

(19)



Евразийское  
патентное  
ведомство

(11) 028660

(13) B1

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента

2017.12.29

(51) Int. Cl. G01F 1/68 (2006.01)

(21) Номер заявки

201400055

(22) Дата подачи заявки

2012.06.21

### (54) СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА ЖИДКОСТИ

(31) 213767

(56) US-B2-6983214

(32) 2011.06.23

WO-A2-2009054940

(33) IL

US-4061031

(43) 2014.06.30

(86) PCT/IL2012/000249

(87) WO 2012/176194 2012.12.27

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:

РИНАЛ СЕНС ЛТД. (IL)

(72) Изобретатель:

Мантинбанд Джек Иешуа, Адлер  
Михаэль (IL)

(74) Представитель:

Попова А.О. (RU)

028660  
B1

(57) В изобретении предложены устройство и способ измерения расхода жидкости, протекающей через трубопровод. Это устройство основано на расходомере, который приспособлен для точного измерения объемного расхода жидкости с использованием простого рентабельного энергосберегающего и точного способа с использованием только лишь одного датчика температуры. Способ основан на введении импульса тепловой энергии в протекающую жидкость и на измерении роста температуры в зависимости от времени и подводимой мощности. Расход может быть определен путем сравнения результатов этих измерений с градуировочной таблицей, созданной путем выполнения аналогичных измерений для известных значений расхода. Одним из вариантов применения, который описан для иллюстрации признаков способа и устройства из настоящего изобретения, является измерение расхода мочи, выделенной пациентом с введенным катетером.

B1

028660

### Область техники, к которой относится изобретение

Настоящее изобретение относится к области счетчиков расхода. В частности, настоящее изобретение относится к расходомерам, которые обеспечивают точное определение объемного расхода жидкости.

#### Предпосылки создания изобретения

Измерение расхода важно во многих областях. Например, многие производственные процессы требуют измерения расхода через различные трубопроводы, чтобы контролировать процесс соответствующим образом. Другие области применения, требующие измерения жидкости или газа, включают доставку продукта к потребителю, например газа, нефти и воды.

В области медицины жидкостная расходометрия иногда применяется для диуреза пациента или при внутривенном вводе лекарства. Острая почечная недостаточность (ОПН) является общей проблемой у госпитализированных пациентов, особенно в интенсивной терапии и в операционной. Тем не менее, только в последнее время медики сформулировали критерии оценки и классификации риска и развития ОПН. В этих критериях указаны пять основных стадий развития ОПН: группа риска, травма, недостаточность, потери, терминальная стадия почечной недостаточности (известных по своим начальным буквам, как критерии RIFLE). Основываясь на успехе RIFLE, было создано Сообщество по острой почечной недостаточности AKIN, в состав которого входят международные ведущие клиницисты, занимающиеся проблемой ОПН. AKIN одобрило и поддержало критерии RIFLE. Кроме того, AKIN также внесло незначительные изменения в критерии RIFLE, которые они называли критериями AKIN. Критерии RIFLE-AKIN являются ценным инструментом для предотвращения ОПН. Эти критерии включают измерения очищения креатинина и диуреза. Очищение креатинина является очень поздним индикатором, только показывающим, что ОПН уже возникла. Диурез в качестве измерения функции почек, как правило, оценивается на суточной или посменной (например, восьмичасовой) основе.

Термально-массовые расходомеры обычно измеряют расход, постоянно используя нагревательный элемент и два датчика температуры (один до и второй после нагревателя или рядом с ним). Измерив разность температур между двумя термометрами, рассчитывается расход. Кроме этого, поддерживается постоянный уровень температуры выше температуры окружающей среды жидкости в нагревателе, при этом контролируется необходимая для этого энергия, исходя из которой может быть вычислен расход жидкости.

На фиг. 1 схематически показана основная компоновка прототипа термально-массового расходометра. Жидкость протекает через трубку 100 в направлении, указанном стрелками. В определенном месте в стенке трубы или на внутренней части трубы размещен нагревательный элемент 120. Датчик температуры 110, измеряющий температуру  $T_i$ , и датчик температуры 112, измеряющий температуру  $T_j$ , расположены соответственно до и после нагревателя 120. Изотермические кривые 130, 131 и 132 символически показывают распределение температуры исходя из входной мощности нагревательного элемента, где  $T_{130} > T_{131} > T_{132}$ .

