

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2619132

Гиросtabilизированный кварцевый гравиметр и способ его калибровки

Патентообладатель: *федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики" (Университет ИТМО) (RU)*

Авторы: *Краснов Антон Алексеевич (RU), Соколов Александр Вячеславович (RU), Элинсон Леон Соломонович (RU)*

Заявка № 2015153641

Приоритет изобретения 14 декабря 2015 г.

Дата государственной регистрации в
Государственном реестре изобретений
Российской Федерации 12 мая 2017 г.

Срок действия исключительного права
на изобретение истекает 14 декабря 2035 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2015153641, 14.12.2015

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
14.12.2015Дата регистрации:
12.05.2017

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 14.12.2015

(45) Опубликовано: 12.05.2017 Бюл. № 14

Адрес для переписки:

197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49,
Университет ИТМО, ОИС и НТИ

(72) Автор(ы):

Краснов Антон Алексеевич (RU),
Соколов Александр Вячеславович (RU),
Элинсон Леон Соломонович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
образования "Санкт-Петербургский
национальный исследовательский
университет информационных технологий,
механики и оптики" (Университет ИТМО)
(RU)(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2377611 C1, 27.12.2009.
Романюк В.А. и др. Эталонирование
гравиметров с горизонтальной крутильной
нитью методом наклона. М. "Наука", 1979,
гл. 2, с.12-64. RU 2095829 C1, 10.11.1997. RU
2515194 C2, 10.05.2014. SU 1793190 A1,
07.02.1993. UA 88061 C2, 10.09.2009.

(54) Гиростабилизированный кварцевый гравиметр и способ его калибровки

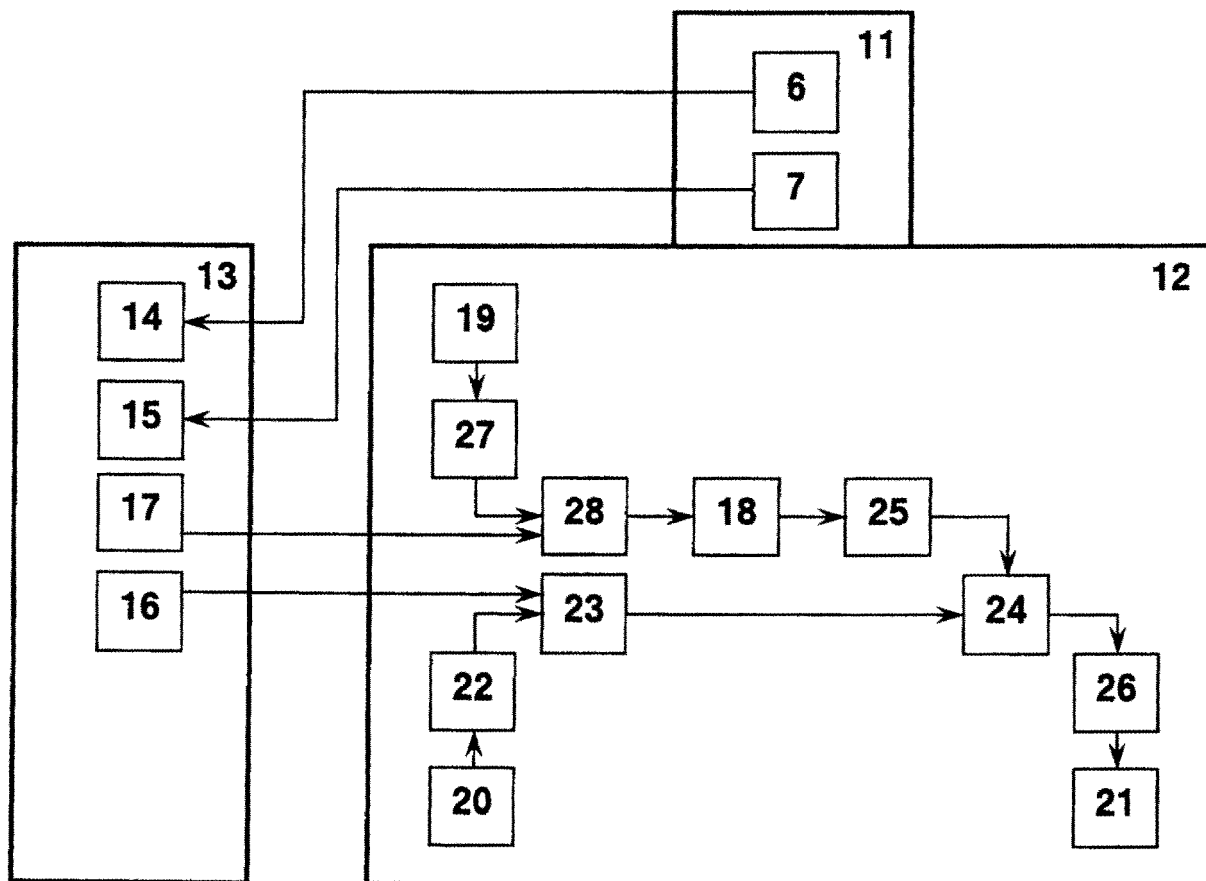
(57) Реферат:

Изобретение относится к измерительной технике и может найти применение в устройствах измерения силы тяжести и способам их калибровки. Технический результат – повышение точности. Для этого гравиметр содержит гравиметрический датчик в виде двойной кварцевой упругой системы крутильного типа с горизонтальными маятниками, погруженной в демпфирующую жидкость, и фотоэлектрического преобразователя, расположенный на двухосной гиropлатформе, на осях которой установлены датчики угла и моментные двигатели, при этом входы моментных двигателей соединены с выходами усилителей следящих систем стабилизации, при этом на гиropлатформе установлены два гироскопа и два акселерометра. В его состав введены аналого-цифровые преобразователи, сумматоры, переключатель режима работы, блок задания углов наклона гиropлатформы и блок задания смещения нуля

акселерометров. На корпусе гравиметрического датчика могут быть установлены два электронных уровня, один из которых ориентирован вдоль оси маятников, другой – вдоль оси вращения маятников. Калибровка гравиметра основана на измерении показаний гравиметра при изменении угла наклона гравиметра. При этом гиropлатформу переключают в режим электрического арретирования, при котором положение гиropлатформы относительно горизонта задается по сигналам с датчиков угла, установленных на осях гиropлатформы, в усилитель следящей системы по оси бортовой качки вводят поправки для наклона гиropлатформы на углы, соответствующие изменению ускорения силы тяжести до 4 Гал с шагом 500 мГал, фиксируя каждый раз показания гравиметра, после чего вычисляют коэффициенты градуировочной характеристики гравиметра из системы уравнений

вида: $b(m-m_0)+a(m-m_0)^2=g(\cos\theta-1)$, где b - масштабный коэффициент гравиметра, мГал/пикс, a - коэффициент при квадратичном члене

градуировочной характеристики, мГал/пикс², g - значение силы тяжести в месте калибровки, мГал. 2 н. и 1 з.п. ф-лы, 2 ил.



Фиг. 2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21)(22) Application: 2015153641, 14.12.2015

(24) Effective date for property rights:
14.12.2015Registration date:
12.05.2017

Priority:

(22) Date of filing: 14.12.2015

(45) Date of publication: 12.05.2017 Bull. № 14

Mail address:

197101, Sankt-Peterburg, Kronverkskij pr., 49,
Universitet ITMO, OIS i NTI

(72) Inventor(s):

Krasnov Anton Alekseevich (RU),
Sokolov Aleksandr Vyacheslavovich (RU),
Elinson Leon Solomonovich (RU)

(73) Proprietor(s):

federalnoe gosudarstvennoe avtonomnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniya "Sankt-Peterburgskij natsionalnyj
issledovatel'skij universitet informatsionnykh
tekhnologij, mekhaniki i optiki" (Universitet
ITMO) (RU)

(54) GYRO-STABILISED QUARTZ GRAVIMETER AND CALIBRATION METHOD THEREOF

(57) Abstract:

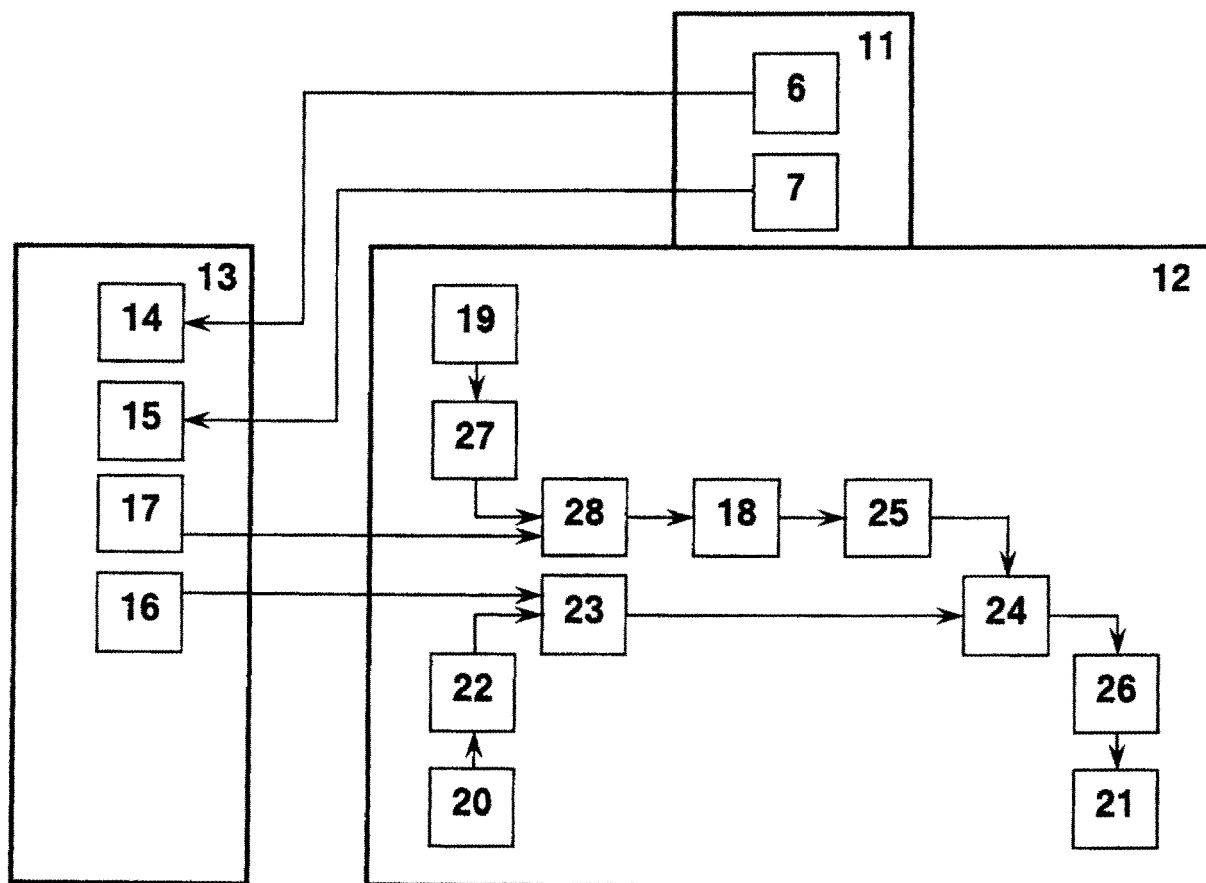
FIELD: physics, measurement technology.

SUBSTANCE: invention relates to measurement technology and can be used in devices for measuring gravity and calibration methods thereof. The gravimeter comprises a gravimetric sensor in the form of a torsional dual quartz elastic system with horizontal pendulums, immersed in a damping liquid, and a photoelectric converter arranged in a biaxial gyro-platform, on the axes of which there are angle sensors and torque motors, wherein inputs of the torque motors are connected to outputs of amplifiers of stabilisation servo systems, wherein two gyroscopes and two accelerometers are mounted on the gyro-platform, which includes analogue-to-digital converters, adders, an operating mode switch, a gyro-platform tilt angle setting unit and an accelerometer zero offset setting unit. Two electronic level gauges can be installed on the housing of the gravimetric sensor, one of which is oriented along the axis of the pendulums and the other along the axis of rotation of the pendulums. Calibration of the gravimeter is based on measurement of gravimeter readings while

varying the tilt angle of the gravimeter. The gyro-platform is switched to electrical arresting mode, wherein the position of the gyro-platform relative to the horizontal is set based on signals from the angle sensors installed on the axes of the gyro-platform, and adjustments are made to the amplifier of the servo system on the roll axis to tilt the gyro-platform by angles corresponding to the change in gravitational acceleration to 4 gal with increment of 500 mgal, each time recording gravimeter readings, after which coefficients of the calibration curve of the gravimeter are calculated from an equation system of the type: $b(m-m_0)+a(m-m_0)^2=g(\cos\theta-1)$, where b is the scaling factor of the gravimeter, mgal/pix, a is the coefficient of the quadratic term of the calibration curve, mgal/pix², g is gravity at the point of calibration, mgal.

EFFECT: invention increases measurement accuracy.

3 cl, 2 dwg



Фиг. 2

Изобретение относится к геофизике, в частности к устройствам для измерения силы тяжести и способам его калибровки.

