



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(21)(22) Заявка: 2013140331/28, 30.08.2013

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
30.08.2013

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 30.08.2013

(43) Дата публикации заявки: 10.03.2015 Бюл. № 7

(45) Опубликовано: 10.08.2015 Бюл. № 22

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: US 20070204690 A1, 06.09.2007. SU 1000769 A1, 28.02.1983. US 20110048126 A1, 03.03.2011. CN 0000608611 A5, 15.01.1979. RU 2460972 C1, 10.09.2012

Адрес для переписки:

129085, Москва, пр-кт Мира, 95, ОАО  
"НИИТеплоприбор"

(72) Автор(ы):

**Вельт Иван Дмитриевич (RU),  
Кузнецов Сергей Иванович (RU),  
Михайлова Юлия Владимировна (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

**Открытое акционерное общество научно-исследовательский институт теплоэнергетического приборостроения "НИИТеплоприбор" (RU)**

**(54) КОНДУКТОМЕТРИЧЕСКИЙ СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ УРОВНЯ ЖИДКОСТИ**

(57) Реферат:

Изобретение относится к области контроля уровня электропроводных сред, преимущественно жидких металлов в атомно-энергетической промышленности. Кондуктометрический способ позволяет измерять уровень жидкого металла без введения каких-либо элементов конструкции уровнемера внутрь резервуара, где находится жидкий металл. Способ состоит в том, что в зоне возможного положения или перемещения уровня жидкого натрия в резервуаре на внешней поверхности стенки резервуара создается электрическое поле. Затем на выбранной локальной области, расположенной на внешней стенке резервуара с помощью двух электродов и измерительного устройства измеряется напряженность электрического поля, по которой вычисляется присутствие на данном участке за стенкой резервуара одной из сред, электропроводность которой соответствует либо жидкому натрию, либо воздуху. Электроды через определенные промежутки устанавливаются на всей зоне возможного положения уровня.

Последовательным или одновременным зондированием стенки на различных участках резервуара дискретно-аналоговым способом определяется место, где находится граница раздела между воздухом и жидким натрием, т.е. определяется положение уровня жидкого металла в резервуаре. Электрическое поле образуется с помощью тока, подводимого к двум электродам, контактирующим с внешней стороной стенки резервуара, причем один из электродов находится на самой верхней части резервуара, куда может подняться уровень жидкого натрия, а другой электрод находится на самой нижней части резервуара. Напряженность электрического поля на внешней поверхности стенки резервуара определяется путем измерения отношения разности потенциалов между двумя зондирующими электродами, расположенными по вертикали на некоторой выбранной локальной области внешней поверхности резервуара, к расстоянию между этими электродами. Технический результат: надежный контроль

уровня жидкого металла при обеспечении заданных метрологических характеристик в широком диапазоне температур, а также непрерывность контроля и умеренная стоимость. 5 з.п. ф-лы, 3 ил.

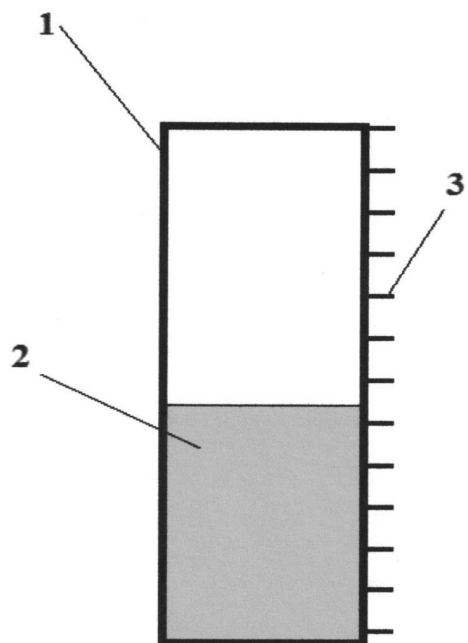


Рис.1

RU 2559117 C2

RU 2559117 C2



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**(21)(22) Application: **2013140331/28, 30.08.2013**(24) Effective date for property rights:  
**30.08.2013**

Priority:

(22) Date of filing: **30.08.2013**(43) Application published: **10.03.2015** Bull. № 7(45) Date of publication: **10.08.2015** Bull. № 22

Mail address:

**129085, Moskva, pr-kt Mira, 95, OAO  
"NIITeplopribor"**

(72) Inventor(s):

**Vel't Ivan Dmitrievich (RU),  
Kuznetsov Sergej Ivanovich (RU),  
Mikhajlova Julija Vladimirovna (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Otkrytoe aktsionernoe obshchestvo nauchno-  
issledovatel'skij institut teploehnergeticheskogo  
priborostroenija "NIITeplopribor" (RU)**(54) **CONDUCTOMETRIC METHOD TO MEASURE LIQUID LEVEL**

(57) Abstract:

FIELD: measurement equipment.