Расчет для определения расхода жидкости осуществляется в соответствии с уравнением

$$Q = \rho \cdot V \cdot C_p \cdot (T_j - T_i) \quad \text{Уравнение 1}$$

Разделим обе стороны на  $t$  и выразим из уравнения

$$\dot{V} = V/t$$

$$\dot{V} = (Q/t) / (\rho \cdot C_p \cdot (T_j - T_i)) \quad \text{Уравнение 2}$$

Заметив, что  $Q = I \cdot v \cdot t$  и  $\Delta T = (T_j - T_i)$ , получим

$$\dot{V} = (I \cdot v) / (\rho \cdot C_p \cdot \Delta T) \quad \text{Уравнение 3}$$

Используемые символы определены в следующей таблице:

Символ	Значение	Единицы измерения
$V$	Объем	[ $l$ ] л
$\dot{V}$	Объемный расход (объем/время)	[ $\frac{l}{мин}$ ] л/мин
$Q$	Энергия, работа	[ $J$ ] джоули, Дж
$\rho$	Плотность	[ $g$ ] г/л
$C_p$	Удельная теплоемкость (при постоянном давлении)	[ $\frac{J}{g \cdot ^\circ C}$ ] Дж/(г $^\circ$ С)
$T$	Температура	[ $^\circ C$ ] градусы Цельсия, $^\circ$ С
$T_i$	Температура жидкости до нагревателя	[ $^\circ C$ ] градусы Цельсия, $^\circ$ С
$T_j$	Температура жидкости после нагревателя	[ $^\circ C$ ] градусы Цельсия, $^\circ$ С
$I$	Электрический ток	[ $A$ ] амперы, А
$v$	Электрический потенциал	[ $V$ ] вольты, В
$\Delta T$	Разность температур $T_j - T_i$	[ $^\circ C$ ] градусы Цельсия, $^\circ$ С
$t$	Время	[ $s$ ] секунды, с

Соответствующий тип термально-массового расходомера, известный, в частности, как расходомер с

постоянной температурой, использует компоновку, подобную показанной на фиг. 1, за исключением того, что датчик 112 температуры прилегает к нагревательному элементу 120 или составляет с ним одно целое.

В этой конфигурации нагревательный элемент 120 нагревают до заданной постоянной дифференциальной температуры  $T_j$  (измеряемой датчиком 112) выше температуры  $T_i$ , измеряемой датчиком 110. Количество тепла, уносимого протекающей жидкостью, зависит от расхода. Температура нагревателя 120 поддерживается постоянной с помощью регулирования протекающего через него тока. Величина электрического тока ( $I$ ), необходимого для поддержания постоянной разности температур  $\Delta T$ , является средством вычисления расхода, как показано в уравнении 3.

В приведенной выше базовой компоновке расходомера известного уровня техники до даты приоритета заявленного патента количество тепла передается жидкости от нагревательного элемента 120, пока температура не достигнет величины  $T_j$ . В этот момент нагревательный элемент выключается, и измеряется время возвращения температуры к исходному значению  $T_i$ . Время первой точки измерения точно известно, но трудно определить точное время, когда должно быть выполнено второе измерение, так как температура меняется относительно медленно по мере приближения ее к установленному значению. Кроме того, при проведении повторных измерений расхода жидкости температура окружающей среды жидкости может медленно возрастать, при этом точное значение  $T_i$  жидкости не получается. Кроме того, использование термально-массового расходомера известного уровня техники до даты приоритета заявленного патента, требующего непрерывной подачи энергии на нагревательный элемент, неэкономично.

В связи с этим целью настоящего изобретения является создание простого и точного способа определения расхода жидкости.

Еще одной целью настоящего изобретения является создание простого экономически эффективного и точного расходомера.

Еще одной целью настоящего изобретения является создание расходомера, имеющего минимальную потребность в энергии.

Дальнейшие цели и преимущества настоящего изобретения станут очевидными из нижеследующего описания.

#### **Краткое изложение сущности изобретения**

Первым аспектом изобретения является устройство для измерения объемного расхода жидкости через трубопровод. Устройство содержит следующие компоненты:

а) нагревательный элемент в тепловом контакте с жидкостью в трубопроводе, нагревательный элемент предназначен для передачи известного количества тепла протекающей жидкости;

б) датчик температуры, предназначенный для измерения мгновенной температуры нагревательного элемента; и

с) систему управления, которая включает в себя по меньшей мере один из следующих компонентов: процессор, устройство ввода, блок памяти, устройства отображения и устройство вывода, при этом компоненты системы управления выполнены с возможностью:

и) включать нагревательный элемент для передачи известного количества тепла;

ii) получать от датчика температуры измерения мгновенной температуры нагревательного элемента;

iii) извлечь из запоминающего устройства предварительно сохраненные калибровочные данные, касающиеся изменения температуры нагревательного элемента с известными расходами жидкости; и

iv) использовать известное количество тепла, измерения мгновенной температуры нагревательного элемента и предварительно сохраненных данных калибровки для определения объемного расхода.

