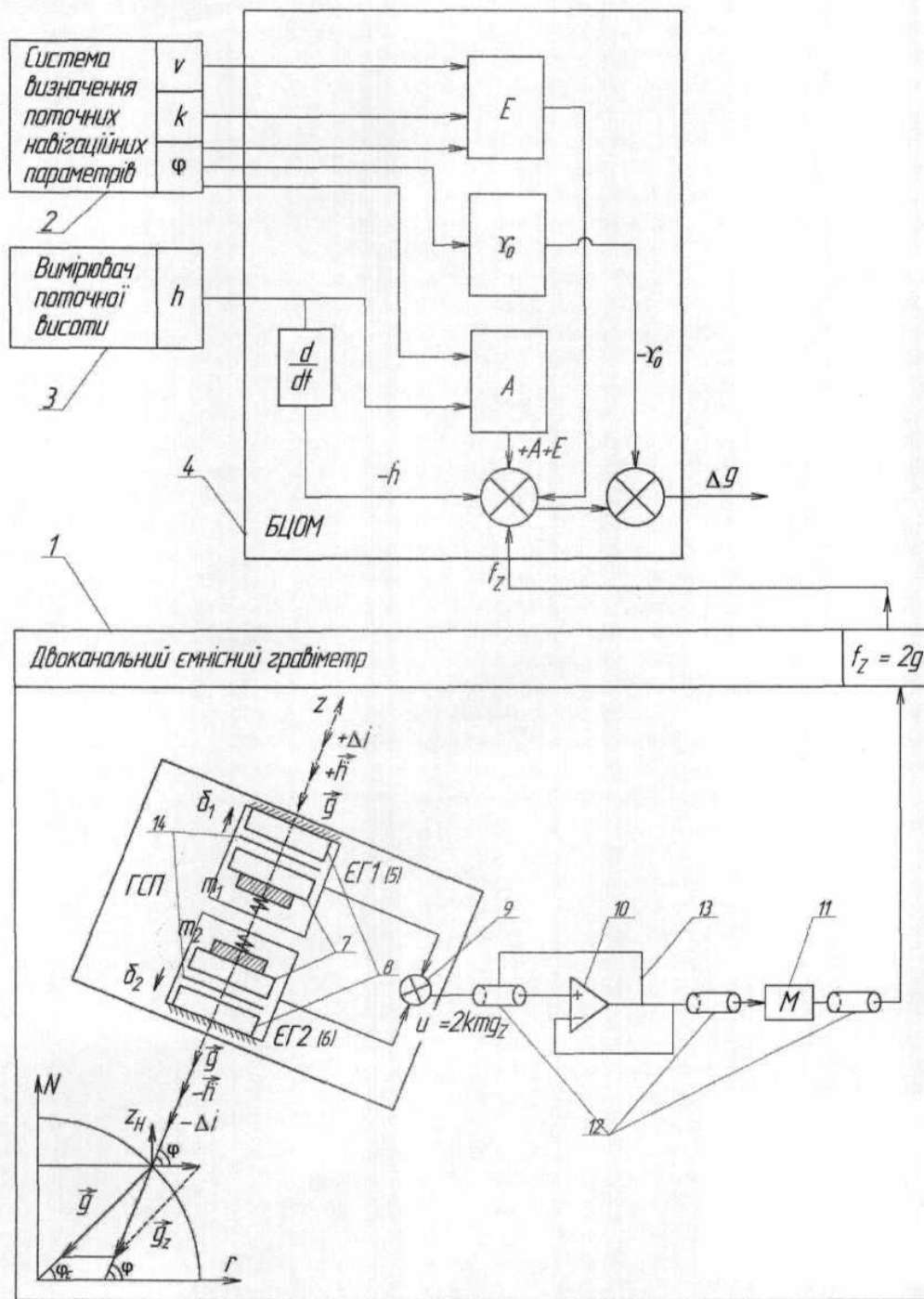
<p>(21) Номер заявки: <b>а 2015 12205</b></p> <p>(22) Дата подання заявки: <b>09.12.2015</b></p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: <b>25.11.2016</b></p> <p>(41) Публікація відомостей про заяву: <b>10.05.2016, Бюл.№ 9</b></p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>25.11.2016, Бюл.№ 22</b></p>	<p>(72) Винахідник(и): <b>Безвесільна Олена Миколаївна (UA), Ткачук Андрій Геннадійович (UA), Хильченко Тетяна Валентинівна (UA)</b></p> <p>(73) Власник(и): <b>ЖИТОМИРСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, вул. Черняхівського, 103, м. Житомир, 10005 (UA)</b></p> <p>(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: UA 105122 C2, 10.04.2014 RU 2009106726 A, 10.09.2010 RU 2172967 C1, 27.08.2001 SU 1121639 A, 30.10.1984 GB 2353100 B, 13.03.2002 US 5440928 A, 15.08.1995</p>
---	---

