



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
G01N 11/10 (2023.01)

(21)(22) Заявка: 2023101093, 19.01.2023

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
19.01.2023

Дата регистрации:
14.02.2023

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 19.01.2023

(45) Опубликовано: 14.02.2023 Бюл. № 5

Адрес для переписки:

634055, г. Томск, пр. Академический, 4, ИХН
СО РАН

(72) Автор(ы):

Богословский Андрей Владимирович (RU),
Кожевников Иван Сергеевич (RU),
Алтунина Любовь Константиновна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федерального государственного бюджетного
учреждения науки Института химии нефти
Сибирского отделения Российской академии
наук (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2727263 C1, 21.07.2020. RU
2257566 C2, 27.07.2005. SU 315097 A1, 21.09.1971.
CN 204514753 U, 29.07.2015.

(54) Камертонный датчик вязкости

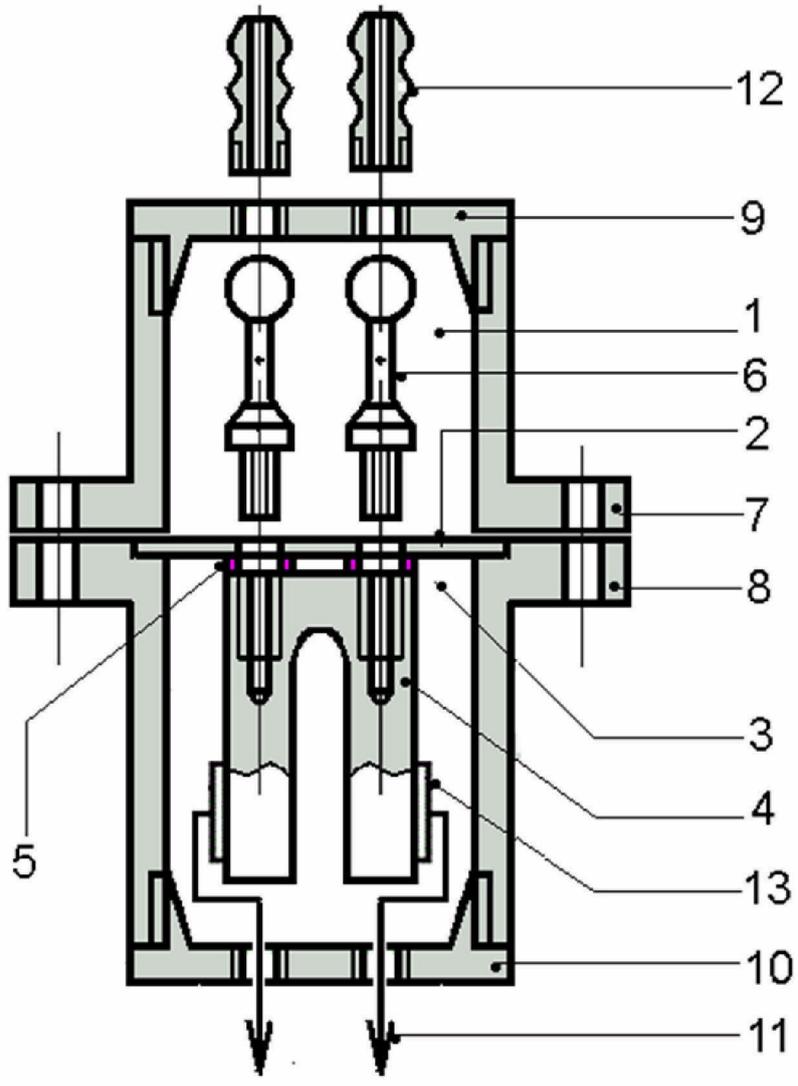
(57) Реферат:

Полезная модель относится к технике измерения вязкости, а более конкретно к устройству вибрационных датчиков, предназначенных для использования в исследовательских лабораториях, в медицине, для контроля технологических жидкостей. Камертонный датчик вязкости, содержащий составную обечайку, которая разделена непроницаемой для жидкости перегородкой на два объёма, один из которых является измерительным, скобу камертона с двумя ветвями, к которым присоединены электромеханические преобразователи и два измерительных зонда, отличающийся тем, что скоба камертона плоским основанием прилегает к перегородке с двумя отверстиями и отодвинута от неё посредством двух зажатых между ними

