

# РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



## ПАТЕНТ

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 128333

### ВЛАГОМЕР СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

Патентообладатель(ли): *Сизиков Олег Креонидович (RU), Коннов Владимир Валерьевич (RU), Рагазин Денис Николаевич (RU), Силаев Константин Владимирович (RU), Семенов Андрей Сергеевич (RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2012148490

Приоритет полезной модели **14 ноября 2012 г.**

Зарегистрировано в Государственном реестре полезных моделей Российской Федерации **20 мая 2013 г.**

Срок действия патента истекает **14 ноября 2022 г.**

Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности

Б.П. Симонов





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

**(12) ПАТЕНТ НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ**

Статус: по данным на 17.09.2013 - действует

Пошлина: учтена за 2 год с 15.11.2013 по 14.11.2014

(21), (22) Заявка: **2012148490/07**, **14.11.2012**(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
**14.11.2012**

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: **14.11.2012**(45) Опубликовано: [20.05.2013](#)

Адрес для переписки:

**443096, г.Самара, ул. Клиническая, 30, кв.105, О.К.  
Сизикову**

(72) Автор(ы):

**Сизиков Олег Креонидович (RU),  
Коннов Владимир Валерьевич (RU),  
Рагазин Денис Николаевич (RU),  
Силаев Константин Владимирович (RU),  
Семенов Андрей Сергеевич (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

**Сизиков Олег Креонидович (RU),  
Коннов Владимир Валерьевич (RU),  
Рагазин Денис Николаевич (RU),  
Силаев Константин Владимирович (RU),  
Семенов Андрей Сергеевич (RU)****(54) ВЛАГОМЕР СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ**

(57) Реферат:

Техническое решение относится к измерительной технике и может быть использовано для измерения влажности сыпучих материалов.

Влагомер сыпучих материалов содержит перестраиваемый по частоте генератор гармонического сигнала, вход управления которого подключен к электронному устройству управления, первичный преобразователь, образованный внешним экранным и сигнальным проводниками, пространство между которыми заполнено измеряемым материалом, измерительную ячейку, включенную между выходом генератора и входом первичного преобразователя, устройство измерения, подсоединенное к устройству управления и измерительной ячейке. В качестве внешнего экранного проводника первичного преобразователя применен металлический бункер. Сигнальный проводник выполнен в виде металлического прутка, который установлен внутри бункера и закреплен в отверстиях, выполненных в его стенках. В отверстиях у первого конца прутка установлен изолятор из диэлектрика, прутки вторым своим концом соединены со стенкой бункера. Бункер содержит заслонку с приводом управления, к которому подсоединен электронный ключ, формирующий сигнал разрешения измерений.

Техническим результатом является обеспечение измерений в технологическом процессе переработки сыпучих материалов без отбора проб, повышение точности, обеспечение независимости измерений от плотности материала при малых влажностях.

7 з.п. формулы, 8 ил.

Техническое решение относится к измерительной технике и может быть использовано в промышленных условиях для измерения влажности крошки каучука, щебня, песка, семян зерновых культур и других сыпучих материалов в технологическом процессе их переработки.

Известен влагомер сыпучих материалов (Бензарь В.К. Техника СВЧ-влагометрии. - Минск: Высшая школа, 1974, с.226-234), содержащий генератор зондирующего микроволнового сигнала, кювету, в которую засыпан измеряемый материал, передающую и приемную рупорные антенны, расположенные на противоположных сторонах кюветы, преобразователь микроволнового сигнала в низкочастотный сигнал, подключенный к выходу приемной рупорной антенны и к входу устройства измерения.

В данном влагомере влажность материала определяется по ослаблению и фазовому сдвигу прошедшего через материал зондирующего сигнала. Для исключения рассеяния сигнала на неоднородностях размеры частиц исследуемого материала должны быть много меньше длины волны. В данном влагомере используются микроволны сантиметрового диапазона, поэтому он не может быть применен для измерения влажности таких сыпучих материалов, как щебень, крошка каучука и т.п. Кроме того, для микроволн сантиметрового диапазона материалы с высокой влажностью (например, песок с влажностью по массе более 14...16%) могут практически полностью ослабить сигнал, что также ограничивает область применения влагомера.

