РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(19) **RU** (11) **2 747 834**(13) **C2**

(51) МПК
G01B 21/08 (2006.01)
G01K 13/02 (2006.01)
G01K 7/18 (2006.01)
G01N 17/00 (2006.01)

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
G01K 13/02 *(2020.08);* ***G01K 7/18*** *(2020.08);* ***G01N 17/008*** *(2020.08);* ***G01B 21/085*** *(2020.08)*

(21)(22) Заявка: **2019107000, 12.09.2017**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
12.09.2017

Дата регистрации:
14.05.2021

Приоритет(ы):
(30) Конвенционный приоритет:
12.09.2016 US 15/262,807

(43) Дата публикации заявки: **12.10.2020** Бюл. № **29**

(45) Опубликовано: **14.05.2021** Бюл. № **14**

(85) Дата начала рассмотрения заявки PCT на национальной фазе: **12.04.2019**

(86) Заявка PCT:
US 2017/051108 (12.09.2017)

(87) Публикация заявки PCT:
WO 2018/049377 (15.03.2018)

Адрес для переписки:
129090, Москва, ул. Б.Спасская, 25, строение 3, ООО "Юридическая фирма Городисский и Партнеры"

(72) Автор(ы):
ЧАТТОРАДЖ, Мита (US),
МУРСИА, Майкл, Дж. (US),
МУКХЕРДЖИ, Асит (US)

(73) Патентообладатель(и):
ЭКОЛАБ ЮЭсЭй ИНК. (US)

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **WO 2009135504 A1, 12.11.2009. US 2011283780 A1, 24.11.2011. WO 2010087724 A1, 05.08.2010. US 2013031973 A1, 07.02.2013. RU 2223548 C2, 10.02.2004. US 6886393 B1, 03.05.2005.**

(54) ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ КОНТРОЛЯ ЗА ОТЛОЖЕНИЕМ

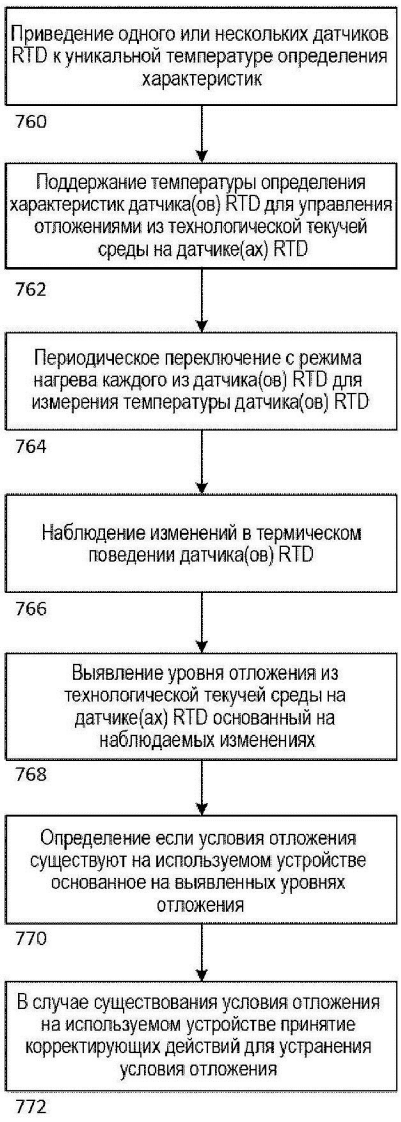
(57) Реферат:

Изобретение относится к области измерительной техники и может быть использовано для контроля уровня отложений. Системы потока текучей среды могут содержать один или несколько резистивных температурных датчиков (RTD), контактирующих с жидкостью, протекающей через систему. Один или несколько датчиков RTD могут работать в режиме нагрева и в режиме измерения. Термическое поведение одного или нескольких датчиков RTD может быть проанализировано, чтобы выявить уровень отложения, образованного на датчиках RTD из текучей среды, протекающей через систему. Определение характеристик наслаивания на датчиках RTD, работающих при разных температурах, могут быть использованы для установления зависимого от температуры профиля наслаивания. Профиль наслаивания может быть использован для определения того, имеет ли место образование наслаиваний в определенных местах в системе потока текучей среды, например, в используемом устройстве. Технический результат - обнаруженные условия для отложения могут инициировать одно или

RU 2747834 C2

RU 2747834 C2

несколько корректирующих действий, которые могут быть предприняты для предотвращения или минимизации образования отложения до того, как отложения отрицательно повлияют на работу системы потока текучей среды. 4 н. и 19 з.п. ф-лы, 7 ил.



Фиг. 7

RU 2747834 C2

RU 2747834 C2

RUSSIAN FEDERATION

FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(19) **RU** (11) **2 747 834**(13) **C2**

(51) Int. Cl.
G01B 21/08 (2006.01)
G01K 13/02 (2006.01)
G01K 7/18 (2006.01)
G01N 17/00 (2006.01)

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(52) CPC
G01K 13/02 (2020.08); G01K 7/18 (2020.08); G01N 17/008 (2020.08); G01B 21/085 (2020.08)

(21)(22) Application: **2019107000, 12.09.2017**

(24) Effective date for property rights:
12.09.2017

Registration date:
14.05.2021

Priority:
(30) Convention priority:
12.09.2016 US 15/262,807

(43) Application published: **12.10.2020** Bull. № **29**

(45) Date of publication: **14.05.2021** Bull. № **14**

(85) Commencement of national phase: **12.04.2019**

(86) PCT application:
US 2017/051108 (12.09.2017)

(87) PCT publication:
WO 2018/049377 (15.03.2018)

Mail address:
129090, Moskva, ul. B.Spasskaya, 25, stroenie 3, OOO "Yuridicheskaya firma Gorodisskij i Partnery"

(72) Inventor(s):
CHATTORAJ, Mita (US),
MURCIA, Michael, J. (US),
MUKHERJEE, Aseet (US)

(73) Proprietor(s):
ECOLAB USA INC. (US)

(54) IMPLEMENTING DEPOSIT CONTROL

(57) Abstract:

FIELD: measurement technology.

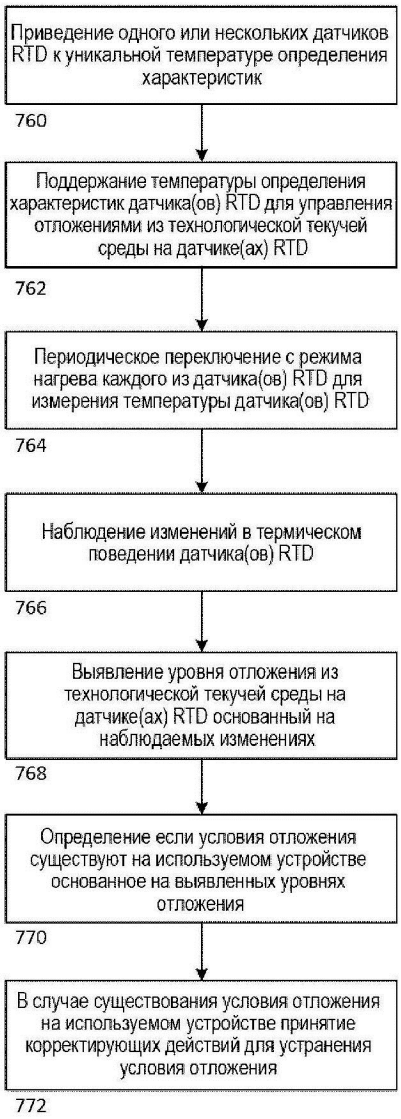
SUBSTANCE: invention relates to the field of measurement technology and can be used to control the level of deposits. Fluid flow systems may contain one or more resistive temperature detectors (RTDs) in contact with the fluid flowing through the system. One or more RTD sensors can operate in heating mode and in measurement mode. The thermal behavior of one or more RTD sensors can be analyzed to identify the level of deposition formed on the RTD sensors from the fluid flowing through the system. Determination of layering characteristics on RTD sensors operating at different temperatures can be used to establish a temperature-dependent layering profile. The layering profile can be used to determine whether layering occurs at specific locations in the fluid flow system, such as in the device being used.

EFFECT: technical result is that the detected conditions for the deposition can initiate one or more corrective actions that can be taken to prevent or minimize the formation of deposits before those negatively affect the operation of the fluid flow system.

23 cl, 7 dwg

RU 2747834 C2

RU 2747834 C2



Фиг. 7

RU 2747834 C2

RU 2747834 C2

ПЕРЕКРЕСТНАЯ ССЫЛКА

[0001] Данная заявка является продолжением заявки на патент США № 15/262,807, поданной 12 сентября 2016 г., полное содержание которой включено в настоящий документ посредством ссылки.

УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

[0002] Различные системы потока текучей среды выполнены с возможностью течения технологической текучей среды от одного или большего количества источников текучей среды в направлении к используемому устройству. Например, текучая среда, текущая к поверхности теплообменника, может использоваться для передачи тепла или отвода тепла от поверхности теплообмена и поддержания поверхности при рабочей температуре.

[0003] В некоторых примерах, изменения рабочих условий системы потока текучей среды, такие как изменения состава текучей среды, рабочих температур текучей среды или используемого устройства и т.п., могут повлиять на вероятность образования отложений из технологической текучей среды на компоненты системы. Отложения, образующиеся на используемом устройстве, могут отрицательно повлиять на производительность устройства. Например, отложения, образующиеся на поверхности теплообмена, могут приводить к изолированию поверхности теплообмена от текучей среды, уменьшая способность текучей среды осуществлять теплообмен с теплообменником.

[0004] Часто такие отложения обнаруживаются только тогда, когда производительность используемого устройства снижается до уровня, требующего внимания. Например, поверхность теплообменника может стать неспособной поддерживать желаемые температуры из–за достаточно большого отложения, образующегося на ее поверхности теплообмена. Чтобы восстановить работоспособность системы, ее часто приходится отключать, разбирать и очищать, что может быть дорогостоящим и длительным процессом.

СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[0005] Определенные аспекты данного описания, как правило, направлены на системы и способы для выявления уровней отложений и/или обнаружения условий для отложения, присутствующих в системе потока текучей среды. Некоторые такие системы могут содержать один или большее количество резистивных температурных датчиков (RTD), которые находятся в тепловой связи с текучей средой, протекающей через систему потока текучей среды. Датчик(и) RTD может взаимодействовать с нагревательным контуром, выполненным с возможностью подачи электрической энергии на датчик(и) RTD, например, для повышения температуры датчика(ов) RTD. Дополнительно или в качестве альтернативны, датчик(и) RTD может взаимодействовать с измерительным контуром, выполненным с возможностью обеспечивать выходной сигнал, представляющий температуру одного или большего количества датчиков RTD.

[0006] Системы могут содержать контроллер, связанный с контуром нагрева и измерительным контуром, и который может быть выполнен с возможностью управлять датчиком(ами) RTD в режиме нагрева и режиме измерения. В некоторых примерах контроллер может быть выполнен с возможностью нагрева датчика(ов) RTD до повышенной температуры (например, в режиме нагрева), прекращения нагрева датчика (ов) RTD и выявления изменения температуры датчика(ов) RTD во времени (например, в режиме измерения). Выявление изменения температуры датчика(ов) RTD может включать выявление изменения температуры вследствие термической проводимости тепла от датчика(ов) RTD к текучей среде, протекающей через систему потока через

измерительный контур. Отложения от потока текучей среды на датчике(ах) RTD могут влиять на термическую проводимость между датчиком RTD и текучей средой. Таким образом, в некоторых вариантах реализации изобретения, контроллер может быть выполнен с возможностью определения уровня отложения, образовавшегося на поверхности датчика(ов) RTD от текучей среды, на основании выявленного изменения температуры.

[0007] В некоторых примерах контроллер может быть выполнен с возможностью периодически переключать датчик(и) RTD между режимом нагрева и режимом измерения и наблюдать за изменениями в тепловом поведении датчика(ов) RTD. Контроллер может быть выполнен с возможностью выявлять уровень отложения от текучей среды на датчике(ах) RTD на основе наблюдаемых изменений.

[0008] В некоторых типовых системах, включающих в себя множество датчиков RTD, контроллер может быть выполнен с возможностью поддержания каждого из множества датчиков RTD при различной рабочей температуре и выполнения таких процессов на датчиках RTD. Контроллер может быть выполнен с возможностью определения зависящего от температуры профиля наслаивания на основе выявленных уровней отложения, определенных для каждого из датчиков RTD и определение на основании профиля, существует ли условие для отложения для используемого устройства.