В вариантах реализации устройства компоненты управления сконфигурированы так, чтобы выполнять по меньшей мере одно из следующих действий:

а) хранить и отображать пользователю информацию, относящуюся к работе устройства и свойствам жидкости, которые измеряются или определяются компонентами устройства;

б) отправлять в отдаленные терминалы мгновенные или ранее зафиксированные значения измеряемых температур и другую информацию, относящуюся к жидкости и устройству;

с) отправлять сигналы, которые могут использоваться в качестве входных данных для других систем; и

д) подавать сигналы тревоги, если имеются заранее определенные изменения расхода или других измеряемых свойств жидкости.

Варианты осуществления устройства могут содержать по меньшей мере один из компонентов:

а) отвод для улавливания газа, расположенный до места измерения;

б) газопроницаемая мембрана, расположенная до места измерения.

Устройство может быть выполнено с возможностью подключения к трубопроводу или быть его неотъемлемой частью. В варианте осуществления устройства трубопровод представляет собой катетер или дренажную трубку, идущую от пациента. Система управления устройством может быть сконфигурирована для обнаружения риска острой почечной недостаточности и ее стадий.

Вторым аспектом изобретения является способ измерения объемного расхода жидкости через тру-

бопровод в реальном времени. Измерение проводится с использованием устройства, содержащего нагревательный элемент в тепловом контакте с протекающей жидкостью, предназначенного для передачи известного количества тепла протекающей жидкости; датчик температуры предназначен для измерения мгновенной температуры нагревательного элемента, а система управления содержит процессор и запоминающее устройство. Способ включает в себя следующие шаги:

- i) измерение температуры  $T_i$  нагревательного элемента;
- ii) включение нагревательного элемента для передачи известного количества тепла протекающей жидкости;
- iii) измерение температуры  $T_j$  нагревательного элемента сразу после передачи известного количества тепла протекающей жидкости;
- iv) определение исходя из измерений значения  $\Delta T = T_j - T_i$ ;
- v) вызов из памяти калибровочной таблицы, графика или математической зависимости, построенной для известного количества тепла, и определение из таблицы, графика или математической зависимости расхода, соответствующего измеренной величине  $\Delta T$ .

Варианты осуществления способа по настоящему изобретению предназначены для измерения объемного расхода жидкости через катетер или дренажную трубу, идущую от пациента. Протекающей жидкостью может быть моча. В вариантах осуществления способа, в котором протекающей жидкостью является моча, измерения могут быть использованы для определения риска острой почечной недостаточности и ее стадий.

Еще одним аспектом изобретения является способ использования нагревательного элемента в тепловом контакте с жидкостью, протекающей через трубопровод, и предназначенного для передачи известного количества тепла протекающей жидкости; а также датчика температуры, предназначенного для измерения мгновенной температуры нагревательного элемента для создания калибровочной таблицы, графика или математической зависимости, которые могут быть использованы для определения значения расхода, соответствующего измеренной величине  $\Delta T$  для известного количества тепла, переданного нагревательным элементом. Способ включает в себя следующие шаги:

- a) регулирование расхода по отношению к известному постоянному значению;
- b) измерение температуры  $T_i$  нагревательного элемента;
- c) включение нагревательного элемента для передачи известного количества тепла протекающей жидкости;
- d) измерение температуры  $T_j$  нагревательного элемента сразу после передачи известного количества тепла протекающей жидкости;
- e) определение  $\Delta T = T_j - T_i$ ;
- f) сохранение значений расхода жидкости, количества тепла и  $\Delta T$  в памяти устройства; и
- g) повторение шагов от a) до f) при других известных значениях расхода (скорости потока) жидкости.

#### **Краткое описание чертежей**

Указанные выше и другие характеристики и преимущества настоящего изобретения станут более очевидными с помощью следующих примеров и со ссылкой на прилагаемые чертежи, на которых

на фиг. 1 схематически представлена основная компоновка термально-массового расходомера известного уровня техники до даты приоритета заявленного патента;

на фиг. 2 схематически представлено сечение трубопровода, включающего в себя компоненты, используемые для измерения расхода жидкости, протекающей через него, согласно варианту осуществления изобретения;

на фиг. 3А, 3В, 3С схематически представлены графики одного нагревающего импульса, приложенного к устройству, и соответствующее изменение температуры в зависимости от времени;

на фиг. 4 схематически представлена серия из трех последовательных импульсов нагрева и соответствующее изменение температуры в зависимости от времени;

на фиг. 5 схематически представлены графики мощности, подаваемой на устройство, и изменение интегральной температуры в зависимости от времени; и

на фиг. 6 схематически изображена система измерения расхода (скорости потока) мочи пациента с катетерами в соответствии с одним вариантом осуществления настоящего изобретения.