шайб на минимальное расстояние, равное толщине этих шайб, площадь которых много меньше площади основания скобы таким образом, чтобы при происходящих в процессе работы колебаниях камертона была исключена возможность их соприкосновения, а по другую сторону перегородки, в измерительном объеме расположены два зонда, которые своими концами, проходящими сквозь шайбы и отверстия, заделаны в основание скобы, при этом ось каждого из зондов находится на продолжении соответствующей её ветви камертона. Техническим результатом является создание конструкции датчика вязкости, обеспечивающей возможность проведения измерений в открытом и в замкнутом объеме для контроля легколетучих и токсичных жидкостей.

RU 216574 U1

RU 216574 U1



Фиг.1

Полезная модель относится к технике измерения вязкости, а более конкретно к устройству вибрационных датчиков, предназначенных для использования в исследовательских лабораториях, в медицине, для контроля технологических жидкостей. Эти устройства основаны на определении связанной с вязкостью силы, тормозящей колебательное движение погруженного в жидкость зонда.

Для ньютоновских жидкостей трение между колеблющимся по гармоническому закону телом и окружающей средой описывается формулой:

$$Z_{ж} = \frac{F}{\xi'} = A \frac{F}{\xi} = C \sqrt{\rho \eta},$$

где $Z_{ж}$ - механическое сопротивление жидкости;

F - сила, вызывающая движение;

ξ - амплитуда колебаний;

ξ' - амплитуда скорости колебаний;

ρ - плотность жидкости;

η - вязкость жидкости;

A, B, C, K - коэффициенты пропорциональности.

Входящие в структуру вискозиметров электромеханические датчики возбуждают движение пробного тела электрическим напряжением U_F . Его величина пропорциональна силе F. Кроме того датчики создают напряжение U_{ξ} , пропорциональное амплитуде движения ξ . При этом U_{F0} - напряжение, пропорциональное возбуждающей движению силе при колебаниях пробного тела на воздухе, а $U_{\xi0}$ - напряжение, пропорциональное амплитуде движения при колебаниях пробного тела на воздухе.

Реально, кроме сопротивления жидкости присутствует также

$$Z_0 = \frac{F_0}{\xi_0} = \frac{U_{F0}}{U_{\xi0}} - \text{сопротивление, обусловленное внутренним трением измерительной}$$

установки, и общее наблюдаемое сопротивление будет равно сумме

$$Z = B \frac{U_F}{U_{\xi}} = Z_{ж} + Z_0 = C \sqrt{\rho \eta} + B \frac{U_{F0}}{U_{\xi0}}.$$

При стабилизированном U_{ξ}

$$\sqrt{\rho \eta} = K (U_F - U_{F0}) = K \Delta U_F.$$

Измерения проводят следующим образом. Находят U_{F0} при колебании зондов на воздухе. Находят U_{FK} при колебаниях зонда в калибровочной жидкости с известными

значениями $\rho_k \eta_k$. Определяют коэффициент по формуле $K = \frac{\sqrt{\rho_k \eta_k}}{U_{FK} - U_{F0}} = \frac{\sqrt{\rho_k \eta_k}}{\Delta U_{FK}}$.

Далее, при неизменном значении U_{ξ} , определяют $U_{Fж}$ при колебании зондов в исследуемой жидкости. Находят искомое $\sqrt{\rho \eta}$ по формуле:

$$\sqrt{\rho \eta} = K (U_{Fж} - U_{F0}) = K \cdot \Delta U_{Fж}.$$

Существует множество различных вискозиметров.

Одними из самых чувствительных являются камертонные вискозиметры. Например, вискозиметр [Гочжень Чжу, Лаоцзы Сюй. Измерение вязкости и плотности при помощи колеблющегося шарика. //Приборы для научных исследований. 1985, N8, с.144 - 147].

Основным элементом этой конструкции является камертон в виде горизонтальной скобы с погружаемым в жидкость зондом, расположенным на одной из ее ветвей. Возбуждение и измерение амплитуды движения ветвей проводится с помощью наклеенных на них пьезоэлементов. На один из них подается возбуждающее напряжение от звукового генератора, с другого снимается выходной сигнал, пропорциональный амплитуде возникающих колебаний. При использовании автоматической схемы управления, последняя создает гармонические колебания на резонансной частоте с постоянной амплитудой, а изменяющаяся при погружении зонда в жидкость часть возбуждающего напряжения пропорциональна $\sqrt{\rho\eta}$. Выходной сигнал схемы пропорционален действующей со стороны жидкости тормозящей силе - связанному с вязкостью механическому сопротивлению.

