



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
G01F 22/00 (2006.01); G01F 23/292 (2006.01)

(21)(22) Заявка: 2017114320, 24.04.2017

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
24.04.2017

Дата регистрации:
08.06.2018

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 24.04.2017

(45) Опубликовано: 08.06.2018 Бюл. № 16

Адрес для переписки:
634050, г. Томск, пр. Ленина, 40, ТУСУР,
патентно-информационный отдел

(72) Автор(ы):

Смирнов Геннадий Васильевич (RU),
Замятин Николай Владимирович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Томский государственный
университет систем управления и
радиоэлектроники" (ТУСУР) (RU)

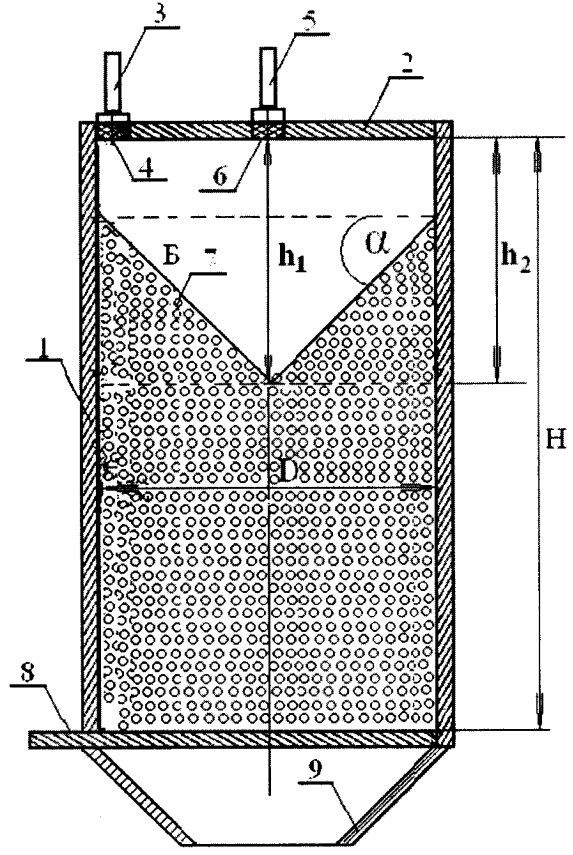
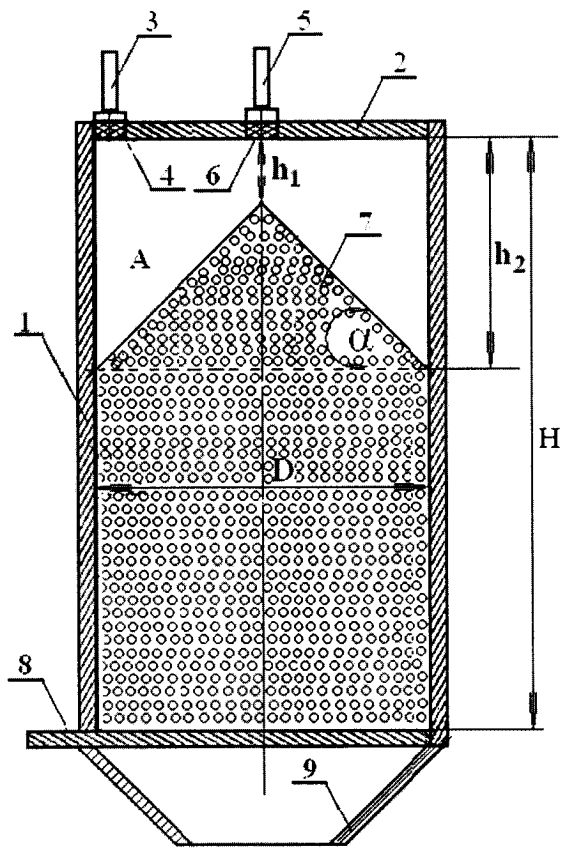
(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: US 8159660 B2 17.04.2012. CN
106164626 A 23.11.2016. DE 10040942 A1
07.03.2002. US 9419343 B2 16.08.2016. EP
2520909 A1 07.11.2012.