[0009] В различных вариантах реализации изобретения, наблюдение за изменениями поведения датчика RTD может включать различные наблюдения. Типовые наблюдения могут включать изменения температуры, достигаемые датчиком RTD, когда к нему подводится постоянная мощность, изменения в скорости изменения температуры датчика RTD, количества электрической энергии, подводимой при работе в режиме нагрева, для достижения определенной температуры, и тому подобное. Каждая такая характеристика может зависеть от отложений, образующихся на датчике RTD из текучей среды, и может быть использована для выявления уровня отложения на датчике RTD.

[0010] В некоторых примерах могут быть предприняты корректирующие действия направленные на устранение обнаруженных отложений и/или условий для отложения. Например, изменения к текучей среде, протекающей через систему, можно регулировать, чтобы минимизировать образование отложений. Такие изменения могут включать добавление химического вещества, такого как ингибитор образования отложений или биоцид, для уменьшения образования отложений или прекращение течения определенных жидкостей в систему, которые могут способствовать образованию отложений. Другие корректирующие действия могут включать изменение параметров системы, таких как рабочие температуры текучей среды или используемого устройства. В некоторых вариантах реализации изобретения такие корректирующие действия могут быть выполнены вручную оператором системы. Дополнительно или в качестве альтернативы, такие действия могут быть автоматизированы, например, с помощью контроллера и другого оборудования, такого как один или большее количество насосов, клапанов или тому подобного. В других дополнительных примерах система может быть выполнена с возможностью осуществления корректирующего действия в форме предупреждения пользователя об условиях для отложения, чтобы пользователь мог предпринять последующие корректирующие действия.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

[0011] На фиг. 1 изображено типовое размещение одного или большего количества датчиков RTD в системе потока текучей среды.

[0012] На Фиг.2 изображена принципиальная схема системы для управления датчиком RTD в типовом варианте реализации изобретения.

[0013] На фиг. 3 изображена типовая принципиальная схема, демонстрирующая рабочую конфигурацию массива датчиков RTD.

[0014] На фиг. 4 изображена принципиальная схема, демонстрирующая управление множеством датчиков RTD при работе в режиме нагрева.

[0015] На фиг. 5 изображена принципиальная схема, демонстрирующая управление одиночным датчиком RTD при работе в режиме измерения.

[0016] На фиг. 6A–6D изображены типовые тепловые поведения датчика RTD, которые могут быть использованы для выявления уровня отложения на датчике RTD.

[0017] На фиг. 7 изображена принципиальная технологическая схема процесса течения, демонстрирующая типовой процесс уменьшения отложений из технологической текучей среды на используемом устройстве в системе потока текучей среды.

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ СУЩНОСТИ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[0018] Резистивный датчик температуры (RTD) является устройством, обычно используемым для измерения температуры интересующего объекта. Например, в некоторых случаях сопротивление датчика RTD является приблизительно линейным в зависимости от температуры. Сопротивление может быть измерено путем пропускания тока через датчик RTD и измерения результирующего напряжения на датчике RTD. Ток, протекающий через датчик RTD, может оказывать тепловое воздействие на датчик RTD, поэтому ток обычно поддерживается на относительно низком уровне во время измерения температуры. При типовой работе, небольшое количество тока пропускается через проводник, который подвергается воздействию некоторой среды, в которой должна измеряться температура. При изменении температуры, измеряется характерное изменение сопротивления в этом проводнике (например, платине) и используется для расчета температуры.

[0019] На фиг. 1 изображено типовое размещение одного или большего количества датчиков RTD в системе потока текучей среды. Как изображено, датчики RTD 102a–d расположены в канале 106 потока технологической текучей среды в системе потока текучей среды 100, выполненной с возможностью направления рабочей жидкости в используемое устройство 105. Стрелки 108 демонстрируют типовой путь потока текучей среды от источника текучей среды к используемому устройству 105. Как описано в данном документе, технологические текучие среды обычно могут относиться к любым текучим средам, протекающим через такую систему потока текучей среды, включая, но, не ограничиваясь этим, вспомогательные жидкости, такие как охлаждающая вода, питательная вода котла, конденсат, продувочная вода, сточные воды и сбрасываемые сточные воды. Такие типовые технологические текучие среды могут быть направлены в систему потока текучей среды 100 из различных источников (например, выходящий поток из технологического процесса, продувочная вода котла, очищенные сточные воды, добываемая вода, источник пресной воды и т.д.). В некоторых примерах одиночная система потока текучей среды 100 может принимать входные технологические текучие среды из множества источников. В некоторых таких примерах источник технологической текучей среды может быть выбран, например, с помощью ручного и/или автоматического клапана или серии клапанов. В некоторых вариантах реализации изобретения, одиночный источник текучей среды может быть выбран из одного или большего количества возможных входных источников. В альтернативных вариантах реализации изобретения, множество источников текучей среды может быть выбрано таким образом, чтобы текучая среда из выбранного множества источников смешивалась с образованием входной текучей среды. В некоторых вариантах реализации изобретения, принятая по умолчанию входная текучая среда состоит из смеси текучих сред из каждого

из множества доступных входных источников, и состав входной текучей среды может быть отрегулирован путем блокирования потока одного или большего количества таких входных в систему источников.

[0020] В примере в соответствии с фиг. 1, датчики RTD 102a–d изображены в виде массива датчиков RTD, установленных на держателе образца 104. В некоторых примерах держатель образца 104 имеет возможность извлечения из канала 106 потока системы потока текучей среды 100, например, для облегчения очистки, замены или другого обслуживания датчиков RTD 102a–d. Дополнительно или в качестве альтернативы, один или несколько датчиков RTD (например, расположенных на держателе образца) могут быть расположены в канале потока одного или большего количества входов текучей среды, которые способствуют подпитке текучей среды, протекающей через систему потока текучей среды 100, в используемое устройство 105. Система потока текучей среды может быть любой системой, в которой технологические потоки текучей среды, включая, например, системы промывки (например, посудомоечная машина, прачечная и т. д.), системы питания и напитков, горнодобывающая промышленность, энергетические системы (например, нефтяные скважины, нефтеперерабатывающие заводы и т. д.), воздушный поток через воздухозаборники двигателя, системы теплообмена, такие как градирни или котлы, целлюлозно–бумажные процессы и другие. Стрелки 108 указывают направление потока текучей среды мимо датчиков RTD 102, которые можно использовать для отслеживания температуры текучей среды, в сторону используемого устройства 105.

[0021] В некоторых вариантах реализации изобретения, система потока текучей среды содержит один или большее количество дополнительных датчиков 111 (изображен пунктирно), способных определять один или большее количество параметров текучей среды, протекающей через систему. В различных вариантах реализации изобретения, один или большее количество дополнительных датчиков 111 могут быть выполнены с возможностью определения скорости потока, температуры, уровня pH, щелочности, проводимости и/или других параметров текучей среды, таких как концентрация одного или большего количества компонентов технологической текучей среды. Хотя изображено, что он представляет собой один элемент, расположенный сзади по ходу от датчиков RTD 102a–d, один или большее количество дополнительных датчиков 111 могут содержать любое количество отдельных компонентов и могут быть расположены в любом месте системы потока текучей среды 100 при анализе параметров той же текучей среды, которую анализируют датчики RTD 102a–d.

[0022] На Фиг. 2 изображена принципиальная схема системы для управления датчиком RTD в типовом варианте реализации изобретения. В варианте реализации изобретения в соответствии с фиг. 2, датчик RTD 202 находится в связи с измерительным контуром 210. В некоторых примерах измерительный контур 210 может способствовать измерению сопротивления датчика RTD с целью определения его температуры. Например, в типовом варианте реализации изобретения измерительный контур может обеспечивать ток для протекания через датчик RTD и измерять падение напряжения на датчике RTD для определения сопротивления и, таким образом, его температуры.

[0023] Система может содержать контроллер 212, связанный с измерительным контуром 210. Контроллер 212 может содержать микроконтроллер, процессор, память, содержащую инструкции по работе/ исполнению, программируемую пользователем матрицу логических элементов (FPGA) и/или любое другое устройство, способное связывать и взаимодействовать с компонентами системы. В некоторых таких примерах система может работать в режиме измерения, в котором контроллер 212 может

взаимодействовать с измерительным контуром 210 для определения температуры датчика RTD 202. В некоторых примерах контроллер может вызывать подачу тока на датчик RTD с помощью измерительного контура 210, принимать сигнал от измерительного контура 210, обеспечивающий напряжение на датчике RTD 202, и определять сопротивление датчика RTD на основе известного значения тока и измеренного напряжения. В некоторых вариантах реализации изобретения контроллер 212 выполнен с возможностью иначе определять сопротивление и/или температуру датчика RTD 202 на основе сигнала, принятого от измерительного контура. Таким образом, в некоторых таких примерах контроллер 212 может взаимодействовать с измерительным контуром 210 и датчиком RTD 202 для определения температуры датчика RTD 202.

[0024] Система в соответствии с фиг. 2 дополнительно содержит нагревательный контур 214, связанный с контроллером 212 и датчиком RTD 202. В некоторых примерах система может работать в режиме нагрева, при котором контроллер 212 может подавать электрическую энергию на датчик RTD 202 через нагревательный контур 214, чтобы повысить температуру датчика RTD 202. В некоторых таких вариантах реализации изобретения, контроллер 212 способен настраивать или иным образом регулировать количество энергии, подаваемой на датчик RTD 202, чтобы повышать температуру датчика RTD 202. В различных примерах настройка подводимой мощности может включать регулировку тока, напряжения, коэффициента заполнения сигнала с широтно–импульсной модуляцией (PWM) или других известных способов настройки мощности, подаваемой на датчик RTD 202.

[0025] В некоторых примерах контроллер 212 способен взаимодействовать с датчиком RTD 202 через нагревательный контур 214 и измерительный контур 210 одновременно. В некоторых таких примерах система может одновременно работать в режиме нагрева и в режиме измерения. Подобным образом, такие системы могут работать в режиме нагрева и в режиме измерения независимо, причем датчик RTD может работать в режиме нагрева, режиме измерения или в обоих режимах одновременно. В других примерах контроллер 212 может переключаться между режимами работы нагрева и измерения. Дополнительно или в качестве альтернативы контроллер, связанный с множеством датчиков RTD 202 через один или большим количеством измерительных контуров 210 и один или большим количеством нагревательных контуров 214, может управлять такими датчиками RTD в разных режимах работы. В таких различных примерах контроллер 212 может управлять каждым датчиком RTD в нескольких режимах работы или отдельном режиме работы и/или может управлять каждым датчиком RTD по отдельности, например, в последовательности. Многие варианты реализации изобретения возможны и находятся в рамках объема данного описания.

[0026] Как описано со ссылкой в соответствии с фиг. 1, система может содержать один или несколько дополнительных датчиков 211 для определения одного или большего количества параметров текучей среды, протекающей через систему потока текучей среды. Такие дополнительные датчики 211 могут иметь проводную или беспроводную связь с контроллером 212. Таким образом, в некоторых вариантах реализации изобретения контроллер 212 может быть выполнен с возможностью взаимодействия как с датчиками RTD 202, так и с дополнительными датчиками 211, расположенными в системе потока текучей среды.

[0027] На фиг. 3 изображена типовая принципиальная схема, демонстрирующая рабочую конфигурацию массива датчиков RTD. В проиллюстрированном варианте реализации изобретения серия датчиков RTD 302a–d находится в связи с контроллером

312 через измерительный контур 310 и нагревательный контур 314. Во время режима работы нагрева контроллер 312 может заставлять нагревательный контур 314 подавать электроэнергию на один или большее количество датчиков RTD 302a–d для повышения температуры датчика RTD. В проиллюстрированном варианте реализации изобретения, нагревательный контур 314 содержит PWM модуль 316, связанный с усилительным каскадом 318. В примере в соответствии с фиг. 3, PWM модуль 316 содержит множество каналов A–D, причем каждый канал соответствует соответствующему датчику RTD 302a–d в серии датчиков RTD. Каждый канал PWM модуля 316 находится в связи со своим соответствующим датчиком RTD 302a–d через усилительный каскад 318. Усилительный каскад 318 может быть выполнен с возможностью модификации сигнала от PWM модуля 316 для генерации сигнала нагрева, подаваемого на соответствующий датчик RTD 302a–d. В некоторых примерах усилительный каскад 318 выполнен с возможностью фильтрации сигнала PWM от PWM модуля 316 , например, через фильтр LRC, чтобы обеспечить постоянную мощность для датчика RTD 302. Дополнительно или в качестве альтернативы, усилительный каскад 318 может эффективно усиливать сигнал от PWM модуля 316 для желательного изменения температуры датчика RTD 302.