**(54) АВІАЦІЙНА ГРАВІМЕТРИЧНА СИСТЕМА ДЛЯ ВИМІРЮВАНЬ АНОМАЛІЙ ПРИСКОРЕННЯ СИЛИ ТЯЖІННЯ**

**(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. Авіаційна гравіметрична система для вимірювань аномалій прискорення сили тяжіння містить гравіметр, систему визначення поточних навігаційних параметрів і вимірювач поточної висоти, виходи яких підключені до входів бортової цифрової обчислювальної машини (БЦОМ). Гравіметр виконано із двома каналами, у кожному із яких встановлено по одному ємнісному елементу ЄГ1 та ЄГ2, які є ідентичними і виконані у вигляді двох металевих рухомої і нерухомої пластин, розділених діелектриками, та двох однакових інерційних мас  $m_1$  та  $m_2$ , прикріплених до двох рухомих пластин ЄГ1 та ЄГ2. Виходи ємнісних елементів ЄГ1 та ЄГ2 обох каналів з'єднані із входом суматора, вихід якого з'єднаний з входом підсилювача із додатково введеним захисним кільцем. Вихід підсилювача з'єднаний через цифровий модуль із входом БЦОМ, де відбувається обчислення вихідного сигналу гравітаційної аномалії  $\Delta g$ . З'єднання суматора, підсилювача, цифрового модуля та БЦОМ послідовно відбувається за допомогою екранованих коаксіальних кабелів. Технічний результат полягає у підвищенні точності вимірювань аномалій прискорення сили тяжіння.

UA 113038 C2



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

5 Найбільш близькою за сукупністю суттєвих ознак до винаходу є авіаційна гравіметрична система для вимірювань аномалій прискорення сили тяжіння, що вибрана як прототип [1].

Спільними суттєвими ознаками прототипу та винаходу є те, що вони містять гравіметр, систему визначення поточних навігаційних параметрів і вимірювач поточної висоти, виходи яких підключені до входів бортової цифрової обчислювальної машини (БЦОМ). Параметри чутливого елемента гравіметра підібрані таким чином, що його частота власних коливань дорівнює 10 найбільшій частоті гравітаційних прискорень, що може бути виміряна на фоні завад. Тобто, чутливий елемент гравіметра виконує також функції фільтра низьких частот. Це ліквідує вплив на вихідні показання гравіметра похибок, частота яких більша за частоту власних коливань гравіметра, та підвищує точність вимірювання прискорення сили тяжіння.

15 Проте, на відміну від винаходу, у прототипі як чутливий елемент використано гравіметр, чутливий елемент якого виконано з одним каналом. Така конструкція гравіметра-прототипу не передбачає компенсацію інструментальних похибок від впливу зміни температури, вологості та тиску зовнішнього середовища, які є значними в екстремальних умовах, якими характеризуються вимірювання за допомогою гравіметра-прототипу [2].

20 Таким чином, суттєвим недоліком авіаційної гравіметричної системи-прототипу є низька точність вимірювання аномалій прискорення сили тяжіння.

В основу винаходу поставлено задачу вдосконалення авіаційної гравіметричної системи для вимірювань аномалій прискорення сили тяжіння, що містить гравіметр, систему визначення поточних навігаційних параметрів і вимірювач поточної висоти, виходи яких підключені до входів бортової цифрової обчислювальної машини (БЦОМ), шляхом того, що гравіметр 25 виконано із двома каналами, у кожному із яких встановлено по одному ємнісному елементу ЄГ1 та ЄГ2, які є ідентичними і виконані у вигляді двох металевих рухомої і нерухомої пластин, розділених діелектриком, та двох однакових інерційних мас  $m_1$  та  $m_2$ , прикріплених до двох рухомих пластин ЄГ1 та ЄГ2, причому виходи ємнісних елементів ЄГ1 та ЄГ2 обох каналів з'єднані із входом суматора, вихід якого з'єднаний з входом підсилювача із додатково введеним захисним кільцем, вихід якого з'єднаний через цифровий модуль із входом БЦОМ, де відбувається обчислення вихідного сигналу гравітаційної аномалії  $\Delta g$ , причому з'єднання суматора, підсилювача, цифрового модуля та БЦОМ послідовно відбувається за допомогою екранованих коаксіальних кабелів, щоб забезпечити підвищення точності вимірювань аномалій 30 прискорення сили тяжіння.

