



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: 2017113042, 14.04.2017

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
14.04.2017

Дата регистрации:  
19.06.2018

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 14.04.2017

(45) Опубликовано: 19.06.2018 Бюл. № 17

Адрес для переписки:

634050, г. Томск, пр. Ленина, 40, ТУСУР,  
патентно-информационный отдел

(72) Автор(ы):

Смирнов Геннадий Васильевич (RU),  
Замятин Николай Владимирович (RU),  
Федорчук Юрий Митрофанович (RU),  
Русина Ольга Николаевна (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: JPH 3170029 A, 23.07.1991. RU  
2145061 C1, 27.01.2000. RU 2279642 C2,  
10.07.2006. US 6782122 B1, 24.08.2004. US  
2016341591 A1, 24.11.2016.

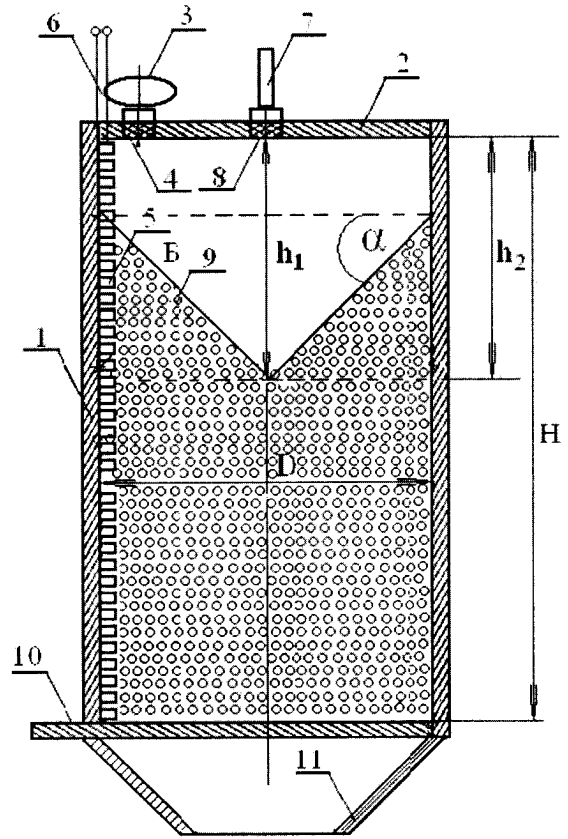
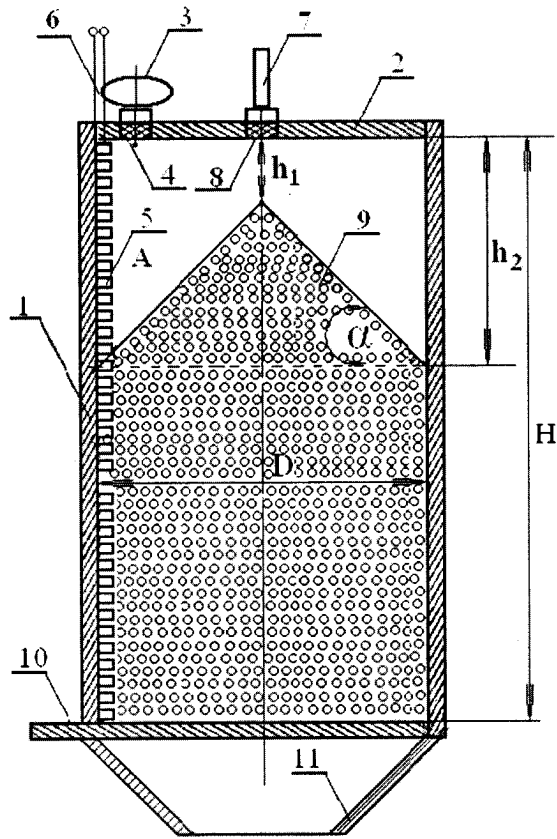
## (54) СПОСОБ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ В РЕЗЕРВУАРАХ