SUBSTANCE: invention relates to the field of control of level of electroconductive media, preferably liquid metals in nuclear power industry. The conductometric method makes it possible to measure level of liquid metal without introduction of any elements of the level indicator structure inside the reservoir, where the liquid metal is placed. The method consists in the fact that in the area of possible position or displacement of the level of liquid sodium in the reservoir, electric field is developed on the external surface of the reservoir wall. Then on the selected local area arranged on the external wall of the reservoir with the help of two electrodes and a measurement device, they measure intensity of electric field, using which, they calculate presence of one of media on this section behind the reservoir wall, electric conductivity of which corresponds to either liquid sodium or air. Electrodes via certain gaps are installed on the entire area of the possible level position. By serial or simultaneous probing of a wall at different sections of the reservoir by a discrete-analogue method they determine a place, where there is an interface between air and liquid sodium, i.e. position of liquid metal level is determined in the reservoir. Electric field is developed with the help of current supplied to two electrodes, contacting at the outer side of the reservoir wall, besides, one of electrodes is located on the highest part of the reservoir,

where the level of liquid sodium may reach, and the other electrode is on the lowest part of the reservoir. Electric field intensity on the outer surface of the reservoir wall is determined by measurement of ratio of the potential difference between two probing electrodes arranged along the vertical line on a certain selected local area of the outer surface of the reservoir, to the distance between these electrodes.

EFFECT: reliable monitoring of a liquid medium level with provision of specified metrological characteristics in wide range of temperatures, as well as continuity of control and moderate cost.

6 cl, 3 dwg

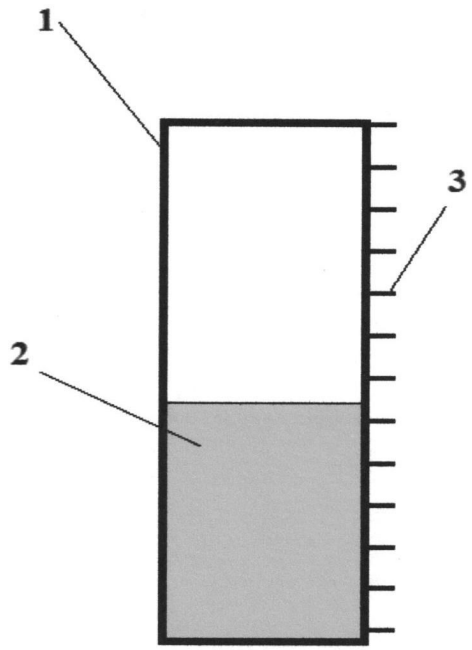


Рис.1

RU 2559117 C2

RU 2559117 C2

Предлагаемое изобретение относится к области контроля уровня электропроводных жидкостей и может быть использовано преимущественно для измерения уровня жидких металлов в атомной энергетике.

Известен кондуктометрический способ измерения уровня электропроводной жидкости, предусматривающий подведение электрического тока к жидкости с помощью электродов, расположенных на различной высоте, измерение потенциалов электродов с помощью измерительного устройства и вычисление дискретно-аналоговым способом положения уровня жидкости [1]. Способ измерения уровня основывается на выявлении разницы, существующей между электропроводностью воздуха и различных жидкостей - щелочей, кислот или водопроводной воды. Электропроводность жидкости или воздуха фиксируется измерительным устройством. Уровнемеры встречаются различной модификаций: с двумя, тремя и большим количеством электродов. Многоэлектродные уровнемеры используются для контроля уровня, изменяющегося в широких пределах, или для контроля нескольких фиксированных положений уровня электропроводной жидкости.

