



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **99084** (13) **C2**
(51) МПК
G01V 7/02 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

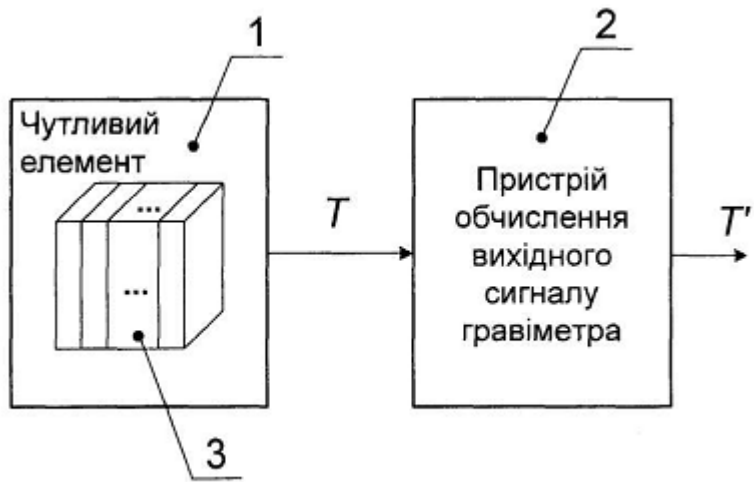
| | |
|--|--|
| <p>(21) Номер заявки: а 2011 13894</p> <p>(22) Дата подання заявки: 25.11.2011</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 10.07.2012</p> <p>(41) Публікація відомостей про заяву: 25.05.2012, Бюл.№ 10</p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 10.07.2012, Бюл.№ 13</p> | <p>(72) Винахідник(и): Безвесільна Олена Миколаївна (UA), Подчашинський Юрій Олександрович (UA), Ткачук Андрій Геннадійович (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 78620 C2, 10.04.2007. SU 118623, 13.05.1959. SU 532069, 15.10.1976. JP 60097892 A, 31.05.1985. RU2127439 C1, 10.03.1999. RU 2056643 C1, 20.03.1996. US 3592062, 13.07.1971, 1971. WO 9607113 A1, 07.03.1996.</p> |
|--|--|

(54) П'ЕЗОГРАВІМЕТР

(57) Реферат:

П'єзогравіметр належить до вимірювальної техніки і може бути використаний для проведення гравіметричних вимірів на рухомій основі в геодезії, геології, ініціальних системах навігації. П'єзогравіметр містить чутливий елемент, який вимірює сукупність прискорення сили тяжіння та завад, обумовлених переміщенням рухомої основи гравіметра в просторі, а також пристрій обчислення вихідного сигналу гравіметра, що відповідає прискоренню сили тяжіння. Чутливий елемент виконаний у вигляді п'єзопакета. Частота власних коливань п'єзопакета дорівнює найбільшій частоті гравітаційних прискорень, що може бути виміряна на фоні завад. Вихід чутливого елемента підключений до входу пристрою обчислення вихідного сигналу гравіметра. Винахід дозволяє підвищити точність та надійність вимірювань.

UA 99084 C2



Фіг. 2

Винахід належить до галузі вимірювальної техніки і може бути використаний для проведення гравіметричних вимірів на рухомій основі в геодезії, геології, ініціальних системах навігації.

5 Найбільш близьким за сукупністю суттєвих ознак до гравіметра-винаходу є гравіметр [1], побудований на основі двостепенного динамічно-настроюваного гіроскопа, який використовується як чутливий елемент (ЧЕ) гравіметра. Цей гравіметр вибрано за прототип.

10 Спільними суттєвими ознаками гравіметра-прототипу і гравіметра-винаходу є те, що вони містять ЧЕ, який вимірює сукупність прискорення сили тяжіння та завад, обумовлених переміщенням рухомої основи гравіметра в просторі, а також пристрій обчислення вихідного сигналу гравіметра, що відповідає прискоренню сили тяжіння.