35 Підвищення точності вимірювання у гравіметрі-винаході забезпечується за рахунок того, що його створено двоканальним. Тобто, у кожному із каналів встановлено по одному ємнісному елементу, які є ідентичними і виконані у вигляді двох металевих рухомої і нерухомої пластин, розділених діелектриком, та двох однакових інерційних мас, прикріплених до двох рухомих пластин ємнісних елементів.

40 Вихідні електричні сигнали ємнісних елементів обох каналів надходять на вхід суматора. Результуючий корисний аналоговий сигнал буде пропорційним подвоєному сигналу прискорення сили тяжіння та надходитиме на вхід підсилювача із додатково введеним захисним кільцем.

45 Далі підсилений сигнал надходитиме на вхід цифрового модуля, де буде перетворюватись у цифровий код та подаватись на вхід БЦОМ для подальшого обчислення гравітаційної аномалії  $\Delta g$ .

Отже, завдяки використанню додатково введеного другого каналу вимірювання, забезпечується відсутність у вихідному сигналі гравіметра системи-винаходу сигналів похибок від залишкової неідентичності конструкцій однакових ємнісних елементів, від впливу змін 50 температури, вологості та тиску зовнішнього середовища (тобто інструментальних похибок), які можуть бути значними. Також відбувається усунення впливу вертикального прискорення літака на показання гравіметра одразу двома способами: 1 - за рахунок встановлення частоти власних коливань ємнісних елементів гравіметра рівними частоті перетину спектральних щільностей корисного сигналу прискорення сили тяжіння та сигналу основної завади вертикального 55 прискорення літака (як у прототипі); 2 завдяки використанню додатково введеного другого каналу вимірювання. Використання підсилювача та цифрового модуля дозволяє підсилювати вихідний аналоговий сигнал гравіметра та перетворювати його у цифровий код.

З'єднання суматора з підсилювачем, підсилювача з цифровим модулем та цифрового модуля з БЦОМ відбувається за допомогою використання екранованих коаксіальних кабелів.

Заземлене екрануюче облєтєння кабєлю вїдїграє роль екрана мїж джерелом шумїв і гравїметром. Коаксїальний кабєль складаєтьсє з центрального провїдника, оточеного шаром дїєлектрика, зовнїшня поверхня якого покрита облєтєнням або фольгою і захисною зовнїшньою оболонкою з пластику, що захищає кабєль вїд дїї навколишнього середовища.

5 Також необхїдно врахувати і те, що деформацїї ізоляцїї чи її здвиг вїдносно провїдникїв породжують рух зарядїв, головним чином, через змїну просторового розподїлу ємностей, що також породжує шуми. Такї шуми можна зменшити, якщо кабєль на дїлянцї збурєння жорстко закрїпити з вїбруючою конструкцїєю гравїметра.

10 У конструкцїї гравїметра також використано захисне кїльце [3]. Захисне кїльце з'єднанє напрямом з виходом пїдсилювача, утворює низькоомний вхїд сигналам вїд будь-яких паразитних зв'язкїв, якї можуть бути значними та скасовує вплив крайових ефектїв

Отже, використання жорстко закрїпленого екранованого коаксїального кабєлю та захисного кїльця дозволяє повнїстю лїквїдувати вплив на вихїдний сигнал похибок, викликаних шумами рїзного походження (вїд ємнїсного зв'язку, акустичних шумїв тощо).

15 Таким чином, запропонована авїацїйна гравїметрична система для вимїрювань аномалїй прискорєння сили тяжїння забезпечує суттєве пїдвищення точностї вимїрювання аномалїй прискорєння сили тяжїння.

Суть винаходу пояснюєтьсє кресленням, де зображено структурну схему авїацїйної гравїметричної системи для вимїрювання аномалїй прискорєння сили тяжїння.

20 Авїацїйна гравїметрична система для вимїрювань аномалїй прискорєння сили тяжїння мїстить гравїметр 1, систему 2 визначєння поточних навігацїйних параметрїв і вимїрювач 3 поточної висоти, виходи яких пїдключєні до входїв БЦОМ 4.