(57) Реферат:

Изобретение может быть использовано для регистрации уровня сыпучих сред в резервуарах. В способе измерения параметров сыпучих материалов в резервуарах путем получения изображения с помощью телекамеры, закрепленной над поверхностью измеряемого материала и герметически отделенной от него оптически прозрачным элементом, и мерной шкалы, нанесенной на боковую стенку резервуара, дополнительно в центре крышки устанавливают над вторым герметически отделенным от сыпучего материала оптически прозрачным элементом лазер-дальномер таким образом, чтобы оптическая ось лазера дальномера совпадала осью симметрии резервуара, при этом мерную шкалу

изготавливают в виде набора светодиодов, которые покрывают пылеотталкивающей прозрачной пленкой, при этом в процессе измерения включают лазер-дальномер, включают светодиоды и цифровую видеокамеру, после чего определяют лазером-дальномером расстояние от крышки до поверхности сыпучего материала, а при помощи мерной шкалы и сигнала с видеокамеры определяют расстояние  $h_2$  от крышки резервуара до точки, лежащей на мерной шкале области пересечения поверхности сыпучего материала с поверхностью резервуара, и объем рассчитывают по формуле. Техническим результатом является упрощение способа и повышение точности контроля. 1 ил.

RU 2658079 C1



RU 2658079 C1



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: **2017113042, 14.04.2017**

(24) Effective date for property rights:  
**14.04.2017**

Registration date:  
**19.06.2018**

Priority:

(22) Date of filing: **14.04.2017**

(45) Date of publication: **19.06.2018** Bull. № 17

Mail address:

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

(72) Inventor(s):

**Smirnov Gennadij Vasilevich (RU),  
Zamyatin Nikolaj Vladimirovich (RU),  
Fedorchuk Yurij Mitrofanovich (RU),  
Rusina Olga Nikolaevna (RU)**

(73) Proprietor(s):

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

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

(57) Abstract:

FIELD: measuring equipment.

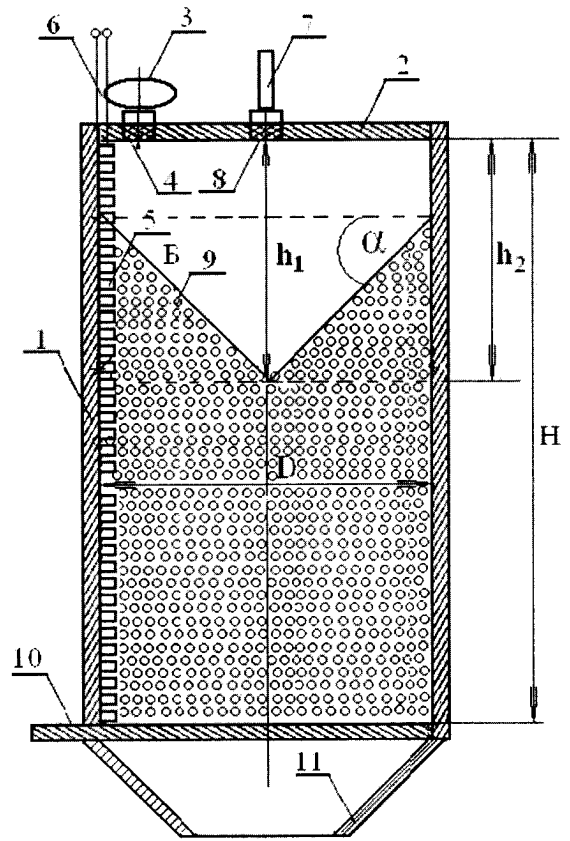
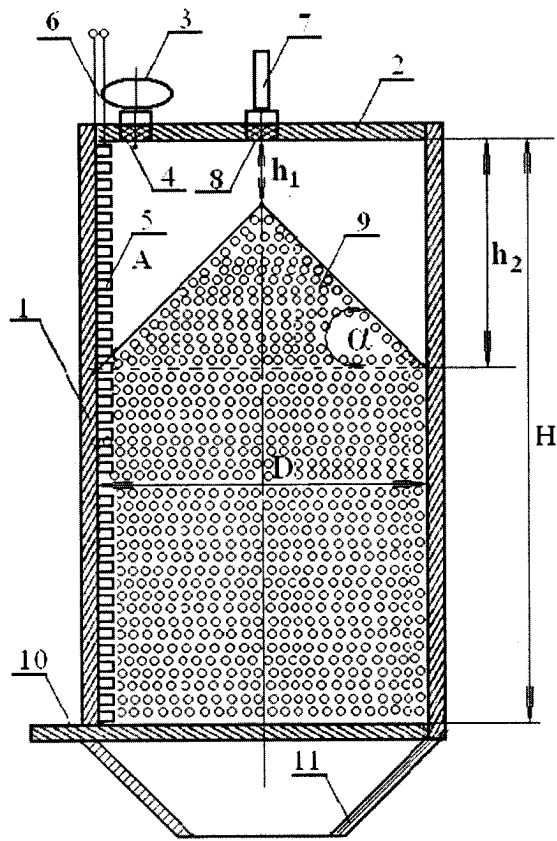
SUBSTANCE: invention can be used to record the level of bulk solids in tanks. In the method for measuring the parameters of bulk materials in tanks by obtaining an image with a camera mounted above the surface of the material being measured and hermetically separated from it by an optically transparent element, and a measuring scale applied to the side wall of the tank, in addition in the center of the lid, is installed over the second, optically transparent element of the laser range finder, sealed from the bulk material, so that the optical axis of the rangefinder laser coincides with the axis of symmetry of the reservoir, wherein the measurement scale is made in the form of a set of LEDs,

