

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 11224

(13) С1

(46) 2008.10.30

(51) МПК (2006)

G 01V 7/00

(54) ЧУВСТВИТЕЛЬНЫЙ ЭЛЕМЕНТ МАЯТНИКОВОГО ГРАВИМЕТРА

(21) Номер заявки: а 20060956

(22) 2006.09.29

(43) 2008.04.30

(71) Заявитель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(72) Авторы: Джилавдари Игорь Захарович; Тявловский Андрей Константинович; Какошко Елена Юрьевна (ВУ)

(73) Патентообладатель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(56) ВУ 6790 С1, 2005.

RU 2096813 С1, 1997.

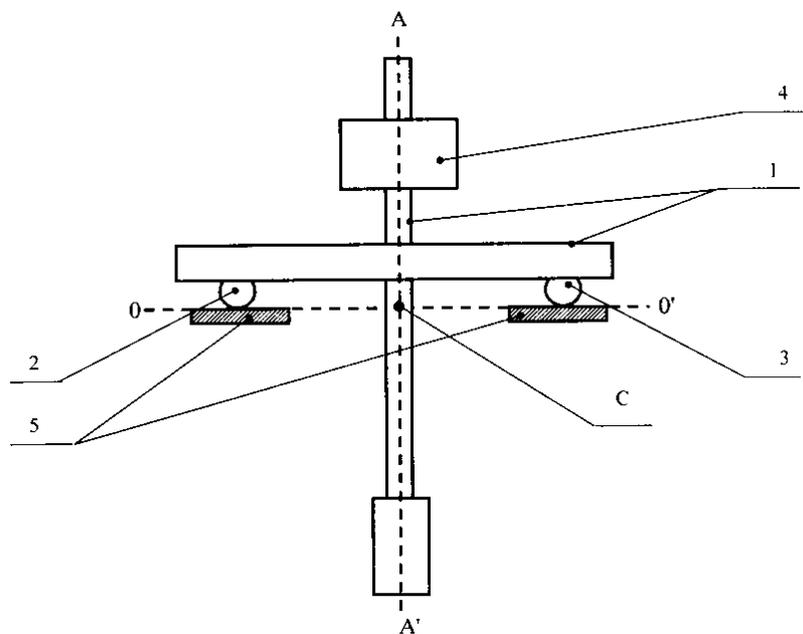
SU 1065807 А, 1984.

US 3769840 А, 1973.

US 4271702 А, 1981.

(57)

Чувствительный элемент маятникового гравиметра, содержащий физический маятник с опорой качения в виде двух сфер, расположенных симметрично относительно прямой, проходящей через центр тяжести чувствительного элемента перпендикулярно мгновенной оси вращения чувствительного элемента, соединяющей точки контакта сфер и двух опорных площадок, отличающийся тем, что содержит груз, положение которого подобрано так, что центр тяжести чувствительного элемента расположен в точке пересечения оси симметрии физического маятника и мгновенной оси вращения чувствительного элемента.



Фиг. 1

ВУ 11224 С1 2008.10.30

Изобретение относится к области измерительной техники и может быть использовано для относительного измерения ускорения свободного падения.

Известен маятниковый гравиметр, содержащий чувствительный элемент в виде физического маятника, выполненного в виде груза правильной формы, подвешенного на нити [1, стр. 33]. Измерение ускорения свободного падения g с помощью этого гравиметра сводится к измерению периода свободных колебаний маятника на основании формулы:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}},$$

где l - приведенная длина маятника.

Этот гравиметр имеет большую погрешность вследствие деформаций длины и формы нити, возникающих в процессе колебаний и воздействия вибраций основания, и, как следствие, больших трудностей точного измерения приведенной длины.

Также известен чувствительный элемент маятникового гравиметра [1, гл. 2-3], в котором нить заменена жестким стержнем, а подвес осуществляется с помощью опоры, выполненной в виде призмы, которая опирается своим ребром на плоскую полированную площадку. Этот чувствительный элемент также никак не защищен от действия вибраций основания, что приводит к увеличению погрешности измерения ускорения свободного падения.

Наиболее близким к предлагаемому является чувствительный элемент маятникового гравиметра [2], содержащий физический маятник с опорой качения в виде двух шариков, которые расположены симметрично относительно прямой, проходящей через центр тяжести физического маятника перпендикулярно мгновенной оси вращения последнего, проходящей через точки контакта шариков с опорными площадками.

Основным недостатком этой конструкции является большое влияние горизонтальных вибраций основания, происходящих в плоскости колебаний, на период колебаний маятника. Маятник удерживается на площадке благодаря силе трения покоя, действующей на шарики со стороны опорных площадок, лежащих на основании. В данной конструкции маятника момент силы трения относительно его центра тяжести не равен нулю. При наличии вибраций, под действием этого момента маятник совершает дополнительные вынужденные хаотические колебания, которые вызывают изменение периода свободных колебаний, обусловленных действием измеряемой силы тяжести. Это приводит к погрешности измерений ускорения свободного падения.

Задачей изобретения является увеличение точности измерения ускорения свободного падения маятниковым гравиметром.

Решение этой задачи обеспечивается тем, что чувствительный элемент маятникового гравиметра, содержащий физический маятник с опорой качения в виде двух сфер, расположенных симметрично относительно прямой, проходящей через центр тяжести чувствительного элемента перпендикулярно мгновенной оси вращения чувствительного элемента, соединяющей точки контакта сфер и двух опорных площадок, содержит груз, положение которого подобрано так, что центр тяжести чувствительного элемента расположен в точке пересечения оси симметрии физического маятника и мгновенной оси вращения чувствительного элемента.

Расположение центра тяжести чувствительного элемента на мгновенной оси вращения позволяет исключить влияние горизонтальных колебаний на движение чувствительного элемента.

Это может быть достигнуто многими средствами, например, за счет формы выполнения физического маятника или взаимным расположением элементов, входящих в состав чувствительного элемента.

На фиг. 1 схематически показан пример конструкции предлагаемого чувствительного элемента в плоскости, перпендикулярной плоскости качаний.

ВУ 11224 С1 2008.10.30

На фиг. 2 представлена схема для расчета влияния горизонтальных вибраций на чувствительный элемент - прототип.

На фиг. 3 схематически показана та же конструкция чувствительного элемента сбоку - в плоскости качаний.

Чувствительный элемент маятникового гравиметра содержит физический маятник 1, опора качения которого выполнена в виде двух шариков 2 и 3, а также груз 4. Шарики опираются на плоские полированные опорные площадки 5. Точка С определяет положение центра тяжести чувствительного элемента. Мгновенная ось вращения чувствительного элемента $00'$ проходит через точки контакта шариков с опорными площадками. Шарики расположены симметрично относительно прямой AA' - оси симметрии физического маятника, которая проходит перпендикулярно мгновенной оси вращения $00'$. Угол φ - угол отклонения чувствительного элемента от положения равновесия, R - радиус шарика, N - сила реакции опоры, $F_{\text{мп}}$ - сила трения (фиг. 1 и фиг. 2).

В предлагаемом чувствительном элементе положение груза 4 подобрано так, что центр тяжести чувствительного элемента (точка С) находится на мгновенной оси вращения $00'$.

Рассмотрим колебания чувствительного элемента - прототипа, у которого центр тяжести (точка С) расположен ниже мгновенной оси вращения $00'$ (фиг. 2). В процессе вибраций при движении опорной площадки 5 вправо с ускорением a , на шарик, а вместе с ним и на чувствительный элемент, со стороны опорной площадки 5 действует сила реакции опоры N и сила трения $F_{\text{мп}}$, причем

$$F_{\text{мп}} = ma, \quad (1)$$

где m - масса чувствительного элемента.