В данном влагомере антенны должны быть согласованы со средой распространения микроволнового сигнала. В отсутствие такого согласования зондирующий сигнал многократно переотражается на границах перехода от измеряемого материала к антенне, что приводит к ошибкам в измерениях ослабления и, соответственно, в определении влажности. Указанный фактор удается учесть подбором размеров, материала и формы кюветы. Но при установке антенн влагомера в промышленный бункер влияние переотражений, в том числе и от стенок бункера, увеличивается, и ошибка измерения влажности возрастает.

Наиболее близким по технической сущности к предлагаемому влагомеру является влагомер сыпучих материалов (Рефлектометрический влагомер. Патент 2269766, опубл. 10.02.2006. МПК: G01N 22/04. Заявка 2003136497/09, 19.12.2003), содержащий генератор зондирующего сигнала, вход управления которого подключен к электронному устройству управления, первичный преобразователь, образованный внешним экранным проводником и сигнальным проводником, пространство между которыми заполнено измеряемым сыпучим материалом, измерительную ячейку, включенную между выходом генератора и входом первичного преобразователя, устройство измерения, подсоединенное к электронному устройству управления генератором и измерительной ячейке.

Принцип действия этого влагомера заключается в определении влажности сыпучего материала по его диэлектрической проницаемости путем измерения времени прохождения зондирующего сигнала по первичному преобразователю, помещенному в материал. Точность данного влагомера зависит от погрешности измерения наносекундных временных интервалов между фронтами импульсных сигналов, излученного и прошедшего через материал и снимаемых с рефлектометра, входящего в состав измерительной ячейки. На погрешность фиксации фронта импульсного сигнала влияют как дисперсия, так и ослабление этого сигнала в материале с высокой влажностью, что снижает точность измерения.

Данный влагомер имеет сложную конструкцию первичного преобразователя и не предназначен для измерений непосредственно в технологическом процессе в промышленных условиях.

Целью предлагаемого технического решения является обеспечение измерений влажности сыпучих материалов непосредственно в технологическом процессе переработки этих материалов без отбора проб, повышение точности измерений, упрощение конструкции влагомера, обеспечение независимости измерений от плотности материала при малых влажностях.

Указанная цель достигается тем, что во влагомере сыпучих материалов, содержащем генератор зондирующего сигнала, вход управления которого подключен к электронному устройству управления, первичный преобразователь, образованный внешним экранным проводником и сигнальным проводником, пространство между которыми заполнено измеряемым сыпучим материалом, измерительную ячейку, включенную между выходом генератора и входом первичного преобразователя, устройство измерения, подсоединенное к электронному устройству управления генератором и измерительной ячейке,

согласно предлагаемому техническому решению,

генератор зондирующего сигнала выполнен на основе перестраиваемого по частоте формирователя гармонического сигнала, в качестве внешнего экранного проводника первичного преобразователя применен металлический бункер, в который засыпан измеряемый сыпучий материал, сигнальный проводник выполнен в виде металлического прутка, который установлен внутри бункера и закреплен в отверстиях, выполненных в стенках бункера, причем в отверстии у первого конца металлического прутка между прутком и стенкой бункера установлен изолятор из диэлектрика, металлический пруток вторым своим концом соединен со стенкой металлического бункера так, что в месте соединения между ними образован электрический контакт, первый конец металлического прутка служит входом первичного преобразователя.

Для достижения высокой точности измерения в процессе измерения сыпучий материал должен находиться в статическом состоянии, а его количество - уровень заполнения бункера - должно быть стабильным. Это требование обеспечивается тем,

что бункер содержит заслонку, закрывающую выходное отверстие бункера, а также привод управления заслонкой, к приводу управления заслонкой подсоединен электронный ключ, формирующий сигнал разрешения измерений и подключенный к устройству измерения.

Предлагаются три варианта размещения в бункере металлического прутка. Выбор конкретного варианта определяется удобством монтажа, зависит от размеров и конструктивных особенностей бункера, расположения внешних креплений, а также от особенностей загрузки и прохождения через бункер сыпучего материала.