which are coated with a dust-repellent transparent film, while the laser ranging is switched on during the measurement, LEDs and a digital video camera are turned on, after which the distance from the lid to the surface of the bulk material is determined by the distance-measuring laser, and using the measuring scale and the signal from the video camera determine the distance  $h_2$  from the tank cover to the point lying on the measuring scale of the area of intersection of the surface of bulk material with the surface of the tank, and the volume is calculated by the formula.

EFFECT: simplified method and increased accuracy of control.

1 cl, 1 dwg

RU 2658079 C1



RU 2658079 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,  $\phi$  - число, соответствующее оставшейся части периода, то есть начальная фаза СРЧ.

Таким образом, определение расстояния сводится к подсчету числа  $N$ , измерению фазы  $\phi$  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 трудноразличимой, что приводит к большим погрешностям. Кроме того, реализация  
10 способа-прототипа относительно сложна из-за необходимости создания архитектуры нейронной сети, применения в ней множества разнообразных нейронов и из-за необходимости ее обучения.

Технической задачей, на которую направлено изобретение, является упрощения способа и повышения точности контроля.

15 Поставленная техническая задача решается тем, что в способе измерения параметров сыпучих материалов в резервуарах путем получения изображения с помощью телекамеры, закрепленной над поверхностью измеряемого материала и герметически отделенной от него оптически прозрачным элементом, и мерной шкалы, нанесенной на боковую стенку резервуара, дополнительно в центре крышки устанавливают над  
20 вторым герметически отделенным от сыпучего материала оптически прозрачным элементом лазер-дальномер таким образом, чтобы оптическая ось лазера дальномера совпадала осью симметрии резервуара, при этом мерную шкалу изготавливают в виде набора светодиодов, которые покрывают пылеотталкивающей прозрачной пленкой и равномерно располагают по вертикальной линии на боковой поверхности с внутренней  
25 стороны резервуара по делениям мерной шкалы, при этом в процессе измерения включают лазер-дальномер, включают светодиоды и цифровую видеокамеру, после чего определяют лазером-дальномером расстояние по центральной оси симметрии резервуара  $h_1$  от крышки до поверхности сыпучего материала, а при помощи мерной  
30 шкалы и сигнала с видеокамеры определяют расстояние  $h_2$  от крышки резервуара до точки, лежащей на мерной шкале области пересечения поверхности сыпучего материала с поверхностью резервуара и объем сыпучего материала в резервуаре рассчитывают