Проте, на відміну від гравіметра-винаходу, у гравіметрі-прототипі для відокремлення сигналу прискорення сили тяжіння від завад використовується фільтр нижніх частот.

15 Результат вимірювань, отриманий за допомогою гравіметра-прототипу, містить значні похибки вимірювань. Ці похибки обумовлені нестабільністю параметрів фільтра нижніх частот у нестационарних та несприятливих умовах, якими зазвичай характеризуються гравіметричні вимірювання на рухомій основі [2, с. 277-282, 570-587]. Ці умови впливають на електронні компоненти фільтра нижніх частот, що призводить до зміни його частоти зрізу. В результаті, фільтр нижніх частот починає пропускати завади на вихід гравіметра-прототипу (при збільшенні частоти зрізу) або не пропускати частину корисного сигналу прискорення сили тяжіння (при зменшенні частоти зрізу).

Наявність фільтра нижніх частот як окремого блока в складі гравіметра-прототипу, що складається з електронних компонентів та експлуатується у нестационарних та несприятливих умовах, також суттєво зменшує надійність гравіметра-прототипу.

25 Таким чином, суттєвими недоліками гравіметра-прототипу є низька точність вимірювань та недостатня надійність в умовах проведення гравітаційних вимірювань на рухомій основі.

В основу винаходу поставлена задача вдосконалення гравіметра-прототипу, щоб забезпечити підвищення точності та надійності вимірювань прискорення сили тяжіння.

30 Поставлена задача вирішується шляхом того, що у гравіметр, що містить ЧЕ, який вимірює сукупність прискорення сили тяжіння та завад, обумовлених переміщенням рухомої основи гравіметра в просторі, а також пристрій обчислення вихідного сигналу гравіметра, що відповідає прискоренню сили тяжіння, згідно з винаходом, введені нові суттєві ознаки. ЧЕ виконаний у вигляді п'єзопакета, частота власних коливань якого дорівнює найбільшій частоті гравітаційних прискорень, що може бути виміряна на фоні завад, причому вихід ЧЕ підключений до входу пристрою обчислення вихідного сигналу гравіметра.

35 Суть винаходу пояснюється кресленнями.

Перелік креслень:

- фіг. 1 - графік спектральної щільності корисного сигналу прискорення сили тяжіння і завад;
- фіг. 2 - структурна схема п'єзогравіметра;
- фіг. 3 - прискорення, що діють на ЧЕ п'єзогравіметра.

40 Підвищення точності вимірювань у гравіметрі-винаході забезпечується за рахунок того, що параметри п'єзопакета підібрані таким чином, що його частота власних коливань дорівнює найбільшій частоті гравітаційних прискорень, яка може бути виміряна на фоні завад, спектр яких містить, в основному, високі частоти (фіг. 1).

45 При цьому, п'єзопакет виконує функції як ЧЕ, так і фільтра нижніх частот і відокремлює корисний сигнал прискорення сили тяжіння від завад. Параметри п'єзопакета мають високу стабільність і на них мало впливають нестационарні та несприятливі умови проведення гравітаційних вимірювань на рухомій основі [3, с. 203-215].

Отже, частота власних коливань п'єзопакета і, відповідно, частота зрізу при фільтрації завад є стабільними. В результаті гравіметр-винахід забезпечує ефективне відокремлення корисного сигналу прискорення сили тяжіння від завад і має підвищену точність та надійність.

50 Вихід ЧЕ в гравіметрі-винаході підключений безпосередньо до входу пристрою обчислення вихідного сигналу гравіметра без додаткового використання фільтра нижніх частот як окремого блока. В результаті зменшується кількість складових елементів у гравіметра-винаходу, що також підвищує його надійність.

55 Таким чином, суміщення п'єзопакетом функцій ЧЕ та фільтра нижніх частот дозволяє підвищити точність та надійність вимірювань прискорення сили тяжіння гравіметром-винаходом.