Гравїметр 1 виконано з двома каналами, у кожному з яких встановлено по одному ємнїсному елементу ЄГ1 5 та ЄГ2 6, якї є ідентичними і виконанї у виглядї двох металєвих рухомої 7 і нерухомої 8 пластин, роздїлєних дїєлектриками 14, та двох однакових їнерцїйних мас  $m_1$  та  $m_2$ , прикрїплєних до двох рухомих пластин 7 ЄГ1 5 та ЄГ2 6. Виходи ємнїсних елементїв ЄГ1 5 та ЄГ2 6 обох каналїв з'єднанї з входом суматора 9, вихїд якого з'єднаний з входом пїдсилювача 10 з додатково введєним захисним кїльцем 13, вихїд якого з'єднаний через цифровий модуль 11 з входом БЦОМ 4, де вїдбуваєтьсє обчислення вихїдного сигналу гравїтацїйної аномалїї  $\Delta g$ .

З'єднання суматора 9, пїдсилювача 10, цифрового модуля 11 та БЦОМ 4 послїдовно вїдбуваєтьсє за допомогою екранованих коаксїальних кабєлїв 12.

Авїацїйна гравїметрична система для вимїрювань аномалїй прискорєння сили тяжїння працює наступним чином.

35 На ємнїснї елементи обох каналїв дїє прискорєння сили тяжїння  $g_z$ , вертикальне прискорєння  $\ddot{h}$  лїтака та їнструментальнї похибки  $\Delta i$  вїд впливу залишкової неїдентичностї конструкцїї однакових пластин та мас, вїд впливу змїн температури, вологостї та тиску зовнїшнього середовища, крайових ефектїв. Якщо спроектувати всї цї впливи на вимїрювальну вїсь  $Oz$  (фїг. 1) гравїметра 1 та врахувати те, що ємнїсть ЄГ1 одного каналу збїльшуєтьсє у той час, коли ємнїсть ЄГ2 на таку ж величину зменшуєтьсє, то отримаємо:

$$u_1 = k(mg_z + m_1 \ddot{h} + \Delta i);$$

$$u_2 = k(mg_z + m_1 \ddot{h} - \Delta i),$$

де  $u_1$  - вихїдний електричний сигнал ємнїсного елемента ЄГ1 одного каналу;

$u_2$  - вихїдний електричний сигнал ємнїсного елемента ЄГ2 другого каналу;

$m_1$  - їнерцїйна маса у кожному каналї;

45  $k$  - електрична стала.

Вихїднї електричнї сигнали  $u_1$  та  $u_2$  ємнїсних елементїв обох каналїв пїдсумовуютьсє у суматорї 9:

$$u_{\Sigma} = u_1 + u_2 = 2kmg_z, \quad (1)$$

де  $u_{\Sigma}$  - вихїдний сигнал пїдсилювача 10.

50 Вихїдний аналоговий сигнал пїдсилювача 10 подаєтьсє на цифровий модуль 11, де перетворюєтьсє у цифровий сигнал та надходить до БЦОМ 4.

З'єднання суматора 9 з пїдсилювачем 10, пїдсилювача 10 з цифровим модулем 11 та цифрового модуля 11 з БЦОМ 4 вїдбуваєтьсє за допомогою екранованих коаксїальних кабєлїв, що лїквїдує вплив зовнїшнїх шумїв на систему.

55 Додатково введєне захисне кїльце 13, яке скасовує вплив перешкод рїзного походження: вїд впливу будь-яких зовнїшнїх паразитних зв'язкїв, крайових ефектїв ємнїсних сигналїв та їнших.

На вхід БЦОМ 4, куди подається вихідний сигнал гравіметра 1, також подаються вихідні сигнали від системи 1 визначення поточних навігаційних параметрів та вимірювача 2 поточної висоти. БЦОМ 4 на основі отриманих даних обчислює аномалії  $\Delta g$  прискорення сили тяжіння за формулою [2]:

$$\Delta g = f_z + E + A - \gamma_0, \quad (2)$$

де  $f_z$  - вихідний сигнал гравіметра 1;

$E$  - поправка Етвеша;

$A$  - поправка за висоту;

$\gamma_0$  - довідкове значення прискорення сили тяжіння.

Таким чином, авіаційна гравіметрична система-винахід забезпечує суттєве підвищення точності вимірювань аномалій прискорення сили тяжіння.