(54) СПОСОБ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ В РЕЗЕРВУАРАХ

(57) Реферат:

Изобретение может быть использовано для регистрации уровня сыпучих сред в резервуарах. В способе измерения параметров сыпучих материалов в резервуарах с помощью оптического устройства, закрепленного над поверхностью измеряемого материала, герметически отделенной от него оптически прозрачным элементом, в качестве измерительного устройства используют два лазера-дальномера, один из которых устанавливают в центре крышки над герметически отделенным от сыпучего материала оптически прозрачным элементом, таким образом, чтобы оптическая ось упомянутого лазера-дальномера совпадала с осью симметрии резервуара, второй лазер-дальномер устанавливают в периферийной

части крышки над герметически отделенным от сыпучего материала оптически прозрачным элементом таким образом, чтобы оптическая ось упомянутого лазера-дальномера была параллельна оси симметрии резервуара, при этом в процессе контроля первым лазером-дальномером определяют расстояние от крышки до поверхности сыпучего материала, а вторым определяют расстояние h_2 от крышки резервуара до точки, лежащей на в области пересечения поверхности сыпучего материала с поверхностью резервуара, и объем сыпучего материала в резервуаре рассчитывают по формуле. Техническим результатом является упрощение способа и повышение точности контроля. 1 ил., 2 пр.



Фиг.1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
G01F 22/00 (2006.01)
G01F 23/292 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
G01F 22/00 (2006.01); *G01F 23/292* (2006.01)

(21)(22) Application: **2017114320, 24.04.2017**

(24) Effective date for property rights:
24.04.2017

Registration date:
08.06.2018

Priority:

(22) Date of filing: **24.04.2017**

(45) Date of publication: **08.06.2018** Bull. № 16

Mail address:

634050, g. Tomsk, pr. Lenina, 40, TUSUR, patentno-informatsionnyj otdel

(72) Inventor(s):

**Smirnov Gennadij Vasilevich (RU),
Zamyatin Nikolaj Vladimirovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

Federalnoe gosudarstvennoe byudzhetnoe obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya "Tomskij gosudarstvennyj universitet sistem upravleniya i radioelektroniki" (TUSUR) (RU)

(54) **METHOD OF LOOSE MATERIAL PARAMETERS MONITORING IN TANKS**

(57) Abstract:

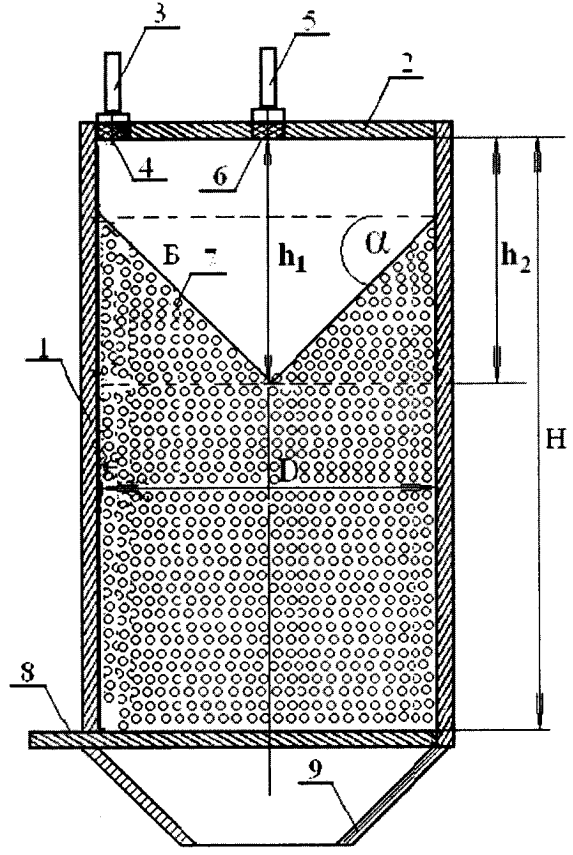
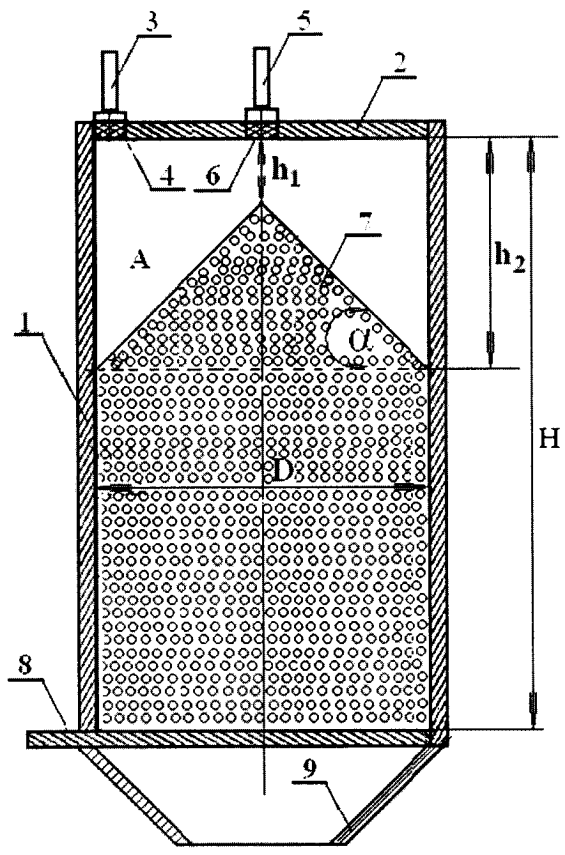
FIELD: measuring equipment.

SUBSTANCE: invention can be used to record the level of bulk solids in tanks. In the method for measuring the parameters of bulk materials in tanks using an optical device fixed above the surface of the material to be measured, hermetically segregated from it by an optically transparent element, as a measuring device use two laser-range finder, one of which is installed in the center of the cap over an optically transparent element sealed from the bulk material, so that the optical axis of the laser-range finder coincides with the axis of symmetry of the tank, the second laser range finder is mounted in the peripheral part of the cap over the optically transparent element sealed from the

bulk material so that the optical axis of the laser-range finder is parallel to the axis of symmetry of the tank, while in the process of monitoring the first laser-range finder determines the distance from the lid to the surface of the bulk material, and the second is the distance h_2 from the reservoir cover to the point lying on the intersection of the surface of the bulk material with the surface of the tank and the volume of bulk material in the tank is calculated by the formula.

EFFECT: technical result is the simplification of the method and the improvement of the accuracy of the control.

1 cl, 1 dwg, 2 ex



Фиг.1

RU 2657104 C1

RU 2657104 C1

Изобретение относится к контрольно-измерительной технике, а именно к области электрических измерений неэлектрических величин, и может быть использовано для регистрации уровня сыпучих сред в резервуарах в различных отраслях промышленности: химической, фармацевтической, пищевой, строительной и т.д.

5 Известно большое разнообразие способов контроля параметров сыпучих материалов в резервуарах, которые, в частности, сводятся к тому, что в контролируемом резервуаре создают акустическое поле, и уровень среды оценивают по результатам обработки информации о характеристиках поля, получаемой с помощью одного или нескольких датчиков - электроакустических приемников [1÷5].

10 Недостатком этих способов являются высокие погрешности контроля из-за влияния акустических неоднородностей среды (температуры, плотности и скорости звука), а также формы и материала стенок резервуара.