Известно устройство для измерения силы тяжести (патент РФ №2198414, МПК G01V 7/00, G01V 7/02, дата приоритета 03.04.2002 г., дата публикации 02.10.2002 г.), содержащее корпус, заполненный демпфирующей жидкостью, двойную кварцевую упругую систему крутильного типа с горизонтальными маятниками и укрепленными на них зеркалами и фотоэлектрический преобразователь, включающий в себя источник излучения, объектив, автоколлимационную марку, установленную в фокальной плоскости объектива, и фотоэлектрический приемник, который выполнен в виде двух приборов с зарядовой связью (ПЗС) линейного типа, развернутых друг относительно друга на 180°. Управляющие входы ПЗС подключены к единому формирователю управляющих сигналов, а выходные регистры через видеотракт подключены к аналого-цифровым преобразователям, соединенным с блоками вычислений, выходы которых через устройство интерфейса и оптронную развязку подключены к передатчику последовательного канала, при этом измерение силы тяжести, основанное на измерении угла поворота маятников, осуществляется в импульсном режиме по приходу синхроимпульса от внешнего источника. Недостатком известного устройства является достижение высокой точности только при незначительном изменении температуры окружающей среды в пределах $\pm 0,5^\circ\text{C}$. Такие стабильные внешние условия трудно обеспечить при выполнении аэрогравиметрической съемки с самолетов, особенно в условиях Арктики, что является в настоящее время наиболее актуальной задачей.

Известен способ эталонирования гравиметров наклоном (Романюк В.А. и др. Эталонирование гравиметров с горизонтальной крутильной нитью методом наклона. М.: Наука, 1979, гл. 2, с. 12-64), заключающийся в том, что выполняются отсчеты гравиметра при изменении момента силы тяжести путем наклона прибора в гравитационном поле Земли и вычисляются коэффициенты градуировочной характеристики гравиметра из системы алгебраических уравнений. Недостатком указанного способа является то, что он требует очень тщательной юстировки устройства для эталонирования и гравиметра на нем. При эталонировании гравиметра с двойной упругой системой крутильного типа это принципиально недостижимо, так как оси вращения двух маятников практически никогда не бывают параллельными и, следовательно, их нельзя отъюстировать необходимым образом одновременно.

Наиболее близким по технической сущности и принятым за прототип является устройство измерения силы тяжести (патент РФ №2377611, МПК G01V 7/00, дата приоритета 22.04.2008 г., опубликовано 27.12.2009 г.), содержащее двойную кварцевую упругую систему крутильного типа с горизонтальными маятниками и укрепленными на них зеркалами, которая помещена в корпус, наполненный демпфирующей жидкостью и фотоэлектрический преобразователь, включающий в себя источник излучения, объектив, автоколлимационную марку, установленную в фокальной плоскости объектива, и фотоэлектрический приемник, размещенный в сопряженной фокальной плоскости объектива, при этом в качестве фотоэлектрического приемника применяется специализированная мегапиксельная ТВ-камера на КМОП-структуре, выход которой подключен к USB-порту персональной электронно-вычислительной машины (ПЭВМ), а вход подключен к блоку синхронизации, который соединен также с источником излучения. Фотоэлектрический преобразователь закреплен на корпусе упругой системы с возможностью его поворота вокруг оптической оси. Упругая система вместе с фотоэлектрическим преобразователем помещена в корпус термостата, на боковых стенках которого прикреплены полупроводниковые модули с радиаторами, при этом

модули последовательно соединены в цепь, подключенную к выходу платы управления термостатом, вход которой соединен с образцовым терморезистором, встроенным в корпус термостата, в нижней части основания термостата установлен вентилятор, в самом основании размещены полости для прокачки воздуха через радиаторы с помощью вентилятора, а корпус термостата жестко закреплен на основании через теплоизолирующую плиту и закрыт теплоизолирующим материалом. Для удержания оси чувствительности гравиметра в направлении местной вертикали при измерениях ускорения силы тяжести на борту подвижных объектов изобретение устанавливается в двухосную гиropлатформу. Недостатком указанного устройства для измерения силы тяжести является отсутствие возможности автоматического контроля положения оси чувствительности гравиметра в процессе эксплуатации. При этом отклонение оси чувствительности гравиметра от вертикального положения на подвижном объекте определяется погрешностями его гиropлатформы, обусловленными как инструментальными погрешностями ее чувствительных элементов - акселерометров и гироскопов, так и динамическими возмущениями, возникающими при движении носителя, и может достигать 3-5 угловых минут. Погрешность измерения ускорения силы тяжести при этом может достигать десятков миллигал ($1 \text{ мГал} = 10^{-5} \text{ м/с}^2$).