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

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:

40 1 - резервуар высотой  $H$  и диаметром  $D$ ; 2 - крышка; 3 - цифровая камера; 4 - оптически прозрачное окно; 5 - светодиоды; 6 - провода для питания светодиодов; 7 - лазер-дальномер; 8 - оптически прозрачное окно; 9 - сыпучий материал; 10 - заслонка; 11 - высыпная воронка.

Сущность изобретения заключается в следующем.

45 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 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  
5 основанием для введения в качестве одной из основных характеристик сыпучих материалов так называемого «угла естественного откоса  $\alpha$ » (см. фиг. 1А). Угол естественного откоса (иногда также угол внутреннего трения, угол ската) - угол, образованный свободной поверхностью сыпучего материала с горизонтальной  
10 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  
15 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  
20 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  
25 предотвратить попадания в сыпучий материал влаги, пыли или иных инородных включений. Если в центральной части на крышке 1 разместить лазер-дальномер 7 над герметичным оптически прозрачным окном 8, то при помощи лазера-дальномера можно определить расстояние по оси симметрии резервуара  $h_1$  от крышки до  
30 поверхности сыпучего материала.

При помощи же цифровой видеокамеры 3, расположенной над герметичным оптически прозрачным окном 4 и мерной шкалы 5, изготовленной в виде набора светодиодов, которые покрывают пылеотталкивающей прозрачной пленкой и  
35 равномерно располагают по рискам вертикальной линии на боковой поверхности с внутренней стороны резервуара, определяют расстояния  $h_2$  до точки, лежащей в месте пересечения поверхности резервуара с поверхностью сыпучего материала, служат светодиоды 5. Для обеспечения требуемой освещенности для контрастной регистрации при помощи цифровой фотокамеры поверхности сыпучего материала светодиоды покрывают пылеотталкивающей прозрачной пленкой. Электрическое питание к  
40 светодиодам 5 осуществляют при помощи изолированных проводов 6. Сыпучий материал 9 обычно отделяется от высыпной воронки 11 при помощи заслонки 10.

В процессе работы с сыпучим материалом могут быть реализованы два варианта. Первый вариант возникает при засыпке сыпучего материала в резервуар. При этом в  
45 верхней части сыпучего материала образуется горка в форме круглого конуса, вершина которого направлена вверх (фиг. 1А). 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 измерения  $h_1$  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 11) резервуара 1 и линией пересечения поверхности сыпучего материала 9 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. 1А), 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  $h_1 > h_2$ , 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 имелось герметичное оптическое окно 8, выполненное из кварцевого оптического стекла, толщиной 10 мм. С внутренней стороны оптическое окно 8 было покрыто прозрачной пылеотталкивающей лаковой пленкой из POLISTAR P 8670 [9].

С наружной стороны окна был установлен лазерный дальномер 7 фирмы SICK марки ДТ50. На боковой стороне вертикально была установлена мерная линейка с нанесенными на ней делениями, с ценой деления 10 мм. Через каждые 50 мм на мерной шкале были встроены чип-светодиоды 5, которые покрывали лаковой пылеотталкивающей прозрачной пленкой из POLISTAR P 8670.SMD 3528 (PLCC2). В качестве светодиодов 5 были взяты мощные светодиоды красного диапазона 4R5.