[0028] В типовом варианте реализации изобретения, связанным с операцией нагрева, контроллер подает сигнал PWM модулю 316 на повышение температуры датчика RTD 302a. Контроллер 312 может заставить PWM модуль 316 выводить PWM сигнал из канала A на усилительный каскад 318. Параметры PWM сигнала, такие как рабочий цикл, уровень и т. д., могут быть настроены контроллером 312 для удовлетворения желаемых эффектов нагрева. Дополнительно или в качестве альтернативы, усилительный каскад 318 может настраивать один или большее количество параметров канала A PWM сигнала для эффективного управления количеством нагрева датчика RTD 302a. Подобные операции нагрева могут быть выполнены для любого или всех датчиков RTD 302a–d одновременно. В некоторых вариантах реализации изобретения, контроллер 312 может управлять операцией нагрева каждого из множества датчиков RTD 302a–d таким образом, что каждый из датчиков RTD нагревается до различной рабочей температуры.

[0029] Как описано в других местах данного документа, контроллер 312 может быть способен взаимодействовать с одним или большим количеством датчиков RTD 302a–d через измерительный контур 310. В некоторых таких примерах контроллер 312 может определять с помощью измерительного контура 310 измерение температуры датчика RTD 302a–d. Поскольку сопротивление датчика RTD зависит от его температуры, в некоторых примерах контроллер 312 может быть выполнен с возможностью определения сопротивления датчика RTD 302a–d и определения его температуры. В проиллюстрированном варианте реализации изобретения измерительный контур 310 содержит источник тока 330 (например, прецизионный источник тока), способный подавать требуемый ток через один или большее количество датчиков RTD 302a–d на землю 340. В таком варианте реализации изобретения, измерение напряжения на датчике RTD 302a–d может быть объединено с известным прецизионным током, протекающим через него, для вычисления сопротивления и, следовательно, температуры датчика RTD 302a–d. В некоторых примерах ток, подаваемый на датчики RTD от источника тока 330, является достаточно малым (например, в диапазоне микроампер), так что ток, протекающий через датчик RTD, по существу не меняет температуру датчика RTD.

[0030] В конфигурациях, включающих в себя множество датчиков RTD 302a–d, контроллер 312 может взаимодействовать с каждым из датчиков RTD 302a–d различными

способами. В типовом варианте реализации изобретения в соответствии с фиг. 3, измерительный контур 310 содержит мультиплексор 320, связанный с контроллером 312, источником тока 330 и датчиками RTD 302a–d. Контроллер 312 может управлять мультиплексором 320, таким образом что, когда требуется измерение напряжения на одном из датчиков RTD (например, 302a), мультиплексор 320 направляет ток от источника тока 330 через требуемый датчик RTD (например, 302a). Как изображено, типовой мультиплексор 320 в соответствии с фиг. 3 содержит каналы A, B, C и D для связи с датчиками RTD 302a, 302b, 302c и 302d соответственно. Таким образом, при измерении температуры конкретного одного из датчиков RTD 302a–d, контроллер 312 может вызывать подачу тока от источника тока 330 и через соответствующий канал мультиплексора 320 и через требуемый датчик RTD 302a–d на землю 340, чтобы вызвать падение напряжения через него.

[0031] Чтобы измерить падение напряжения на требуемом одном из множества датчиков RTD 302a–d, измерительный контур 310 содержит демультиплексор 322, содержащий каналы A, B, C и D, соответствующие датчикам RTD 302a, 302b, 302c и 302d, соответственно. Контроллер 312 может предписывать демультиплексору 322 передавать сигнал из любого одного из соответствующих каналов A–D в зависимости от требуемого датчика RTD. Выходной сигнал демультиплексора 322 может быть направлен на контроллер 312 для приема сигнала, определяющего сопротивление и, следовательно, температуру требуемого датчика RTD. Например, в некоторых вариантах реализации изобретения выходной сигнал демультиплексора 322 не проходит или иным образом имеет высокое сопротивление относительно земли. Соответственно, ток, текущий к датчику RTD (например, 302a) через соответствующий канал мультиплексора 320 (например, канал A), будет протекать только через датчик RTD. Результирующее напряжение на датчике RTD (например, 302a) будет аналогичным образом присутствовать в соответствующем входном канале (например, канале A) демультиплексора 322 и может выводиться из него для приема контроллером 312. В некоторых примерах, вместо непосредственного приложения к контроллеру 312, напряжение на датчике RTD (например, 302a) на выходе демультиплексора 322 может быть подано на первый вход дифференциального усилителя 334 для измерения напряжения. Усилитель 334 может быть использован, например, для сравнения напряжения на выходе демультиплексора 322 с опорным напряжением перед выводом результирующего усиления в контроллер 312. Таким образом, как описано в данном документе, сигнал, выводимый из демультиплексора 322 для приема контроллером 312, может, но не обязательно, быть принятым непосредственно контроллером 312. Скорее в некоторых вариантах реализации изобретения контроллер 312 может принимать сигнал на основе сигнала на выходе демультиплексора 322, такой как выходной сигнал от усилителя 334, на основе выходного сигнала от демультиплексора 322.

[0032] В некоторых примерах измерительный контур 310 может содержать опорный резистор 308 на линии между вторым источником тока 332 и землей 340. Источник тока 332 может обеспечить постоянный известный ток через опорный резистор 308 с известным сопротивлением на землю, вызывая постоянное падение напряжения на опорном резисторе 308. Постоянное напряжение может быть рассчитано на основе известного тока от источника тока 332 и известного сопротивления опорного резистора 308. В некоторых примерах опорный резистор 308 расположен в измерительном наконечнике ближайших датчиков RTD 302a–d и подключен аналогичным образом к датчикам RTD 302a–d. В некоторых таких вариантах реализации изобретения , любое

неизвестное падение напряжения из–за неизвестного сопротивления проводов является приблизительно равным для опорного резистора 308 и любого датчика RTD 302a–d. В проиллюстрированном примере опорный резистор 308 соединен на одной стороне с землей 340, а на другой стороне со вторым входом дифференциального усилителя 334. Таким образом, источник тока 332 в комбинации с опорным резистором 308 может действовать так, чтобы обеспечить известное и постоянное напряжение на второй вход дифференциального усилителя 334 (например, из–за опорного резистора 308, плюс переменного напряжение из–за проводки). Таким образом, в некоторых таких примерах выходной сигнал дифференциального усилителя 334 не зависит от сопротивления проводки и может подаваться на контроллер 312.

[0033] Как изображено в проиллюстрированном варианте реализации изобретения и описанном в данном документе, дифференциальный усилитель 334 может получить напряжение на датчике RTD (например, 302a) с выхода демультиплексора 322 на одном входе и опорное напряжение на опорном резисторе 308 на его другом входе. Соответственно, выходной сигнал дифференциального усилителя 334 является показателем разности напряжений между падением напряжения на датчике RTD и известном падении напряжения на опорном резисторе 308. Выходной сигнал демультиплексора 334 может быть направлен контроллером 312 для окончательного определения температуры датчика RTD (например, 302a). Следует понимать, что хотя на фиг. 3 изображен типовой измерительный контур, измерение температуры датчика RTD может быть выполнено любым разнообразным образом, не выходя за рамки данного описания. Например, падение напряжения на датчике RTD может быть получено непосредственно контроллером 312 в виде аналогового входного сигнала. Дополнительно или в качестве альтернативны, время релаксации контура RC, имеющего известную емкость C и сопротивление R, являющееся сопротивлением датчика RTD, может быть использовано для определения сопротивления датчика RTD. В некоторых таких примерах такое измерение может устранить любой эффект сопротивления любых проводов без использования опоры (например, опорного резистора 308).

[0034] В некоторых вариантах реализации изобретения контроллер 312 может управлять мультиплексором 320 и демультиплексором 322 совместно, чтобы знать, какой из датчиков RTD анализируется. Например, в отношении иллюстративного примера в соответствии с фиг. 3, контроллер 312 может управлять мультиплексором 320 и демультиплексором 322 на канале A, так что ток от источника тока 330 протекает через тот же датчик RTD 302a, который находится в связи с дифференциальным усилителем 334 через демультиплексор 322.

[0035] В типовой конфигурации, такая как изображена на фиг. 3, в которой множество датчиков RTD 302a–d находятся в связи с различными каналами мультиплексора 320 и демультиплексора 322, контроллер 312 может действовать для переключения рабочих каналов мультиплексора 320 и демультиплексора 322 для выполнения измерений температуры каждого из датчиков RTD 302a–d. Например, в типовом варианте реализации изобретения контроллер может проводить циклическое опрашивание через соответствующие каналы мультиплексора 320 и демультиплексора 322, чтобы выполнять измерения температуры каждого из соответствующих датчиков RTD 302a–d.

[0036] Как описано в других местах данного документа, в некоторых примерах контроллер 312 может управлять операцией нагрева одного или нескольких датчиков RTD. В некоторых таких вариантах реализации изобретения контроллер 312 прекращает нагрев датчика RTD до измерения температуры датчика RTD с помощью мультиплексора 320 и демультиплексора 322. Аналогично, при нагреве датчика RTD с помощью

нагревательного контура 314 контроллер 312 может отключить канал(ы), связанный с этим датчиком RTD, в мультиплексоре 320 и демультиплексоре 322. В некоторых вариантах реализации изобретения, для каждого отдельного датчика RTD контроллер 312 может использовать нагревательный контур 314 и измерительный контур 310 (включая мультиплексор 320 и демультиплексор 322) для переключения между различными режимами работы нагрева и измерения.

[0037] На фиг. 4 изображена принципиальная схема, демонстрирующая управление множеством датчиков RTD при работе в режиме нагрева. Как изображено, каждый из множества датчиков RTD 402a–c связан с соответствующим источником питания 414a–c. Как описано со ссылкой на фиг. 3, в некоторых примерах каждый датчик RTD 402a–c не подвержен влиянию каких–либо компонентов измерительного контура, пока осуществляется работа в режиме нагрева. Таким образом, каждый датчик RTD 402a–c может индивидуально и независимо нагреваться посредством источников питания 414a–c. Хотя они изображены как являющиеся источниками питания постоянного тока, в варианте реализации изобретения в соответствии с фиг. 4 будет понятно, что может использоваться любой из множества настраиваемых источников энергии. В некоторых примерах источник питания 414a–c содержит PWM сигнал, отфильтрованный и сглаженный для обеспечения по существу сигнала постоянного тока. Хотя источники питания 414a–c изображены как действующие отдельно, в некоторых вариантах реализации изобретения одиночный компонент может быть использован, чтобы независимо обеспечивать настраиваемую мощность к каждому датчику RTD 402a–c.

[0038] На фиг. 5 изображена принципиальная схема, демонстрирующая управление одиночным датчиком RTD при работе в режиме измерения. В проиллюстрированном варианте реализации изобретения источник тока 530 выполнен с возможностью обеспечения постоянного тока, протекающего через датчик RTD 502 на землю 540. Падение напряжения на датчике RTD 502 подается на первый вход усилителя 534. Источник тока 532 выполнен с возможностью обеспечения постоянного тока, протекающего через опорный резистор 508 на землю 540. Как описано в другом месте данного документа, известный ток от источника тока 532 и известного сопротивления опорного резистора 508 может быть использован для определения падения напряжения на опорном резисторе 508, который поступает на второй входе усилителя 534. Выход 550 усилителя 534 может предоставить информацию, касающуюся разницы между известным падением напряжения на опорном резисторе 508 и падения напряжения на датчике RTD 502, который может быть использован для определения падения напряжения на датчике RTD 502 Падение напряжения, определенное на датчике RTD 502, может быть использовано с известным током от источника тока 530 для определения сопротивления и, следовательно, температуры датчика RTD 502. Хотя это не изображено в варианте реализации изобретения в соответствии с фиг. 5, в некоторых случаях датчик RTD 502 является одиночным датчиком RTD, выбранным из массива датчиков RTD, например, с помощью работы мультиплексора и демультиплексора, таких как изображенные на фиг. 3.