Недостатком известного способа является необходимость введения электродов внутрь резервуара для обеспечения их контактов с измеряемой жидкостью.

В атомной промышленности возникла задача измерения уровня жидкого натрия, находящегося в резервуаре, внутрь которого не допускается проникновение каких-либо элементов конструкции уровнемера. Это связано с необходимостью обеспечения особо высокой надежности резервуара.

Жидкие металлы, в том числе и натрий, также являются электропроводными жидкостями, однако отличаются от щелочей, кислот и водопроводной воды тем, что их электропроводность на несколько порядков больше. Электропроводность жидкого натрия составляет приблизительно  $0,6 \times 10^7$  См/м, а электропроводность водопроводной воды, кислот и щелочей находится в пределах от  $10^{-4}$  до  $10^{-1}$  См/м.

Высокая температура (до 300-525°C), сложная радиационная обстановка, а также чрезвычайно высокие требования к надежности существенно ограничивают возможности в выборе способа измерения уровня.

Техническая задача предлагаемого изобретения состоит в том, чтобы измерить уровень жидкого натрия без проникновения в резервуар каких-либо элементов конструкции уровнемера, если резервуар выполнен из нержавеющей стали.

Предлагаемый кондуктометрический способ позволяет зондировать сквозь металлическую стенку резервуара и определять присутствие или отсутствие в резервуаре среды с высокой электропроводностью.

Предлагаемый способ состоит в том, что в зоне возможного положения или перемещения уровня жидкого натрия в резервуаре на внешней поверхности стенки резервуара создается электрическое поле. При этом зондирование наличия жидкого металла за стенкой резервуара производится следующим образом. На выбранной локальной области, расположенной на внешней стенке резервуара, с помощью двух электродов и измерительного устройства измеряется напряженность электрического поля, по которой вычисляется присутствие на данном участке за стенкой резервуара одной из сред, электропроводность которой соответствует либо жидкому натрию, либо воздуху. Электроды через определенные промежутки устанавливаются на всей зоне возможного положения уровня. Последовательным или одновременным зондированием стенки на различных участках резервуара дискретно-аналоговым способом определяется место, где находится граница раздела между воздухом и жидким натрием, т.е. определяется положение уровня жидкого металла в резервуаре.

Электрическое поле образуется с помощью тока, подводимого к двум электродам, контактирующим с внешней стороной стенки резервуара, причем один из электродов находится на самой верхней части резервуара, куда может подняться уровень жидкого натрия, а другой электрод находится на самой нижней части резервуара. Напряженность электрического поля на внешней поверхности стенки резервуара определяется путем измерения отношения разности потенциалов между двумя зондирующими электродами, расположенными по вертикали на некоторой выбранной локальной области внешней поверхности резервуара, к расстоянию между этими электродами.

Суть изобретения состоит в следующем.

Ток, создающий электрическое поле в стенке резервуара, всегда имеет одни и те же параметры, обеспечиваемые стабильным источником. Если резервуар пустой, т.е. в нем нет жидкого натрия, то ток протекает только по стенке резервуара, в этом случае напряженность электрического поля на внешней стенке определяется электропроводностью нержавеющей стали и толщиной стенки резервуара. При заданном значении подводимого тока, чем тоньше стенка резервуара и чем меньше электропроводность стали, из которой выполнен резервуар, тем больше напряженность электрического поля на его стенке.

Если резервуар заполнен жидким натрием, то благодаря шунтирующему действию значительного слоя жидкого натрия, обладающего высокой электропроводностью, напряженность на внешней стенке резервуара становится существенно ниже по сравнению с тем, когда резервуар был пустым. Чем выше электропроводность жидкого металла и чем толще его слой, контактирующий со стенкой, тем разительнее уменьшение напряженности электрического поля на стенке резервуара. Электропроводность жидкого натрия приблизительно в три раза выше электропроводности нержавеющей стали, а толщина слоя, прилегающего к стенке жидкого металла во много раз больше размера стенки.

Таким образом, предлагаемый кондуктометрический способ позволяет зондировать сквозь металлическую стенку резервуара присутствие или отсутствие за стенкой среды, обладающей высокой электропроводностью.