Известен радиолокационный способ измерения уровня сыпучих материалов [6], включающий измерение времени распространения радиоволн, излученных в направлении
15 на поверхность среды и отраженных от нее, и вычисление по измеренному времени распространения радиоволн дальности до поверхности среды. Указанный способ не позволяет измерять уровень с достаточной точностью при наличии мешающих отражений, вызванных конструктивными особенностями резервуара с жидким материалом, так как мешающие отражения искажают форму сигнала и тем самым
20 приводят к большой ошибке в измерении времени задержки.

Известен способ измерения уровня сыпучих материалов в резервуаре, реализованный в устройстве [7], заключающийся в том, что излучают частотно-модулированный сигнал в направлении содержимого резервуара, принимают, спустя время распространения, отраженный сигнал и смешивают его с частью излучаемого сигнала для получения
25 сигнала разностной частоты (СРЧ). Фазу этого сигнала используют для измерения расстояния до поверхности контролируемой среды, при условии поддержания постоянной самой разностной частоты, путем управления периодом модуляции. При этом фаза сигнала разностной частоты при измерении расстояния будет непрерывно меняться в пределах $2\pi N + \phi$ пропорционально изменению расстояния. Здесь N - целое
30 число периодов СРЧ, содержащееся в периоде модуляции, ϕ - число, соответствующее оставшейся части периода, то есть начальная фаза СРЧ.

Таким образом, определение расстояния сводится к подсчету числа N , измерению фазы ϕ и вычислению расстояния.

Недостатком способа также является невозможность измерения уровня с заданной
35 точностью при наличии мешающих отражений, вызванных элементами конструкции резервуара, так как наличие помех сильно изменяет фазу сигнала и приводит к большой ошибке.

Наиболее близким к заявляемому изобретению является способ и устройство измерения параметров жидких и сыпучих материала в резервуарах [8].

40 Сущность способа-прототипа заключается в том, параметры жидких и сыпучих материалов в резервуаре определяют путем преобразования изображения мерного элемента в электрический сигнал с последующей его цифровой обработкой и определением уровня, при этом с помощью телекамеры получают изображение линии пересечения поверхности материала с мерным элементом в виде мерной шкалы,
45 преобразуют его в видеосигнал, после чего получают файл данных в виде матрицы пикселей, затем в нем с помощью заранее обученной нейронной сети производят поиск и распознавание ближайшего значения N отсчета первичной мерной шкалы и условной линии поверхности жидкости или сыпучего материала, подсчитывают количество

пикселей n в изображении между найденным ближайшим значением N отсчета первичной мерной шкалы и условной линией поверхности жидкости или сыпучего материала, а вычисление уровня материала H производят по формуле $H=N-k \times n$, где k - коэффициент пропорциональности.

5 Недостатком способа-прототипа является то, что он применим, в основном, для измерения уровня жидких сред. Для определения уровня сыпучих материалов, например уровня цемента, применение указанного способа затруднено из-за того, что мерная шкала, нанесенная на боковой стороне резервуара, из-за запыленности будет трудно различимой, что приводит к большим погрешностям. Кроме того, реализация способа
10 - прототипа относительно сложна из-за необходимости применения цифровой видеокамеры, нанесения на стенке резервуара цифровой шкалы, из-за необходимости создания архитектуры нейронной сети, применения в ней множества разнообразных нейронов и из-за необходимости ее обучения.

15 Технической задачей, на которую направлено изобретение, является упрощение способа и повышение точности контроля.