[0039] Обращаясь обратно к фиг. 1, множество датчиков RTD 102a–d может быть расположено на пути потока технологической текучей среды в системе потока текучей среды. В некоторых случаях технологическая текучая среда может содержать компоненты, которые образуют отложения (например, накипь, биопленку и т. д.) на различных компонентах системы потока текучей среды, таких как стенки канала 106 потока, датчики, инструменты процесса (например, используемое устройство 105, к которому течет технологическая текучая среда) и тому подобное. В некоторых примерах,

отложения, которые образуются на датчиках RTD 102a–d в канале потока текучей среды, могут действовать как изолирующий слой между датчиком RTD и технологической текучей средой, что может влиять на тепловое поведение датчиков RTD.

[0040] Соответственно, в некоторых примерах наблюдение теплового поведения одного или большего количества датчиков RTD в канале потока текучей среды может предоставить информацию относительно уровня отложений, присутствующих на датчиках RTD (например, 102a–d). На фиг. 6A–6D изображены типовые тепловые поведения датчика RTD, которые могут быть использованы для выявления уровня отложения на датчике RTD.

[0041] На Фиг. 6A изображен график зависимости температуры и тока от времени. В проиллюстрированном примере большой ток подают на датчик RTD (например, сглаженный постоянный ток, подаваемый на датчик RTD 302a через канал A нагревательного контура 314 в соответствии с фиг. 3). Поданный ток нагревает датчик RTD до повышенной температуры. В момент времени t_0 ток уменьшают, и температура датчика RTD начинает снижаться. В проиллюстрированном примере изображен температурный профиль как чистых (сплошная линия), так и загрязненных (пунктирная линия) датчиков RTD. Хотя каждый датчик RTD нагревают до высокой температуры (необязательно той же температуры), чистый датчик RTD охлаждается быстрее, чем датчик RTD с загрязнением (с покрытием), так как отложение на загрязненном датчике RTD обеспечивает тепловую изоляцию между датчиком RTD и технологической текучей средой. В некоторых вариантах реализации изобретения, профиль снижения температуры может быть проанализирован для определения количества отложения, присутствующего на датчике RTD.

[0042] Со ссылкой на фиг. 2, контроллер 212 может нагревать датчик RTD 202 с помощью нагревательного контура 214. В некоторых примерах, контроллер 212 может периодически переключаться в режим измерения для измерения температуры датчика RTD 202 через измерительный контур 210. В момент времени t_0 контроллер 212 прекращает подачу питания на датчик RTD 202 через нагревательный контур 214 и переключается в режим измерения для отслеживания температуры датчика RTD 202 через измерительный контур 210, когда температура падает из–за технологической текучей среды. Профиль спада температуры датчика RTD 202 может быть отслежен контроллером 212 с помощью измерительного контура 210. В некоторых примерах контроллер 212 выполнен с возможностью анализа профиля снижения температуры, чтобы определить уровень отложения на датчике RTD 202. Например, контроллер 212 может аппроксимировать профиль затухания к такой функции, как экспоненциальная функция, имеющая постоянную времени. В некоторых таких примерах, аппроксимирующие параметры могут использоваться для определения уровня отложения.

[0043] В типовом варианте реализации изобретения, профиль спада температуры во времени может быть аппроксимирован к двойной экспоненциальной функции. Например, в некоторых случаях первая часть модели двойного экспоненциального затухания может представлять изменение температуры из–за технологической текучей среды, протекающей через систему потока. Вторая часть модели двойного экспоненциального затухания может представлять температурную проводимость от нагретого датчика RTD к другим компонентам, таким как провода, держатель образца (например, 104 на фиг. 1) или другим компонентам. В некоторых таких вариантах реализации изобретения, двойные экспоненциальные аппроксимирующие функции могут независимо представлять

оба источника температурной проводимости в одной и той же функции и могут быть взвешены для отражения относительного количества и времени таких изменений температуры. В некоторых таких примерах параметр аппроксимации в первой части модели двойного экспоненциального затухания представляет уровень отложения на поверхности датчика RTD, взаимодействующей с текучей средой. Таким образом, в некоторых таких вариантах реализации изобретения, вторая часть экспоненты не влияет на выявленный уровень отложения. Понятно, что другие аппроксимирующие функции могут использоваться в дополнение или в качестве альтернативы такой двойной экспоненциальной функции.

[0044] В некоторых случаях использование определенных аппроксимирующих функций при выявлении отложения может быть искажено, если датчик RTD позволят достичь равновесия с технологической текучей средой, после чего он прекращает изменение температуры. Соответственно, в различных вариантах реализации изобретения, контроллер 212 выполнен с возможностью возобновления нагрева датчика RTD до того, как датчик RTD достигнет теплового равновесия, и/или прекращения связи собранных данных о температуре с профилем теплового затухания датчика RTD до того, как датчик RTD достигнет равновесия с технологической текучей средой. Это предотвращает нежелательное изменение данных, не связанных с распадом, анализа профиля теплового распада датчика RTD. В других вариантах реализации изобретения, аппроксимирующая функция может учитывать уравновешивание температуры датчика RTD и температуры технологической текучей среды без перекоса аппроксимирующей функции. В некотором таком варианте реализации изобретения, тип аппроксимирующей функции и/или весовые коэффициенты в аппроксимирующей функции могут использоваться для учета такого температурного уравновешивания.

[0045] В некоторых вариантах реализации изобретения, различие в профилях затухания между чистыми и загрязненными датчиками RTD может использоваться для определения уровня отложения на загрязненном датчике RTD. Профиль затухания чистого датчика RTD может быть вызван из памяти или определен из датчика RTD, для которого известно, что он не содержит отложений. В некоторых случаях аппроксимирующий параметр, такой как постоянная времени, может быть независимым от температуры. Таким образом, в некоторых таких вариантах реализации изобретения, нет необходимости, чтобы чистый и загрязненный датчик RTD нагревали до одной и той же температуры для сравнения параметров их профилей теплового затухания.

[0046] На фиг. 6B изображен график зависимости температуры от времени. В проиллюстрированном примере, датчик RTD нагревается из стационарного состояния (например, теплового равновесия с технологической текучей средой), в то время как отслеживается температура. В отличие от отслеживания температуры в соответствии с фиг. 6A, при котором температуру можно непрерывно отследить, поскольку температура снижается от повышенной температуры, отслеживание температуры датчика RTD, пока происходит повышение температуры, как это изображено на фиг. 6B, требует подогрева датчика RTD. Соответственно, в некоторых вариантах реализации изобретения, для достижения графика, такого как изображенный на фиг. 6B, датчик RTD может быть быстро переключен из режима нагрева в режим измерения и обратно в режим нагрева, чтобы достичь почти мгновенного измерения температуры, в то время как температура датчика RTD существенно не изменяется из–за технологической текучей среды. В такой процедуре температура датчика RTD может быть повышена с помощью нагревательного контура и периодически измеряться с помощью измерительного контура, чтобы определять профиль нагрева датчика RTD с течением времени.

[0047] Подобно фиг. 6A, рассмотренный выше, график на фиг. 6B содержит две кривые – одна представляет чистый датчик RTD (сплошная линия) и другая представляет загрязненный датчик RTD (пунктирная линия). Как изображено, загрязненный датчик RTD повышает температуру намного быстрее, чем чистый датчик RTD, так как отложение на загрязненном датчике RTD изолирует датчик RTD от охлаждающих воздействий технологической текучей среды. Таким образом, в некоторых примерах профиль нагрева датчика RTD можно использовать для определения уровня отложения на датчике RTD, например, путем аппроксимации профиля нагрева к функции.

[0048] В некоторых вариантах реализации изобретения, вместо наблюдения свойств, касающихся изменения температуры датчика RTD, датчик RTD может быть нагрет до фиксированной рабочей температуры. На фиг. 6C изображен график мощности, необходимой для поддержания постоянной температуры датчика RTD во времени. Как изображено, мощность, необходимая для поддержания постоянной температуры чистого датчика RTD (сплошная линия), остается относительно постоянной во времени, поскольку датчик RTD и технологическая текучая среда достигают равновесного состояния. Однако если отложения образуются на датчике RTD с течением времени (как изображено пунктирной линией, представляющей загрязненный датчик RTD), изолирующие свойства отложения экранируют датчик RTD от охлаждающих воздействий технологической текучей среды. Таким образом, поскольку отложение образуется с течением времени, требуется приложить меньшую мощность к датчику RTD для поддержания постоянной температуры.

[0049] Со ссылкой на фиг. 3, в некоторых вариантах реализации изобретения контроллер 312 выполнен с возможностью нагрева датчика RTD (например, 302a) с помощью нагревательного контура 314. Контроллер 312 может периодически измерять температуру датчика RTD (например, 302a) через измерительный контур 310 в качестве способа обеспечения обратной связи для работы нагревательного контура 314. То есть контроллер 312 может определять температуру датчика RTD (например, 302a) с помощью измерительного контура и настраивать мощность, подаваемую на датчик RTD (например, 302a) через нагревательный контур 314, соответственно, для достижения и поддержания требуемой температуры на датчике RTD. В некоторых таких вариантах реализации изобретения, контроллер переключается между режимом нагрева в режим измерения и обратно так быстро, что температура датчика RTD существенно не изменяется при измерении температуры. В различных примерах, контроллер 312 может определять, сколько энергии подается на датчик RTD (например, 302a), например, посредством значения, рабочего цикла или другого параметра, применяемого от одного или нескольких компонентов нагревательного контура 314 (например, PWM модуль 316 и/или усилительный каскад 318), управляемого контроллером 312.

[0050] В некоторых примерах, количество энергии, необходимое для поддержания фиксированной температуры датчика RTD, сравнивается с мощностью, необходимой для поддержания фиксированной температуры чистого датчика RTD. Сравнение можно использовать для определения уровня отложения на датчике RTD. Дополнительно или в качестве альтернативы, профиль требуемой мощности для поддержания фиксированной температуры датчика RTD во времени может использоваться для определения уровня отложения на датчике RTD. Например, скорость изменения мощности, требуемой для поддержания фиксированной температуры датчика RTD, может указывать на скорость наслаивания отложения, которая может быть использована для определения уровня отложения по истечении определенного периода времени.

[0051] В другом варианте реализации изобретения, датчик RTD может работать в

режиме нагрева, подавая постоянное количество энергии на датчик RTD через нагревательный контур и наблюдая результирующую температуру датчика RTD. Например, во время типовой работы, контроллер может обеспечивать постоянную мощность для датчика RTD через нагревательный контур и периодически измерять температуру датчика RTD через измерительный контур. Переключение из режима нагрева (подача постоянной мощности) в режим измерения (для измерения температуры) и обратно в режим нагрева (подача постоянной мощности) может быть выполнено быстро, так что температура датчика RTD значительно не изменяется в течение измерения температуры.

[0052] На фиг. 6D изображен график зависимости температуры от времени датчика RTD, к которому подается постоянная мощность через нагревательный контур. В случае чистого датчика RTD (сплошная линия) результирующая температура от приложенной постоянной мощности приблизительно постоянна во времени. Однако температура загрязненного датчика RTD (пунктирная линия) со временем увеличивается. Как описано в другом месте данного документа, поскольку отложения образуются на датчике RTD, отложения изолируют датчик RTD от охлаждающих воздействий технологической текучей среды. Как правило, более толстое отложение приводит к более высоким изоляционным свойствам и, следовательно, к большей температуре, достигаемой при приложении той же мощности к датчику RTD.

[0053] В некоторых вариантах реализации изобретения, разность температур между чистым датчиком RTD и тестируемым датчиком RTD, когда к каждому приложена постоянная мощность, может быть использована для определения уровня отложения на тестируемом датчике RTD. Дополнительно или в качестве альтернативы, скорость повышения температуры на основе постоянной приложенной мощности может предоставить информацию относительно скорости наслаивания отложения на датчик RTD, которая может использоваться для определения уровня отложения на датчике RTD.