Джерела інформації:

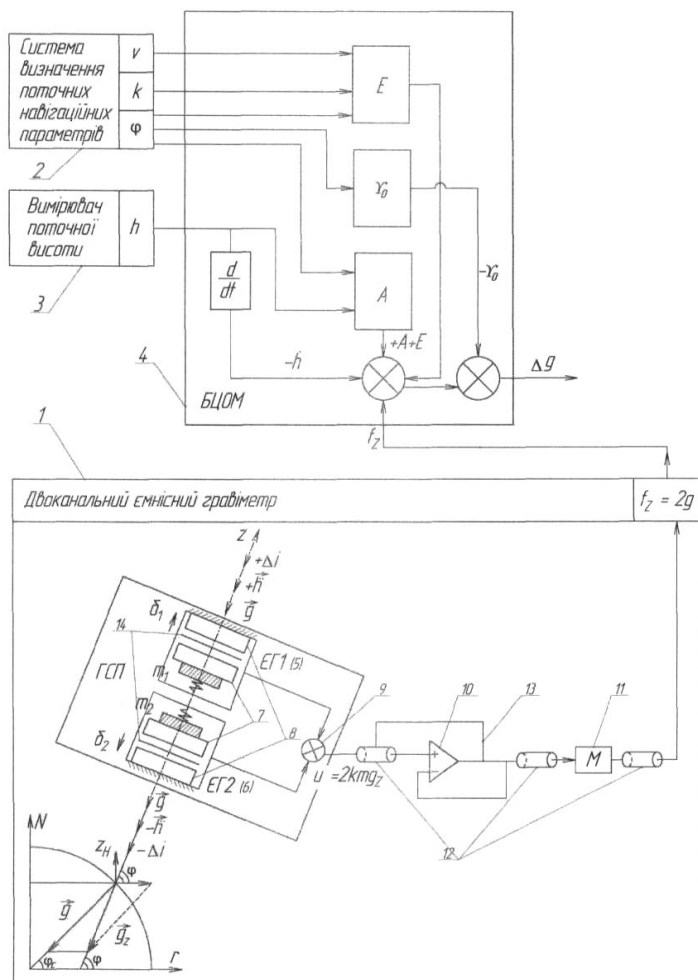
1. Патент України на винахід 105122, МПК G 01 V 7/00. Авіаційна гравіметрична система для вимірювань аномалій прискорення сили тяжіння / О.М.Безвесільна, А.Г.Ткачук., К.С.Козько № а2013 04061; Заявл. 01.04.2013; опубл. 10.04.2014, Бюл. № 7.

2. Безвесільна О.М. Авіаційні гравіметричні системи та гравіметри: монографія / О.М. Безвесільна. - Житомир: ЖДТУ, 2007. - 604 с.

3. Безвесільна О.М. Технологічні вимірювання та прилади. Перетворюючі пристрої приладів та комп'ютеризованих систем: підручник для студентів приладобудівних спец. ВНЗ / О.М.Безвесільна, Г.С.Тимчик. - Житомир: ЖДТУ, 2013.-902 с.

#### ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

Авіаційна гравіметрична система для вимірювань аномалій прискорення сили тяжіння, що містить гравіметр (1), систему (2) визначення поточних навігаційних параметрів і вимірювач (3) поточної висоти, виходи яких підключені до входів бортової цифрової обчислювальної машини (БЦОМ) (4), яка **відрізняється** тим, що гравіметр (1) виконано із двома каналами, у кожному із яких встановлено по одному ємнісному елементу ЄГ1 (5) та ЄГ2 (6), які є ідентичними і виконані у вигляді двох металевих рухомої (7) і нерухомої (8) пластин, розділених діелектриками (14), та двох однакових інерційних мас  $m_1$  та  $m_2$ , прикріплених до двох рухомих пластин (7) ЄП (5) та ЄГ2 (6), а виходи ємнісних елементів ЄГ1 (5) та ЄГ2 (6) обох каналів з'єднані із входом суматора (9), вихід якого з'єднаний з входом підсилювача (10) із додатково введеним захисним кільцем (13), вихід якого з'єднаний через цифровий модуль (11) із входом БЦОМ (4), де відбувається обчислення вихідного сигналу гравітаційної аномалії  $\Delta g$ , причому суматор (9), підсилювач (10), цифровий модуль (11) та БЦОМ (4) послідовно з'єднані за допомогою екранованих коаксіальних кабелів (12).



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