Определение уровня жидкого металла в широком диапазоне его изменения производится известным дискретно-аналоговым способом по результатам измерения потенциалов на внешней поверхности резервуара с помощью нескольких электродов, расположенных на разной высоте по внешней поверхности стенки резервуара, и многоканального измерительного устройства.

Рис. 1, 2 и 3 поясняют предлагаемый кондуктометрический способ измерения уровня. На рис. 1 изображен цилиндрический резервуар 1 высотой, например, порядка 6-7 метров, выполненный из нержавеющей стали, в котором находится жидкий натрий 2 при рабочей температуре 300-525°C. К внешней стороне резервуара 1 приварены электроды 3, изготовленные из нержавеющей стали. Два крайних электрода - токовые, а остальные предназначены для зондирования стенки резервуара. Все электроды расположены по вертикальной линии (по образующей цилиндра резервуара) на равном расстоянии друг от друга, например, приблизительно через 400-500 мм. Источник стабильного импульсного, биполярного низкочастотного (0,5-5 Гц) тока подводится к двум токовым электродам, один из которых находится выше всех электродов, а другой - ниже всех электродов. Ток протекает по стенке резервуара, создавая на стенке электрическое поле, напряженность которого имеет вертикально направленную компоненту. Достаточной величиной тока является такой ток, при котором минимальная разность потенциалов между любыми двумя смежными зондовыми электродами при условии, что в резервуаре

отсутствует натрий, составляет не менее 100-150 мкВ. Когда натрий заполняет резервуар до уровня, полностью замыкающую рассматриваемую смежную пару зондовых электродов, разность потенциалов этой пары электродов уменьшается в несколько раз. Электропроводность нержавеющей стали, из которой изготовлен резервуар,

составляет приблизительно  $0,2 \times 10^7$  См/м. Натрий при температуре более  $300^\circ\text{C}$  обеспечивает хороший электрический контакт с нержавеющей сталью. Высокая электропроводность натрия и большой его слой (выражаемый в долях от толщины стенки резервуара) оказывают значительное шунтирующее действие, которое резко снижает напряженность электрического поля на внешней поверхности резервуара, где расположена пара зондирующих электродов.

Применение импульсного электрического поля позволяет отделить информативную компоненту сигнала от всех помех электромагнитного происхождения, изменение которых во времени не кратно частоте изменения электрического поля. Обработка сигнала с электродов производится следующим образом. В период переходного процесса, соответствующего времени переключения полярности тока и, следовательно, электрического поля, сигналы с зондовых электродов не измеряются, сигналы с электродов измеряются только в те моменты времени, когда электрическое поле устанавливается постоянным. Суммирование сигналов, измеренных при положительном и отрицательном значениях полярности электрического поля, обеспечивает устранение всех паразитных сигналов, происхождение которых не связано с электрическим полем, создаваемым током.

Таким образом, помехи, вызванные промышленной частотой и термо-эдс, полностью устраняются. Благодаря этому достигается высокая точность измерения уровня. При этом мощность источника тока не превышает 0,5-1,0 Вт.

Когда положение уровня жидкого металла оказывается между двумя смежными зондирующими электродами, вычисляется поправка  $\Delta y$  к результату дискретного измерения уровня с помощью нескольких зондовых электродов, расположенных ниже рассматриваемой пары. Поправка  $\Delta y$  определяется по формуле

$$\Delta y = \frac{\lambda(U - U_n)}{U_v - U_n} \quad (1)$$

где  $\Delta y$  - расстояние уровня до нижнего из двух электродов, между которыми он оказался,  $\lambda$  - расстояние между этими электродами,  $U$  - текущая разность потенциалов между этими электродами,  $U_v$  - разность потенциалов между этими электродами, когда на обратной стороне стенки находится воздух на всем расстоянии  $\lambda$ ,  $U_n$  - разность потенциалов между этими электродами, когда на обратной стороне стенки находится натрий на всем расстоянии  $\lambda$ .

Чем чаще по вертикали резервуара расположены электроды, тем ниже предъявляются требования к точности вычисления поправки.

Уровнемер работает следующим образом. Источник стабильного импульсного, биполярного низкочастотного (0,5-5 Гц) тока подводится к двум токовым электродам. Ток протекает по стенке резервуара, создавая на его стенке электрическое поле, напряженность которого имеет вертикально направленную компоненту.