[0054] Со ссылкой на фиг. 6A–6D описаны различные способы для выявления отложения на датчике RTD. Такие способы обычно включают нагрев датчика RTD с помощью нагревательного контура и измерение температуры датчика RTD с помощью измерительного контура. Изменения в тепловом поведении датчика RTD (например, повышение температуры или профиль затухания, приложенная мощность, необходимая для достижения предварительно определенной температуры, температура, достигнутая при заранее определенной приложенной мощности) предоставляют свидетельство образования отложения на датчике RTD. В некоторых примерах, такие изменения могут использоваться для определения уровня отложения на RTD.

[0055] В различных вариантах реализации изобретения, контроллер может быть выполнен с возможностью взаимодействия с нагревательным контуром и измерительным контуром, чтобы выполнять один или несколько таких процессов для наблюдения или обнаружения любого наслаивания из технологической текучей среды на датчике RTD. В типовой реализации со ссылкой на фиг. 1 и 2, датчик RTD (например, 102a) может быть нагрет до рабочей температуры используемого устройства 105 с помощью нагревательного контура (например, 214). Поскольку наслаивание компонентов технологической текучей среды часто зависит от температуры, повышение температуры датчика RTD до рабочей температуры используемого устройства может моделировать поверхность используемого устройства на датчике RTD. Соответственно, отложения, обнаруженные на датчике RTD, могут использоваться для оценки отложений на используемом устройстве.

[0056] В некоторых примерах, используемое устройство становится менее функциональным, когда присутствуют отложения. Например, в системе теплообменника, в которой используемое устройство содержит поверхность теплообмена, отложения, образованные на поверхности теплообмена, могут отрицательно влиять на способность поверхности теплообмена передавать тепло. Соответственно, достаточное количество отложений, обнаруженных на датчике RTD, может предупредить оператора системы о возможных отложениях на поверхности теплообмена, и могут быть предприняты корректирующие действия (например, очистка поверхности теплообмена). Однако даже если датчик RTD, имитирующий используемое устройство, позволяет оператору системы обнаруживать наличие отложения на используемом устройстве, путь решения обнаруженного отложения (например, очистка и т. д.) может потребовать дорогостоящих простоев системы и технического обслуживания, так как наслаивание уже произошло. Дополнительно или в качестве альтернативы, в некоторых случаях, различные отложения могут очищаться плохо, даже если они удалены в процессе очистки, что может сделать используемое устройство менее эффективным.

[0057] Соответственно, в некоторых вариантах реализации изобретения множество датчиков RTD (например, 102a–d) могут быть расположены в одиночном канале потока текучей среды (например, 106) и использоваться для выявления уровня состояния технологической текучей среды и/или системы потока текучей среды (например, 100). Со ссылкой на фиг. 1, в типовом варианте реализации изобретения, используемое устройство 105 системы потока текучей среды 100 обычно работает при рабочей температуре T_0. Датчики RTD 102a–d могут быть нагреты до температур, которые с большей вероятностью приводят к наслаиванию отложения из технологической текучей среды, чем температура T_0. Например, различные технологические текучие среды могут содержать такие компоненты, как сульфаты, карбонаты и/или силикаты кальция и/или магния, и/или другие компоненты, которые могут быть нанесены из технологической текучей среды. Некоторые такие технологические текучие среды более склонны к образованию отложений на поверхностях с более высокой температурой по сравнению с более низкими температурами. В некоторых таких примерах один или большее количество из множества датчиков RTD 102a–d нагреваются до температуры, превышающей типичную рабочую температуру используемого устройства 105, чтобы вызывать отложения на датчиках RTD и выявлять отложения, образующиеся на датчиках RTD. Это также может представлять «наихудший случай» для работы используемого устройства 105, когда образование отложения более вероятно, чем обычно, например, при необычно высокой температуре.

[0058] Например, со ссылкой на фиг. 3, в типовом варианте реализации изобретения, каждый из датчиков RTD 302a–d нагревают до различной повышенной температуры определения характеристик через соответствующие каналы A–D нагревательного контура 314. В типовом варианте реализации изобретения, температура определения характеристик каждого из датчиков RTD 302a–d выше типичной рабочей температуры используемого устройства системы потока текучей среды. В некоторых таких примерах, контроллер 312 управляет нагревательным контуром 314, чтобы поддерживать датчики RTD 302a–d при их соответствующих повышенных температурах определения характеристик. Контроллер 312 может периодически переключаться для управления датчиками RTD 302a–d в режиме измерения через измерительный контур 310 (например, используя мультиплексор 320 и демультиплексор 322 и источники тока 330, 332), чтобы гарантировать, что датчики RTD 302a–d нагреты до требуемой температуры определения характеристик.

[0059] Во время работы, после поддержания датчиков RTD 302a–d при их соответствующих температурах определения характеристик, контроллер 312 может быть выполнен с возможностью выполнения способа определения характеристик отложения, такого как описан выше в отношении любой из фиг. 6A–D. Например, контроллер 312 может, после работы датчика RTD в режиме нагрева, чтобы поддерживать повышенную температуру, периодически переключаться между режимом нагрева и режимом измерения и наблюдать изменения теплового поведения датчика RTD. Как описано со ссылкой на фиг. 6A–D, периодическое переключение между режимом нагрева и режимом измерения может быть выполнено различными способами.

[0060] Например, такое переключение может включать переключение в режим измерения на период времени, чтобы наблюдать снижение температуры датчика RTD (например, как на фиг. 6A) перед повторным нагревом. Изменения в тепловом поведении датчика RTD могут включать изменение во времени постоянной, демонстрируемой падением температуры. В качестве альтернативы, периодическое переключение между режимом нагрева и режимом измерения может включать повышение температуры датчика RTD при быстром переключении в режим измерения для измерения температуры RTD и возврата в режим нагрева для продолжения нагрева (например, как на фиг. 6B). Аналогичным образом, изменения в тепловом поведении датчика RTD могут включать изменения во времени постоянной, продемонстрированные в профиле повышения температуры.

[0061] В еще одном примере, периодическое переключение между режимом нагрева и режимом измерения может включать нагрев датчика RTD, чтобы поддерживать постоянную температуру датчика RTD, при этом периодически переключаясь в режим измерения, чтобы подтвердить поддержание постоянной температуры (например, как показано на фиг. 6C). В таком варианте реализации изобретения, изменения в тепловом поведении датчика RTD могут включать изменения в количестве мощности, подаваемой нагревательным контуром для поддержания температуры датчика RTD на постоянном уровне. В качестве альтернативы, периодическое переключение между режимом нагрева и режимом измерения может включать нагрев датчика RTD с использованием постоянной подводимой мощности, при этом периодически измеряя температуру датчика RTD в режиме измерения (например, как изображено на фиг. 6D). В таком варианте реализации изобретения, изменения в тепловом поведении датчика RTD могут включать изменения температуры, достигаемые датчиком RTD при постоянном приложенном количестве энергии.

[0062] Как обсуждалось в другом месте данного документа, наблюдение таких изменений в тепловом поведении датчика RTD может указывать и использоваться для определения уровня отложения на датчике RTD. Таким образом, в некоторых примерах, контроллер 312 может выполнять любой из таких способов на множестве датчиков RTD 302a–d, которые были нагреты до разных температур, чтобы выявить уровень отложения на каждом из датчиков RTD 302a–d. В некоторых таких примерах, контроллер 312 выявляет уровень отложения на каждом из датчиков RTD 302a–d индивидуально через соответствующие каналы A–D в мультиплексоре 320 и демультиплексоре 322.

[0063] Контроллер 312 может быть выполнен с возможностью связывания уровня отложения каждого датчика RTD с его соответствующей температурой определения характеристик. Таким образом, контроллер 312 может определять уровень отложения на каждом из датчиков RTD 302a–d и связывать уровень отложения с начальной температурой определения характеристик каждого из соответствующих датчиков RTD 302a–d. Соответствующие уровни отложений и рабочие температуры могут быть

использованы для выявления температурной зависимости наслаивания на поверхностях в системе потока текучей среды. Если типичная рабочая температура используемого устройства (например, поверхности теплообменника) ниже, чем температуры определения характеристик датчиков RTD 302a–d, и отложения обусловлены повышенной температурой, то в используемом устройстве будет иметь место тенденция наличия меньшего отложения, чем в датчиках RTD 302a–d. Кроме того, температурная зависимость наслаивания, выявленная работой датчика RTD, может использоваться, чтобы сделать вывод об образовании подобных отложений на используемом устройстве.

[0064] Дополнительно или в качестве альтернативы, периодическое наблюдение за наслаиванием на различных датчиках RTD, работающих при разных температурах определения характеристик, может предоставить информацию, касающуюся общего увеличения или уменьшения появления наслаиваний. Такие изменения в характеристиках наслаиваний технологической текучей среды могут быть обусловлены множеством факторов, влияющих на систему потока текучей среды, таких как изменение температуры или концентрации компонентов в технологической текучей среде.

[0065] В приведенной в качестве примера операции, увеличение наслаивания и/или скорости наслаивания, определяемое по определяемым характеристикам датчиков RTD, может указывать на условие для отложения для используемого устройства, при котором отложения, образующиеся на используемом устройстве во время нормальной работы, становятся более вероятными. Обнаружение условия для отложения может инициировать последующий анализ для определения причины повышенного наслаивания, такой как измерение одного или нескольких параметров технологической текучей среды. В некоторых случаях это может быть выполнено автоматически, например, контроллером.

[0066] Дополнительно или в качестве альтернативны, один или несколько параметров технологической текучей среды могут быть настроены для уменьшения отложений, наслоенных из технологической текучей среды, в систему потока текучей среды и/или для удаления отложений, которые уже накопились. Например, обнаруженное увеличение наслаивания может привести к выделению кислоты или другого чистящего химического вещества для попытки удаления отложения. Аналогично, в некоторых примерах, химическое вещество, такое как кислота, химическое вещество, ингибирующее образование накипи, диспергатор накипи, биоцид (например, отбеливатель) или тому подобное, можно добавлять в технологическую текучую среду для уменьшения вероятности дальнейшего наслаивания.

[0067] В некоторых примерах, увеличение наслаивания (например, накипи) с течением времени может быть связано с отсутствием или уменьшением типичного компонента технологической текучей среды (например, ингибитора образования накипи и/или диспергатора отложений), например, из–за неисправности оборудования или истощения химического вещества. Повторное введение компонента в технологическую текучую среду может привести к снижению количества наслаивания из технологической текучей среды в системе потока текучей среды. Дополнительно или в качестве альтернативы, различные свойства текучей среды, которые могут влиять на вероятность образования отложения, могут быть измерены с помощью одного или нескольких датчиков (например, 111) в системе потока текучей среды, таких как рабочая температура жидкости, уровень pH, щелочность и тому подобное. Настройка таких факторов может помочь уменьшить количество и/или вероятность наслаивания.

[0068] В различных вариантах реализации изобретения, может быть предпринято любое количество этапов в ответ на увеличение обнаруженного наслаивания или других

наблюдаемых тенденций наслаивания. В некоторых вариантах реализации изобретения, контроллер выполнен с возможностью предупреждения пользователя об изменениях или тенденциях в отложениях. Например, в различных вариантах реализации изобретения, контроллер может предупреждать пользователя, если скорости, уровни и/или изменения в отложении соответствуют определенным критериям. В некоторых таких примерах, критерии могут зависеть от температуры (например, уровень или скорость отложения, возникающего на датчике RTD при некоторой температуре определения характеристик) или не зависеть от температуры. Дополнительно или в качестве альтернативы, контроллер может предупреждать пользователя, если определенные свойства технологической текучей среды удовлетворяют определенным критериям, таким как слишком низкая или слишком высокая концентрация компонента текучей среды (например, которые увеличивают или уменьшают вероятность отложений) и/или различные свойства текучей среды, которые могут влиять на количество и/или вероятность наслаивания.

[0069] В некоторых таких примерах, предупреждение пользователя выполняется, когда система потенциально стремится к среде, в которой на используемом устройстве могут образовываться отложения, так что корректирующие и/или предупреждающие действия могут быть предприняты до того, как на используемом устройстве образуются значительные отложения. В некоторых примерах, предупреждение для пользователя может включать дополнительную информацию, такую как информация, касающаяся свойств технологической текучей среды, протекающей через систему, чтобы лучше помочь пользователю предпринять соответствующие действия. Дополнительно или в качестве альтернативы, в некоторых вариантах реализации изобретения, контроллер может быть выполнен с возможностью взаимодействия с другим оборудованием (например, насосами, клапанами и т. д.) для автоматического выполнения такого действия.