Наиболее близким к изобретению является способ определения коэффициентов градуировочной характеристики морского гравиметра с двойной упругой системой крутильного типа путем снятия отсчетов шкалы гравиметра при изменении момента силы тяжести, действующего на упругую систему (авторское свидетельство СССР №1092456, МПК G01V 7/06, дата приоритета 27.09.83, опубликовано 15.05.84). В гравиметр устанавливают два зеркала с заданным углом между ними, выполняют отсчет этого угла на шкале гравиметра и по нему вычисляют масштабный коэффициент квадратичного члена, а масштабный коэффициент линейного члена вычисляют по отсчетам гравиметра, полученным при изменении момента силы тяжести. Кроме того, изменение момента силы тяжести осуществляют наклоном прибора, а масштабный коэффициент линейного члена для каждого из маятников вычисляют из системы алгебраических уравнений. Недостатком указанного способа калибровки гравиметра является то, что необходимо выполнять перемещения прибора по пунктам с известными значениями силы тяжести, что увеличивает продолжительность процесса калибровки.

Задачей, на решение которой направлено изобретение, является повышение точности гиростабилизированного кварцевого гравиметра и сокращение продолжительности процесса его калибровки.

Сущность изобретения заключается в том, что гиростабилизированный гравиметр содержит гравиметрический датчик в виде двойной кварцевой упругой системы крутильного типа с горизонтальными маятниками, погруженной в демпфирующую жидкость, и фотоэлектрический преобразователь. На корпусе гравиметрического датчика установлены два электронных уровня, один из которых ориентирован вдоль оси маятников, другой - вдоль оси вращения маятников, при этом выходы электронных уровней подключены к блоку регистрации показаний электронных уровней, включенному в состав ПЭВМ. Гравиметрический датчик помещен в двухосную гиropлатформу с установленными на ее осях датчиками угла и моментными двигателями, которые соединены с выходами усилителей следящих систем стабилизации. На гиropлатформе установлены также два гироскопа и два акселерометра. Датчики угла прецессии гироскопов через АЦП соединены с переключателями режимов работы, которые соединены с входами усилителей следящих систем стабилизации. Акселерометры через цепь коррекции гиropлатформы соединены с датчиками моментов гироскопов.

В цепь коррекции включен блок смещения нуля акселерометров, установленный в ПЭВМ. Ось чувствительности гравиметрического датчика перпендикулярна плоскости платформы, ось маятников упругой системы совпадает с осью бортовой качки платформы, а выход фотоэлектрического преобразователя соединен с блоком регистрации данных гравиметра, установленным в ПЭВМ. В режиме гиросtabilизации датчики угла прецессии гироскопов соединены с усилителями следящих систем стабилизации и электронные уровни показывают положение оси чувствительности гравиметра. В режиме калибровки гравиметра датчики угла прецессии гироскопов отсоединяются от усилителей следящих систем стабилизации и на входы усилителей через АЦП и сумматоры подключаются датчики угла, установленные на осях гиropлатформы. Вторые входы сумматоров подключены к блоку задания углов наклона гиropлатформы, введенному в состав ПЭВМ.

Сущность изобретения поясняется чертежами, где на фиг. 1 изображен общий вид гравиметрического датчика в плоскости основного сечения, на фиг. 2 - структурная схема гиросtabilизированного гравиметра (показана одна ось стабилизации).

Гравиметрический датчик (фиг. 1) содержит термостат, состоящий из нижнего корпуса 1 и верхнего корпуса 2, установленного через теплоизолирующее капролоновое кольцо 3 на основании 4, посредством которого гравиметрический датчик крепится в гиropлатформе. В нижнем корпусе 1 установлена двойная кварцевая упругая система крутильного типа с горизонтальными маятниками, погруженными в демпфирующую жидкость 5. В верхнем корпусе 2 размещен фотоэлектрический преобразователь 6. На боковых стенках корпуса 1 установлены два электронных уровня 7, предназначенные для контроля положения оси чувствительности упругой системы в процессе эксплуатации гравиметра. На каждой из боковых стенок корпуса 1 установлено по два полупроводниковых модуля 8, работающих на эффекте Пельтье. Для отвода тепла с горячих спаев модулей служат радиаторы 9, через которые прокачивается воздух с помощью вентилятора 10, установленного в нижней части основания 4 гравиметрического датчика.