По первому из указанных вариантов отверстия в стенках бункера, в которых закреплен металлический пруток, выполнены на противоположных стенках бункера, причем, таким образом, что ось металлического прутка параллельна хотя бы одной из стенок бункера.

По второму из указанных вариантов оба отверстия выполнены на одной стенке бункера, пруток имеет П-образную форму и установлен в бункере вдоль указанной стенки.

По третьему из указанных вариантов оба отверстия выполнены на одной стенке или двух смежных стенках бункера, пруток имеет С-образную форму и его ось параллельна хотя бы одной из стенок бункера.

Второй и третий варианты выполнения и установки металлического прутка имеют то достоинство по сравнению с первым вариантом, что на пруток действуют меньшие усилия со стороны сыпучего материала и он меньше подвержен деформации. Кроме того, при загрузке в бункер материала с высокой плотностью (щебень, песок) стенки бункера могут деформироваться, что увеличивает нагрузку на металлический пруток при его выполнении по первому варианту. Для второго и третьего вариантов, когда оба отверстия выполнены на одной стенке, такой проблемы нет.

Для обеспечения высокой точности измерения влажности необходимо измерять не только действительную составляющую комплексной диэлектрической проницаемости (что реализовано в прототипе), но одновременно и мнимую составляющую, которая определяется по величине ослабления зондирующего сигнала в материале. Во влагомере это достигается тем, что измерительная ячейка содержит резистор, первый вывод которого соединен с выходом генератора, а второй вывод соединен непосредственно со входом первичного преобразователя, первый детектор, подключенный к первому выводу резистора и обеспечивающий измерение напряжения на выходе генератора, второй детектор, подключенный ко второму выводу резистора и обеспечивающий измерение напряжения на входе первичного преобразователя, выходы детекторов подключены к устройству измерения.

Для точного определения влажности кроме значения комплексной диэлектрической проницаемости материала необходимо учитывать температуру материала, для этого в состав влагомера введен датчик температуры сыпучего материала, выход которого подключен к устройству измерения.

Для повышения точности измерения температуры контролируемого материала в металлическом прутке на его конце выполнено отверстие вдоль оси прутка, внутри отверстия установлен датчик температуры, например, на основе термопары.

Сущность предлагаемого технического решения поясняется на фиг.1-8.

На фиг.1. представлен влагомер сыпучих материалов.

На фиг.2 приведен вид А на показанный на фиг.1 первичный преобразователь.

На фиг.3 изображено горизонтальное сечение Б-Б первичного преобразователя, показанного на фиг.1. Здесь приведен вариант выполнения первичного преобразователя с сигнальным проводником, выполненным в виде прямолинейного металлического прутка, внутри которого в отверстии установлен датчик температуры.

На фиг.4 изображен вариант выполнения первичного преобразователя, у которого оба отверстия выполнены на одной стенке бункера, пруток имеет П-образную форму и установлен в бункере вдоль указанной стенки.

На фиг.5 и 6 изображен вариант выполнения первичного преобразователя, у которого оба отверстия также выполнены на одной стенке бункера, пруток имеет С-образную форму и установлен так, что его ось параллельна второй стенке бункера, примыкающей к первой стенке бункера.

На фиг.7 изображен вариант выполнения первичного преобразователя, у которого оба отверстия выполнены на смежных стенках бункера, пруток имеет С-образную форму и установлен так, что его ось параллельна третьей стенке бункера, например, образованной заслонкой.

На фиг.8 показано выполнение измерительной ячейки.

Влагомер сыпучих материалов содержит генератор 1 зондирующего сигнала, электронное устройство управления 2, первичный преобразователь, образованный внешним экранным проводником 3 и сигнальным проводником 4, пространство между которыми заполнено измеряемым сыпучим материалом 5, измерительную ячейку 6, устройство измерения 7. Вход управления генератора 1 подключен к электронному устройству управления 2. Измерительная ячейка 6 включена между выходом генератора 1 и входом 8 первичного преобразователя. Устройство измерения 7 подсоединено к электронному

устройству управления 2 и измерительной ячейке 6.