Уравнение колебания такого чувствительного элемента имеет вид:

$$I_c \frac{d^2\varphi}{dt^2} = -M_N - M_{\text{мп}}, \quad (2)$$

где I_c - момент инерции чувствительного элемента относительно центра тяжести;

M_N и $M_{\text{мп}}$ - соответственно проекции моментов силы реакции опоры и силы трения на прямую, проходящую через центр тяжести перпендикулярно плоскости рисунка, причем

$$M_N = mgl_c \sin\varphi, \quad (3)$$

где $l_c = OC$ - расстояние от центра тяжести до центра шарика,

$$M_{\text{мп}} = -ma(l_c \cos\varphi - R) \text{sign}(\dot{\varphi}). \quad (4)$$

Подставляя формулы (1), (3) и (4) в уравнение (2) и полагая

$$\omega_0^2 = \frac{mgl_c}{I_c}, \quad (5)$$

это уравнение колебаний можно представить в виде:

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + \omega_0^2\varphi + \omega_0^2 \frac{a}{g} R \sin^2 \frac{\varphi}{2} = -\omega_0^2 \frac{a}{g} (l_c - R) \cos\varphi \cdot \text{sign}(\dot{\varphi}). \quad (6)$$

В реальных маятниковых гравиметрах угол $\varphi \ll 1$. Поэтому третьим слагаемым в левой части этого уравнения можно пренебречь по сравнению со вторым слагаемым. Учитывая, что в данном случае $\cos\varphi \approx 1$, из (6) получим

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + \omega_0^2\varphi = -\omega_0^2 \frac{a}{g} (l_c - R) \cdot \text{sign}(\dot{\varphi}). \quad (7)$$

ВУ 11224 С1 2008.10.30

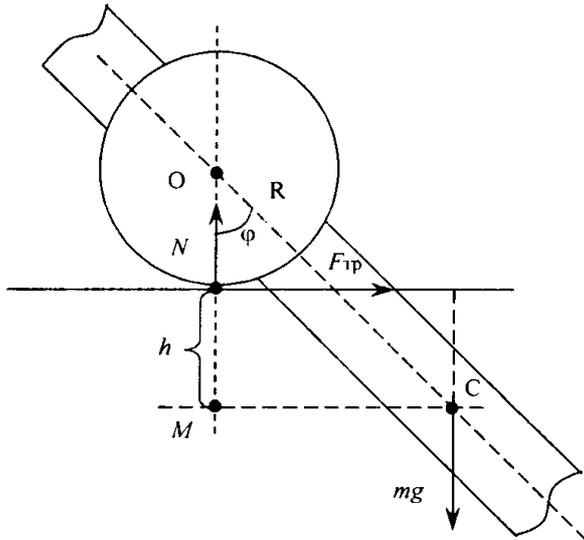
В прототипе $l_c \gg R$. В предлагаемом чувствительном элементе расстояние от центра тяжести до центра шарика равняется радиусу шарика: $l_c = R$. С учетом последнего равенства уравнение колебаний предлагаемого чувствительного элемента примет вид

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + \omega_0^2\varphi = 0. \quad (8)$$

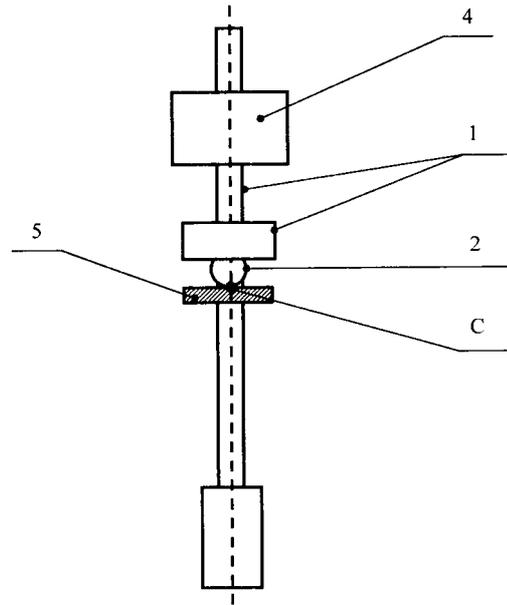
Сравнивая (7) и (8), видим, что влияние ускорения a основания на колебания чувствительного элемента в предлагаемой конструкции отсутствует.

Источники информации:

1. Юзефович А.П., Огородова Л.В. Гравиметрия. - М.: Недра, 1980. - С.33.
2. Патент Республики Беларусь 6790, МПК G 01V 7/02, 2005.



Фиг. 2



Фиг. 3