[0070] В некоторых системах, определенные отложения становятся более вероятными при повышении температуры поверхности отложения. Таким образом, в некоторых вариантах реализации изобретения, датчики RTD (например, 302a–d) могут быть нагреты до температур выше типичных рабочих температур используемого устройства, чтобы преднамеренно вызывать и отслеживать отложения из технологической текучей среды, что может помочь определить ситуации, в которых используемое устройство рискует получить нежелательные отложения. В некоторых таких вариантах реализации изобретения, наблюдение характеристик наслаивания на одном или большем количестве датчиков RTD, которые работают при температуре выше, чем обычная температура используемого устройства, может использоваться для определения тенденций или событий наслаивания при определенной температуре поверхности при минимизации риска фактического наслаивания на используемом устройстве. В некоторых случаях, нагрев разных датчиков RTD до разной температуры предоставляет контроллеру информацию, касающуюся температурной зависимости образования отложений в системе потока текучей среды, и может дополнительно использоваться для выявления образования отложения в системе потока текучей среды.

[0071] После повторного или длительного определения характеристик, при которой датчики RTD нагревают для образования отложений, датчики RTD могут в конечном итоге стать слишком покрытыми для эффективного определения характеристик. В некоторых таких вариантах реализации изобретения, множество датчиков RTD (например, 102a–d) могут быть удалены из системы и очищены или заменены без нарушения работы системы или используемого устройства. Например, со ссылкой на

фиг. 1, датчики RTD 102a–d могут быть установлены на держателе образца 104, который имеет возможность легко извлекаться из системы 100 для обслуживания датчиков RTD 102a–d. Таким образом, в некоторых вариантах реализации изобретения, очистка или замена датчиков RTD для определения характеристик может выполняться с гораздо более низкой стоимостью и меньшим временем простоя, чем необходимость обслуживания самого используемого устройства.

[0072] В некоторых примерах, вероятность образования отложений в системе потока текучей среды может рассматриваться как потенциал отложения системы. В различных вариантах реализации изобретения, потенциал отложения может быть функцией температуры поверхности объекта в системе потока текучей среды. В других примерах, потенциал отложения может быть связан с конкретным используемым устройством в системе. В некоторых системах, потенциал отложения может использоваться в качестве метрики для наблюдения абсолютной вероятности формирования отложений в системе. Дополнительно или в качестве альтернативы, потенциал отложения может использоваться в качестве метрики для наблюдения за изменением условий для отложения в системе потока текучей среды. В некоторых таких примерах, абсолютный потенциал отложения не обязательно должен соответствовать условию для отложения, но, например, изменения в потенциале отложения могут указывать на повышенную вероятность условия для отложения.

[0073] На фиг. 7 изображена принципиальная технологическая схема, демонстрирующая типовой способ уменьшения отложения из технологической текучей среды на используемом устройстве в системе потока текучей среды. Способ включает приведение одного или нескольких датчиков RTD к уникальной температуре определения характеристик (760) и поддержание температуры определения характеристик датчика (ов) RTD для направления отложений из технологической текучей среды на датчик(и) RTD (762). Это может быть выполнено, например, посредством работы датчика(ов) RTD в режиме нагрева с использованием нагревательного контура, как описано в другом месте в данном документе. В некоторых примерах, по меньшей мере одна из температур определения характеристик выше, чем рабочая температура используемого устройства. Понятно, что приведение одного или нескольких датчиков RTD к температуре определения характеристик может включать работу одного или нескольких датчиков RTD в тепловом равновесии с технологической текучей средой, протекающей через систему потока текучей среды. То есть температура определения характеристик для одного или нескольких датчиков RTD может быть приблизительно такой же, как температура технологической текучей среды, протекающей через систему потока текучей среды.

[0074] Способ дополнительно включает периодическое переключение датчика(ов) RTD из режима нагрева в режим измерения для измерения температуры датчика(ов) RTD (764) и наблюдение за изменениями теплового поведения датчика(ов) RTD (766). Это может включать, например, способы, как описано со ссылкой на фиг. 6A–D. Наблюдаемые изменения могут быть использованы для выявления уровня отложения из технологической текучей среды на каждый из одного или большего количества датчиков RTD (768). Это может включать, например, определение постоянной времени для функции аппроксимации измеренного падения температуры и наблюдение изменений постоянной времени в различные моменты времени измерения. Изменения постоянной во времени могут быть характерными для отложений, образующихся на датчике RTD и изменяющих тепловое поведение датчика RTD. В некоторых примерах, выявление уровня отложения может включать сравнение профилей затухания для датчиков RTD,

работающих при разных температурах определения характеристик (например, нагретый датчик RTD и ненагретый датчик RTD).

[0075] В дополнение к толщине отложения, дополнительное определение характеристик уровней отложения может включать определение вероятного отложенного материала в системе. Сравнивая профили термического затухания для нагретых и ненагретых или только слегка нагретых датчиков RTD, может быть определена природа отложения. Например, в некоторых случаях, отложения от седиментации и/или биопленки (например, рост микробов), как правило, не зависят от температуры поверхности, в то время как эффекты масштабирования будут усиливаться при более высоких температурах. Таким образом, зависимость температуры определения характеристик от профилей термического затухания может использоваться для выявления типа отложений, присутствующих на датчиках RTD и в системе потока текучей среды.

[0076] Способ может дополнительно включать определение, существует ли условие для отложения на используемом устройстве. Это может включать, например, отслеживание уровней и/или скоростей наслаивания на множестве датчиков RTD с течением времени для наблюдения тенденций наслаивания. В некоторых примерах, определенные скорости наслаивания или увеличения скоростей наслаивания могут указывать на условие для отложения, при котором отложения на используемом устройстве становятся более вероятными. В некоторых таких примерах, уровни отложения, скорости отложения и/или изменения в них на датчике RTD могут быть проанализированы в сочетании с соответствующей температурой определения характеристик для определения, существует ли условие для отложения. Дополнительно или в качестве альтернативы, анализ взаимосвязи таких данных (например, уровней отложения, скоростей отложения и/или изменений в них) по отношению к температуре (например, на датчике(ах) RTD, имеющих различные температуры определения характеристик), может быть использовано для обнаружения условия для отложения.

[0077] В некоторых примерах, отслеживаемые уровни отложения, скорости отложения и/или другие данные, такие как свойства текучей среды (например, температура, концентрации компонентов, уровень pH и т. д.), могут быть использованы для определения потенциала отложения технологической текучей среды на используемом устройстве. В различных вариантах реализации изобретения, потенциал отложения, отвечающий заранее заданному порогу и/или изменяющийся на заранее определенное значение, может быть использован для обнаружения наличия условия для отложения.

[0078] В случае условия для отложения, способ может включать принятие корректирующих действий для устранения условия для отложения (772). Корректирующее действие может включать различные действия, такие как введение или изменение дозы одного или большего количества химических веществ в технологическую текучую среду, изменение температуры технологической текучей среды, предупреждение пользователя, настройка используемого устройства для технологической текучей среды (например, тепловая нагрузка на теплообменнике), увеличение скорости продувки и/или другие действия, которые могут повлиять на характеристики наслаивания технологической текучей среды. В типовом варианте реализации изобретения, определение характеристик наслаивания может включать определение вероятного отложенного материала, такого как накипь, биопленка или тому подобное.

[0079] В некоторых таких вариантах реализации изобретения, корректирующее действие (например, 772) может быть конкретно предпринято для обращения к

определенному материалу отложения. Например, ингибитор накипи может быть добавлен или увеличен из–за обнаруженного события образования накипи. Однако, если определение характеристик наслаивания является типичной для биопленки, а не накипи, биоцид может быть добавлен или увеличен. Такие корректирующие действия могут выполняться системой автоматически. Дополнительно или в качестве альтернативы, система может сигнализировать пользователю о необходимости предпринять корректирующие действия для устранения условия для отложения.

[0080] В некоторых вариантах реализации изобретения, в которых система потока текучей среды может принимать текучую среду от множества источников текучей среды (например, выбираемых источников ввода), корректирующее действие может включать изменение источника текучей среды, вводимого в систему. Например, в типовом варианте реализации изобретения, система потока текучей среды может избирательно принимать входящую текучую среду из источника пресной воды и из вытекающего потока из другого процесса. Первоначально система может работать, получая технологическую текучую среду из вытекающего из нее потока. Однако в случае обнаруженных или потенциальных условий для отложения, источник текучей среды может быть переключен на источник пресной воды, чтобы уменьшить возможные отложения материалов, присутствующих в технологической текучей среде. Переключение источника текучей среды может включать полное прекращение потока текучей среды из одного источника и запуск потока текучей среды из другого источника. Дополнительно или в качестве альтернативы, переключаемые источники могут содержать смесь исходного источника (например, выходящего из системы потока) и нового источника(ов) (например, пресной воды). Например, в некоторых вариантах реализации изобретения, может быть выбрана желаемая смесь текучей среды из разных источников ввода (например, 50% из одного источника и 50% из другого источника).

[0081] В аналогичной реализации, в некоторых вариантах реализации изобретения, корректирующее действие может включать временную остановку потока из одного источника (например, источника выходящего из системы потока) и подачу технологической текучей среды из другого источника (например, пресной воды). Новый источник текучей среды можно временно использовать для удаления потенциальных отложений из системы до того, как произойдет чрезмерное накопление. В некоторых примерах, после того как такие материалы были вымыты из системы (например, через пресную воду), источник технологической текучей среды может быть переключен обратно на исходный источник (например, выходящий из системы поток). В некоторых примерах, удаление текучей среды из системы может быть выполнено во время работы используемого устройства в системе. В других примерах, когда определенные условия для отложения и/или вероятности обнаружены (например, достигнут определенный потенциал отложения), поток к используемому устройству может быть остановлен, и текучая среда в системе может быть направлена в дренаж, чтобы избавить систему от такой текучей среды. Затем система может направлять текучую среду обратно в используемое устройство либо из источника текучей среды, либо из их комбинации.

[0082] В еще одном варианте реализации изобретения, как описано в другом месте в данном документе, входная текучая среда по умолчанию может быть комбинированным потоком текучей среды из каждого из множества доступных источников. В случае обнаруженных условий для отложения, один или несколько источников текучей среды могут быть отключены от системы (например, через запорный клапан). В некоторых примерах, системы могут включать один или несколько вспомогательных датчиков, выполненных с возможностью отслеживания одного или большего количества

параметров текучей среды, поступающей в систему от каждого входного источника, такого как датчик проводимости, датчик концентрации, датчик мутности или тому подобное. Данные от таких вспомогательных датчиков могут использоваться для определения того, какой из входных источников вносит/вносят свой вклад в условие для отложения. Такие источники текучей среды могут затем быть отключены от попадания в текучую среду, протекающую через систему.

[0083] Блокировка, переключение между и/или комбинирование источников подачи технологической текучей среды может выполняться, например, через один или несколько клапанов, расположенных между источником(ами) и системой потока текучей среды. В различных вариантах реализации изобретения, клапаны могут управляться вручную и/или автоматически для регулировки источника(ов) входной текучей среды. Например, в некоторых вариантах реализации изобретения, обнаруженное условие для отложения может приводить к тому, что контроллер, связанный с одним или большим количеством таких клапанов, приводит в действие такие клапаны, чтобы регулировать источник текучей среды, текущий в систему. В качестве альтернативы, контроллер может указывать пользователю, что корректирующее действие должно быть выполнено, и пользователь может приводить в действие такие клапаны, чтобы отрегулировать источник текучей среды в системе.

[0084] Как описано в другом месте данного документа, один или большее количество источников ввода текучей среды могут содержать один или большее количество датчиков RTD, расположенных в нем. Такой датчик(и) RTD могут использоваться для выявления условий для отложения для каждого из множества источников текучей среды в отдельности. Соответственно, если один источник текучей среды проявляет условие для отложения, одно или большее количество корректирующих действий могут включать выполнение действия для воздействия на текучую среду, текущую в систему из этого источника (например, регулирование параметра текучей среды) и/или блокирование текучей среды от втекания в систему (например, через клапан). В некоторых примерах, каждый источник входной текучей среды содержит один или большее количество таких датчиков RTD, так что каждый источник может быть выявлен индивидуально. В некоторых таких вариантах реализации изобретения, один или большее количество датчиков RTD могут быть дополнительно размещены в канале потока текучей среды после объединения текучей среды из каждого из источников текучей среды таким образом, что составная текучая среда также может быть охарактеризована отдельно для каждого из отдельных источников.