#### **Подробное описание предпочтительных вариантов осуществления**

Настоящее изобретение представляет собой способ и устройство для измерения расхода жидкости через трубопровод. Устройство базируется на расходомере, выполненном для точного измерения объемного расхода жидкости простым, экономически и энергетической эффективным и точным способом, используя только один датчик температуры. Метод основан на передаче импульса тепловой энергии протекающей жидкости и измерении повышения температуры в зависимости от времени и подводимой энергии. Сравнивая эти измерения с калибровочной таблицей, созданной при выполнении аналогичных измерений для известных расходов, может быть определен расход. Одним из применений, которое будет описано для иллюстрации особенностей способа и устройства согласно изобретению, является измере-

ние скорости потока мочи из организма, выделяемой пациентом с катетерами.

На фиг. 2 схематически представлено сечение трубопровода 200 (например, трубопроводы, катетеры или трубы), содержащего компоненты, используемые для измерения термального массового расхода жидкости, протекающей через него в направлении, указанном стрелкой. Показан нагревательный элемент 220, расположенный внутри трубопровода 200 и вставленный непосредственно в текущую жидкость. В другом варианте осуществления элемент 220 расположен на теплопроводной части стенки трубопровода. Электрическая энергия подается на нагревательный элемент 220, прикладывая напряжение через провода 221. Датчик температуры 212, который измеряет температуру нагревательного элемента 220, прилегает к нагревательному элементу 220 или встроен в него. Температура, измеренная датчиком 212, считывается через провода 213. Чтобы свести к минимуму потери тепла в секции трубопровода, содержащего нагревательный элемент 220 и датчик температуры 212, предпочтительно термически изолировать ее от окружающей среды с помощью дополнительной изоляции 230.

Многие различные источники тепла могут быть использованы для нагревательного элемента 220. Возможные нагревательные устройства 220 включают, например, электрические резисторы и термисторы или соответствующим образом приспособленные дозированные теплообменники. Измерение подводимой энергии и способ ее подвода к нагревательному элементу 220 осуществляется с помощью оборудования, хорошо известного в данной области, в зависимости от используемого источника тепла.

Тепловые датчики, которые могут быть использованы в расходомерах согласно настоящему изобретению, включают, например, транзисторы, термопары, термисторы, термобатареи и другие типы датчиков температуры, которые в настоящее время известны в данной области или могут быть известными в будущем.

Несмотря на то что нагревательный элемент и датчик температуры описаны здесь в виде отдельных элементов для удобства описания их соответствующих функций, возможны варианты осуществления в котором один элемент, например самонагревающийся термистор или резистивное тепловое устройство (РТУ), может быть использован как для нагрева, так и для функции измерения температуры.

В некоторых случаях применения может потребоваться устранение пузырьков, влияющих на точность измерений, из жидкости в месте, где выполняются измерения. Для достижения этой цели один или несколько отводов для улавливания газа могут быть предпочтительно использованы перед местами измерений. В качестве альтернативы или в сочетании с отводом для улавливания газа применяется вентиляция, предназначенная для обеспечения выпуска газов из трубопровода, например газопроницаемая мембрана предпочтительно может быть расположена перед местом измерения.

При некоторых направлениях и потоках в трубопроводах данный трубопровод или вспомогательный трубопровод может быть незаполненным на месте измерения. В связи с этим для некоторых случаев применений ниже места измерения должен быть установлен обратный клапан для создания достаточного противодавления, чтобы обеспечить полное заполнение трубопровода в месте измерений.

Провода 213, 221 соединены с системой управления, которая содержит электрическую схему или процессор, предназначенный для включения нагревательного элемента в заданные моменты времени для получения данных от датчиков температуры и устройств, например амперметров для измерения подводимой энергии к нагревательному элементу, а также для использования этих данных, чтобы определить расход жидкости. Система управления может также содержать устройства ввода, например кнопочную панель, клавиатуру, кнопки, переключатели, сенсорный экран, сенсорную панель, шаровое устройство ввода, мышь, другое позиционирующее устройство или другое устройство ввода, чтобы обеспечить возможность пользователю управлять параметрами, такими как продолжительность времени и/или количество тепловой энергии, которые должны использоваться, а также частота, с которой проводятся измерения.