Поставленная техническая задача решается тем, что в способе измерения параметров сыпучих материалов в резервуарах с помощью оптического устройства, закрепленного над поверхностью измеряемого материала, герметически отделенной от него оптически прозрачным элементом, в качестве измерительного устройства используют два лазера-
20 дальномера, один из которых устанавливают в центре крышки над герметически отделенным от сыпучего материала оптически прозрачным элементом, таким образом, чтобы оптическая ось упомянутого лазера-дальномера совпадала с осью симметрии резервуара, второй лазер-дальномер устанавливают в периферийной части крышки над герметически отделенным от сыпучего материала оптически прозрачным элементом
25 таким образом, чтобы оптическая ось упомянутого лазера-дальномера была параллельна оси симметрии резервуара, при этом в процессе контроля первым лазером-дальномером определяют расстояние по центральной оси симметрии резервуара h_1 от крышки до поверхности сыпучего материала, а вторым лазером-дальномером определяют расстояние h_2 от крышки резервуара до точки, лежащей на в области
30 пересечения поверхности сыпучего материала с поверхностью резервуара, и объем сыпучего материала в резервуаре рассчитывают по формуле

$$V_c = \frac{\pi \times D^2}{4} \left[(H-h_2) + \frac{1}{3}(h_2 - h_1) \right], \text{ где } H - \text{высота резервуара, } D - \text{диаметр резервуара.}$$

35 На фиг. 1 изображен сыпучий материал в резервуаре после засыпки в него порции сыпучего материала (А) и отсыпки из него порции сыпучего материала (Б).

На фиг. 1 введены следующие обозначения:

1 - резервуар высотой H и диаметром D ; 2 - крышка; 3 - лазер-дальномер; 4 - оптически прозрачное окно; 5 - лазер-дальномер; 6 - оптически прозрачное окно; 7 - сыпучий
40 материал; 8 - заслонка; 9 - высыпная воронка.

Сущность изобретения заключается в следующем.

К сыпучим материалам можно отнести: цемент, муку, опилки, зерно, сахар, соль, крупу и т.д. Эти материалы широко используются в различных отраслях промышленности. При учете прихода и расхода сыпучего материала основным
45 параметром является его объем. Рассмотренные же выше аналоги не позволяют определить с достаточной точностью указанный параметр. Кроме того, все они обладают сложностью при их реализации. В предлагаемом решении определение объема сыпучего материала можно реализовать следующим образом.

Известно, что все сыпучие материалы при их высыпании в любой резервуар в верхней части образуют некоторую нелинейную поверхность, наиболее приближенную к поверхности конуса. Эта характерная особенность сыпучих материалов явилась основанием для введения в качестве одной из основных характеристик сыпучих материалов так называемого «угла естественного откоса α » (см. фиг. 1, А). Угол естественного откоса (иногда также угол внутреннего трения, угол ската) - угол, образованный свободной поверхностью сыпучего материала с горизонтальной плоскостью. Иногда может быть использован термин «угол внешнего трения». Частицы материала, находящиеся на свободной поверхности насыпи, испытывают состояние критического (предельного) равновесия. Угол естественного откоса связан с коэффициентом трения и зависит от шероховатости зерен, степени их увлажнения, гранулометрического состава и формы, а также от удельного веса материала.

Обычно для измерения объема вещества в резервуаре частью объема, находящегося под нелинейной поверхностью, пренебрегают, а объема вещества рассчитывают, как объем цилиндра, если резервуар цилиндрический. Так как объем сыпучего материала под нелинейной поверхностью обычно не измеряется, то это приводит к погрешности до 5-10 процентов и более в зависимости от уровня вещества в резервуаре. Поэтому необходимо предложить способ для более точного измерения объема вещества, например цемента, при его дозировании для производства строительных изделий. Рассмотрим, как это можно реализовать.

Наиболее часто для загрузки сыпучего материала используют резервуар 1, выполненный в виде цилиндра (см. фиг. 1).

Резервуар 1 обычно закрывается герметичной крышкой 2, для того чтобы предотвратить попадания в сыпучий материал влаги, пыли или иных инородных включений. Если в центральной части на крышке 1 разместить лазер-дальномер 5 над герметичным оптически прозрачным окном 6, то при помощи лазера дальномера можно определить расстояние по оси симметрии резервуара h_1 от крышки до поверхности сыпучего материала.