[0085] В общем, принятие одного или большего количества корректирующих действий (например, этап 772) может действовать для снижения скорости наслаивания на используемом устройстве. Таким образом, в некоторых таких вариантах реализации изобретения, корректирующее действие действует как профилактическое действие для предотвращения образования нежелательных отложений на используемом устройстве. Это может продлить работоспособность используемого устройства, одновременно сводя к минимуму или устраняя необходимость выключения системы для очистки отложений с используемого устройства.

[0086] В некоторых вариантах реализации изобретения, предпринятые и/или предлагаемые корректирующие действия могут основываться на данных, полученных от одного или большего количества дополнительных датчиков (например, 111). Например, в некоторых вариантах реализации изобретения, уменьшение ингибитора отложений (например, обнаруженное с помощью измерителя расхода при введении ингибитора отложений и/или измерителя концентрации ингибитора отложений) вносит

вклад в условие для отложения в системе. Таким образом, корректирующее действие может включать пополнение запаса ингибитора отложений. Аналогичным образом, в некоторых примерах присутствие избыточного отлагаемого материала (например, кальция, обнаруженного с помощью измерителя концентрации) способствует условию для отложения. Соответствующее корректирующее действие может включать введение или увеличение количества ингибитора отложений в системе. Дополнительно или в качестве альтернативы, корректирующее действие может включать изменение уровня фосфатов в текучей среде. Например, отложения фосфата, накапливающиеся в системе, могут привести к уменьшению потока фосфорсодержащего химического катализатора или катализатора наслаивания фосфата. В других примерах, добавление фосфатсодержащих текучих сред может препятствовать образованию других отложений. В некоторых таких примерах, такие фосфат– или фосфорсодержащие текучие среды могут быть добавлены или увеличены.

[0087] Соответствующие корректирующие действия могут быть определены в некоторых вариантах реализации изобретения на основе выявленных уровней отложений (например, на этапе 768). Например, более высокие скорости наслаивания и/или потенциалы отложения могут привести к высвобождению большего количества ингибитора отложений в систему для предотвращения образования отложений. Дополнительно или в качестве альтернативы, определение характеристик в типе образовавшихся отложений (например, путем сравнения профилей термического затухания при различных температурах) могут влиять на то, какие корректирующие действия предпринимаются. Например, если определение характеристик уровней отложений указывает на то, что отложения, как правило, являются седиментацией, а не накипью, выделение химических веществ, ингибирующих образование отложений, может не быть полезным действием, и могут быть приняты другие, более подходящие меры.

[0088] Были описаны различные варианты реализации изобретения. Такие примеры не являются ограничивающими и никоим образом не определяют или ограничивают объем изобретения. Скорее, эти и другие примеры находятся в пределах объема следующей формулы изобретения.

(57) Формула изобретения

1. Система подачи текучей среды для направления текучей среды к используемому устройству, содержащая:

множество резистивных температурных датчиков (RTD);

нагревательный контур, электрически связанный с множеством датчиков RTD и способный подавать электрическую энергию на датчики RTD;

измерительный контур, связанный с множеством датчиков RTD;

контроллер, связанный с нагревательным контуром и измерительным контуром и способный работать с каждым из множества датчиков RTD в режиме нагрева через нагревательный контур и режиме измерения через измерительный контур, причем контроллер выполнен с возможностью:

управлять одним или большим количеством из множества датчиков RTD при работе в режиме нагрева, чтобы поддерживать каждый из одного или большего количества датчиков RTD при температуре определения характеристик, чтобы вызвать образование отложения из технологической текучей среды по меньшей мере на одном из одного или большем количестве датчиков RTD при по меньшей мере одной из температур определения характеристик, которая является более высокой, чем типичная рабочая

температура используемого устройства;

для каждого из одного или большего количества датчиков RTD,

периодически переключать датчик RTD между режимом нагрева и режимом измерения, чтобы измерить температуру датчика RTD,

наблюдать изменения теплового поведения датчика RTD в одном или обоих режимах: режиме нагрева и режиме измерения, и

выявлять уровень отложения из технологической текучей среды на датчике RTD на основе наблюдаемых изменений;

определять температурно-зависимый профиль наслаивания на основе выявленного уровня отложения каждого из одного или большего количества датчиков RTD; а также

определять, существует ли условие для отложения для используемого устройства на основе профиля наслаивания.

2. Система по п. 1, отличающаяся тем, что, если определено, что условие для отложения существует для используемого устройства, выполняют одно или большее количество корректирующих действий по устранению условия для отложения.

3. Система по п. 2 или любому из предшествующих пунктов, отличающаяся тем, что по меньшей мере одно из одного или большего количества корректирующих действий выбраны из группы, состоящей из: введения химического вещества в текучую среду, изменения количества химического вещества, добавленного к текучей среде, изменения температуры текучей среды, предупреждения пользователя об условии для отложения, настройки одного или большего количества условий для эксплуатации используемого устройства, а также увеличения скорости продувки системы.

4. Система по п. 2 или любому из предшествующих пунктов, дополнительно содержащая вход в систему потока текучей среды в избирательной связи текучей среды с множеством источников текучей среды; и при этом одно или большее количество корректирующих действий включают настройку источника текучей среды в системе.

5. Система по п. 4 или любому из предшествующих пунктов, отличающаяся тем, что настройка источника текучей среды к системе содержит остановку потока текучей среды из одного или нескольких из множества источников текучей среды.

6. Система по п. 1 или любому из предшествующих пунктов, отличающаяся тем, что контроллер дополнительно выполнен с возможностью определения критической температуры, связанной с образованием отложения на датчике RTD от технологической текучей среды.

7. Система по п. 1 или любому из предшествующих пунктов, отличающаяся тем, что

множество датчиков RTD включает в себя первый датчик RTD и второй датчик RTD; и

работа одного или нескольких датчиков RTD в режиме нагрева содержит:

поддержание первого датчика RTD при первой температуре определения характеристик и поддержание второго датчика RTD при второй температуре определения характеристик, отличной от первой температуры определения характеристик.

8. Система анализа отложения, содержащая:

множество резистивных температурных датчиков (RTD), расположенных в системе потока текучей среды, так что поверхность каждого из множества датчиков RTD находится в тепловой связи с текучей средой, протекающей через систему потока текучей среды;

нагревательный контур, связанный с каждым из множества датчиков RTD и выполненный с возможностью подачи переменного количества электрической энергии

на каждый из датчиков RTD, чтобы влиять на его температуру;

измерительный контур, связанный с каждым из множества датчиков RTD и выполненный с возможностью вывода сигнала, отражающего его температуру; а также

контроллер, соединенный с нагревательным контуром и измерительным контуром и выполненный с возможностью:

для каждого из множества датчиков RTD:

нагревать датчик RTD до повышенной температуры с помощью нагревательного контура;

прекратить нагрев датчика RTD;

выявлять с помощью измерительной цепи изменение температуры датчика RTD с течением времени вследствие термической проводимости тепла датчика RTD к текучей среде, протекающей через систему потока текучей среды; а также

определять уровень отложения, образующегося на поверхности датчика RTD из текучей среды, на основании выявленного изменения температуры.

9. Система по п. 8 или любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что выявление уровня изменения температуры по меньшей мере одного датчика RTD с течением времени включает аппроксимацию данных температуры с течением времени к функции, и при этом аппроксимирующий параметр функции является представителем степени отложения на поверхности по меньшей мере одного датчика RTD.

10. Система по п. 9 или любому из предшествующих пунктов, отличающаяся тем, что функция содержит экспоненциальную функцию.

11. Система по п. 10 или любому из предшествующих пунктов, отличающаяся тем, что аппроксимирующая функция содержит двойную экспоненциальную функцию, имеющую первую часть и вторую часть, и причем

первая часть двойной экспоненциальной функции представляет тепло, подводимое по меньшей мере от одного датчика RTD к образцу текучей среды;

вторая часть двойной экспоненциальной функции представляет тепло, передаваемое от по меньшей мере одного датчика RTD к другим компонентам системы; а также

аппроксимирующий параметр, представляющий степень отложения, присутствует в первой части двойной экспоненциальной функции, а не во второй части двойной экспоненциальной функции.

12. Система по п. 8 или любому из предшествующих пунктов, отличающаяся тем, что измерительный контур содержит мультиплексор и демультиплексор, связанный с каждым из множества датчиков RTD, и при этом мультиплексор и демультиплексор используются для измерения температуры каждого из множества датчиков RTD по одному.

13. Система по п. 8 или любому из предшествующих пунктов, отличающаяся тем, что каждый из множества датчиков RTD нагрет до отличающейся температуры определения характеристик; и

контроллер дополнительно сконфигурирован с возможностью определения температурной зависимости наслаивания в системе потока текучей среды на основе определенного уровня отложения для каждого из множества датчиков RTD.

14. Применение системы подачи текучей среды по любому из предшествующих пунктов для направления текучей среды к используемому устройству.

15. Способ выявления уровня отложений от текучей среды в системе потока текучей среды, включающий:

работу резистивного температурного датчика (RTD) в режиме нагрева при операции, чтобы нагреть датчик RTD и вызвать отложение от текучей среды для образования на

поверхности датчика RTD, который находится в гидравлической связи с текучей средой;

периодическое переключение датчика RTD между режимом нагрева и режимом измерения, чтобы измерять температуру датчика RTD,

наблюдение за изменениями теплового поведения датчика RTD в одном или обоих режимах: режиме нагрева и режиме измерения, а также

выявление уровня отложения из технологической текучей среды на датчике RTD на основе наблюдаемых изменений.

16. Способ по п. 15 или любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что

наблюдение за изменениями теплового поведения датчика RTD включает, после работы датчика RTD в режиме нагрева, переключение датчика RTD для работы в режиме измерения и измерение значения, при котором изменяется температура датчика RTD; и

при этом выявление уровня отложения из технологической текучей среды на датчике RTD включает связывание уменьшения значения температуры датчика RTD с уровнем отложения из технологической текучей среды.

17. Способ по п. 15 или любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что:

работа датчика RTD в режиме нагрева включает работу датчика RTD с фиксированной рабочей мощностью;

периодическое переключение между режимом нагрева и режимом измерения дополнительно включает переключение из режима нагрева в режим измерения, измерение температуры датчика RTD и переключение обратно в режим нагрева;

наблюдение за изменениями в поведении датчика RTD включает наблюдение за изменением температуры во времени при работе датчика RTD с фиксированной рабочей мощностью; а также

выявление уровня отложения из технологической текучей среды включает связь скорости изменения температуры датчика RTD при фиксированной рабочей мощности с уровнем отложения из технологической текучей среды.

18. Способ по п. 15 или любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что:

работа датчика RTD в режиме нагрева включает нагрев датчика RTD до фиксированной температуры;

периодическое переключение между режимом нагрева и режимом измерения дополнительно содержит переключение из режима нагрева в режим измерения для подтверждения того, что температура датчика RTD является фиксированной температурой;

наблюдение за изменениями в поведении датчика RTD включает наблюдение за изменением электрической мощности, необходимой для нагревания датчика RTD до фиксированной температуры; а также

выявление уровня отложения из технологической текучей среды включает связывание скорости изменения приложенной мощности, необходимой для нагрева датчика RTD до фиксированной температуры, с уровнем отложения из технологической текучей среды.

19. Способ по п. 18 или любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что зафиксированная повышенная температура соответствует рабочей температуре оборудования в канале потока технологической текучей среды.

20. Способ по п. 15 или любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем,

что

периодическое переключение между режимом нагрева и режимом измерения включает быстрое переключение из режима нагрева в режим измерения и обратно в режим нагрева, чтобы в режиме измерения температура датчика RTD существенно не изменялась;

наблюдение за изменениями в поведении датчика RTD включает измерение скорости, с которой температура датчика RTD увеличивается из-за работы датчика RTD в режиме нагрева; а также

выявление уровня отложения из технологической текучей среды на датчике RTD включает связывание значения температуры датчика RTD с уровнем отложения из технологической текучей среды.

21. Способ по п. 15 или любому из предыдущих пунктов, дополнительно включающий этап, на котором, при условии выявления уровня отложения соответствующему заданному условию, выполняют корректирующее действие.