Система управления может также содержать один или более блоков памяти, дисплеи и средства вывода для хранения и отображения для пользователя параметров системы. Устройства вывода могут содержать коммуникационные устройства, которые могут быть адаптированы для отправки мгновенных или полученных ранее данных в отдаленные терминалы с использованием проводных и беспроводных технологий. Кроме того, система управления может быть приспособлена для использования устройств вывода для передачи сигналов, которые обеспечивают ввод в другие системы. Например, в больничных условиях система управления может быть выполнена с возможностью передачи сигнала тревоги на пост медицинской сестры, если скорость потока мочи пациента с катетерами к мешку для сбора падает ниже заданной скорости, или передачи сигнала тревоги, если происходит какое-либо нарушение расхода лекарственного средства, которое вводится внутривенно.

В случае измерения мочи система управления может быть адаптирована для использования измерений в процессе выполнения, оценки в режиме реального времени функции почек и раннего предупреждения состояний, связанных с ОПН.

Как и в прототипе, расход определяется с использованием уравнения

$$Q = \rho \cdot V \cdot C_p \cdot (T_j - T_i) \quad \text{Уравнение 1}$$

Решение этого уравнения относительно  $\dot{V}$  имеет вид

$$\dot{V} = (Q \cdot t) \div (\rho \cdot C_p \cdot (T_j - T_i)) \quad \text{Уравнение 2}$$

Согласно способу предлагаемого изобретения предполагается, что для данной жидкости параметры  $\rho$  и  $C_p$ , которые отражают свойства жидкости, являются константами и могут быть определены как

$$K = \frac{1}{\rho \cdot C_p} \quad \text{Уравнение 4}$$

Таким образом,

$$\dot{V} = KQ \div t \cdot \Delta T \quad \text{Уравнение 5}$$

Соответственно изменение температуры ( $\Delta T$ ) является функцией расхода (и наоборот), и при постоянном значении  $Q$  при увеличении одной величины другая величина уменьшается. Например, при увеличении расхода большее количество тепла передается от нагревательного элемента, и  $\Delta T$  (т.е. степень, с которой нагревательный элемент достигает более высокой температуры по отношению к ненагретому (окружающей среды) состоянию), меньше. И наоборот, когда расход меньше, меньше тепла передается от нагревательного элемента, и  $\Delta T$  больше.

Один из вариантов осуществления способа согласно изобретению проиллюстрирован на фиг. 2 и 3А. Температура нагревательного элемента 220 сначала измеряется датчиком температуры 212. Это измерение указывается как  $T_i$  на верхней кривой (зависимость температуры от времени) на фиг. 3А. После измерения температуры  $T_i$  известная или измеренная величина или доза энергии подается на нагревательный элемент 220 в виде, соответствующем источнику тепла. При этом температура  $T_j$  нагревательного элемента измеряется сразу же после завершения подачи измеренной дозы энергии в определенный момент времени  $t_2$ .

Дозы энергии могут быть поданы на нагревательный элемент 220 в различных формах, например электрическая энергия может быть подведена к резистивному нагревательному элементу одним из следующих способов:

- а) путем подвода заданного уровня мощности (например, ватты) в течение установленного периода времени, например 1 Вт в течение 60 с или 50 мВт в течение 10 с, в зависимости от используемого нагревательного элемента и датчика температуры; или
- б) путем разряда цепи конденсатора, который был заряжен, от заданной первой величины напряжения до заданной второй величины напряжения; или
- в) с помощью катушки цепи усиления, содержащей транзистор, для подачи измеренной серии "микроимпульсов" тока, которые объединяются, чтобы дать определенный "макропульс".

На фиг. 3А изображен фактически один период измерения. В этом примере кривая мощности (нижняя кривая, показывающая подводимую мощность в зависимости от времени) показывает, что прямоугольный импульс мощности нагрева подается, начиная в момент времени  $t_1$ , соответствующий температуре  $T_1$ , и заканчивая в момент времени  $t_2$ , соответствующий температуре  $T_2$ . Это приводит к кривой обнаружения температурного проявления, показанной сверху. В этом случае изменение температуры изменяется по всей длительности импульса, т.е.  $\Delta T = T_2 - T_1 = T_j - T_i$ .

Измерения температуры для определения  $\Delta T$  не обязательно должны быть связаны с продолжительностью импульса нагревания. Например, как показано на фиг. 3В,  $T_i$  измеряется во время после  $t_1$  и  $T_j$  измеряется до  $t_2$ .

Импульс нагревания не обязательно является прямоугольным, как показано на фиг. 3А и 3В. Импульс может быть подан различными способами и иметь различные формы сигнала, такие как кривая импульсного разряда конденсатора, как показано на фиг. 3С.