Многоканальное измерительное устройство последовательно или одновременно измеряет потенциалы на зондовых электродах и известным дискретно-аналоговым способом вычисляет положение уровня жидкого металла в резервуаре.

На рис.2 приведена схема уровнемера, применяемая в случае, если имеется возможность ввести внутрь резервуара элементы конструкции уровнемера. Уровнемер

имеет полый цилиндрический корпус 4, на внутренней стенке которого по вертикали расположены токовые и зондовые электроды 3. Корпус уровнемера установлен вертикально внутри резервуара 1, который наполнен жидким натрием 2.

5 Источник стабильного импульсного, биполярного низкочастотного (0,5-5 Гц) тока подводится к двум токовым электродам, один из которых находится выше всех  
электродов, а другой - ниже всех электродов. Ток протекает по стенке корпуса, создавая  
на его стенке электрическое поле, напряженность которого имеет вертикально  
направленную компоненту. Достаточной величиной тока является такой ток, при  
10 котором минимальная разность потенциалов между любыми двумя смежными  
зондовыми электродами при условии, что в резервуаре отсутствует натрий, составляет  
не менее 100-150 мкВ. Когда натрий заполняет резервуар до уровня, полностью  
замыкающую рассматриваемую смежную пару зондовых электродов, разность  
потенциалов этой пары электродов уменьшается в несколько раз. Уровнемер,  
изображенный на рис.2 работает таким же образом, как и уровнемер, изображенный  
15 на рис.1.

Рис.3 поясняет способ, обеспечивающий измерение уровня в узкой зоне. Такой случай  
обычно возникает, когда требуется сигнализация о достижении уровня наперед  
заданного значения. На внешней стороне резервуара 1, в котором находится жидкий  
металл (натрий) 2, размещаются две пары электродов 3, приваренных к наружной  
20 стенке резервуара в двух точках, расположенных по вертикали на некотором расстоянии  
друг от друга. Причем в каждой точке приварен один токовый электрод и один зондовый  
электрод. Источник стабильного импульсного, биполярного низкочастотного (0,5-5  
Гц) тока подводится к двум токовым электродам, а измерение напряженности  
электрического поля производится двумя зондовыми электродами.

25 Для того чтобы напряженность электрического поля была бы чувствительной к  
жидкому металлу, минимальное расстояние между токовыми электродами должно  
быть не менее 8-12 толщин стенки резервуара. Достаточной величиной тока является  
такой ток, при котором минимальная разность потенциалов между любыми двумя  
электродными парами при условии, что в резервуаре отсутствует натрий, составляет не менее  
30 100-150 мкВ.

Сигнализатор уровня работает следующим образом. Необходимое значение  
биполярного импульсного низкочастотного тока пропускается через токовые электроды.  
Ток протекает по стенке резервуара, создавая на стенке электрическое поле,  
напряженность которого имеет вертикально направленную компоненту. Разность  
35 потенциалов между зондовыми электродами измеряется измерительным устройством,  
которое вычисляет напряженность электрического поля в промежутке, между двумя  
точками, к которым приварены электроды. Если напряженность электрического поля  
высокая, то жидкий натрий находится ниже нижнего электрода, если напряженность  
электрического поля низкая, то уровень достиг верхнего электрода. Если уровень  
40 находится где-то между электродами, то положение уровня определяется по формуле  
(1).

Технический результат: надежный контроль уровня жидкого металла при обеспечении  
заданных метрологических характеристик в широком диапазоне температур, а также  
непрерывность контроля и умеренная стоимость. Предлагаемый кондуктометрический  
45 способ измерения уровня жидких металлов найдет применение в атомно-энергетической  
промышленности.

Источники информации

1. Авторское свидетельство №473057, G01F 23/24, бюллетень №21, 1975 г.



## Формула изобретения

1. Кондуктометрический способ измерения уровня электропроводной жидкости, находящейся в резервуаре с металлической стенкой, предусматривающий подведение тока к жидкости с помощью нескольких электродов, расположенных на различной высоте, измерение потенциалов электродов с помощью многоканального измерительного устройства и вычисление положения уровня жидкости, отличающийся тем, что на внешней поверхности резервуара создается электрическое поле с вектором напряженности, направленным вдоль вертикали, с помощью тока, подводимого двумя электродами, контактирующими с внешней стороной стенки резервуара, один из которых находится выше всех других электродов, а другой находится ниже всех других электродов, а определение уровня электропроводной жидкости производится по результатам измерения потенциалов на внешней поверхности резервуара с помощью остальных электродов и многоканального измерительного устройства.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что уровень электропроводной жидкости, находящийся между двумя смежными электродами, вычисляется как расстояние  $\Delta\gamma$  уровня до нижнего из этих двух электродов по формуле

$$\Delta\gamma = \frac{\lambda(U - U_n)}{U_v - U_n}$$

где  $\lambda$  - расстояние между этими электродами,  $U$  - текущая разность потенциалов между этими электродами,  $U_v$  - разность потенциалов между этими электродами, когда против них на обратной стороне стенки находится воздух на всем расстоянии  $\lambda$ ,  $U_n$  - разность потенциалов между этими электродами, когда против них на обратной стороне стенки находится электропроводная жидкость на всем расстоянии  $\lambda$ .

3. Способ по п.1, отличающийся тем, что минимальное расстояние между двумя электродами по вертикали, к которым подводится ток, обеспечивающий электрическое поле, должно быть не менее 10-12 толщин стенки резервуара.

4. Способ по п.1, отличающийся тем, что электрический ток, пропускаемый по стенке резервуара, является импульсным биполярным, частотой не более 0,5-5,0 Гц.

5. Способ по п.1, у резервуара, имеющего внутри полый цилиндрический корпус, расположенный вертикально, отличающийся тем, что создается электрическое поле и производится измерение потенциалов на той поверхности корпуса, которая не касается электропроводной жидкости.

6. Способ по п.1 или 5, отличающийся тем, что создание электрического поля и измерение потенциалов может быть выполнено с помощью совмещения токовых электродов и электродов, которыми измеряются потенциалы.

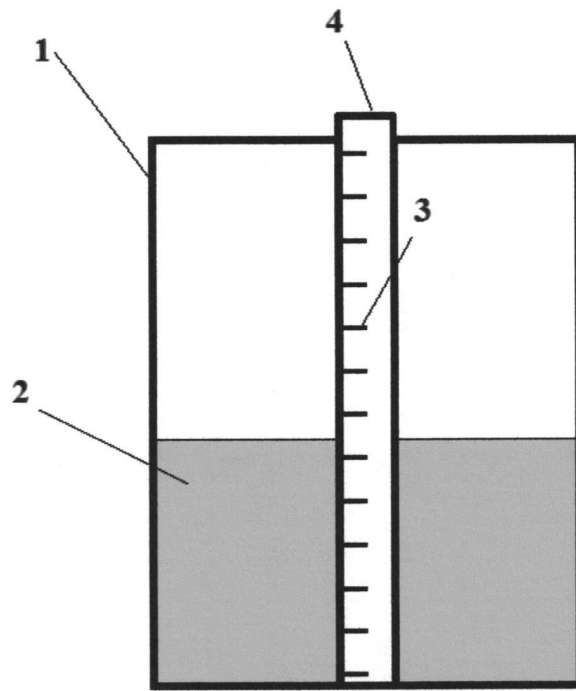


Рис.2

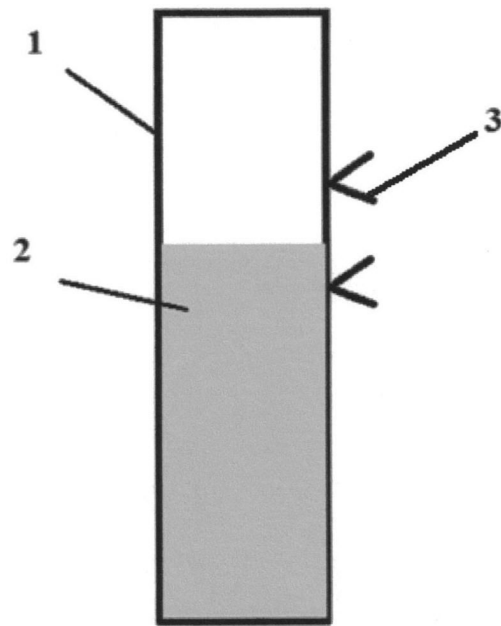


Рис.3