22. Способ по п. 21 или любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что корректирующее действие включает одно или большее количество действий из группы, включающей: добавление химического вещества в текучую среду, изменение дозы химического вещества в текучей среде, остановку потока текучей среды из одного или большего количества источников текучей среды, увеличение скорости продувки, изменение температуры технологической текучей среды, настройку используемого устройства по отношению к потокам технологической текучей среды и предупреждение пользователя.

23. Способ по п. 15 или любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что:

работа датчика RTD в режиме нагрева для того, чтобы нагреть датчик RTD до соответствующей температуры определения характеристик и чтобы вызвать образование отложения на поверхности по меньшей мере одного из множества датчиков RTD, который находится в гидравлической связи с текучей средой, причем каждый из датчиков RTD нагрет до уникальной температуры определения характеристик,

причем для каждого из множества датчиков RTD обеспечивают:

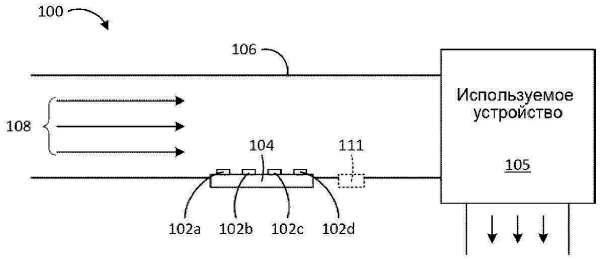
периодическое переключение датчика RTD между режимом нагрева и режимом измерения, чтобы измерять температуру датчика RTD,

наблюдение за изменениями теплового поведения датчика RTD в одном или обоих режимах: режиме нагрева и режиме измерения, а также

выявление уровня отложения из технологической текучей среды на датчике RTD на основе наблюдаемых изменений,

выявление температурной зависимости наслаивания в системе потока текучей среды на основе определенного уровня отложения для каждого из множества датчиков RTD.

1

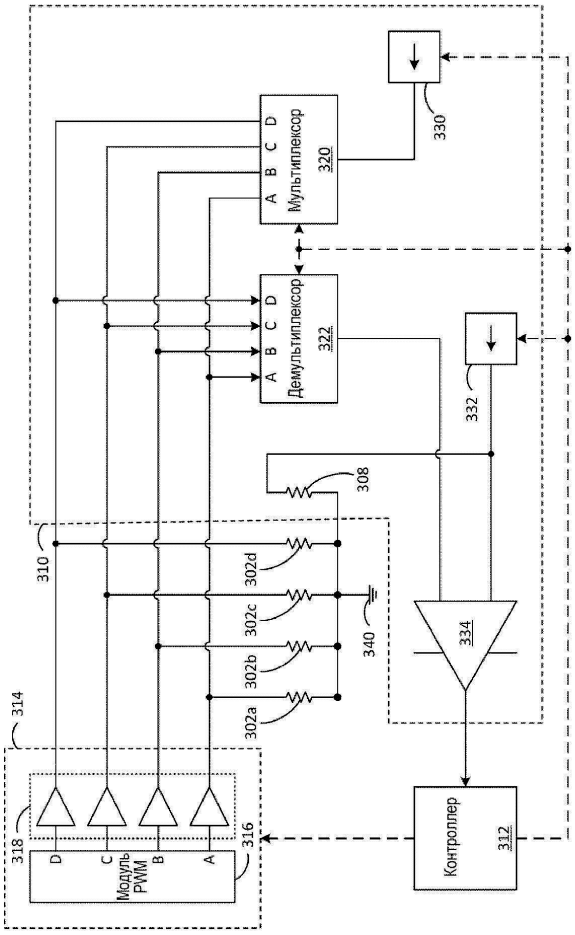

100
106
108
104
111
Используемое устройство
105
102a
102b
102c
102d

Фиг. 1


Датчик RTD
202
Измерительный контур
210
Контроллер
212
Нагревательный контур
214
Дополнительный датчик(и)
211

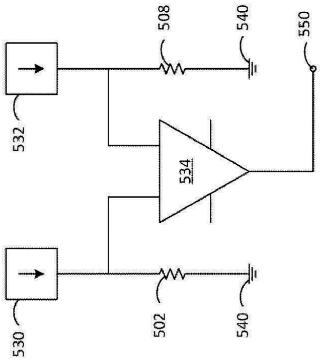
Фиг. 2

2

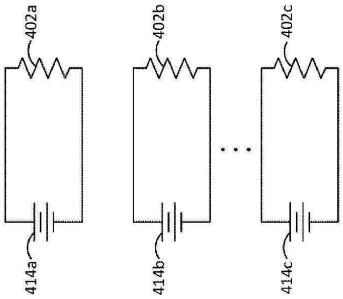

Мультиплексор
320
A B C D
330
Демультиплексор
322
A B C D
332
308
310
302d
302c
302b
302a
340
334
314
318
316
Модуль PWM
D C B A
Контроллер
312

Фиг. 3

3

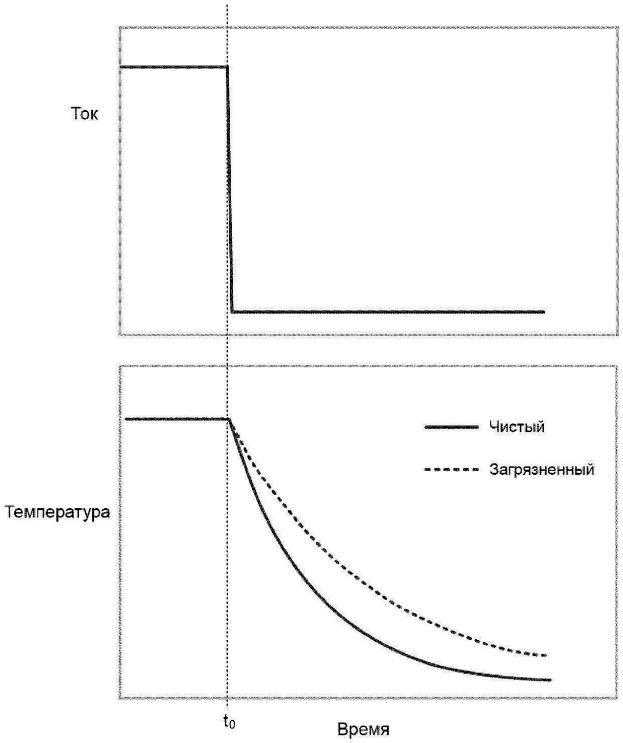


Фиг. 5

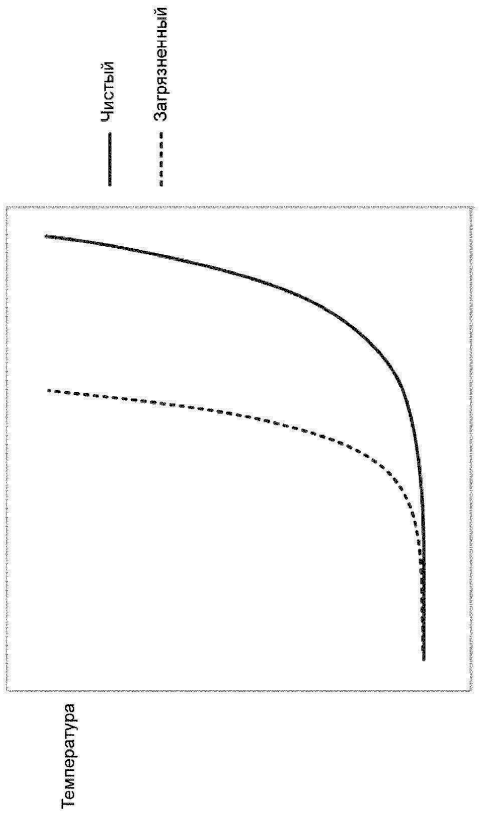


Фиг. 4

4

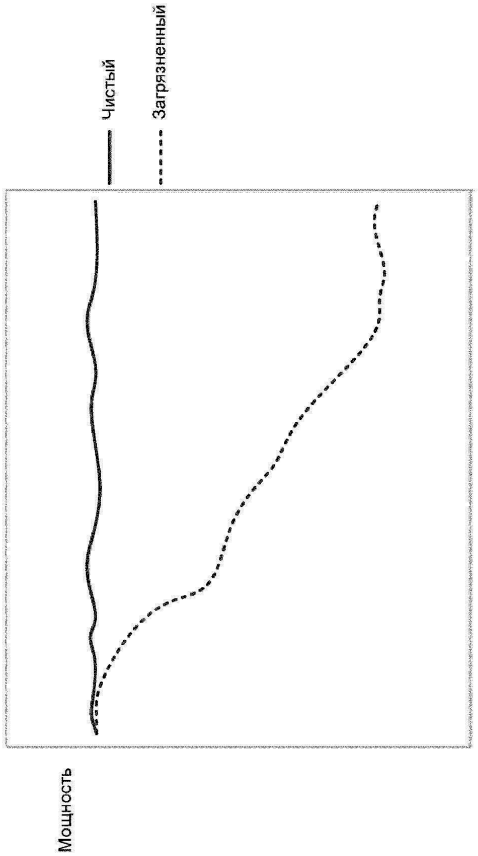


Фиг. 6A

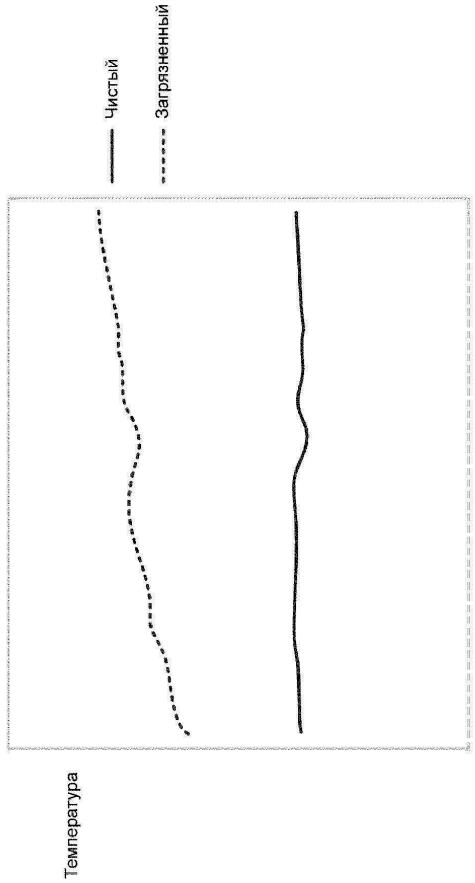


Фиг. 6B

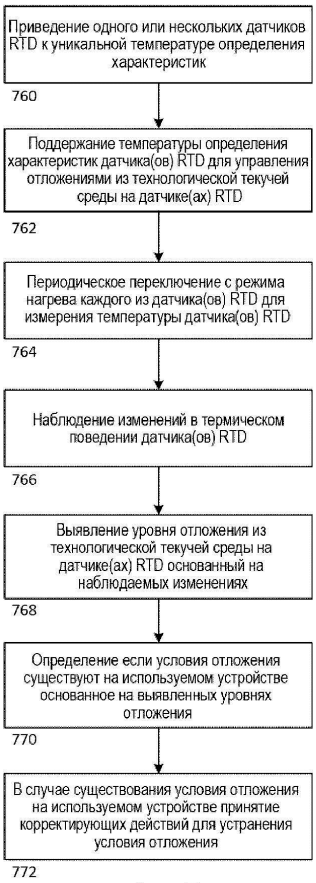
6



Фиг. 6C



Фиг. 6D


Приведение одного или нескольких датчиков RTD к уникальной температуре определения характеристик
760
Поддержание температуры определения характеристик датчика(ов) RTD для управления отложениями из технологической текучей среды на датчике(ах) RTD
762
Периодическое переключение с режима нагрева каждого из датчика(ов) RTD для измерения температуры датчика(ов) RTD
764
Наблюдение изменений в термическом поведении датчика(ов) RTD
766
Выявление уровня отложения из технологической текучей среды на датчике(ах) RTD основанный на наблюдаемых изменениях
768
Определение если условия отложения существуют на используемом устройстве основанное на выявленных уровнях отложения
770
В случае существования условия отложения на используемом устройстве принятие корректирующих действий для устранения условия отложения
772

Фиг. 7