Действие жидкости только на одну ветвь скобы камертона в два раза уменьшает потенциально возможную чувствительность измерения (по сравнению с работой двух ветвей) и даже при использовании противовеса на второй ветви, уменьшает его механическую сбалансированность. Тем самым снижается точность измерения. При этом конструкция измерительного узла не предусматривает возможность длительных измерений; круг доступных измерению объектов не включает испаряющиеся летучие жидкости, так как для измерения зонды погружают в открытый сосуд с жидкостью.

Известны серийно выпускаемые вибровискозиметры серии SV [Руководство по эксплуатации. Электронный ресурс: <https://www.mirvesov.ru/docs/guide/10138.pdf>]. В этих устройствах используется вертикальный электродинамически возбуждаемый камертон, к которому присоединены два симметричных зонда, расположенные параллельно его оси. Зонды в процессе измерения погружаются в открытый сверху сосуд, что исключает возможность измерения испаряющихся за время эксперимента жидкостей.

Наиболее близким к предлагаемому по технической сути является датчик Гернета по авторскому свидетельству к изобретению №612160 от 19.01.1977, содержащий вертикальный камертон и два электродинамических преобразователя. Постоянные магниты преобразователей закреплены на ветвях камертона, а расположенные рядом с ними катушки присоединены к схеме управления. На торцах ветвей камертона параллельно его главной оси закреплены измерительные зонды, которые в процессе измерения погружаются в открытый сверху сосуд. Это исключает возможность, как и в предыдущих аналогах, измерения испаряющихся за время эксперимента жидкостей.

Для устранения указанного недостатка очевидным является использование закрытого измерительного объема, при этом колебательное движение должно быть передано зондам через непроницаемую для жидкости стенку.

Задачей полезной модели является создание камертонного датчика вязкости, способного проводить измерения в открытом и в замкнутом объеме - для контроля легколетучих и токсичных жидкостей.

Указанный технический результат достигается тем, что датчик вязкости содержит скобу камертона, которая имеет плоское основание и две ветви, электромеханические преобразователи, измерительные зонды и составную обечайку, разделенную непроницаемой для жидкости перегородкой на два объема, один из которых является измерительным. Электромеханические преобразователи установлены на ветвях скобы камертона, и плоским основанием она направлена к перегородке. Два зонда находятся

в измерительном объеме по другую сторону перегородки, и через отверстия в ней заделаны концами в основании скобы таким образом, что ось каждого из них находится на продолжении соответствующей ветви скобы камертона. Между основанием камертона и перегородкой, в местах установки зондов находятся две шайбы минимальной толщины, отодвигающие камертон от перегородки, чтобы при механических колебаниях исключить возможность их соприкосновения, а площадь указанных шайб много меньше площади основания камертона.

Объем, в котором расположена скоба камертона, закрыт крышкой, которая снабжена отверстиями для проводов, соединяющих электромеханические преобразователи со схемой управления. Измерительный объем может быть как открыт, так и закрыт крышкой, имеющей штуцеры для его заполнения.

Для проведения измерений датчик включен в схему управления, которая создает симметричные механические колебания ветвей скобы на резонансной частоте (автогенератор). Для этого на один из электромеханических преобразователей от схемы поступает возбуждающее напряжение U_F , а с другого на вход схемы поступает напряжение U_ξ , пропорциональное амплитуде движения, значение которого схема поддерживает постоянным. Регистрируют выходной электрический сигнал, пропорциональный текущему значению вызывающей движение силы.

Колебания ветвей камертона вызывают колебания зондов в измерительном объеме. При заполнении его жидкостью, трение между ними и жидкостью производит дополнительное, по сравнению с потерями при движении на воздухе, рассеяние энергии. Для достижения той же амплитуды колебаний понадобится большее U_F .

На фиг.1 представлена схема устройства датчика.

На фиг.2 представлен график зависимости разности $U = U_{ж} - U_0$ от $\sqrt{\rho\eta}$, заполняющей измерительный объем среды; U_0 - выходное напряжения датчика с воздухом; $U_{ж}$ - выходное напряжения датчика с жидкостью.

Пример конкретного выполнения приведен на фиг.1.

Составная цилиндрическая обечайка разделена на две объема, измерительный объем 1, и объем скобы камертона 3, закрытый крышкой 10 с проводами 11. Между частями обечайки 7 и 8 впаяна перегородка 2, толщиной 0,5 мм. В перегородке имеются два отверстия. Через них концы зондов из нержавеющей стали 6, расположенных в объеме 1 сквозь шайбы 5 толщиной 0,5 мм, диаметром 4 мм, заделаны в основание латунного камертона 4, в данном случае - с помощью резьбы. К ножкам камертона симметрично приклеены электромеханические преобразователи 13 из керамики ЦТС-19, соединенные проводами 11 со схемой управления. Измерительный объем 1 может быть открыт или закрыт крышкой 9 с штуцерами 12.

Автогенератор схемы управления обеспечивает возбуждающее напряжение от 0 до 10 В резонансной частоты в диапазоне от 100 до 1000 Гц, которое изменяется пропорционально механической нагрузке и $(\rho\eta)^{0,5}$, где ρ , η - плотность и вязкость окружающей пробное тело среды. Возбуждающему напряжению при не заполненном измерительном объеме (зонды в воздухе) соответствует 0 вязкости и плотности.

Измеряли выходное напряжение указанного датчика при заполнении измерительного объема органическими жидкостями с известными значениями вязкости и плотности при комнатной температуре.

Измерения происходят в следующей последовательности:

1. Включили схему управления.

2. Сняли крышку измерительного объема.
3. Промыли и просушили измерительный объем и зонды.
4. Измерили выходное напряжения U при незаполненном измерительном объеме.
5. Измерительный объем заполнили 40 мл декана.
- 5 6. Измерили U при заполненном деканом измерительном объеме.
7. Слили декан.
8. Промыли и просушили измерительный объем и зонды.
9. Измерительный объем заполнили 40 мл диэтилфталата.
10. Измерили U при заполненном диэтилфталатом измерительном объеме.
- 10 11. Слили диэтилфталат.
12. Промыли и просушили измерительный объем и зонды
13. Измерительный объем заполнили 40 мл циклогексанола.
14. Измерили U при заполненном циклогексанолом измерительном объеме.
15. Слили циклогексанол.
- 15 16. Промыли и просушили измерительный объем и зонды
17. Установили крышку измерительного объема.
18. Измерили выходное напряжения U при незаполненном измерительном объеме.
19. Измерительный объем заполнили 40 мл циклогексанола через штуцеры.
20. Измерили U при заполненном циклогексанолом измерительном объеме.
- 20 21. Сняли крышку измерительного объема.
22. Промыли и просушили измерительный объем и зонды.

В результате указанных измерений получена зависимость $U = U_{\text{ж}} - U_0$ от $\sqrt{\rho\eta}$ заполняющей жидкости (фиг.2). Точки на графике соответствуют: 1 - декану, 2 - диэтилфталату, 3 - циклогексанолу. Закрытие измерительного объема не повлияло на значение разности $U_{\text{ж}} - U_0$.

Определенная по графику чувствительность датчика составляет

$$0,1 \text{ В} / \sqrt{\text{кг} \cdot \text{Па} \cdot \text{с} \cdot \text{м}^{-3}}.$$

30 Таким образом, предлагаемая конструкция датчика вязкости обеспечивает возможность проведения измерений в открытом и в замкнутом объеме - для контроля легколетучих и токсичных жидкостей.