Покрытие внутренней части оптического окна 4 и поверхности светодиодов 5 пылеотталкивающей прозрачной пленкой осуществлялось для того, чтобы оптический тракт не загрязнялся, и на цифровой видеокамере получались четкие и контрастные изображения поверхности цемента и светодиодов. В периферийной части герметичной



крышки имелось еще одно герметичное оптическое окно 4, выполненное из кварцевого оптического стекла, толщиной 10 мм. С внутренней стороны оптическое окно 4 было покрыто прозрачной пылеотталкивающей лаковой пленкой из POLISTAR P 8670 [9]. Над оптическим окном 4 была установлена цифровая промышленная видеокамера

5 LXG Visual Applets.

После засыпки в резервуар 1 цемента 9 включали светодиоды 5, путем подачи на них питающего напряжения через сеть 6 и одновременно лазер-дальномер 7, и цифровая промышленная видеокамера LXG- 3. Про помощи лазера-дальномера 7 определяли величины  $h_1$ . Она оказалась равной  $h_1=0,8$  м. С помощью цифровой камеры 3 и

10 светодиодов 5 определяли величину  $h_2$ , которую определяли следующим образом. По видеосигналу с цифровой камеры 3 подсчитывали количество светодиодов от крышки 2 резервуара 1 до последнего светодиода, расположенного над точкой пересечения сыпучего материала 9 с поверхностью резервуара 1 попавшего в обзор видеокамеры 3. Если под последним обозреваемым при помощи видеокамеры светодиодом над

15 поверхностью сыпучего материала имелись еще более мелкие деления, то их величину определяли по количеству пикселей на экране цифровой камеры 3, расположенных между указанным последним видимым на экране цифровой камеры светодиодом, и точкой пересечения поверхности сыпучего материала с поверхностью резервуара,

20 расположенной на мерной шкале. В рассматриваемом случае в обозримой области цифровой камеры 3 было за зарегистрировано  $n=32$  светящихся светодиода, а количество  $k$  пикселей между 32-м светодиодом и точкой на мерной шкале, находящейся на границе пересечения сыпучего материала 9 с поверхностью резервуара 1, было равно 181818. Так как расстояние в 1 пиксель на экране цифровой камеры соответствовало  $5,5$  мкм

25 ( $5,5 \times 10^{-6}$  м), то величина

$h_2=0,05 \times n + 0,25 \times k = 0,05 \times 32 + 5,5 \times 10^{-6} \times 181818 = 1,61$  м. По результатам измерения был вычислен объем по формуле (5)

$$30 \quad V_c = \frac{\pi \times D^2}{4} [(H-h_2) + \frac{1}{3}(h_2 - h_1)] = 3,14 \times (1,6^2/4) [(4-1,61) + \frac{1}{3}(1,61-0,8)] = 5,3455 \text{ м}^3$$

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

$$35 \quad \delta = \left( \frac{5,4 - 4,8029}{5,4} \right) \times 100\% = 11,06\%$$

Относительная погрешность измерения объема цемента по заявляемому способу была равна

$$40 \quad \delta = \left( \frac{5,4 - 5,3455}{5,4} \right) \times 100\% = 1,01 \%$$

Пример конкретного выполнения 2

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  $3 \text{ м}^3$

45 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 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

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

Относительная погрешность измерения объема цемента по способу-прототипу была равна

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

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

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

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

$$V_B=6,2-3,2139=2,9861 \text{ м}^3$$

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

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

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 построения сложной архитектуры нейронной сети, ее обучения 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 №3922914, МПК G01F 23/28. Каталог переводов описаний изобретений, М., 1988, № 5, с. 88.
3. Патент РФ №2037144, МПК G01F 23/28. 1995. БИ №6.
4. Патент РФ №2047844, МПК G01F 23/28, 1995. БИ №26.
5. Патент Франции №2436372, МПК G01F 23/28.
6. Марфин В.П., Кузнецов Ф.В. СВЧ уровнемер // Приборы и системы управления. 1979, №11. С. 28-29.
7. Патент РФ №2234717, G01S 13/34, 04.03.2003.
8. Патент РФ №2279642. Способ измерения уровня сыпучих иили жидких материалов и устройство для его осуществления / Якимович Е.А., Замятин Н.В. - Оpubл 10.07.2006 Бюл. №19 - (Прототип).
9. <http://vsedlyapolov.ru/materialy/polimery-dlya-polov/smoly-nalivnye/mpm-smoly/polistar-p-8670.html>