Гиросtabilизированный гравиметр (фиг. 2) содержит гравиметрический датчик 11, установленный на двухосную гиropлатформу 12, и ПЭВМ 13. ПЭВМ 13 содержит блок регистрации данных гравиметра 14, блок регистрации показаний электронных уровней 15, блок задания углов наклона 16 и блок задания смещения нуля акселерометра 17. На гиropлатформе 12 помимо гравиметрического датчика 11 размещены два гироскопа 18 и два акселерометра 19. Ось чувствительности гравиметрического датчика 11 перпендикулярна плоскости гиropлатформы 12, а ось маятников упругой системы совпадает с осью бортовой качки гиropлатформы 12. Фотоэлектрический преобразователь 6 гравиметрического датчика 11 подключен к блоку регистрации данных гравиметра 14. Электронные уровни 7 подключены к блоку регистрации показаний электронных уровней 15. На каждой из осей гиropлатформы 12 установлены датчики угла 20 и моментные двигатели 21. Датчик угла 20 через аналого-цифровой преобразователь 22 и сумматор 23 соединен с одним из входных контактов переключателя режимов работы 24. Другой вход сумматора 23 подключен к блоку задания углов наклона 16. Ко второму контакту переключателя режимов работы 24 через аналого-цифровой преобразователь 25 подключен датчик угла прецессии гироскопа 18. Выходной контакт переключателя режимов работы 24 соединен с усилителем 26 следящей системы стабилизации, который соединен с моментным двигателем 21. Акселерометр 19 через блок коррекции гировертикали 27 и второй сумматор 28 соединен с датчиком момента гироскопа 18. Другой вход сумматора 28

подключен к блоку задания смещения нуля акселерометра 17. В режиме гиросtabilизации сигнал с датчика угла прецессии гироскопа 18 через переключатель 24 подается на усилитель 26 следящей системы, управляющей моментным двигателем 21. Сигнал с датчика угла акселерометра 19 через блок коррекции гировертикали 27 поступает на датчик момента гироскопа 18, в результате чего гиروطформа 12 устанавливается в горизонтальное положение с некоторой погрешностью, что приводит к отклонению оси чувствительности гравиметрического датчика 11 от вертикали. Величина отклонения зависит от положения нуля акселерометра 19 и определяется по показаниям электронных уровней 7. Для компенсации этого отклонения с блока задания смещения нуля акселерометра 17 при необходимости вводят поправку на смещение нуля акселерометра так, чтобы показания электронных уровней были в заданных пределах. Затем посредством переключателя 24 гиروطформу 12 переводят в режим электрического арретирования, при котором на усилитель 26 следящей системы подается сигнал от датчика угла 20 и гиروطформа 12 принимает положение, определяемое величиной этого сигнала. В исходном состоянии сигнал с датчика угла 20 соответствует горизонтальному положению гиروطформы 12. При этом фиксируется начальное показание m_0 , пикс, гравиметра. Затем с блока задания углов наклона 16 через сумматор 23 последовательно вводят ряд поправок в усилитель следящей системы 26 по оси бортовой качки для наклона платформы на углы θ , равные 1°50'00"; 2°30'00"; 3°10'00"; 3°40'00"; 4°10'00"; 4°30'00"; 4°50'00"; 5°10'00", 0°00'00", минус 1°50'00"; минус 2°30'00"; минус 3°10'00"; минус 3°40'00"; минус 4°10'00"; минус 4°30'00"; минус 4°50'00"; минус 5°10'00", соответствующие изменению ускорения силы тяжести до 4 Гал с шагом 500 мГал, фиксируя каждый раз по завершении переходного процесса гравиметрического фильтра, обусловленного вводом поправок, показания m , пикс, гравиметра, после чего вычисляют коэффициенты градуировочной характеристики гравиметра из системы уравнений вида:

$$b(m-m_0)+a(m-m_0)^2=g(\cos\theta-1),$$

b - масштабный коэффициент гравиметра, мГал/пикс,

a - коэффициент при квадратичном члене градуировочной характеристики, мГал/пикс²,

g - значение силы тяжести в месте калибровки, мГал.

Проверка предложенного устройства и способа калибровки гравиметра была выполнена экспериментально. Было подтверждено, что предельная погрешность определения положения оси чувствительности гравиметра по показаниям электронных уровней не превышает 30 угловых секунд, что соответствует погрешности измерения гравиметра 0,04 мГал. Способ калибровки был проверен на 11-и образцах гравиметров. Относительная погрешность определения коэффициентов градуировочной характеристики гравиметров не превысила 0,05%, что соответствует предъявляемым требованиям. Продолжительность процесса калибровки одного гравиметра составила 8 ч, при использовании других способов продолжительность процесса калибровки составляла не менее 3 суток.

Таким образом, заявляемое изобретение дает возможность повысить точность гиросtabilизированного кварцевого гравиметра и позволяет сократить продолжительность калибровки гиросtabilизированного кварцевого гравиметра за счет выполнения ее полевых условиях, что исключает необходимость демонтажа гравиметра с судна и доставки его в специализированную лабораторию.

Работа выполнена при поддержке гранта Российского научного фонда (проект No14-

29-00160).

(57) Формула изобретения

1. Гиростабилизированный кварцевый гравиметр, содержащий гравиметрический датчик в виде двойной кварцевой упругой системы крутильного типа с горизонтальными маятниками, погруженной в демпфирующую жидкость, и фотоэлектрический преобразователь, который расположен на двухосной гиروطлатформе, на осях которой установлены датчики угла и моментные двигатели, при этом входы моментных двигателей соединены с выходами усилителей следящих систем стабилизации, при этом на гиروطлатформе установлены также два гироскопа и два акселерометра, при этом ось чувствительности гравиметрического датчика перпендикулярна плоскости гиروطлатформы, а ось маятников упругой системы совпадает с осью бортовой качки гиروطлатформы, и выход фотоэлектрического преобразователя соединен с ПЭВМ через блок регистрации данных гравиметра, отличающийся тем, что введены аналого-цифровые преобразователи, два сумматора, переключатель режима работы, блок задания углов наклона гиروطлатформы и блок задания смещения нуля акселерометров, при этом каждый датчик угла через аналого-цифровой преобразователь и сумматор соединен с переключателем режимов работы, выходы которого соединены с входами усилителей следящих систем стабилизации, при этом вторые входы сумматоров соединены - один с блоком задания углов наклона гиروطлатформы, а другой с блоком задания смещения нуля акселерометров.

2. Гиростабилизированный кварцевый гравиметр по п. 1, отличающийся тем, что на корпусе гравиметрического датчика установлены два электронных уровня, один из которых ориентирован вдоль оси маятников, другой - вдоль оси вращения маятников, при этом выходы электронных уровней подключены к блоку регистрации показаний электронных уровней.

3. Способ калибровки гиростабилизированного кварцевого гравиметра, установленного в двухосной гиروطлатформе, основанный на измерении показаний гравиметра при изменении угла наклона гравиметра, отличающийся тем, что гиروطлатформу включают в режим гиростабилизации и по показаниям электронных уровней определяют положение оси чувствительности гравиметра, вводят смещение нуля акселерометров так, чтобы показания электронных уровней были в пределах $\pm 30''$, затем переключают гиروطлатформу в режим электрического арретирования, при котором положение гиروطлатформы относительно горизонта задается по сигналам с датчиков угла, установленных на осях гиروطлатформы, через ПЭВМ последовательно вводят поправки со значениями $1^{\circ}50'00''$; $2^{\circ}30'00''$; $3^{\circ}10'00''$; $3^{\circ}40'00''$; $4^{\circ}10'00''$; $4^{\circ}30'00''$; $4^{\circ}50'00''$; $5^{\circ}10'00''$, $0^{\circ}00'00''$, минус $1^{\circ}50'00''$; минус $2^{\circ}30'00''$; минус $3^{\circ}10'00''$; минус $3^{\circ}40'00''$; минус $4^{\circ}10'00''$; минус $4^{\circ}30'00''$; минус $4^{\circ}50'00''$; минус $5^{\circ}10'00''$ в усилитель следящей системы по оси бортовой качки для наклона гиروطлатформы на углы, соответствующие изменению ускорения силы тяжести до 4 Гал с шагом 500 мГал, фиксируя каждый раз по завершении переходного процесса гравиметра, обусловленного вводом поправок, показания гравиметра, после чего вычисляют коэффициенты: градуировочной характеристики гравиметра из системы уравнений вида:

$$b(m-m_0)+a(m-m_0)^2=g(\cos\theta-1),$$

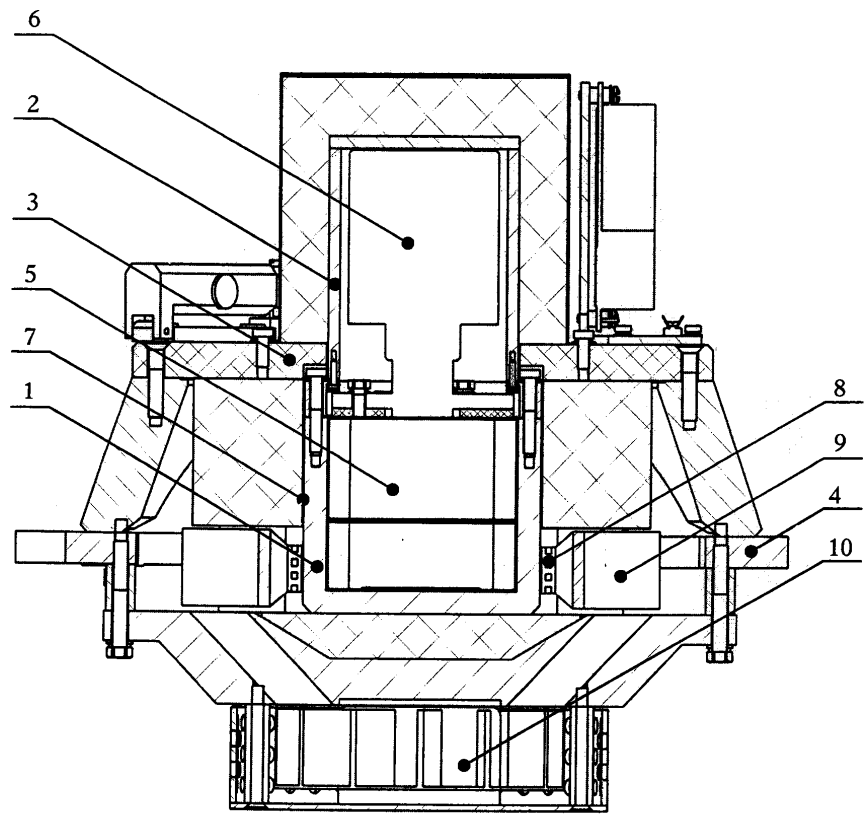
b - масштабный коэффициент гравиметра, мГал/пикс,

a - коэффициент при квадратичном члене градуировочной характеристики, мГал/пикс²,

g - значение силы тяжести в месте калибровки, мГал.

1

Гиростабилизированный кварцевый гравиметр и способ его калибровки

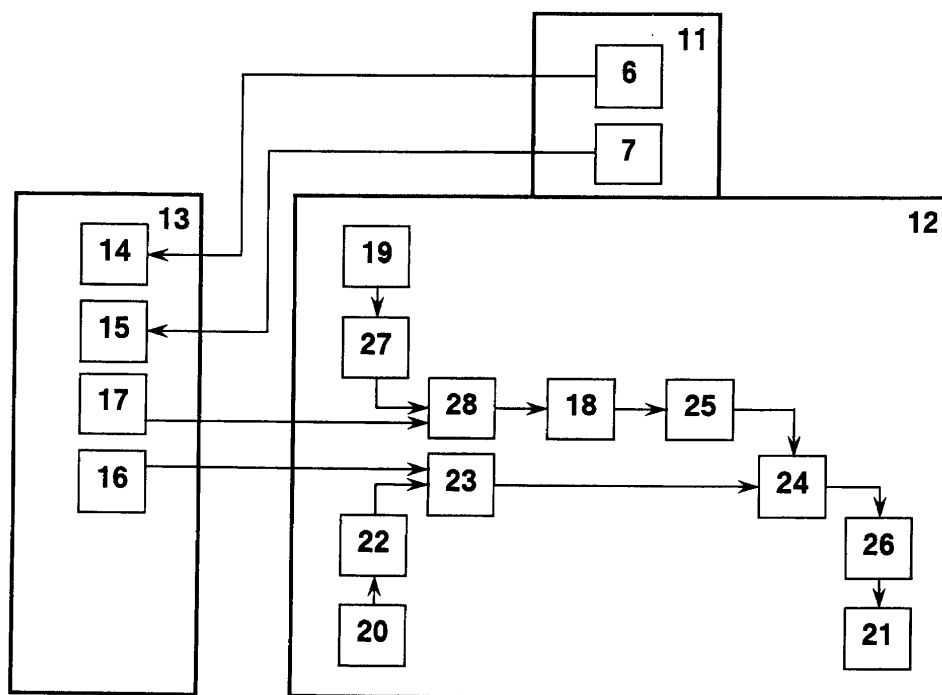


Фиг. 1

1

2

Гиростабилизированный кварцевый гравиметр и способ его калибровки



Фиг. 2