При помощи же лазера-дальномера 3, расположенного над герметичным оптически прозрачным окном 4, определяют расстояние h_2 до точки, лежащей в месте пересечения поверхности резервуара с поверхностью сыпучего материала 7. Сыпучий материал 7 обычно отделяется от высыпной воронки 8 при помощи заслонки 9.

В процессе работы с сыпучим материалом могут быть реализованы два варианта. Первый вариант возникает при засыпке сыпучего материала в резервуар. При этом в верхней части сыпучего материала образуется горка, в форме круглого конуса, вершина которого направлена вверх (фиг. 1, А). Второй вариант реализуется при высыпании некоторого объема сыпучего материала 7 из резервуара 1. При этом на поверхности сыпучего материала образуется коническая воронка с вершиной, направленной вниз (фиг. 1, Б).

Рассмотрим, как по результатам измерений h_1 и h_2 при знании внутренних габаритов цилиндрического резервуара (его высоты H и диаметра D) можно определить объем сыпучего материала в резервуаре.

Объем сыпучего материала V_1 , заключенный между дном (заслонкой 9) резервуара 1 и линией пересечения поверхности сыпучего материала 7 с поверхностью резервуара 1, можно определить по формуле

$$V_1 = (H - h_2) \times \frac{\pi \times D^2}{4} \quad (1)$$

Объем V_2 сыпучего материала, находящийся в конической части сыпучего материала, равен

$$V_2 = \frac{1}{3}(h_2 - h_1) \times \frac{\pi \times D^2}{4} \quad (2).$$

Объем сыпучего материала в резервуаре V_c равен

$$V_c = V_1 \pm V_2 \quad (3)$$

В выражении (3) знак (+) ставится, если реализован первый вариант (фиг. 1, А), знак (-) ставится, когда реализован второй вариант (фиг. 1, Б).

Подставим в выражение (3) выражения (1) и (2), получим

$$V_c = (H-h_2) \times \frac{\pi \times D^2}{4} \pm \frac{1}{3}(h_2 - h_1) \times \frac{\pi \times D^2}{4} = \frac{\pi \times D^2}{4} [(H-h_2) + \frac{1}{3}(h_2 - h_1)] \quad (4)$$

Таким образом, объем сыпучего материала в резервуаре можно определить по формуле

$$V_c = \frac{\pi \times D^2}{4} [(H-h_2) + \frac{1}{3}(h_2 - h_1)] \quad (5)$$

Формула (5) учитывает оба варианта. В случае первого варианта (фиг. 1, А) выполняется неравенство $h_2 \geq h_1$, и V_2 имеет знак «+». В случае второго варианта (фиг. 1, Б) выполняется неравенство $h_1 \geq h_2$, и V_2 имеет знак «-».

Пример конкретного выполнения 1

В цилиндрический бункер 1 высотой $H=4$ метра и диаметром $D=1,6$ метра был засыпан цемент с заранее измеренным объемом, равным $5,4 \text{ м}^3$ (см. фиг. 1, А).

В центральной части герметичной крышки и в периферийной части крышки имелись герметичные оптические окна 4 и 6, выполненные из кварцевого оптического стекла, толщиной 10 мм. С внутренней стороны оптическое окна 4 и 6 были покрыты прозрачной пылеотталкивающей лаковой пленкой из POLISTAR P 8670 [9].

С наружной стороны окон 4 и 6 были установлены лазеры-дальномеры 3 и 5 фирмы SICK марки ДТ50.

После засыпки в резервуар 1 цемента 7 включали лазеры-дальномеры 3 и 5. При помощи лазера-дальномера 5 определяли величину h_1 . Она оказалась равной $h_1=0,8$ м. С помощью лазера-дальномера 3 измеряли величину h_2 , она оказалась равна $h_2=1,61$ м. По результатам измерения был вычислен объем по формуле (5)

$$V_c = \frac{\pi \times D^2}{4} [(H-h_2) + \frac{1}{3}(h_2 - h_1)] = 3,14 \times (1,6^2/4) [(4-1,61) + \frac{1}{3}(1,61-0,8)] = 5,3455 \text{ м}^3$$

Объем V_c , измеренный по способу прототипу, был равен $V_c=4,8029 \text{ м}^3$.

Относительная погрешность измерения объема цемента по способу-прототипу была равна

$$\delta = \left(\frac{5,4 - 4,8029}{5,4} \right) \times 100\% = 11,06\%$$

Относительная погрешность измерения объема цемента по заявляемому способу была равна

$$\delta = \left(\frac{5,4 - 5,3455}{5,4} \right) \times 100\% = 1,01 \%$$

Пример конкретного выполнения 2

5 Из цилиндрического бункера 1 высотой $H=4$ метра и диаметром $D=1,6$ метра, в котором был засыпан цемент с измеренным объемом, равным $6,2 \text{ м}^3$, высыпали 3 м^3 цемента (см. фиг. 1, Б). Таким образом, в резервуаре должно было остаться $3,2 \text{ м}^3$.

После высыпания из резервуара 1 цемента 9 аналогичным образом, как и в примере 1, измерялись h_1 и h_2 . Они оказались равны $h_1=3$ м и $h_2=2,2$ м. По результатам измерения 10 был вычислен объем сыпучего материала в резервуаре 1. По способу-прототипу оставшийся в резервуаре объем сыпучего материала оказался равным $V_c=3,6173 \text{ м}^3$.

Высыпанный из резервуара 1 объем сыпучего материала по способу-прототипу был равен

$$15 \quad V_B = 6,2 - 3,6173 = 2,5827 \text{ м}^3.$$

Относительная погрешность измерения объема цемента по способу-прототипу была равна

$$20 \quad \delta = \left(\frac{3,0 - 2,5827}{3,0} \right) \times 100\% = 13,91 \%$$

Вычисленный по формуле (5) по заявляемому способу оставшийся в резервуаре 1 объем сыпучего материала оказался равным

$$25 \quad V_c = \frac{\pi \times D^2}{4} [(H-h_2) + \frac{1}{3}(h_2 - h_1)] = 3,14 \times (1,6^2/4) [(4-2,2) + \frac{1}{3}(2,2-3,0)] = 3,2139 \text{ м}^3.$$

Высыпанный из резервуара 1 объем V_B сыпучего материала, определенный по заявляемому способу, был равен

$$V_B = 6,2 - 3,2139 = 2,9861 \text{ м}^3$$

30 Таким образом, относительная погрешность измерения объема цемента по заявляемому способу была равна

$$\delta = \left(\frac{3,0 - 2,9861}{3,0} \right) \times 100\% = 0,46 \%$$

35 Таким образом, погрешность измерения по заявляемому способу более чем на порядок ниже погрешности измерения по способу-прототипу.

Кроме того, по сравнению со способом-прототипом заявляемый способ существенно упрощен, так как для своей реализации он не требует использования цифровой камеры, измерительной линейки и построения сложной архитектуры нейронной сети, ее обучения 40 и множества датчиков (синапсов).

Источники информации

1. Бергман А. Ультразвук и его применение в науке и технике. ИЛ. М., 1957, с. 406.
2. Патент США N 3922914, МПК G01F 23/28. Каталог переводов описаний изобретений, М., 1988, N 5, с. 88.
3. Патент РФ N 2037144, МПК G01F 23/28. 1995. БИ №6.
4. Патент РФ N 2047844, МПК G01F 23/28, 1995. БИ №26.
5. Патент Франции N 2436372, МПК G01F 23/28.
6. Марфин В.П., Кузнецов Ф.В. СВЧ уровнемер. // Приборы и системы управления.

1979, №11. С. 23-29.

7. Патент РФ №2234717, G01S 13/34, 04.03.2003.

8. Патент РФ №2279642. Способ измерения уровня сыпучих или жидких материалов и устройство для его осуществления / Якимович Е.А., Замятин Н.В. - Опубл 10.07.2006 Бюл. №19 - (Прототип).