На фиг. 3А-3С изображены две важные характеристики изобретения. Во-первых, на графике зависимости температуры от времени можно видеть, что после подачи импульса нагрева, то есть начиная с  $t_2$ , может потребоваться сравнительно много времени для жидкости, обтекающей нагревательный элемент, чтобы вернуть свою температуру до примерно ее начального значения в момент времени  $t_3$ . В расходомере известного уровня техники до даты приоритета заявленного патента необходимо ждать, пока температура вернется в пределы узкого диапазона исходной (окружающей среды) температуры, прежде чем может быть выполнено второе измерение. Кроме того, существуют условия, в которых температура окружающей среды меняется естественным путем.

Например, для жидкостей в теле температура тела пациента, естественно, изменяется, при этом температура выделяемой биожидкости, такой как моча, будет соответственно изменяться. Кроме того, температура воздуха окружающей среды может меняться, и это может влиять на температуру протекающей жидкости. В таких условиях без дополнительного датчика эталонной температуры невозможно знать, отражает ли считываемая температура текущую температуру жидкости.

В настоящем изобретении нет необходимости ждать до момента времени  $t_3$ , чтобы подать следующий импульс нагрева и начать новый цикл измерений. Кроме того, начальная температура при первом измерении не должен быть такой же, как во втором измерении. Это представлено на фиг. 4, на котором показана серия из трех последовательных импульсов нагрева.

Чтобы использовать уравнение 5 для определения скорости потока, была выполнена серия измерений, как описано выше, в которой для заданного значения  $Q$ , величины  $\Delta T$  при различных известных значениях расхода были получены с помощью специального устройства в соответствии с изобретением. В результате получена эмпирически-созданная таблица данных, в которой показан расход для  $\Delta T$  (или для комплекта точек, представляющих кривую тепловыделения). Данные калибровки являются конкретными для трубопровода, жидкости в трубопроводе, компонентов устройства согласно изобретению, а также для величины  $Q$ . В связи со способом их получения данные калибровки также учитывают потери тепла в трубопроводе и окружающей среде. Производная таблица может использоваться для определения математической зависимости в виде уравнения. Калибровочная таблица или график (или набор таблиц, или графиков для различных значений  $Q$ ) хранятся в памяти процессора системы управления, из памяти которого они могут быть извлечены для автоматического определения расхода по измеренному значению  $\Delta T$ .

Частота измерений зависит от свойств измеряемого потока жидкости, например, если ожидается, что расход является постоянным или быстро меняется, и от значения изменений расхода; то есть важно знать как можно скорее о любом изменении. В одном варианте осуществления частота измерений определяется оператором устройства, например, один раз в час. В соответствии с другим вариантом осуществления изобретения частота измерений циклов является функцией ожидаемой или фактической быстроты изменения расхода. Так, например, измерения могут быть выполнены более часто в течение дня, когда изменение расхода, как ожидается, является относительно высоким, и реже ночью, когда изменение расхода, как ожидается, является относительно низким.

Выбор времени выполнения измерений также может быть определен автоматически с помощью системы управления. В варианте осуществления изобретения после подачи импульса нагрева система управления запрограммирована так, чтобы обнаружить, когда температура протекающей жидкости возвращается к установленному значению. Когда система управления определяет достижение установленного режима, она автоматически включает нагревательный элемент, чтобы начать новый цикл измерений. В другом варианте осуществления изобретения система управления может определить время измерения на основе изменений расхода между заранее определенным числом предыдущих измерений.

Количество энергии, которое должно подаваться на нагревательный элемент, зависит от свойств жидкости и скорости потока. Соответствующие значения энергии в импульсе могут быть определены эмпирически для данного применения. При высоком расходе подаваемая доза нагрева может быть увеличена для улучшения соотношения сигнал/шум. В вариантах осуществления настоящего изобретения процессор системы управления может быть приспособлен для автоматического регулирования количества энергии, поданной в соответствии с измеренной скоростью потока в последнем импульсе нагрева или со средней скоростью потока, или экстраполяции тенденции, определенной в нескольких предыдущих импульсах, или когда предыдущие измерения указывают на недостаточный нагрев (т.е.  $\Delta T$  ниже определенного значения) или избыточный нагрев (т.е.  $\Delta T$  больше определенного значения).

Согласно варианту осуществления изобретения, изображенному на фиг. 5, температура измеряется многократно в течение импульса нагрева, получая набор точек данных, представляющих кривую роста температуры. Значение интеграла результирующей кривой между  $t_1$  и  $t_2$  может быть использовано в качестве измерения расхода. Для данного значения  $Q$  в импульсе значение этого интеграла, как ожидается, снизится с увеличением скорости потока, так как по мере увеличения скорости потока больше тепла теряется, и кривая температуры не поднимается, как это было бы при более низких скоростях потока. Следовательно, площадь под кривой температур между  $t_1$  и  $t_2$  меньше. Как и в других вариантах, калибровочные измерения могут быть сделаны с использованием известного расхода для создания справочных таблиц, в которых установлена связь между измеренным значением интеграла и неизвестным расходом.