П'єзогравіметр (фіг. 2) містить ЧЕ 1 та пристрій 2 обчислення вихідного сигналу гравіметра. ЧЕ 1 виконаний у вигляді п'єзопакета 3, що містить набір п'єзопластин, наприклад, кварцових. Вихід ЧЕ 1 підключений до входу пристрою 2 обчислення вихідного сигналу гравіметра.

П'езографіметр працює таким чином. Прискорення сили тяжіння g , що діє вздовж осі чутливості Oz ЧЕ 1 (фіг. 3), викликає появу сигналу g_z на виході цього ЧЕ 1. Це відбувається завдяки властивостям п'езопакета 3, що використовується в якості ЧЕ 1 [3, с. 203-215]. На ЧЕ 1 також впливають завади (в основному - це вертикальне прискорення \ddot{h} рухомої основи гравіметра). Таким чином, сумарний сигнал ЧЕ 1 за умови відсутності фільтрації завад дорівнює:

$$T_0 = -g + \ddot{h}.$$

Але, завдяки властивостям п'езопакета 3 [3, с. 203-215], для вихідного сигналу ЧЕ 1 можна записати співвідношення [4]:

$$T(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} w(t - \tau) T_0(\tau) d\tau,$$

де $w(\cdot)$ - вагова функція фільтрації, що реалізується п'езопакетом 3.

При цьому [4]:

$$w(t) = \int_{-\infty}^{\infty} W(j\omega) e^{j\omega t} d\omega = 2\omega_0 \left[\frac{\sin \omega_0 t}{\omega_0 t} \right],$$

де $W(j\omega)$ - передаточна функція фільтрації, що визначається на основі спектральних щільностей корисного сигналу прискорення сили тяжіння і завад (фіг. 1).

Частотні спектри сигналу, який відповідає прискоренню сили тяжіння, і сигналу, який відповідає вертикальному прискоренню, є різними (фіг. 1, крива 2 і крива 1 відповідно). Переважна частота першого сигналу дорівнює 0,00175 рад/с, переважна частота другого сигналу дорівнює 0,269 рад/с. Частота власних коливань п'езопакета 3 підібрана таким чином, щоб забезпечити відокремлення корисного сигналу прискорення сили тяжіння від завад (вертикального прискорення рухомої основи).

У [2, с. 473-490] показано, що за допомогою низькочастотної фільтрації з частотою зрізу 0,1 рад/с, можна відокремлювати g від \ddot{h} з похибкою меншою, ніж 0,1 мГл. При цьому у вихідному сигналі гравіметра також усуваються інші компоненти збурень, переважна частота яких більша за 0,1 рад/с. До таких збурень належать поступальні віброприскорення, переважна частота яких 3140 рад/с; кутові віброприскорення, переважна частота яких понад 0,1 рад/с.

За допомогою п'езопакета 3, що виконує функції низькочастотної фільтрації, усуваються похибки п'езографіметра від поступальних віброприскорень - 50 мГл, від вертикального прискорення $\ddot{h} - 1,4 \cdot 10^{-4}$ мГл, інструментальні похибки - 4 мГл (зазначені числові оцінки похибок зроблені в [2]).

Розрахуємо необхідні частоту власних коливань та товщину п'езопакета 3.

Частота власних коливань п'езопакета 3 дорівнює:

$$f = \frac{K}{\sum_{i=1}^n d_i}, \quad (1)$$

де d_i - товщина i -ї кварцової пластини, $i = 1, \dots, n$,

n - кількість кварцових пластин у п'езопакеті,

K - коефіцієнт пропорційності для кварцу.

З формули (1) випливає, що частота/власних коливань п'езопакета 3 буде зменшуватись при його значній товщині $\sum_{i=1}^n d_i$. Щоб отримати $f = 0,1 \text{ рад/с}^{-1}$, потрібно обрати товщину

$$\text{п'езопакета 3 } \sum_{i=1}^n d_i = 10 \cdot K.$$

Вихідний сигнал ЧЕ 1 подається у пристрій 2 обчислення вихідного сигналу гравіметра. Він обчислює вихідний сигнал гравіметра за формулою [2]:

$$T'(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} 2\omega_0 \left[\frac{\sin \omega_0(t - \tau)}{\omega_0(t - \tau)} \right] T(\tau) d\tau.$$

В даному випадку $\tau = 2\pi k$ ($k = 1, 2, \dots$) - інтервал часу обчислень пристрою 2 обчислення вихідного сигналу гравіметра.

В результаті отримуємо вихідний сигнал T' п'езографіметра, який містить корисний сигнал прискорення сили тяжіння g . В ньому відсутні всі похибки, переважна частота яких більша за 0,1

рад/с. Ці похибки викликані вертикальним прискоренням рухомої основи гравіметра при її переміщенні в просторі та поступальними віброприскореннями з переважаючою частотою 3140 рад/с [2, с. 473-490].

5 При проведенні випробувань для реалізації запропонованого винаходу використовувалися такі апаратні засоби:

1. ЧЕ 1 у вигляді п'єзопакета 3, що серійно виготовляється у ВАТ "НВК Київський завод автоматики ім. Г.І. Петровського", м. Київ.

2. Пристрій 2 обчислення вихідного сигналу гравіметра - бортова обчислювальна машина С-019 літака АН-124.

10 В результаті проведених випробувань визначено, що гравіметр-винахід дозволяє відокремлювати сигнал прискорення сили тяжіння від завад, викликаних вертикальними прискореннями, поступальними і кутовими вібраціями літака (рухомої основи), на якому встановлено гравіметр. Таким чином, у вихідному сигналі п'єзогравіметра-винаходу повністю компенсується вплив ряду похибок вимірювань. Точність вимірювань прискорення сили тяжіння 15 за допомогою гравіметра-винаходу складає 0,1 мГл.

Джерела інформації:

1. Патент України на винахід 78620, МПК G01V 7/00. Гравіметр / Безвесільна О.М., Коробійчук І.В., Нечай С.О., Подчашинський Ю.О. Заявка № а200505440; Заявл. 07.06.05; Опубл. 10.04.07, Бюл. № 4.

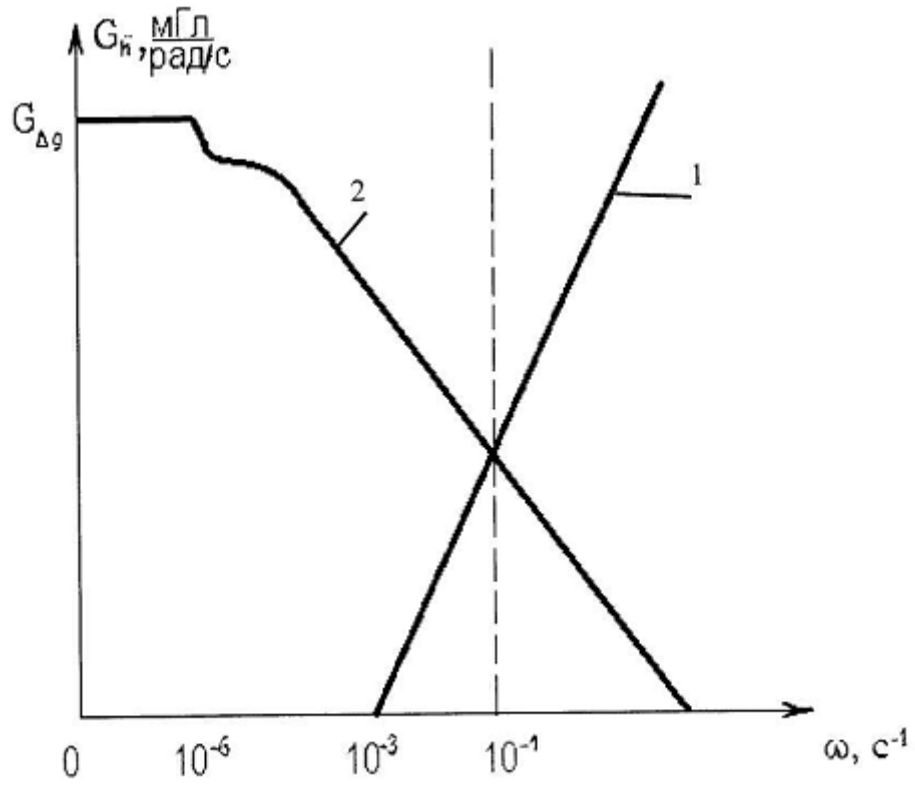
20 2. Безвесільна О.М. Авіаційні гравіметричні системи та гравіметри: Монографія. - Житомир: ЖДТУ, 2007. - 604 с.