9. <http://vsedlyapolov.ru/materialy/polimery-dlya-polov/smoly-nalivnye/mpm-smoly/polistar-p-8670.html>.

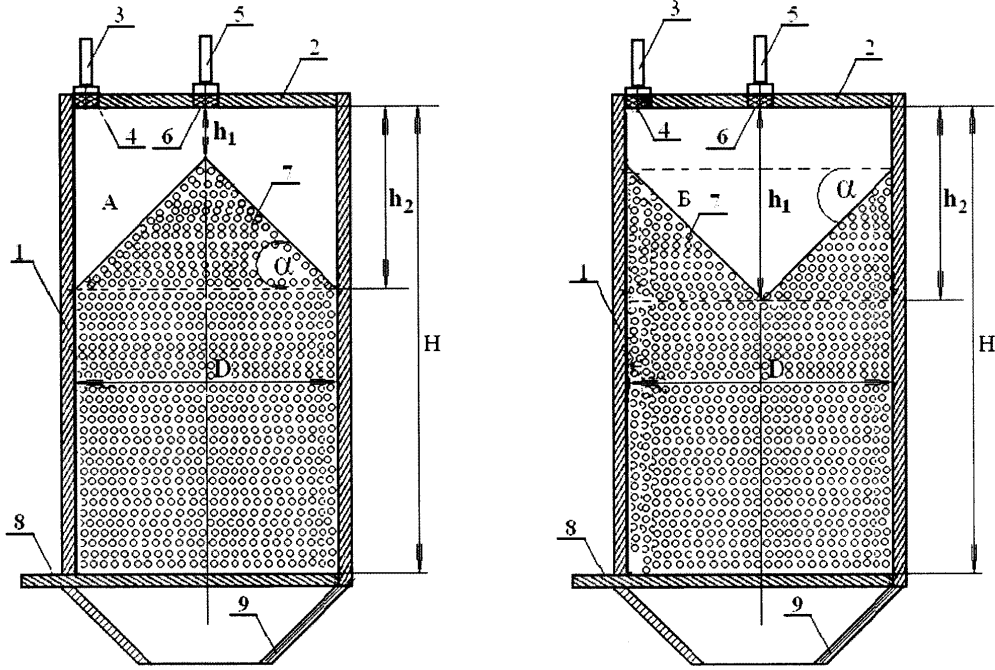
(57) Формула изобретения

Способ измерения объема сыпучих материалов в резервуарах с помощью оптического устройства, закрепленного над поверхностью измеряемого материала, и герметически отделенной от него оптически прозрачным элементом, отличающийся тем, что в качестве измерительного устройства используют два лазера-дальномера, один из которых устанавливают в центре крышки над герметически отделенным от сыпучего материала оптически прозрачным элементом, таким образом, чтобы оптическая ось упомянутого лазера-дальномера, совпадала с осью симметрии резервуара, второй лазер-дальномер устанавливают в периферийной части крышки над герметически отделенным от сыпучего материала оптически прозрачным элементом таким образом, чтобы оптическая ось упомянутого лазера-дальномера была параллельна оси симметрии резервуара, при этом в процессе контроля первым лазером-дальномером определяют расстояние по центральной оси симметрии резервуара h_1 от крышки до поверхности сыпучего материала, а вторым лазером-дальномером определяют расстояние h_2 от крышки резервуара до точки, лежащей на в области пересечения поверхности сыпучего материала с поверхностью резервуара, и объем сыпучего материала в резервуаре рассчитывают по формуле

$$V_c = \frac{\pi \times D^2}{4} \left[(H - h_2) + \frac{1}{3} (h_2 - h_1) \right],$$

где H - высота резервуара, D - диаметр резервуара.

**СПОСОБ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ
В РЕЗЕРВУАРАХ**



Фиг.1

**Авторы: Смирнов Г.В.
Замятин Н.В.**