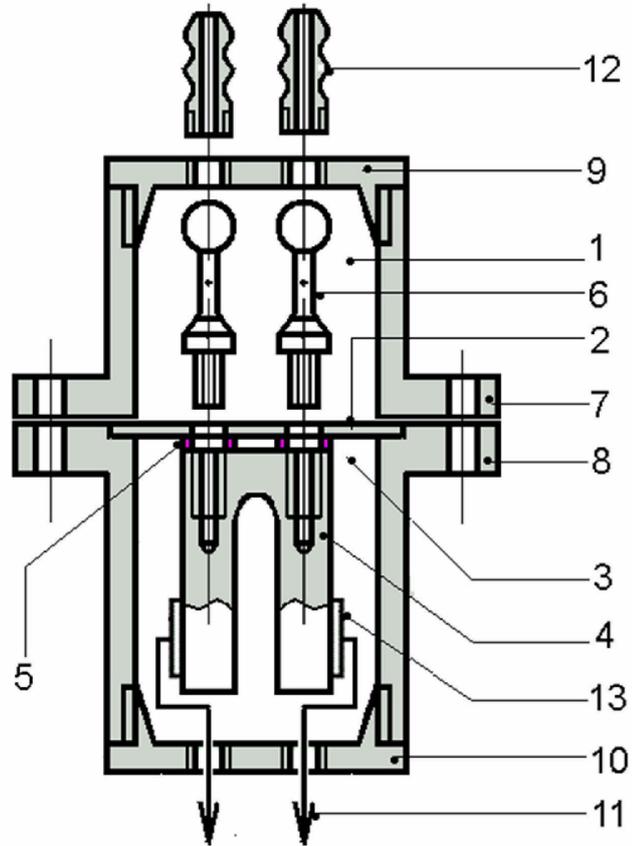
(57) Формула полезной модели

35 Камертонный датчик вязкости, содержащий составную обечайку, которая разделена непроницаемой для жидкости перегородкой на два объема, один из которых является измерительным, скобу камертона с двумя ветвями, к которым присоединены электромеханические преобразователи и два измерительных зонда, отличающийся тем, что скоба камертона плоским основанием прилегает к перегородке с двумя отверстиями

40 и отодвинута от неё посредством двух зажатых между ними шайб на минимальное расстояние, равное толщине этих шайб, площадь которых много меньше площади основания скобы, таким образом, чтобы при происходящих в процессе работы колебаниях камертона была исключена возможность их соприкосновения, а по другую

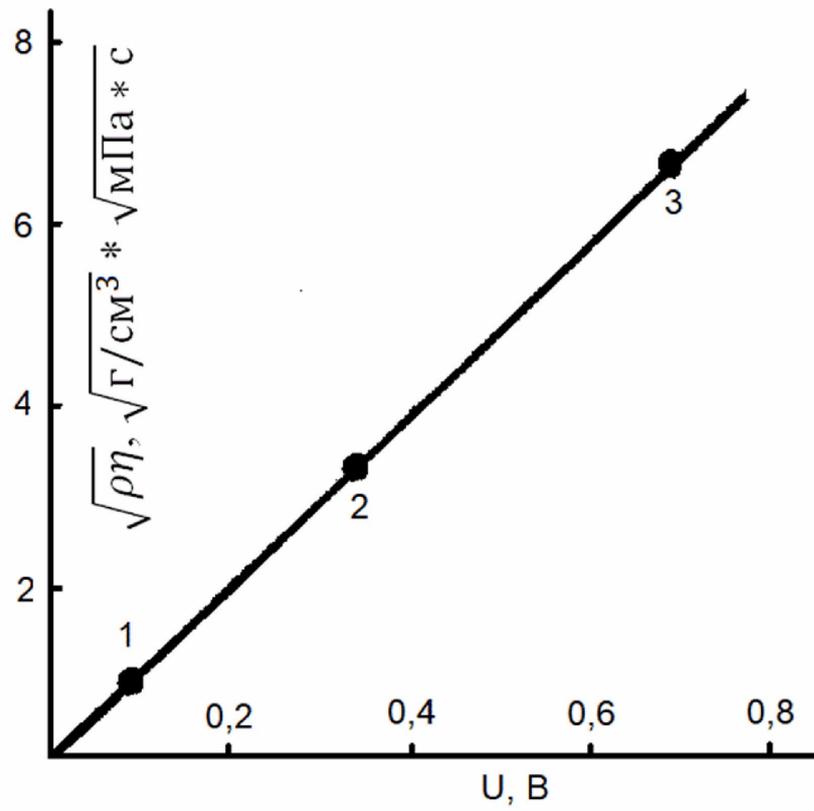
45 сторону перегородки, в измерительном объеме расположены два зонда, которые своими концами, проходящими сквозь шайбы и отверстия, заделаны в основание скобы, при этом ось каждого из зондов находится на продолжении соответствующей её ветви камертона.

1



Фиг.1

2



Фиг.2