Блок датчика, т.е. нагревательный элемент и датчик температуры в устройстве согласно изобретению может быть предоставлен как "встроенный" в выделенных трубопроводах или в виде отдельных блоков, которые могут быть прикреплены к существующим трубопроводам. Например, для измерения скорости потока (диуреза) мочи устройство может иметь стандартные соединения, которые обеспечивает его соединение с катетером на одной стороне и с дренажной трубкой, например, к мочеприемнику, на другой стороне. В других вариантах осуществления изобретения устройство может быть включено в качестве составной части катетера или дренажной трубы.

На фиг. 6 схематически представлен вариант осуществления системы 400 для измерения скорости потока мочи от пациента с катетером (не показан на фигуре). На фигуре показаны катетер 410, блок датчика 414 (подробно показан на рис. 2), дренажная трубка 418, мочеприемник 420 и система управления 430. Необязательным компонентом системы 400 является отвод для улавливания газов 412.

Хотя варианты осуществления изобретения были описаны в качестве иллюстрации, следует понимать, что изобретение может быть осуществлено со многими изменениями, модификациями и доработками, не выходя за рамки формулы изобретения.

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Устройство для измерения объемного расхода жидкости в трубопроводе, содержащее следующие компоненты:

а) нагревательный элемент, находящийся в тепловом контакте с упомянутой жидкостью в упомянутом трубопроводе и предназначенный для подачи в указанную жидкость импульсов тепловой энергии, сообщающих заданное количество тепла в течение заданного периода времени в указанную жидкость;

б) один датчик температуры, предназначенный для измерения мгновенной величины температуры указанного нагревательного элемента и

с) систему управления, содержащую процессор, средства ввода, блок памяти и средства вывода, отличающееся тем, что:

и) упомянутый процессор упомянутой системы управления выполнен таким образом, чтобы выдавать на упомянутый нагревательный элемент команду, начиная с момента  $t_1$  и заканчивая моментом  $t_2$ ;

ii) упомянутый процессор упомянутой системы управления выполнен таким образом, чтобы принимать начальное измерение мгновенной величины температуры  $T_i$  и финальное измерение мгновенной величины температуры  $T_j$  упомянутого нагревательного элемента от упомянутого датчика температуры, отличающееся тем, что  $T_j$  измеряется через известный период времени после измерения температуры  $T_i$ ; упомянутый блок памяти упомянутой системы управления содержит заранее введенные калибровочные таблицы, графики или математические соотношения, которые используются для определения значений расхода, которые соответствуют измеренной величине изменений температуры указанной текущей жидкости для заданного количества тепла, подаваемого в течение заданного периода времени в указанную жидкость;

iii) характеризующееся тем, что упомянутое устройство выполнено с возможностью измерения  $T_i$  после момента времени  $t_1$  и измерения  $T_j$  перед моментом времени  $t_2$ .

2. Устройство по п.1, дополнительно содержащее устройство отображения, отличающееся тем, что компоненты упомянутой системы управления выполнены таким образом, чтобы:

а) упомянутый блок памяти и устройство отображения упомянутой системы управления могли хранить и воспроизводить по требованию пользователя данные, связанные с работой указанного устройства и свойствами указанной жидкости, которые измерены или вычислены компонентами указанного устройства;

б) упомянутые средства вывода упомянутой системы управления могли передавать мгновенные или ранее измеренные значения температуры и иные связанные с упомянутой жидкостью и упомянутым устройством данные удаленным адресатам;

с) упомянутые средства вывода упомянутой системы управления могли посыпать сигналы, которые могли бы быть использованы в качестве входных другими системами, и

д) упомянутые средства вывода упомянутой системы управления могли посыпать сигналы тревоги, если расход или иные измеряемые свойства упомянутой жидкости выходят за установленные пределы.

3. Устройство по п.1, содержащее хотя бы одно из следующих приспособлений:

а) уловитель пузырьков воздуха до места, в котором измеряется объемный расход жидкости;

б) газопроницаемую мембрану до упомянутого места, в котором измеряется объемный расход жидкости.

4. Устройство по п.1, отличающееся тем, что оно подсоединяется к трубопроводу либо является его составной частью.

5. Устройство по п.4, отличающееся тем, что указанный трубопровод является катетером или дренажной трубкой, ведущей от пациента.

6. Устройство по п.5, отличающееся тем, что процессор системы управления выполнен таким образом, чтобы исходя из измерений скорости течения мочи обеспечить непрерывный контроль функционирования почек в реальном времени и раннюю диагностику состояний, связанных с острой почечной недостаточностью (ОПН).

7. Способ измерения в реальном времени объемного расхода жидкости в трубопроводе с помощью устройства по п.1, включающий следующие этапы:

и) выдача команды на упомянутый нагревательный элемент, начиная с момента времени  $t_1$  и заканчивая моментом времени  $t_2$ ;

ii) измерение температуры  $T_i$  упомянутого нагревательного элемента;

iii) измерение температуры  $T_j$  упомянутого нагревательного элемента в течение заданного периода времени после измерения температуры  $T_i$ ; и

iv) вызов из упомянутой памяти калибровочной таблицы, графика или математического соотношения, выведенного для упомянутого известного количества тепла, с определением из указанной таблицы, графика или математического соотношения величины расхода жидкости, который соответствует указанному измеренному значению  $T_j-T_i$ ; характеризующийся тем, что  $T_i$  измеряется после момента времени  $t_1$ , и  $T_j$  измеряется до момента времени  $t_2$ .

8. Способ по п.7, отличающийся тем, что указанный способ предназначен для измерения объемного

расхода жидкости, текущей через катетер или дренажную трубку, ведущую от пациента.

9. Способ по п.8, отличающийся тем, что указанная жидкость является мочой.

10. Способ по п.9, отличающийся тем, что результаты измерений используются для обнаружения опасности возникновения острой почечной недостаточности и ее стадий.

11. Способ работы нагревательного элемента устройства по п.1 включает следующие этапы:

а) регулировку скорости течения до установления постоянной заданной величины расхода;

б) активацию упомянутого нагревательного элемента, начиная с момента времени  $t_1$  и заканчивая моментом времени  $t_2$ ;

в) измерение температуры  $T_i$  упомянутого нагревательного элемента;

г) измерение температуры  $T_j$  упомянутого нагревательного элемента в течение известного периода времени после измерения температуры  $T_i$ ;

д) сохранение указанного значения расхода жидкости, значения заданного количества тепла, доставляемого к упомянутой текущей жидкости в течение упомянутого заданного периода времени между результатами измерений  $T_i-T_j$ , и значения  $T_j-T_i$  в блоке памяти; и

е) повторение этапов а)-е) для различных других известных значений расхода жидкости; характеризующийся тем, что  $T_i$  измеряется после момента времени  $t_1$  и  $T_j$  измеряется до момента времени  $t_2$ .

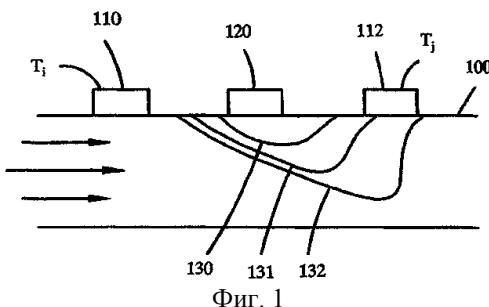
12. Способ измерения объемного расхода жидкости в трубопроводе с помощью устройства по п.1, включающий следующие этапы:

и) выдача команды на упомянутый нагревательный элемент, начиная с момента времени  $t_1$  и заканчивая моментом времени  $t_2$ , подать в упомянутую жидкость импульс тепловой энергии, сообщающий заданное известное количество тепла;

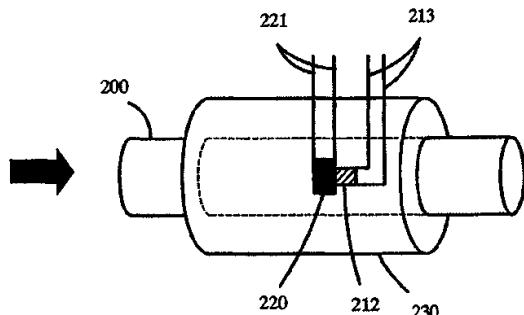
ii) измерение температуры упомянутого нагревательного элемента несколько раз с получением в результате набора точек данных, по которым можно построить кривую роста температуры;

iii) вызов из памяти калибровочной таблицы, графика или математического соотношения, выведенного для упомянутого заданного количества тепла, и

iv) определение из указанной таблицы, графика или математического соотношения величины объемного расхода жидкости, который соответствует указанной кривой роста температуры; характеризующийся тем, что многократные измерения температуры упомянутого нагревательного элемента осуществляют после момента времени  $t_1$  и до момента времени  $t_2$ .



Фиг. 1



Фиг. 2