Генератор 1 зондирующего сигнала выполнен на основе перестраиваемого по частоте формирователя гармонического сигнала. В качестве внешнего экранного проводника 3 первичного преобразователя применен металлический бункер, в который засыпан измеряемый сыпучий материал 5. Сигнальный проводник 4 выполнен в виде металлического прутка, который установлен внутри бункера и закреплен в отверстиях 9 и 10, выполненных в стенках 3 бункера. В отверстии 9 у первого конца металлического прутка 4, служащего входом 8 первичного преобразователя, между прутком 4 и стенкой 3 бункера установлен изолятор 11 из диэлектрика. Металлический пруток 4 вторым своим концом в отверстии 10 или около отверстия 10 соединен со стенкой 3 металлического бункера так, что в месте соединения между ними образован электрический контакт.

Бункер содержит заслонку 12, закрывающую выходное отверстие бункера, а также привод 13 управления заслонкой. К приводу 13 управления заслонкой 12 подсоединен электронный ключ 14, формирующий сигнал разрешения измерений при закрытой заслонке 12 и подключенный к устройству измерения 7.

Измерительная ячейка 6 содержит резистор 15, первый вывод которого соединен с выходом генератора 1, а второй вывод соединен со входом 8 первичного преобразователя, первый детектор 16, подключенный к первому выводу резистора 15, второй детектор 17, подключенный ко второму выводу резистора 15, выходы детекторов подключены к устройству измерения 7.

В состав влагомера может также входить датчик температуры 18 сыпучего материала 5, выход датчика 18 подключен к устройству измерения 7. На конце (в торце) металлического прутка 4 вдоль его оси выполнено отверстие 19, внутри отверстия установлен датчик температуры 18, например, на основе термпары.

Принцип действия этого влагомера заключается в определении влажности сыпучего материала по его комплексной диэлектрической проницаемости: измеряются не только действительная (как в прототипе), но и мнимая составляющие этого параметра. Далее по ним с учетом температуры материала вычисляется влажность материала.

Комплексная диэлектрическая проницаемость материала определяется на основании измерений следующих параметров:

- резонансной частоты первичного преобразователя, определяемой при перестройке генератора гармонического сигнала по минимуму входного сопротивления первичного преобразователя, заполненного сыпучим материалом;

- входного сопротивления на резонансной частоте первичного преобразователя, заполненного сыпучим материалом.

Влагомер работает следующим образом. Электронное устройство управления 2 перестраивает генератор 1 в диапазоне рабочих частот. Одновременно при перестройке производится измерение напряжений на первом и втором выводах резистора 15 измерительной ячейки 6. Для измерения используются полупроводниковые детекторы 16 и 17, которые преобразуют высокочастотные сигналы в низкочастотные. Напряжения  $U_{16}$  и  $U_{17}$ , снимаемые, соответственно, с выхода первого детектора 16 и второго детектора 17, подаются на вход устройства измерения 7. В устройстве измерения 7 определяется отношение напряжений  $U_{17}$  и  $U_{16}$ . Минимум отношения напряжений ( $U_{17}/U_{16}$ ) достигается в тот момент, когда входное сопротивление первичного преобразователя будет минимальным. По измеренной величине этого отношения и известной величине сопротивления резистора 15 процессор устройства измерения 7 вычисляет величину этого сопротивления. В момент достижения минимума определяется и запоминается частота гармонического сигнала, вырабатываемого генератором 1. Эта частота при известной геометрической длине сигнального проводника позволяет вычислить коэффициент замедления электромагнитной волны в контролируемом материале, поскольку в момент достижения минимума входного сопротивления на длине первичного преобразователя «укладывается» целое число полуволн. Далее, по вычисленной величине входного сопротивления с учетом вычисленного коэффициента замедления определяется комплексная диэлектрическая проницаемость. По переводным таблицам, составленным для набора температур и заложенным в память процессора, производится вычисление массового содержания влаги для конкретного сыпучего материала. Полученный результат передается с выхода устройства измерения 7 по цифровому интерфейсу (например, RS485) или токовым сигналом 4-20 мА на внешний индикатор или промышленный контроллер, управляющий технологическим процессом.