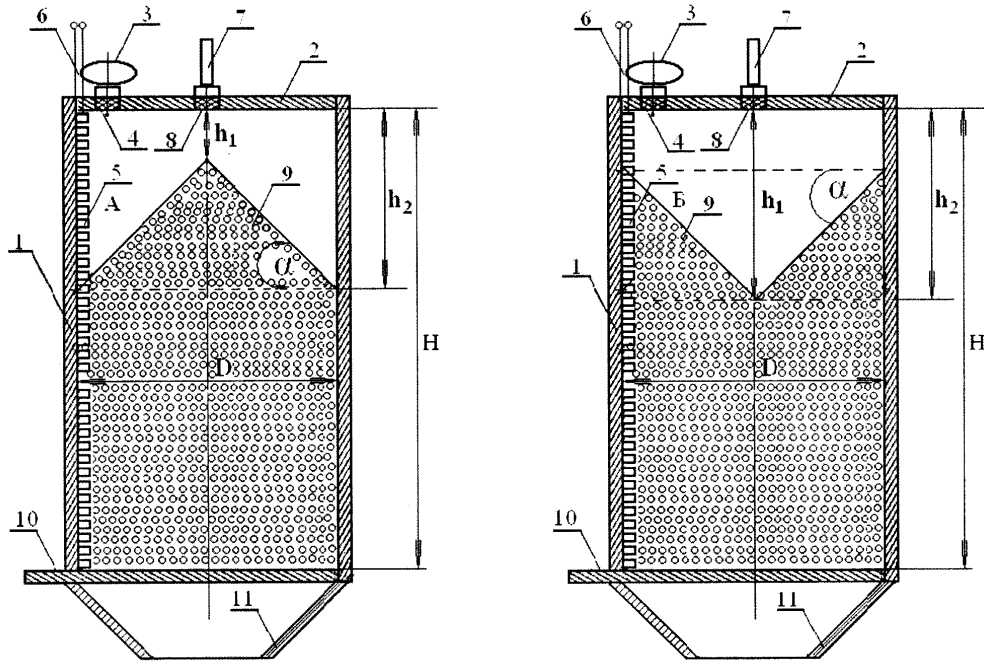
#### (57) Формула изобретения

Способ измерения объема сыпучих материалов в резервуарах с помощью цифровой телекамеры, закрепленной над поверхностью измеряемого материала и герметически отделенной от него оптически прозрачным элементом, и мерной шкалы, нанесенной на боковую стенку резервуара, отличающийся тем, что при этом дополнительно в центре крышки устанавливают над вторым герметически отделенным от сыпучего

материала оптически прозрачным элементом лазер-дальномер таким образом, чтобы оптическая ось лазера-дальномера совпадала осью симметрии резервуара, при этом мерную шкалу изготавливают в виде набора светодиодов, которые покрывают пылеотталкивающей прозрачной пленкой и равномерно располагают по вертикальной линии на боковой поверхности с внутренней стороны резервуара по делениям мерной шкалы, при этом в процессе измерения включают лазерный дальномер, включают светодиоды и цифровую видеокамеру, после чего определяют лазерным дальномером расстояние по центральной оси симметрии резервуара  $h_1$  от крышки до поверхности сыпучего материала, а при помощи мерной шкалы и сигнала с видеокамеры определяют расстояние  $h_2$  от крышки резервуара до точки, лежащей на мерной шкале области пересечения поверхности сыпучего материала с поверхностью резервуара, и объем сыпучего материала в резервуаре рассчитывают по формуле

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

**СПОСОБ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ  
В РЕЗЕРВУАРАХ**



Авторы: Смирнов Г.В.

Замятин Н.В.

Федорчук Ю.М.

Русина О.Н.