3. Безвесільна О.М., Подчашинський Ю.О., Тимчик Г.С. Наукові дослідження в галузі вимірювання механічних величин. Інформаційно-комп'ютерні системи та технології: Підручник. - Житомир: ЖДТУ, 2010. - 873 с.

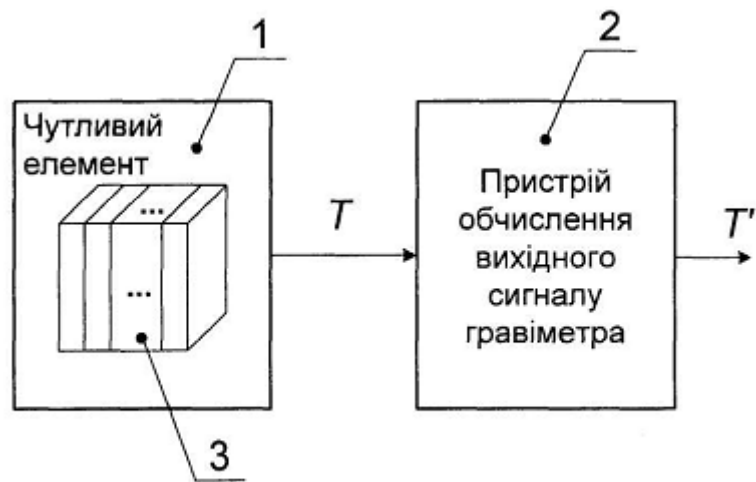
25 4. Гольденберг Л.М., Матюшкин Б.Д., Поляк М.Н. Цифровая обработка сигналов: Учебное пособие для вузов. - М.: Радио и связь, 1990. - 256 с.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

30 П'єзогравіметр, що містить чутливий елемент, який вимірює сукупність прискорення сили тяжіння та завад, обумовлених переміщенням рухомої основи гравіметра в просторі, та пристрій обчислення вихідного сигналу гравіметра, що відповідає прискоренню сили тяжіння, який **відрізняється** тим, що чутливий елемент виконаний у вигляді п'єзопакета, частота власних коливань якого дорівнює найбільшій частоті гравітаційних прискорень, що може бути виміряна 35 на фоні завад, а вихід чутливого елемента підключений до входу пристрою обчислення вихідного сигналу гравіметра.



Фіг. 1



Фіг. 2

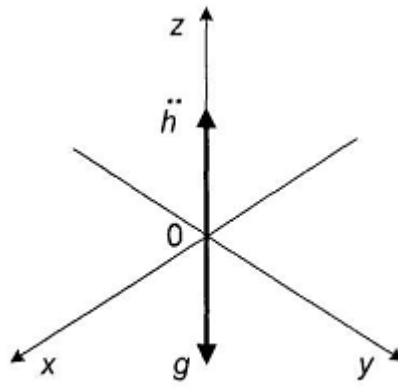


Fig. 3

Комп'ютерна верстка А. Крулевський

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

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