Необходимо отметить, что в предлагаемом влагомере процесс измерений может быть реализован в двух вариантах.

Первый вариант: генератор 1 с помощью устройства управления 2 перестраивается по частоте таким образом, чтобы отношение ( $U_{17}/U_{16}$ ) сигналов с выхода измерительной ячейки 6 было минимальным, при достижении минимума устройство измерения 7 производит отсчет частоты зондирующего сигнала и величины входного сопротивления первичного преобразователя.

Второй вариант: устройство измерения 7 выполняет измерения отношения ( $U_{17}/U_{16}$ ) для ряда частот из диапазона частот вокруг точки минимума, то есть снимается полная частотная характеристика входного сопротивления первичного преобразователя.

Отметим, что электронное устройство управления 2 перестраиваемого по частоте генератора 1 может быть выполнено в двух вариантах:

- как синтезатор, формирующий частоту генератора по цифровому коду, задаваемому устройством измерения 1, включающим в свой состав процессор;

- как аналоговый каскад, перестраивающий генератор 1 до достижения минимума сигнала отношения ( $U_{17} / U_{16}$ ), в этом случае измерительная ячейка 6 и устройство измерения 7 содержат узлы измерения частоты зондирующего сигнала.

Для повышения точности процесс измерения должен производиться при закрытой заслонке 12. Сигнал разрешения измерений формируется электронным ключом 14, подаваемым на вход устройства измерения 7. Электронный ключ соединен с приводом 13 управления заслонкой. Момент формирования разрешающего сигнала определяется режимами загрузки и опорожнения бункера.

Если бункер постоянно загружен сыпучим материалом, а заслонка 12 открывается только для подачи порции материала в расположенный ниже бункер, то измерения могут начинаться с небольшой выдержкой после закрытия заслонки 12 и продолжаться все время, пока заслонка закрыта.

Если бункер используется как весы для накопления заданной массы сыпучего материала с последующим открытием заслонки 12, то измерения влажности должны начинаться перед открытием заслонки 12 и завершаться при ее открытии.

Проведенные испытания подтвердили эффективность предлагаемого технического решения.

### Формула полезной модели

1. Влагомер сыпучих материалов, содержащий генератор зондирующего сигнала, вход управления которого подключен к электронному устройству управления, первичный преобразователь, образованный внешним экранным проводником и сигнальным проводником, пространство между которыми заполнено измеряемым сыпучим материалом, измерительную ячейку, включенную между выходом генератора и входом первичного преобразователя, устройство измерения, подсоединенное к электронному устройству управления генератором и измерительной ячейке, отличающийся тем, что генератор зондирующего сигнала выполнен на основе перестраиваемого по частоте формирователя гармонического сигнала, в качестве внешнего экранного проводника первичного преобразователя применен металлический бункер, в который засыпан измеряемый сыпучий материал, сигнальный проводник выполнен в виде металлического прутка, который установлен внутри бункера и закреплен в отверстиях, выполненных в стенках бункера, причем в отверстии у первого конца металлического прутка между прутком и стенкой бункера установлен изолятор из диэлектрика, металлический пруток вторым своим концом соединен со стенкой металлического бункера так, что в месте соединения между ними образован электрический контакт, первый конец металлического прутка служит входом первичного преобразователя.

2. Влагомер сыпучих материалов по п.1, отличающийся тем, что бункер содержит заслонку, закрывающую выходное отверстие бункера, а также привод управления заслонкой, к приводу управления заслонкой подсоединен электронный ключ, формирующий сигнал разрешения измерений и подключенный к устройству измерения.

3. Влагомер сыпучих материалов по п.1 или 2, отличающийся тем, что отверстия, в которых закреплен металлический пруток, выполнены на противоположных стенках бункера.

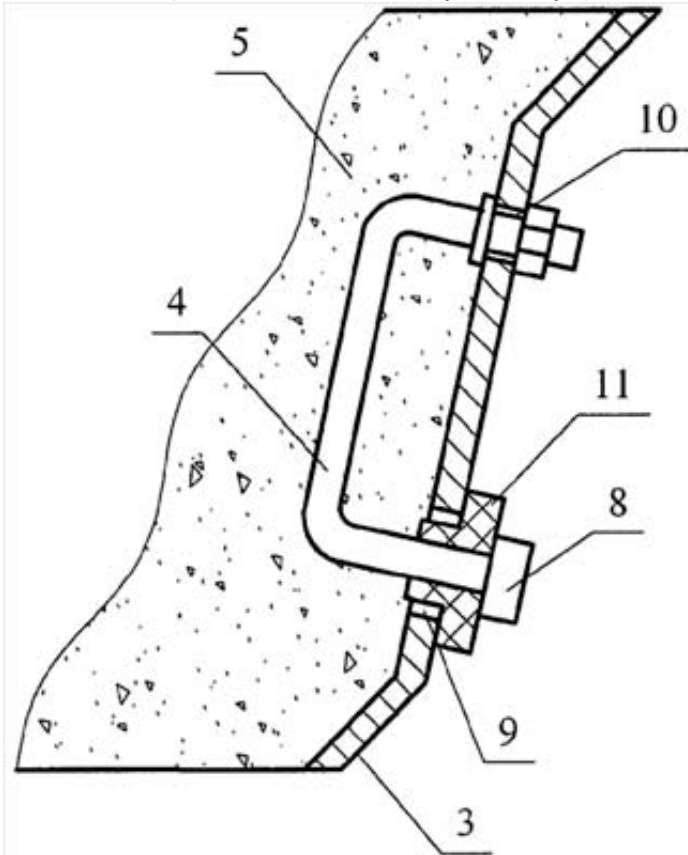
4. Влагомер сыпучих материалов по п.1 или 2, отличающийся тем, что оба отверстия выполнены на одной стенке бункера, пруток имеет П-образную форму и установлен в бункере вдоль указанной стенки.

5. Влагомер сыпучих материалов по п.1 или 2, отличающийся тем, что оба отверстия выполнены на одной стенке или двух смежных стенках бункера, пруток имеет С-образную форму и его ось параллельна хотя бы одной из стенок бункера.

6. Влагомер сыпучих материалов по одному (любому) из пп.1-5, отличающийся тем, что измерительная ячейка содержит резистор, первый вывод которого соединен с выходом генератора, а второй вывод соединен со входом первичного преобразователя, первый детектор, подключенный к первому выводу резистора, второй детектор, подключенный ко второму выводу резистора, выходы детекторов подключены к устройству измерения.

7. Влагомер сыпучих материалов по одному (любому) из пп.1-6, отличающийся тем, что в его состав входит датчик температуры, выход которого подключен к устройству измерения.

8. Влагомер сыпучих материалов по п.7, отличающийся тем, что в металлическом прутке на его конце выполнено отверстие вдоль оси прутка, внутри отверстия установлен датчик температуры.



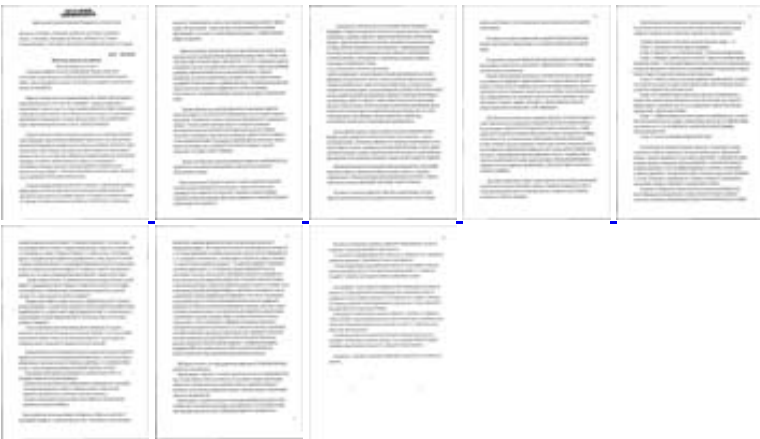
температуры.

ФАКСИМИЛЬНОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ

Реферат:



Описание:



Рисунки:

