

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **035060**

(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2020.04.23

(21) Номер заявки
201791242

(22) Дата подачи заявки
2011.04.29

(51) Int. Cl. **G01D 4/00** (2006.01)
G01D 9/00 (2006.01)
F24C 3/12 (2006.01)
F23N 1/00 (2006.01)

**(54) УСТРОЙСТВО ОБНАРУЖЕНИЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ ГАЗА, СПОСОБ ЕГО
ИЗГОТОВЛЕНИЯ И СПОСОБ ОБНАРУЖЕНИЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ ГАЗА**

(31) 12/780,713

(32) 2010.05.14

(33) US

(43) 2017.10.31

(62) 201270770; 2011.04.29

(56) JP-A-08178195
US-A1-20080302172
US-A1-20060064254
WO-2008117531
KR-A-1019990062571

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
БЕЛКИН ИНТЕРНЭШНЛ, ИНК. (US)

(72) Изобретатель:
**Патель Шветаг Н., Гупта Сидхант,
Рейнолдс Мэттью С. (US)**

(74) Представитель:
**Угрюмов В.М., Лыу Т.Н., Глухарёва
А.О., Гизатуллина Е.М., Карпенко
О.Ю., Строкова О.В., Дементьев В.Н.
(RU)**

(57) В некоторых вариантах осуществления устройство может быть сконфигурировано для обнаружения потребление газа. Устройство может содержать: (a) модуль обработки, приспособленный работать на вычислительном элементе; и (b) сенсорный элемент, приспособленный для соединения с газовым регулятором, причем сенсорный элемент содержит: (1) по меньшей мере один акустический датчик, приспособленный обнаруживать два или более звуковых сигнала, производимых газовым регулятором, и преобразовывать два или более звуковых сигнала в один или несколько первых сигналов данных; и (2) передатчик, электрически соединенный по меньшей мере с одним акустическим датчиком и приспособленный передавать один или несколько первых сигналов данных на вычислительный элемент. Модуль обработки сконфигурирован использовать один или несколько первых сигналов данных для того, чтобы определять потребление газа. Кроме того, раскрыты и другие варианты осуществления.

B1

035060

035060

B1

Перекрестные ссылки на родственные заявки

Эта заявка заявляет приоритет заявки на патент США № 12/780,713, поданной 14 мая 2010. Заявка на патент США № 12/780,713 включается в данный документ с помощью ссылки.

Область техники, к которой относится изобретение

Это изобретение относится в целом к устройствам и способам для восприятия посредством инфраструктуры, и более конкретно относится к устройствам для обнаружения потребления газа, способам их предоставления и способам обнаружения потребления газа.

Предшествующий уровень техники

Природный газ является самым широко используемым источником энергии в домах в США. Он используется для котлов парового отопления, нагревателей воды, печей, каминов, нагревателей бассейнов и, в некоторых случаях, для сушилок одежды. В Соединенных Штатах цены на природный газ выросли в четыре раза за последние десять лет вследствие роста спроса и ограниченной пропускной способности трубопроводов. В результате правительственные агентства и предприятия газовой сферы с трудом внедряют консервативные программы, чтобы уменьшить спрос и лучше помогать потребителям экономно расходовать энергию. В областях, где природный газ не подается инженерными трубопроводами, чтобы предоставлять услуги по снабжению газом конкретному дому, зданию или группе зданий обычно используются цистерны для пропана. Хотя последние исследования были сконцентрированы на измерении потребления в домах электричества и воды, измерению потребления природного газа или пропана уделялось мало внимания.

В отличие от потребления электричества и воды, которое часто является результатом прямых действий человека, таких как просмотр телевидения, стирка или прием душа, потребление газа преимущественно осуществляется автоматическими системами наподобие котлов парового отопления или нагревателей воды. Это разобщение между деятельностью и потреблением приводит к недостатку понимания потребителем того, как газ используется в доме и, в частности, какие устройства несут большую ответственность за это потребление. Большинство людей попросту не имеют средств для оценки потребления газа в своих домохозяйствах, кроме ежемесячного счета, который, даже тогда, не предоставляет подробных деталей о том, за счет чего происходит это потребление.

Принимая во внимание малое количество устройств, работающих в каждом доме на природном газе или пропане, заманчиво рассмотреть подход распределенного прямого считывания для считывания потребления газа (например, установку датчика расхода за каждым устройством). У такого подхода имеются три потенциальных требования: во-первых, он требует создания датчиков, которые являются достаточно гибкими и надежными, чтобы соответствовать множеству уже существующих моделей газовых устройств неинвазивным образом; во-вторых, он по своей сути включает множество датчиков, что увеличивает стоимость и техническую сложность ввода в эксплуатацию; и, наконец, природный газ и пропан являются крайне горючими смесями, так что способ считывания должен быть безопасным и, предпочтительно, не требовать помощи профессионала при установке. Доступные датчики потребления газа не удовлетворяют этим требованиям. Существующие датчики потребления газа могут не иметь гибкости, чтобы использоваться с множеством газовых устройств, могут быть сложными и дорогостоящими при установке и в содержании, и обычно требуют установки профессионалом.

Соответственно, существует необходимость или потенциал для выгоды в устройстве или способе, который может предоставить подробную информацию о потреблении газа в доме или другом сооружении, но который при этом также относительно недорог при вводе в эксплуатацию и не требует установки профессионалом.

Сущность изобретения

В некоторых вариантах осуществления устройство может быть приспособлено обнаруживать потребление газа. Устройство может содержать: (a) модуль обработки, приспособленный работать на вычислительном элементе; и (b) сенсорный элемент, приспособленный соединяться с газовым регулятором, причем сенсорный элемент имеет: (1) по меньшей мере один акустический датчик, приспособленный обнаруживать два или более звуковых сигнала, производимых газовым регулятором, и преобразовывать два или более звуковых сигнала в один или несколько первых сигналов данных; и (2) передатчик, электрически соединенный по меньшей мере с одним акустическим датчиком и приспособленный передавать один или несколько первых сигналов данных на вычислительный элемент. Модуль обработки приспособлен использовать один или несколько первых сигналов данных, чтобы определять потребление газа.

Другие варианты осуществления еще относятся к способу обнаружения потребления газа в здании. Здание может иметь газовый регулятор с каналом сброса давления. Способ может содержать использование по меньшей мере одного акустического датчика, чтобы принимать один или несколько первых звуковых сигналов от канала сброса давления газового регулятора; преобразование одного или нескольких первых звуковых сигналов в один или несколько первых электрических сигналов; и определение первого потока газа, используя один или несколько первых электрических сигналов.

Другие варианты осуществления относятся к способу предоставления устройства обнаружения газа. Способ может содержать предоставление по меньшей мере одного акустического датчика, приспособленного обнаруживать два или более звуковых сигнала в газовом регуляторе и преобразовывать два или

более звуковых сигнала в один или несколько первых сигналов данных; предоставление передатчика, приспособленного передавать один или несколько первых сигналов данных; электрическое соединение передатчика по меньшей мере с одним акустическим датчиком; предоставление опоры датчика, приспособленной механически соединиться с газовым регулятором; механическое соединение по меньшей мере одного акустического датчика и передатчика с опорой датчика; и предоставление модуля обработки, приспособленного работать на вычислительном элементе, причем модуль обработки имеет модуль обнаружения событий, приспособленный использовать один или несколько первых данных.

В других вариантах осуществления элемент газового регулятора может содержать: (а) газовый регулятор, имеющий: (1) вход газа; (2) мембранную камеру, приспособленную контролировать количество газа, проходящего через газовый регулятор; (3) предохранительный клапан, соединенный с мембранной камерой; и (4) канал сброса, соединенный с предохранительным клапаном; (b) по меньшей мере один акустический датчик, приспособленный обнаруживать два или более звуковых сигнала в газовом регуляторе и преобразовывать два или более звуковых сигнала в один или несколько первых сигналов данных, причем по меньшей мере один акустический датчик располагается в газовом регуляторе; и (с) модуль обработки, приспособленный работать на вычислительном элементе. Модуль обработки может быть приспособлен использовать один или несколько сигналов данных, чтобы определять использование газа одним или несколькими газовыми устройствами.

Чтобы облегчить дальнейшее описание вариантов осуществления, предоставляются следующие графические материалы, на которых

фиг. 1 представляет собой блок-схему устройства обнаружения газа в соответствии с первым вариантом осуществления;

фиг. 2 представляет собой изображение примера сенсорного элемента устройства обнаружения газа, представленного на фиг. 1, в соответствии с первым вариантом осуществления;

фиг. 3 представляет собой изображение примера сенсорного элемента, представленного на фиг. 2, соединенного с газовым регулятором в соответствии с первым вариантом осуществления;

фиг. 4 представляет собой изображение в поперечном сечении сенсорного элемента, представленного на фиг. 2, соединенного с газовым регулятором, представленным на фиг. 3, в соответствии с первым вариантом осуществления;

фиг. 5 представляет собой изображение осуществления иллюстративного элемента газового регулятора в соответствии со вторым вариантом осуществления;

фиг. 6 представляет собой блок-схему для варианта осуществления способа предоставления устройства обнаружения газа, в соответствии с одним вариантом осуществления;

фиг. 7 представляет собой блок-схему для одного варианта осуществления способа обнаружения потребления газа одним или большим числом газовых устройств в соответствии с одним вариантом осуществления;

фиг. 8 представляет собой блок-схему активности использования одного или более электрического сигнала, чтобы инструктировать вычислительный элемент в соответствии с одним вариантом осуществления;

фиг. 9 представляет собой частотную спектрограмму фонового шума и активности в иллюстративном газовом регуляторе в соответствии с одним вариантом осуществления;

фиг. 10 представляет собой график зависимости скорости потока от времени для необработанных звуковых сигналов из иллюстративного устройства обнаружения газа в соответствии с одним вариантом осуществления;

фиг. 11 представляет собой график зависимости скорости потока от времени для сглаженных звуковых сигналов из иллюстративного устройства обнаружения газа в соответствии с одним вариантом осуществления;

фиг. 12 представляет собой график зависимости скорости потока от интенсивности звука дынных из иллюстративной калибровочной процедуры иллюстративного устройства обнаружения газа на иллюстративном сооружении в соответствии с одним вариантом осуществления;

фиг. 13 представляет собой график, показывающий линейность интенсивности звука данных из иллюстративной калибровочной процедуры иллюстративного устройства обнаружения газа на иллюстративном сооружении в соответствии с одним вариантом осуществления;

фиг. 14 представляет собой график зависимости скорости потока от времени во время иллюстративного расположения иллюстративного устройства обнаружения газа в соответствии с одним вариантом осуществления;

фиг. 15 представляет собой другой график зависимости скорости потока от времени во время иллюстративного расположения иллюстративного устройства обнаружения газа в соответствии с одним вариантом осуществления;

фиг. 16 представляет собой график зависимости частоты от времени, показывающий низкочастотный шум, вызванный иллюстративным газовым котлом парового отопления во время иллюстративного расположения иллюстративного устройства обнаружения газа в соответствии с одним вариантом осуществления;

фиг. 17 представляет собой таблицу демографических данных для конструкций, использованных при иллюстративном введении в эксплуатацию иллюстративного устройства обнаружения газа в соответствии с одним вариантом осуществления;

фиг. 18 представляет собой таблицу, показывающую производительность иллюстративного устройства обнаружения газа во время иллюстративного расположения в соответствии с одним вариантом осуществления;

фиг. 19 представляет собой другую таблицу, показывающую производительность иллюстративного устройства обнаружения газа во время иллюстративного расположения в соответствии с одним вариантом осуществления;

фиг. 20 представляет собой изображение компьютера, который подходит для реализации варианта осуществления вычислительного элемента, представленного на фиг. 1; и

фиг. 21 представляет собой показательную блок-схему примера элементов, включенных в монтажную плату внутри системного бока компьютера, представленного на фиг. 20.

Для простоты и ясности иллюстрации графические материалы представляют общий принцип конструкции, а описания и детали хорошо известных признаков и способов могут опускаться, чтобы избежать чрезмерного затруднения понимания изобретения. Кроме того, элементы на графических материалах необязательно изображаются в масштабе. Например, размеры некоторых элементов на графических материалах могут преувеличиваться относительно других элементов, чтобы помочь облегчить понимание вариантов осуществления настоящего изобретения. Одинаковые численные обозначения на различных графических материалах обозначают одинаковые элементы.

Термины "первый", "второй", "третий", "четвертый" и т.п. в описании и формуле изобретения, если имеют место, используются для проведения различия между подобными элементами и необязательно для описания конкретного последовательного или хронологического порядка. Необходимо понимать, что термины, используемые таким образом, являются равнозначными при подходящих условиях, так что варианты осуществления, описанные в данном документе, могут, например, работать в последовательностях, отличных от тех, которые показаны или другим образом описаны в данном документе. Кроме того, термины "содержать" и "иметь" и любые их варианты предназначены обозначать неисключающее включение, так что процесс, способ, система, изделие, устройство или аппарат, который содержит список элементов, не обязательно ограничен этими элементами, но может содержать другие элементы, которые явно не перечислены или не присущи такому процессу, способу, системе, изделию, устройству или аппарату.

Термины "левый", "правый", "передний", "задний", "верхний", "нижний", "над", "под" и т.п. в описании и формуле изобретения, если имеют место, используются с целью описания и необязательно для обозначения постоянных относительных положений. Необходимо понимать, что термины, используемые таким образом, являются равнозначными при подходящих условиях, так что варианты осуществления, описанные в данном документе, могут, например, работать в других ориентациях, чем те, которые показаны или другим образом описаны в данном документе.

Термины "соединять", "соединенные", "соединяет", "соединение" и т.п. следует понимать широко и относить к соединению двух или более элементов или сигналов, электрически, механически и/или другим образом. Два или более электрических элемента могут соединяться электрически, но не соединяться механически или иным образом; два или более механических элемента могут соединяться механически, но не соединяться электрически или иным образом; два или более электрических элемента могут соединяться механически, но не соединяться электрически или иным образом. Соединение может происходить в течение любого отрезка времени, например, постоянно или периодически, или только на мгновение.

"Электрическое соединение" и т.п. следует понимать широко и содержать соединение, предусматривающее любой электрический сигнал, будь-то сигнал мощности, сигнал данных и/или иные виды или сочетания электрических сигналов. "Механическое соединение" и т.п. следует понимать широко и содержать механическое соединение всех видов. Отсутствие слова "разъединяемо", "разъединяемый" и т.п. возле слова "соединен" и т.п. не означает, что рассматриваемое соединение и т.п. является или не является разъединяемым. "Звуковые сигналы", как используются здесь, могут содержать слышимые сигналы (20 Герц (Гц) - 15 килоГерц (кГц)), сигналы ниже слышимости (ниже 20 Гц) или ультразвуковые сигналы (выше 15 кГц).

Сведения, подтверждающие возможность осуществления изобретения

Обращаясь к графическим материалам фиг. 1 представляет собой блок-схему устройства 100 обнаружения газа в соответствии с первым вариантом осуществления. Фиг. 2 представляет собой изображение примера сенсорного элемента 110 устройства 100 обнаружения газа, в соответствии с первым вариантом осуществления. Фиг. 3 представляет собой изображение примера сенсорного элемента 110 устройства 100 обнаружения газа, соединенного с газовым регулятором 350, в соответствии с первым вариантом осуществления. Фиг. 4 представляет собой изображение в поперечном сечении сенсорного элемента 110, соединенного с газовым регулятором 350, в соответствии с первым вариантом осуществления. Устройство 100 обнаружения газа является только иллюстративным и не ограничивается вариантами осуществления, представленными в данном документе. Устройство 100 обнаружения газа может применяться

во многих различных вариантах осуществления или примерах, конкретно не отображенных или не описанных в данном документе.

Проводившаяся ранее работа по измерениям в доме была мотивирована одной из двух независимых задач: (1) опознавание активности человека для сред вспомогательной опеки (например, слежение по опеке за престарелыми людьми); или (2) осуществление высокоточных экологических приложений с обратной связью с целью уменьшения расточительного потребления. Хотя автоматическое определение использования газа в доме действительно может предоставлять сведения для соответствующих сфер человеческой деятельности (например, использование плиты означает приготовление пищи, продолжительное использование горячей воды означает принятие душа), большая часть потребления газа происходит от автоматических механических систем (например, от домашних котлов парового отопления и нагревателей воды), которые могут быть, а могут и не быть непосредственно соответствующими текущей активности человека. Таким образом, главный акцент учета газа состоит в поддержке второй задачи, то есть в осуществлении новых видов экологичной обратной связи относительно потребления газа в доме. Такая обратная связь может поступать в форме переработанных счетов, домашних интерент-порталов или дисплеев, отображающих обстановку в доме. Один элемент такой обратной связи обеспечивает коммунальные предприятия и потребителей данными измерений, которые представляют собой не только общее число, но также детализированный анализ потребления газа вплоть до его источника. Эти подробные данные должны давать возможность жителям принимать осведомленные решения о стоимости и преимуществах того, как они потребляют газ в своем доме (например, температурные настройки их нагревателей воды, использование горячей воды в стиральной машине).

Устройство 100 обнаружения газа может помочь устранять нехватку знаний о потреблении газа в доме или другом сооружении путем предоставления в высокой степени подробной информации о потреблении газа в доме или другом сооружении. Устройство 100 обнаружения газа может быть недорогим, точечным учетным решением, которое использует изменения в акустических интенсивностях газовых событий, чтобы автоматически определять потребление газа вплоть до его источника (например, нагревателя воды, котла парового отопления или камина), и которое предоставляет оценки потока газа. Каждое газовое устройство в доме при включении отбирает уникальное количество газа, и скорость изменения потока основывается на виде устройства и, до некоторой степени, его местоположении в доме (например, траектории трубопровода до газового устройства). Соответственно, устройство 100 обнаружения газа может автоматически классифицировать потребление газа вплоть до его источника на основании объема и скорости изменения потока.

Поскольку устройство 100 обнаружения газа анализирует акустические сигнатуры газовых событий, для выполнения своих измерений и расчетов оно не требует непосредственного контакта с самим газом. Это отсутствие непосредственного контакта отличается от традиционных подходов к учету газа, которые предоставляют только сводные измерения потребления, для работы требуют поточного контакта с газом и обычно также требуют установки профессионалом.

Как показано на фиг. 1 и 2, устройство для обнаружения потребления газа или устройство 100 обнаружения газа может содержать: (a) сенсорный элемент 110; и (b) вычислительный элемент 120. Сенсорный элемент 110 может содержать: (a) по меньшей мере один акустический датчик 130, приспособленный обнаруживать звуковые сигналы и преобразовывать звуковые сигналы в сигналы данных; (b) по меньшей мере один усилитель 131 (например, операционный усилитель или операционный усилитель), соединенный с выходом акустического датчика 130; (c) по меньшей мере один регулятор 118 с памятью 119 и аналогово-цифровой (А/Ц) преобразователь 115; (d) источник питания 117; (e) по меньшей мере один передатчик 116, электрически соединенный с акустическим датчиком 130 и приспособленный передавать сигналы данных на вычислительный элемент 120; и (f) опору датчика.

В некоторых примерах устройство 100 обнаружения газа также может содержать регулятор 138 усиления, чтобы автоматически уменьшать коэффициент усиления звуковых сигналов, обнаруженных акустическим датчиком 130, если происходит искажение. Регулятор 138 усиления также может использоваться, чтобы автоматически уменьшать коэффициент усиления, если происходит искажение усилителя или А/Ц преобразователя. В том же или других примерах А/Ц преобразователь 115 и/или память 119 могут быть отдельными от регулятора 118; и/или усилитель 131 и/или регулятор 138 усиления могут быть частью регулятора 118. В другом варианте осуществления один или несколько из этих элементов объединяются в одну интегрированную схему. В еще одном варианте осуществления акустический датчик реализуется на той же интегральной схеме, что и некоторые или все из других элементов с помощью технологии микроэлектромеханических систем (MEMS).

Вычислительный элемент 120 может содержать: (a) приемопередатчик или приемник 121; (b) модуль 122 обработки; и (c) модуль памяти 126. В некоторых примерах модуль 122 обработки может содержать: (a) обучающий модуль 123, приспособленный обучать модуль 122 обработки устанавливать соотношение потребления газа конкретными устройствами с помощью звуковых сигналов, получаемых акустическим датчиком 130; (b) модуль 124 обнаружения событий, приспособленный связывать полученные звуковые сигналы с потреблением газа по меньшей мере одним конкретным устройством; и (c) модуль 125 связи, приспособленный осуществлять связь с пользователем. Например, модуль 122 обра-

ботки может быть одной или несколькими программами пакета программного обеспечения. Приемник 121 может быть приспособлен принимать сигналы данных от передатчика 116.

В инфраструктуре природного газа газ доставляется в дома и другие сооружения через инфраструктуру находящихся под давлением трубопроводов. Магистральные трубопроводы высокого давления перемещают газ с очистительных заводов компании-производителя на газораспределительные станции. Регуляторы и контрольные клапаны контролируют сжатый газ, когда он перемещается по трубопроводу. На замерных станциях газовые регуляторы уменьшают давление газа в трубопроводе до давления распределения. Чтобы обеспечить постоянное умеренное давление газа, газовые регуляторы контролируют давление газа непосредственно перед тем, как он входит в газовый счетчик и в дом. В случае пропана газ хранится в резервуаре на месте и входит в дом или здание через один или несколько регуляторов давления, поскольку пропан, как правило, не измеряется между местным резервуаром хранения пропана и домом или зданием.

Газовые регуляторы санкционируются национальным кодом США (ANSI код B109.4-1998) для обеспечения безопасных уровней давления в домашней системе трубопроводов. Принимая во внимание эти правительственные предписания, разумно ожидать, что газовые регуляторы являются совместимыми и имеются в наличии в домах и других сооружениях.

Фиг. 3 и 4 представляют собой изображения иллюстративного газового регулятора 350. Как показано на фиг. 3 и 4, газовый регулятор 350 может содержать: (a) мембранную камеру 353; (b) блок 454 управления регулятора; (c) вход 455 для газа; (d) клапан 456 газового потока; (e) выход 457 для газа; (f) дыхательный клапан или предохранительный клапан 452; и (g) отводной канал 451.

Мембранная камера 353 может содержать подпружиненный кожух, который контролирует величину потока газа. Если мембранная камера 353 ощущает высокие или низкие изменения давления, она соответственно регулируется, чтобы ограничить или увеличить поток газа. В качестве дополнительного признака безопасности существуют предохранительные клапаны 452, чтобы безопасно отводить газ, если газопровод находится под слишком большим давлением или если газовый регулятор 350 неисправен. Предохранительный клапан 452 соединен с мембранной камерой 353 и выбрасывает газ через отводной канал 451 (например, наружную стальную трубу). Когда газ потребляется одним или несколькими устройствами, можно услышать, как газ течет через газовый регулятор 350 в клапане 456 газового потока, что обычно звучит как легкий шипящий шум. Этот звуковой сигнал усиливается мембранной камерой 353, которая действует как объемный резонатор.

Газовый поток можно зарегистрировать через клапан 456 газового потока посредством акустического датчика 130, расположенного рядом с отводным каналом 451. То есть, сенсорный элемент 110 может быть приспособлен соединяться с каналом 451 сброса давления газового регулятора 350. В другом случае акустический датчик 130 может располагаться в прямом физическом контакте с газовым регулятором 350 посредством механического соединения с мембранной камерой 353 или отводным каналом 451. В этом случае звуковые сигналы переносятся как механические колебания в материалах, составляющих газовый регулятор 350, и преобразовываются непосредственно акустическим датчиком 130, а не проходя через открытый воздушный зазор.

Хотя акустический датчик может показаться скорее непрямым способом измерения газового потока, он имеет несколько теоретических основ. Во-первых, для фиксированной камеры резонансная частота также фиксирована, определенная полностью размером камеры. Эта взаимосвязь аналогична резонансу в свистке: даже когда человек дует в свисток сильнее, человек не изменяет тон, а только интенсивность звука. Во-вторых, большой поток через трубку может происходить только от большего давления на одном конце трубки. Если поток газа внутри трубки ламинарный, взаимосвязь между давлением, прикладываемым к окончанию трубки, линейно соотносится с потоком через трубку. Более того, это давление, которое пропорционально потоку, обнаруживается как амплитуда резонансной частоты, и идеально подходит для измерения посредством акустического датчика 130. Отводной канал 451 является единственным отверстием в мембранной камере 353, для которого звуковые сигналы распространяются во внешнее пространство, делая его идеально подходящим для размещения датчика, хотя альтернативное расположение микрофона или акустического датчика 130 в других местах на газовом регуляторе 350 или возле него также рассматривается. Дополнительно, как упоминалось ранее, также рассматривается соединение звуковым сигналом через воздух или непосредственно через механическую проводимость через материалы, составляющие газовый регулятор 350. С помощью надлежащих способов фильтрации и подавления шумов этот звуковой сигнал может быть выделен и установлен, чтобы отражать совокупный газовый поток, даже при наличии постороннего шума.

Рассмотрим фиг. 1-4, акустический датчик 130 может быть приспособлен принимать звуковые сигналы и преобразовывать звуковые сигналы в сигналы данных. В некоторых примерах акустический датчик 130 может быть всенаправленным микрофоном. В других примерах акустический датчик 130 может содержать по меньшей мере одно из следующего: электрический микрофон, пьезоэлектрический датчик, звукоэлектрический преобразователь, микроэлектромеханический датчик или ультразвуковой микрофон. В том же или других примерах акустический датчик 130 может иметь чувствительность 44 децибел (дБ) в частот-

ном диапазоне 100 Гц - 10 кГц. В некоторых вариантах осуществления акустический датчик с операционным усилителем с более высоким динамическим диапазоном может использоваться, чтобы создавать более линейную амплитудную характеристику. В других вариантах осуществления акустический датчик 130 механически соединяется с одним или несколькими компонентами газового регулятора 350 и собственное прямое соединение звуковых сигналов, производимых газовым регулятором 350, дает более высокое отношение сигнал-шум, чем другие варианты осуществления, включающие воздушный зазор между газовым регулятором 350 и акустическим датчиком или микрофоном 130.

Кроме того в различных вариантах осуществления устройство 100 обнаружения газа также может содержать второй акустический датчик (на фиг. 3 или 4 не показывается), который находится возле главного акустического датчика, но не рядом с каналом 451 газового регулятора 350. Этот второй акустический датчик может записывать фоновый шум и может использоваться для подавления помех. Подавление помех может значительно увеличить отношение сигнал-шум и позволяет устройству 100 обнаружения газа измерять чрезвычайно тихое шипение от газового регулятора 350.

Акустический датчик 130 может крепиться к небольшой печатной плате (ПП) 234. ПП 234 может содержать усилитель 131 (фиг. 1), чтобы в некоторых примерах усиливать сигналы данных. Усилитель 131 может быть приспособлен усиливать сигналы данных от акустического датчика 130 и передавать усиленные сигналы данных на регулятор 118 (фиг. 1).

ПП 234 крепится к опоре 132 датчика, которая может насаживаться на конец или близко к отводному каналу 451 газового регулятора 350. Опора 132 датчика может гарантировать то, что акустический датчик 130 закреплен, устойчив и центрирован прямо под отводном каналом 451, и, таким образом, может защищать акустический датчик 130 от ветра, дождя и пыли. Фиг. 3 и 4 представляют собой изображения сенсорного элемента 110, установленного на газовом регуляторе 350. В других примерах для соединения сенсорного элемента 110 с газовым регулятором 350 могут использоваться другие монтажные устройства. В примерах, показанных на фиг. 2-4, источник 117 питания (фиг. 1) соединяется с ПП234 проводами 233. В различных вариантах осуществления источник 117 питания может содержать одну или несколько батарей для обеспечения питанием остальной части сенсорного элемента 110. В другом варианте осуществления источник 117 питания также может содержать солнечную панель, чтобы перезаряжать одну или несколько батарей.

В некоторых примерах регулятор 118 (фиг. 1) может устанавливаться на ПП 234 и приспособливаться принимать сигналы данных от акустического датчика 130. В некоторых примерах регулятор 118 может управлять сенсорным элементом 110 и выполнять некоторую обработку сигналов данных (например, преобразование сигналов данных из аналоговых сигналов в цифровые сигналы с помощью А/Ц преобразователя 115) до передачи сигналов данных вычислительному элементу 120 через передатчик 116 (фиг. 1).

Рассмотрим снова фиг. 1, передатчик 116 может быть установлен на ПП234 и может быть электрически соединен с усилителем 131, акустическим датчиком 130 и/или регулятором 118. В некоторых примерах передатчик 116 передает сигналы данных на приемник 121 вычислительного элемента 120. В некоторых примерах передатчик 116 может быть беспроводным передатчиком, а приемник 121 может быть беспроводным приемником. В некоторых примерах электрические сигналы могут передаваться с помощью Wi-Fi (беспроводная сеть), беспроводного протокола IEEE 802.11 (Институт инженеров по электротехнике и радиоэлектронике) или беспроводному протоколу Bluetooth 3.0+HS (высокоскоростной). В других примерах могут использоваться беспроводные протоколы Zigbee (IEEE 802.15.4) или Z-Wave. В других примерах передатчик 116 может передавать электрические сигналы.

Вычислительный элемент 120 может быть приспособлен использовать сигналы данных от акустического датчика 130, чтобы определять потребление газа. В некоторых примерах вычислительный элемент 120 может быть приспособлен определять общее потребление газа домом или другим зданием. В том же или других примерах вычислительный элемент 120 приспособливается определять потребление газа одним или несколькими газовыми устройствами в доме или другом сооружении.

"Вычислительный элемент 120", как используется в данном документе, может относиться к одному компьютеру, одному серверу или кластеру или совокупности компьютеров и/или серверов. В некоторых примерах вычислительный элемент 120 может быть локальным для пользователя. В других примерах пользователь или устройство 100 обнаружения газа может получать доступ к вычислительному элементу 120 через сеть Интернет или другие сети.

В некоторых примерах вычислительный элемент 120 может быть домашним компьютером пользователя устройства 100 обнаружения газа или компьютером, принадлежащим хозяину сооружения, в котором установлено устройство 100 обнаружения газа. В других примерах первый сервер или компьютер (например, домашний компьютер) может содержать первую часть передатчика 121, модуль 126 памяти, обучающий модуль 123, модуль 124 обнаружения событий и модуль 125 связи. Один или несколько вторых серверов (например, компьютер или сервер, принадлежащий или управляемый производителем устройства 100 обнаружения газа или от его имени) может содержать вторую, возможно перекрывающуюся, часть этих модулей. В этих примерах вычислительный элемент 120 может содержать сочетание первого компьютера и одного или нескольких вторых серверов. В некоторых примерах модуль 126 памяти может

хранить информацию о взаимосвязи между конкретными сигналами данных (т.е. звуковыми сигналами) с потреблением газа конкретными устройствами.

Модуль 124 обнаружения событий может определять: (а) общее количество потребляемого газа и (b) конкретное устройство, использующее газ, и если в момент времени активным является более чем одно газовое устройство, - количество газа, потребляемого каждым устройством. В некоторых примерах модуль 124 обнаружения событий может использовать трехшаговый подход, чтобы преобразовывать сигналы данных от акустического датчика 130 в оценки потока газа и делать вывод об активности на уровне устройств. Во-первых, модуль 124 обнаружения событий может очищать наборы данных необработанных звуковых сигналов, полученные от сенсорного элемента 110, с помощью, например, преобразования Фурье и/или полосовой фильтрации. В некоторых примерах очищение может удалять сигналы, вызванные фоновым шумом. Во-вторых, модуль 124 обнаружения событий использует математическую модель взаимосвязи между интенсивностью звука и потоком газа, чтобы оценивать объем потребления газа. Наконец, модуль 124 обнаружения событий может рассчитывать объем потока газа и скорость изменения, которые используются для классификации устройства, потребляющего газ.

Обучающий модуль 123 может быть приспособлен устанавливать взаимосвязь конкретных звуковых сигналов с конкретными событиями в конкретных местах. Например, обучающий модуль 123 может быть приспособлен определять, что событие, представленное на фиг. 14, является использованием газовой плиты.

В некоторых примерах обучающий модуль 123 может быть приспособлен выполнять обучающую или настроенную последовательность, чтобы устанавливать взаимосвязь звуковых сигналов, обнаруженных акустическим датчиком 130, с конкретными событиями в конкретных местах. После выполнения настроенной последовательности обучающий модуль 123 может предоставлять обучающие данные о взаимосвязи модулю 124 обнаружения событий, так что модуль 124 обнаружения событий может устанавливать взаимосвязь звуковых сигналов, обнаруженных акустическим датчиком 130, с конкретными событиями перемещения в конкретных местах на основании обучающих данных о взаимосвязи. Обучающие или настроенные последовательности описываются в отношении работы 735 способа 700 на фиг. 7.

Модуль 125 связи может использоваться, чтобы передавать информацию одному или нескольким пользователям устройства 100 обнаружения газа и принимать информацию от них. Например, пользователь может использовать модуль 125 связи, чтобы вводить информацию во время обучающей или настроенной последовательности. Кроме того, модуль 125 связи может информировать пользователя, когда происходит событие потребления газа. В некоторых вариантах осуществления модуль 125 связи может использовать монитор 2006, клавиатуру 2004 и/или мышь 2010, представленные на фиг. 20.

Обращаясь к другому варианту осуществления фиг. 5 представляет собой изображение реализации сенсорного элемента 510 в элементе 500 иллюстративного газового регулятора, в соответствии со вторым вариантом осуществления. Элемент 500 газового регулятора является только иллюстративным и не ограничивается вариантами осуществления, представленными в данном документе. Элемент 500 газового регулятора может использоваться в различных вариантах осуществления или примерах, конкретно не изображенных или не описанных в данном документе.

В примере, показанном на фиг. 5, элемент 500 газового регулятора содержит: (а) газовый регулятор 550; (b) сенсорный элемент 510; и (с) вычислительный элемент 120 (фиг. 1). В этом примере сенсорный элемент 510 представляет собой одно целое с газовым регулятором 550 и/или является постоянно соединенным с ним.

Сенсорный элемент 510 может быть подобным сенсорному элементу 110, представленному на фиг. 1, и может содержать: (а) по меньшей мере один акустический датчик 530, приспособленный обнаруживать звуковые сигналы в газовом регуляторе 550 и преобразовывать звуковые сигналы в один или несколько первых сигналов данных; (b) по меньшей мере один усилитель 131 (фиг. 1), соединенный с выходом акустического датчика 530; (с) по меньшей мере один регулятор 118 (фиг. 1); (d) источник 117 питания (фиг. 1); (е) передатчик 116 (фиг. 1), электрически соединенный с акустическим датчиком 530; и (f) опору 559 датчика.

Газовый регулятор 550 может содержать: (а) мембранную камеру 353; (b) блок 454 управления регулятора; (с) вход 455 для газа; (d) клапан 456 газового потока; (е) выход 457 для газа; (f) дыхательный клапан или предохранительный клапан 452; и (g) отводной канал 551.

В этом примере акустический датчик 530 может соединяться с и располагаться внутри отводного канала 551. Передатчик 116, источник 117 питания и усилитель 131 могут располагаться на опоре 559 датчика, соединенной с газовым регулятором 550. В других примерах акустический датчик 530 может располагаться по меньшей мере в одном из мембранной камеры 353, выхода 457 для газа или входа 455 для газа.

Фиг. 6 представляет собой блок-схему для варианта осуществления способа 600 предоставления газового датчика в соответствии с одним вариантом осуществления. Способ 600 является только примером и не ограничивается вариантами осуществления, представленными в данном документе. Способ 600 может использоваться во многих различных вариантах осуществления или примерах, конкретно не пока-

занных или не описанных в данном документе. В некоторых вариантах осуществления действия, процедуры и/или процессы способа 600 могут выполняться в представленном порядке. В других вариантах осуществления действия, процедуры и/или процессы способа 600 могут выполняться в любом другом подходящем порядке. В других вариантах осуществления одно или несколько из действий, процедур и/или процессов в способе 600 могут сочетаться или опускаться.

Рассмотрим фиг. 6, способ 600 включает действие 610 предоставления по меньшей мере одного акустического датчика. В некоторых вариантах осуществления акустический датчик может быть приспособлен обнаруживать звуковые сигналы в газовом регуляторе и преобразовывать звуковые сигналы в один или несколько первых сигналов данных. Например, по меньшей мере один акустический датчик может быть подобным или идентичным акустическому датчику 130 или 530, которые соответственно представлены на фиг. 1 и 5. В том же или других примерах действие 610 может содержать предоставление второго акустического датчика. Второй акустический датчик может располагаться вне газового регулятора, и звуковые сигналы, обнаруженные вторым акустическим датчиком, могут использоваться для подавления шума.

Способ 600, представленный на фиг. 6, продолжается действием 615 предоставления передатчика. В некоторых вариантах осуществления передатчик может быть приспособлен передавать один или несколько первых сигналов данных. Например, передатчик может быть подобным или идентичным передатчику 116, представленному на фиг. 1.

Затем способ 600, представленный на фиг. 6, включает действие 620 предоставления регулятора. Например, регулятор может быть подобным или идентичным регулятору 118, представленному на фиг. 1.

Затем способ 600, представленный на фиг. 6, включает действие 625 электрического соединения передатчика, по меньшей мере одного акустического датчика и регулятора. Например, электрическое соединение передатчика, по меньшей мере одного акустического датчика и регулятора может быть подобным или идентичным электрическому соединению передатчика 116, акустического датчика 130 и регулятора 118, как показано на фиг. 1.

Способ 600, представленный на фиг. 6, продолжается действием 630 предоставления опоры датчика. В некоторых вариантах осуществления опора датчика может быть приспособлена соединиться с газовым регулятором. Например, опора датчика может быть приспособлена соединиться с каналом сброса давления газового регулятора. Опора датчика может быть подобной или идентичной опоре 132 датчика, представленной на фиг. 1, и/или опоре 559 датчика, представленной на фиг. 5.

Впоследствии способ 600, представленный на фиг. 6, включает действие 635 механического соединения по меньшей мере одного акустического датчика, регулятора и передатчика с опорой датчика. Механическое соединение по меньшей мере одного акустического датчика, регулятора и передатчика с опорой датчика может быть подобным или идентичным механическому соединению акустического датчика 130, регулятора 118 и передатчика 116 с опорой 132 датчика, как показано на фиг. 2 и 3.

Затем способ 600, представленный на фиг. 6, включает действие 640 предоставления вычислительного элемента. В некоторых вариантах осуществления вычислительный элемент может быть приспособлен обнаруживать потребление газа одним или несколькими газовыми устройствами с помощью одного или нескольких первых сигналов данных. Например, вычислительный элемент может быть подобным или идентичным вычислительному элементу 120, представленному на фиг. 1.

В некоторых примерах действие 640 может содержать предоставление вычислительного элемента, который должен содержать: (а) модуль обнаружения событий, приспособленный использовать два или более первых сигнала данных, чтобы определять потребление газа одним или несколькими газовыми устройствами; (б) приемник, приспособленный принимать один или несколько первых сигналов данных от передатчика; (с) обучающий модуль, приспособленный определять взаимосвязь между одним или несколькими первыми сигналами данных и потреблением газа одним или несколькими газовыми устройствами; и (д) модуль связи, приспособленный осуществлять связь с пользователем. Например, модуль обнаружения событий, приемник, обучающий модуль, модуль связи могут быть подобными или идентичными модулю 124 обнаружения событий, приемнику 121, обучающему модулю 123 и модулю 125 связи, соответственно, представленным на фиг. 1.

Фиг. 7 представляет собой блок-схему для варианта осуществления способа 700 обнаружения потребления газа в здании одним или несколькими газовыми устройствами, в соответствии с одним вариантом осуществления. Способ 700 является лишь примером и не ограничивается вариантами осуществления, представленными в данном документе. Способ 700 может использоваться во многих различных вариантах осуществления или примерах, конкретно не показанных или не описанных в данном документе. В некоторых вариантах осуществления действия процедуры и/или процессы способа 700 могут выполняться в представленном порядке. В других вариантах осуществления действия процедуры и/или процессы способа 700 могут выполняться в любом другом подходящем порядке. В других вариантах осуществления одно или несколько из действий, процедур и/или процессов в способе 700 могут сочетаться или опускаться.

Рассмотрим фиг. 7, способ 700 может содержать действие 710 соединения по меньшей мере одного

акустического датчика с газовым регулятором здания. Источник газа (или природного, или пропана) для здания может иметь газовый регулятор, чтобы регулировать давление газа, входящего в здание. В некоторых примерах по меньшей мере один акустический датчик может соединяться с каналом сброса давления газового регулятора.

Например, по меньшей мере один акустический датчик может быть подобным или идентичным акустическому датчику 130 или 530, представленному на фиг. 1 и 5, соответственно. Газовый регулятор и канал сброса давления могут быть подобны или идентичны газовому регулятору 350 и каналу 451 сброса давления, представленным на фиг. 3 и 4, соответственно. Соединение по меньшей мере одного акустического датчика с газовым регулятором может быть подобным или идентичным соединению акустического датчика 130 с газовым регулятором 350, как показано на фиг. 3 и 4, или соединению акустического датчика 530 с газовым регулятором 550, как показано на фиг. 5. В некоторых примерах по меньшей мере один акустический датчик может соединяться с газовым регулятором с помощью опоры датчика (например, опоры 132 датчика, представленной на фиг. 1-4, или опоры 559 датчика, представленной на фиг. 5).

Впоследствии способ 700, представленный на фиг. 7, включает действие 715 приема одного или нескольких первых звуковых сигналов по меньшей мере одним акустическим датчиком и преобразование одного или нескольких первых звуковых сигналов в один или несколько первых электрических сигналов.

Затем способ 700, представленный на фиг. 7, включает действие 720 усиления одного или нескольких первых электрических сигналов. В некоторых примерах один или несколько первых электрических сигналов может усиливаться с помощью операционного усилителя. Например, операционный усилитель может быть подобным или идентичным усилителю 131, представленному на фиг. 1.

Кроме того, в некоторых примерах один или несколько первых электрических сигналов может преобразовываться из аналогового в цифровой сигнал А/Ц преобразователем (например, А/Ц преобразователем 115) перед действием 725.

Способ 700, представленный на фиг. 7, продолжается действием 725 передачи одного или нескольких первых электрических сигналов. В некоторых вариантах осуществления один или несколько первых электрических сигналов передаются с помощью передатчика. Например, передатчик может быть подобным или идентичным передатчику 116, представленному на фиг. 1. В некоторых примерах передатчик может быть беспроводным передатчиком.

Впоследствии способ 700, представленный на фиг. 7, включает действие 730 приема одного или нескольких первых электрических сигналов. В некоторых вариантах осуществления один или несколько первых электрических сигналов может быть принят с помощью приемника. Например, приемник может быть подобным или идентичным приемнику 121, представленному на фиг. 1. В некоторых примерах приемник может быть беспроводным приемником.

Затем способ 700, представленный на фиг. 7, включает действие 735 использования одного или нескольких первых электрических сигналов, чтобы устанавливать взаимосвязь одного или нескольких первых звуковых сигналов с потреблением газа конкретным газовым устройством. В некоторых примерах обучающий модуль 123 (фиг. 1) вычислительного элемента 120 (фиг. 1) может выполнять процесс обучения или калибровки с пользователем.

Фиг. 8 представляет собой блок-схему действия 735 использования одного или нескольких первых электрических сигналов для обучения вычислительного элемента устанавливать взаимосвязь одного или нескольких первых звуковых сигналов с потреблением газа конкретным устройством из одного или нескольких газовых устройств в соответствии с одним вариантом осуществления.

Первая процедура в действии 735, представленная на фиг. 8, представляет собой процедуру 811 подготовки одного или нескольких первых сигналов данных для анализа. В некоторых примерах модуль 124 обнаружения событий может очищать первые сигналы данных. Первые сигналы данных могут быть необработанными звуковыми файлами, которые нуждаются в очистке до того, как можно будет извлечь информацию о потреблении газа.

Например, первые сигналы данных могут быть несжатыми записями в формате WAV (Waveform Audio File Format). Несжатые записи в формате WAV регулятора давления могут быть сгруппированы в непересекающиеся временные окна, где каждое окно содержит одну секунду данных. Используя эти окна длительностью в секунду, модуль 124 обнаружения событий может вычислять кратковременное преобразование Фурье (т.е. спектрограмму) звукового сигнала. Фиг. 9 представляет собой получающуюся в результате спектрограмму 900, в децибелах, как функцию времени и частоты (кратковременное преобразование Фурье интенсивности сигнала от времени и частоты). Следует обратить внимание, что звуковой сигнал 961 в основном занимает конкретную частоту в спектрограмме (на фиг. 9 звуковой сигнал возникает при 7,5 кГц). Частота резонанса может меняться от регулятора к регулятору, но в целом резонансная частота остается в диапазоне 5-9 кГц.

Как и все подходы, основанные на акустических датчиках, звуковой сигнал восприимчив к фоновому шуму. К счастью, большинство этих шумов (например, шаги, ветер, газонокосилки) являются низкочастотным шумом (ниже 4 кГц), как шум от ветра, самолета и автомобиля, отмеченные на фиг. 9. Когда шум проникает в диапазон 5-9 кГц, он часто имеет широкополосную частотную сигнатуру, которая по-

звонит легко его идентифицировать. В частности, если средняя энергия вне диапазона 5-9 кГц больше, чем одна десятая энергии на резонансной частоте, модуль 124 обнаружения событий может отвергать данные в это время и заменять их средними значениями из двух секунд до и двух секунд после шумового события (см. фиг. 10). График на фиг. 10 иллюстрирует фильтрацию широкополосного шума данных потока для нагревателя воды Н8. На фиг. 10 показан необработанный звуковой сигнал с обнаружением широкополосного шума. Затемненные области отфильтрованы фильтром широкополосного шума.

После удаления шума окружающей среды из спектрограммы модуль 124 обнаружения событий может находить резонансную частоту, беря максимальный резонанс в диапазоне 5-9 кГц. Модуль 124 обнаружения событий может извлекать величины резонансной частоты в течение времени, чтобы формировать вектор временного ряда значений (время, интенсивность резонансной частоты), который непосредственно взаимосвязан с потоком (см. фиг. 10 и 11). Этот вектор затем сглаживается с помощью фильтра скользящей средней длиной в пять секунд. График на фиг. 11 иллюстрирует обнаружение событий для нагревателя воды Н8. Затемненные области на графике идентифицированы детектором событий (детектором изменения шага).

Впоследствии действие 735, представленное на фиг. 8, включает процедуру 812 определения величины потока газа. В некоторых примерах для оценки объема используемого газа может использоваться линейная связь между звуковой интенсивностью и потоком газа. В других примерах для оценки объема используемого газа используется нелинейная математическая модель.

Как описано выше, в некоторых случаях интенсивность звука газа, проходящего через клапан регулятора давления, связан с потоком линейно. Фиг. 12 представляет собой график 1200 зависимости скорости потока от интенсивности звукового сигнала по данным из иллюстративной процедуры калибровки иллюстративного устройства обнаружения газа в иллюстративном сооружении в соответствии с одним вариантом осуществления. На Фиг. 12 фактически показано сравнение способов калибровки потока, а именно две линейные кривые, полученные из калибровки с использованием газового счетчика и оценок устройств в качестве контрольных данных. Сплошной линией показана линейная кривая для показаний газового счетчика, а пунктирной линией - линейная кривая для оценки устройств. Следует обратить внимание, что из-за проблем со сбором данных наблюдений этот график не идеально линейен, в частности, для значений низкого потока. По этой причине для оценки объема потребляемого газа может применяться нелинейная математическая модель.

Кроме того, поскольку часто имеется линейная связь между интенсивностью звукового сигнала и потоком газа, общая интенсивность звукового сигнала составного события может рассматриваться как сумма его отдельно собранных частей интенсивности звуковых сигналов. Эта связь подобна той, что общий поток газа должен быть суммой отдельных потоков от каждого устройства. Для проверки этой связи набор отдельно собранных (однособытийных) данных можно сравнить с набором данных составного события. Фиг. 13 представляет собой график 1300, показывающий линейность интенсивности звукового сигнала данных (интенсивности звука) для Н4 из иллюстративной процедуры калибровки иллюстративного устройства обнаружения газа в иллюстративном сооружении в соответствии с одним вариантом осуществления. То есть, фиг. 13 показывает связь между ожидаемой величиной на основании суммирования интенсивностей отдельных устройств с интенсивностью измеренного звукового сигнала и для отдельных событий, и для составного события в тестовом наборе данных. Следует обратить внимание, что точки лежат на единой наклонной прямой, что значит, что связь между интенсивностью звука и скоростью потока газа является линейной. Фактически на фиг. 13 показана линейная кривая, полученная построением зависимости наблюдаемых увеличений шага от ожидаемых увеличений в звуковом сигнале. Легкая нелинейность при высоких скоростях потока газа может быть отнесена к искажению операционного усилителя сигналов с очень высокой амплитудой, что можно компенсировать использованием модуля 124 обнаружения событий (фиг. 1).

Поскольку связь между интенсивностью и потоком линейна, модуль 124 обнаружения событий может использовать простую линейную регрессию, чтобы отображать относительный поток (т.е. интенсивность) газа к абсолютной скорости потока газа, измеренной в сотнях кубических футов (CCF или 100 кубических футов) или термах. Регрессия требует, чтобы устройство 100 обнаружения газа имело или две точки на графике зависимости потока от интенсивности, или только одну точку, и предполагает, что источник (уровень фонового шума) является частью набора данных. Таким образом, устройство 100 обнаружения газа может быть откалибровано от двух устройств с различными скоростями потока или от одного устройства с переменной скоростью потока. Разумеется, предоставление дополнительных точек данных от дополнительных устройств может улучшить регрессию и, следовательно, оценку газового потока. Чтобы предоставить данные, необходимые для связи относительного потока, предполагаемого устройством 100 обнаружения газа, с абсолютным потреблением (таким как в CCF или термах), можно использовать три способа калибровки.

Первый способ включает считывание потребления газа с газовых счетчиков строений и ввод этих данных с помощью модуля 125 связи (фиг. 1). Второй включает считывание скоростей потока на определенных устройствах, таких как нагреватель воды или котел парового отопления, и ввод этих данных с помощью модуля 125 связи (фиг. 1). Национальный стандарт, как правило, требует, чтобы крупные уст-

ройства показывали свое потребление газа. Этот способ особо полезен для домов, которые используют пропан, поскольку они, как правило, не оснащаются газовым счетчиком.

Третий, менее интенсивный способ, состоит в том, чтобы использовать измерения, которые сообщаются в счете за газ. Поскольку устройство 100 обнаружения газа может записывать длительность потребления газа и его относительный поток, обучающий модуль 123 и/или модуль 124 обнаружения событий может рассчитывать общий объем газа, использованного в течение периода времени. Таким образом, первый счет за газ (или даже набор нечастых измерений из газового счетчика) может быть использован, чтобы откалибровать устройство 100 обнаружения газа на абсолютные единицы потока. Владелец дома должен будет ввести только даты потребления и совокупное потребление газа. Хотя многие газовые коммунальные предприятия в США выставляют счета за потребление газа в единицах энергии (обычно в термах), многие счета за газ также сообщают общий объем газа, измеренный счетчиком (обычно, в CCF), что позволяет использовать эту разновидность способа калибровки.

Впоследствии, действие 735, представленное на фиг. 8, включает процедуру 813 связывания конкретных газовых устройств с конкретными событиями потребления газа. В некоторых примерах обучающий модуль 123 (фиг. 1) может выполнять процесс обучения или калибровки с пользователем, чтобы создать эту связь.

Рассмотрим снова фиг. 1, в различных вариантах осуществления процесс калибровки может содержать процесс обозначения, в котором пользователь устройства 100 обнаружения газа помогает соотносить звуковые сигналы с конкретными газовыми событиями. В некоторых вариантах осуществления обучающая последовательность подразумевает, что пользователь устройства 100 обнаружения газа включает и выключает каждое газовое устройство в доме или здании, в то время как обучающий модуль 123 работает и записывает звуковые сигналы в газовом регуляторе.

Чтобы идентифицировать события потребления газа, обучающий модуль 123 (или модуль 124 обнаружения событий) может использовать пошаговый детектор скользящего окна, который непрерывно следит за изменениями величины интенсивности резонансной частоты (см., например, фиг. 11 или 14). Обучающий модуль 123 (или модуль 124 обнаружения событий) может использовать в качестве входа сглаженный вектор резонансной частоты. Пошаговый детектор запускается, когда он встречает монотонно увеличивающийся или уменьшающийся сигнал со скоростью изменения, которая больше, чем выученный или предопределенный порог.

В некоторых примерах выученный порог устанавливается относительно большим значением и уменьшается с малым шагом. На каждом шаге обучающий модуль 123 (или модуль 124 обнаружения событий) может сегментировать случайное подмножество событий, которые встречаются по отдельности. Если рассчитывается верное число событий, порог принимается. Если же нет, порог уменьшается и процесс повторяется. Например, если подмножество содержит четыре события, должно быть сегментировано четыре увеличения шага и четыре уменьшения шага. Обучающий модуль 123 (или модуль 124 обнаружения событий) может равномерно уменьшать порог обнаружения, пока наблюдается эта картина. Таким образом, выученный порог устанавливается с минимальным наблюдением.

После циклического включения-выключения каждого газового устройства пользователь может обозначить каждое газовое событие, обнаруженное обучающим модулем 123, с помощью модуля 125 связи. Например, если пользователь: (1) включает и выключает газовый камин; и (2) включает и выключает каждую из четырех горелок на плите, первые два газовых события, обнаруженные устройством 100 обнаружения газа, могут быть обозначены как включение и выключение газового камина, а следующие восемь газовых событий могут быть обозначены как включение и выключение каждой из четырех горелок газовой плиты. Аналогично, пользователь может циклично содержать и выключать газ на всех газовых устройствах в доме или здании и выполнять подобную процедуру по обозначению.

В других примерах модуль 125 связи может содержать: часть, которая может работать на мобильном электрическом устройстве (например, устройстве iPhone® от корпорации Apple Computers, Inc., Купертино, Калифорния), которое позволяет пользователю отмечать временной меткой, когда происходит конкретное газовое событие. В этих примерах пользователь может циклично включать и выключать газ на всех газовых устройствах в доме или здании, одновременно имея при себе электрическое устройство, на котором работает часть модуля 125 связи. Пользователь может использовать модуль 125 связи, чтобы отмечать, когда происходит газовое событие. Например, пока обучающий модуль 123 работает и записывает газовые события, пользователь может включить газовый нагреватель бассейна и нажать кнопку на мобильном электрическом устройстве, что заставляет электрическое устройство записать описание газового события и время, когда это событие произошло.

Обучающий модуль 123 может устанавливать соотношение данных, записанных мобильным электрическим устройством, и звукового сигнала, записанного акустическим датчиком 130. В некоторых примерах мобильное электрическое устройство может сразу же передавать данные (например, в реальном времени) на вычислительный элемент 120, а в других случаях данные могут передаваться на вычислительный элемент 120 после завершения процесса обучения (например, в пакетном режиме).

В других примерах пользователь может циклично включать и выключать газ на всех газовых устройствах в доме или здании, и обучающий модуль 123 может получать доступ к акустическим сигналам

рам газовых устройств, хранящимся в модуле 126 памяти, и автоматически связывать газовые события с акустическими сигнатурами конкретных газовых устройств. В различных вариантах осуществления пользователь может вводить информацию о газовом устройстве в здании (например, производитель, номер модуля и/или серийный номер), чтобы помочь обучающему модулю 123 связывать газовые события с акустическими сигнатурами устройств в доме. То есть, обучающий модуль 123 может сравнивать звуковые сигналы, обнаруженные акустическим датчиком 130, с хранящимися акустическими сигнатурами газовых устройств в здании, чтобы связывать газовые события с конкретными газовыми устройствами. В некоторых примерах акустические сигнатуры газового устройства могут предоставляться третьей стороной (например, производителем устройства 100 обнаружения газа).

Вычислительный элемент 120 может сохранять результаты процесса связывания или калибровки в модуле 126 памяти. Эта информация может позже использоваться, чтобы связывать один или несколько акустических сигналов с потреблением газа конкретным газовым устройством. После завершения связывания конкретных газовых устройств с конкретными событиями потребления газа действие 735, представленное на фиг. 8, завершается.

Рассмотрим снова фиг. 7, способ 700 продолжается действием 740 приема одного или нескольких вторых звуковых сигналов по меньшей мере одним акустическим датчиком и преобразования одного или нескольких вторых звуковых сигналов в один или несколько вторых электрических сигналов. Действие 740 может быть подобным или идентичным действию 715.

Впоследствии способ 700, представленный на фиг. 7, включает действие 745 усиления одного или нескольких вторых электрических сигналов. Действие 745 может быть подобным или идентичным действию 720.

Затем способ 700, представленный на фиг. 7, включает действие 750 передачи одного или нескольких вторых электрических сигналов. Действие 750 может быть подобным или идентичным действию 725.

Способ 700, представленный на фиг. 7, продолжается действием 755 приема одного или нескольких вторых электрических сигналов. Действие 755 может быть подобным или идентичным действию 730.

Впоследствии способ 700, представленный на фиг. 7, включает действие 760 связывания одного или нескольких вторых звуковых сигналов с потреблением газа по меньшей мере одним конкретным устройством. В некоторых примерах действие 760 может рассматриваться как устанавливающее соответствие второго потока газа с потреблением газа по меньшей мере одним конкретным устройством.

Чтобы идентифицировать события потребления газа, модуль 124 обнаружения событий (фиг. 1) может применять пошаговый детектор скользящего окна, который непрерывно следит за изменениями величины интенсивности резонансной частоты звукового сигнала от акустического датчика 130 (фиг. 1). Модуль 124 обнаружения событий (фиг. 1) использует вектор сглаженной резонансной частоты в качестве входа для алгоритма идентификации устройства. Модуль 124 обнаружения событий (фиг. 1) указывает на возникновение шага, когда он встречает монотонно увеличивающийся или уменьшающийся сигнал со скоростью изменения, которая больше, чем выученный порог. Порог для шага определяется для каждого сооружения во время процесса калибровки (т.е., в процедуре 813, представленной на фиг. 8). Например, фиг. 10 и 11 включают несколько подсвеченных областей, идентифицированных как шаг.

После того как модуль 124 обнаружения событий определяет изменение шага в звуковом сигнале от акустического датчика 130 (фиг. 1), модуль 124 обнаружения событий может извлечь из сигнала три признака: (1) относительную величину изменения шага; (2) наклон изменения потока; и (3) время нарастания или падения неизвестного события. Первый признак (размер шага) предоставляет оценку объема газа, потребляемого устройством. Этот признак полезен при различии устройств, которые имеют фиксированные скорости потока (например, нагреватель воды обычно использует меньше газа, чем котел парового отопления). Размер шага также полезен при различии устройств, которые имеют переменный поток (например, плита или камин), поскольку эти системы спроектированы быть включенными при максимальном потоке во время активации, обеспечивая надежное увеличение шага. Второй и третий признаки (наклон шага и время нарастания) полезны, поскольку устройства, включаемые электромеханическим способом, имеют очень крутые рабочие наклоны, по сравнению с устройствами, которые управляются людьми или вручную.

Векторы признаков генерируются для каждого сегментированного события и затем могут использоваться, чтобы строить модель к ближайших соседей (KNN). KNN модель может использоваться, чтобы автоматически определять источник газовых событий. Модуль 124 обнаружения событий может применять модель KNN ($k=3$) с метрикой евклидова расстояния и обратным взвешиванием, которая хорошо подходит для вектора признаков такого типа, поскольку малое расстояние в N-мерном пространстве соответствует газовым событиям, имеющим сходный поток и наклон.

Фиг. 14 и 15 представляют собой графики зависимости скорости потока от времени во время иллюстративного введения в эксплуатацию иллюстративного устройства обнаружения газа в соответствии с одним вариантом осуществления. Например, фиг. 14 представляет собой график 1400 зависимости скорости потока (полученной калиброванным устройством во время типичной тестовой эксплуатации) от времени для плиты во время использования иллюстративной газовой плиты H8. Фиг. 15 представляет

собой график 1500 зависимости скорости потока (полученной калиброванным устройством во время типичной тестовой эксплуатации) от времени во время иллюстративного составного события Н4. То есть, фиг. 15 представляет собой пример, когда включается газовый камин, включается газовая плита, включается газовый котел парового отопления, включается газовый нагреватель воды, а затем каждое из этих устройств последовательно выключается.

В некоторых примерах модуль 124 обнаружения событий может использовать дополнительный признак звукового сигнала, чтобы идентифицировать, например, котлы парового отопления и нагреватели воды. Котлы парового отопления и нагреватели воды создают низкочастотный сигнал или "удар" от их модулей зажигания, когда открывается и закрывается клапан (см. фиг. 16). Пример низкочастотного удара, вызванного зажиганием модуля в газовом котле парового отопления показан на фиг. 16. На фиг. 16 низкочастотный удар проиллюстрирован кратковременным распределением Фурье интенсивности по времени и частота для котла парового отопления Н1. Котлы парового отопления и нагреватели воды обладают соленоидными клапанами с двумя состояниями, чтобы механически управлять потоком газа, которые создают характерный удар, когда соленоид резко переводит клапан на место. Этот удар легко улавливается с помощью акустического датчика 130 (фиг. 1) и существенно отличается от устройства к устройству, что можно использовать, чтобы помочь различать похожие газовые события.

К сожалению, акустический датчик 130 также воспринимает по существу низкочастотный шум от людей, которые ходят вне дома, проезжающих мимо автомобилей или других источников из окружающей среды. Это делает извлечение признаков на этих уровнях частот потенциально ненадежным. Аппаратное обеспечение и процедуры подавления шумов могут помочь смягчить эту проблему. Однако вместо того, чтобы непрерывно отслеживать более низкие частоты в поисках признаков, модуль 124 обнаружения событий может использовать низкочастотный анализ, чтобы различать устройства, которые нельзя надежно различить основываясь только на потоке. Например, признак низкочастотного удара мог бы помочь отличить котел парового отопления от газового камина, которые иногда принимались друг за друга в некоторых из тестов устройства 100 обнаружения газа.

Наконец, способ 700, представленный на фиг. 7, включает действие 765 отображения потребления газа пользователю. В некоторых примерах модуль 125 связи может отображать данные о потреблении газа пользователю. Данные могут отображаться в разнообразных формах. В некоторых вариантах осуществления потребление газа каждым из газовых устройств в сооружении за конкретный период времени может быть представлено пользователю в форме диаграммы или графика. Например, пользователю может быть представлен график, подобный показанным на фиг. 14 или 15, показывающий потребление газа одним или несколькими газовыми устройствами с течением времени. В некотором варианте осуществления потребление газа может отображаться в реальном времени.

Результаты тестирования устройства 100 обнаружения газа приводятся в данном документе. Чтобы оценить точность устройства 100 обнаружения газа, по девяти домам и пяти типам отдельных устройств (котел парового отопления, нагреватель воды, плита, камин и нагреватель бассейна) был собран общий набор данных с 496 газовыми событиями. Из 496 газовых событий 175 были собраны по отдельности, а 321 были записаны совместно. Результаты этих тестов показывают, что устройство 100 обнаружения газа может надежно обнаруживать и классифицировать отдельные устройства со общей средней точностью, которая составляет 95,1%.

Данные были собраны и помечены в девяти различных домах различного размера и возраста из четырех городов (см. таблице 1 на фиг. 17). Таблица 1 на фиг. 17 содержит демографические данные для домов, использованные при сборе данных для эксперимента и их доступные тестируемые устройства. Каждый дом содержал различный уровень фонового шума, в зависимости от местности (близости к автостраде, интенсивности движения пешеходов, и т.п.). В каждом доме были протестированы все газовые устройства, включая котел парового отопления, нагреватель воды, плиту, камин (как с ручными, так и с электрическими пускателями) и нагреватель бассейна. Хотя акцент делался на устройствах, использующих природный газ, устройство 100 обнаружения газа также было опробовано в одном доме, который использовал пропан (т.е. Н5 в таблице 1 на фиг. 17). Для каждого набора данных обучающая процедура выполнялась, когда отмечалась метка времени включения и выключения устройства. Эти данные служили отметками контрольных данных для оценки этого подхода.

Все данные были собраны и первоначально обработаны с помощью звуковой карты эксплуатационных ноутбуков. Звуковой сигнал был дискретизирован при 22050 образцах в секунду, обеспечивая частотный анализ на всем частотном диапазоне акустического датчика. Необработанные данные были записаны в несжатый WAV файл с использованием 16-битного целого для представления каждого образца.

Для того, чтобы гарантировать, что данные были согласующимися во всех местах эксплуатации, выполнялась предопределенная экспериментальная процедура. Для каждого дома датчик крепился к отводному каналу на газовом регуляторе, как показано на фиг. 3 и 4. Каждое газовое устройство отдельно включалось минимум на 15 секунд, а затем выключалось. Этот процесс для каждого устройства повторялся по меньшей мере трижды. Эта процедура обеспечила получение достоверного набора данных, где каждое устройство было единственным газовым устройством во всем доме.

Многие газовые устройства не предоставляют механизма для управления величиной газового пото-

ка: устройство просто включено или выключено (котлы парового отопления, нагреватели воды, сушилки и некоторые камины). Для всех устройств, для которых потоком можно управлять, устройство медленно регулировалось через каждый уровень потока, чтобы зафиксировать эффект устройств с изменяющейся скоростью. Например, для газовых плит, изобретатели регулировали одну горелку от максимального до минимального потока и снова обратно (фиг. 14).

В задачу к тестированию каждого устройства по отдельности, данные собирались с привлечением более реалистичных сценариев, в которых одновременно в эксплуатации находилось более одного газового устройства (например, изобретатели включали котел парового отопления, нагреватель воды и плиту). Эти составные события вполне вероятно могут обычно происходить в любом доме и, таким образом, требуют особого внимания. Чтобы моделировать составные события, несколько газовых устройств включались на 15 с, до четырех устройств одновременно. Фиг. 15 показывает данные, собранные во время тестирования составного события.

Информация о скорости потока также была собрана для газовых устройств как с автоматическим управлением (котел парового отопления и нагреватель воды), так и с ручным управлением (плита и камин). Для сбора контрольных данных газового потока использовались два способа - счетчик природного газа и ярлыки/инструкции газовых устройств, ни один из которых, к сожалению, не предоставил совершенно точных контрольных данных. Хотя счетчики природного газа на самом деле предоставляют измерения потока газа, они не предназначены отображать точные данные о секундном потоке. Даже когда газ проходит с постоянной скоростью, шкала счетчика газа обычно останавливается, а затем позже быстро совершает практически полный поворот. Чтобы смягчить эти эффекты, данные измерений потока собирались в течение более продолжительных периодов - обычно четырех минут или более, что соответствует по меньшей мере двум кубическим футам газа - и результаты усреднялись для получения скорости потока. Этот способ использовался во всех домах кроме Н5, в котором использовался неизмеряемый пропан.

В качестве альтернативы газовому счетчику для контрольных данных использовалась информация о потреблении, указанная на газовом устройстве (или в его инструкции). Самые крупные устройства непосредственно снабжены информацией о потребляемой мощности (обычно в БТЕ/ч). Использование этого способа предоставляет оценки потребления газа для отдельных устройств. Однако потребление мощности, полученное из документации устройства, не может просто переводиться в скорость потока газа, поскольку этот перевод изменяется с температурой, давлением и влажностью. Следовательно, этот способ калибровки может дать лишь грубые оценки потребления. Для домов, в которых нет счетчика (например, дома с газом-пропаном), этот способ может быть единственным способом оценивать поток. Для этого анализа этот способ был использован в Н5, единственном жилом помещении, использующем неизмеряемый пропан.

Чтобы оценить точность алгоритма обнаружения событий (т.е. действия 760, представленного на фиг. 7), каждое событие газового устройства в наборе данных (включая как простые, так и составные события) повторялось. Выход алгоритма обнаружения событий был сравнен с обозначениями, созданными для каждого события человеком. Устройство 100 обнаружения газа смогло верно обнаружить 98,22% (второй столбец в таблице 2 на фиг. 18) всех газовых событий, даже при наличии существенного внешнего шума. Таблица 2 на фиг. 18 содержит общие характеристики обнаружения событий и классификации в разрезе домов. Например, машины для удаления листьев, проезжающие автомобили и речь присутствовали во многих наборах данных, но не были причиной каких-либо сбоя. По сути все дома, за исключением Н5, имели 100% точность. Н5, однако, представляет собой особый случай: это единственный дом в наборе данных, который использовал пропан, а не природный газ, поставляемый коммунальным предприятием. В отличие от счетчиков природного газа, которые полагаются на один регулятор давления, чтобы стабилизировать входящий газ, дома с пропаном используют два регулятора (по причинам безопасности и эффективности). Поскольку эти два регулятора не регулируют давление пропорционально, величину потока газа путем отслеживания только одного регулятора точно определить нельзя. Например, события газовой плиты были полностью пропущены в четырех отдельных испытаниях.

Когда газовое событие обнаружено и выделено, модуль 124 обнаружения событий (фиг. 1) идентифицирует источник события. Чтобы проверить точность алгоритма классификации устройств, 10-проходной эксперимент с перекрестной проверкой был проведен по каждому обнаруженному газовому событию для каждого дома. Третий столбец в таблице 2 на фиг. 18 показывает результаты этого эксперимента. Совокупная точность по всем домам составила 95,1%, и дом с самым плохим показателем, Н5, был по точности все же выше 85%. И снова проблема с Н5 заключалась в интенсивности звукового сигнала при отслеживании только одного из двух газовых регуляторов пропана.

После дальнейшего анализа было найдено, что в 75% случаев нагреватель воды был неверно классифицирован как котел парового отопления. Как обсуждалось ранее, имеется характерный низкочастотный сигнал или "удар", который может использоваться для проведения различия между событиями котла парового отопления и нагревателя воды и улучшения точности классификации этих двух устройств.

Следует обратить внимание, что данные обозначались в соответствии с отдельными устройствами, а не с типом устройства. Это позволило проверить, может ли устройство 100 обнаружения газа автома-

тически различать устройства одного и того же типа, имеющие однако различное положение в доме. Например, набор данных H2 содержал два разных камина, которые были верно классифицированы как таковые со 100% точностью.

10-проходная перекрестная проверка показывает, что конкретный классификатор, основанный на KNN, работал хорошо над верной классификацией газовых событий вплоть до устройства-источника. Однако, в настоящих сценариях установки в реальной обстановке обучающие данные, вероятно, будут меньше. То есть, владелец дома вероятно захочет предоставить только один пример использования каждого устройства. Чтобы проверить этот вид сценария, одно или два отдельных газовых события для каждого устройства были использованы для обучения, а остальной набор данных был использован в качестве экспериментальных данных. Эти результаты представлены в дальнем правом столбце таблицы 2 на фиг. 18 и в последних двух столбцах в таблице 3 на фиг. 19. Таблица 3 на фиг. 19 содержит общие характеристики обнаружения событий и классификации в разрезе приборов.

Низкая точность восприятия в H9 в этом эксперименте является результатом введения нелинейности в определяемый сигнал, которая повлияла как на H8, так и на H9. Смоделированная в наборе данных нелинейность сделала невозможным нахождение подмножества калибровки, которое эффективно представляло бы все собранные данные. В результате увеличения шага во время составных событий не отображали увеличения обученных шагов. После полного анализа было найдено, что это произошло по причине низкого динамического диапазона операционного усилителя.

Также было обнаружено, что чем больше газовых устройств работают одновременно (т.е., общий поток больше), тем сильнее шум, что объясняет некоторую неверную классификацию для составных событий (особенно малых нагрузок). В отличие от результатов минимальных обучающих наборов, H9 работает хорошо в перекрестной проверке. Такие характеристики могут быть объяснены более крупным объемом обучающих данных. Перекрестная проверка случайным образом выбирает 90% от общих примеров для обучения, а остальные - для проверки в каждом проходе. Эта перекрестная проверка дает классификатор, который обучается также и по нелинейным примерам, что дает более надежную модель.

Фиг. 20 представляет собой изображение компьютера 2000, который подходит для реализации варианта осуществления по меньшей мере части вычислительного элемента 120 (фиг. 1). Компьютер 2000 содержит системный блок 2002, содержащий одну или несколько печатных плат (не показаны), привод 2012 гибких дисков, привод 2016 CD-ROM и/или DVD дисков и жесткий диск 2014. Характерная блок-схема элементов, включенных в печатные платы внутри системного блока 2002, показана на фиг. 21. Центральный процессор (CPU) 2110, представленный на фиг. 21, соединяется с системной шиной 2114, представленной на фиг. 21. В различных вариантах осуществления архитектура CPU 1710 может быть совместимой с любой из множества доступных на рынке семейств архитектур, включая ARM (усовершенствованная вычислительная машина (с сокращенным набором команд) RISC), MIPS (микропроцессор без взаимоблокированных конвейерных ступеней), семейства RS/6000, семейства Motorola 68000 или семейства Intel x86.

Системная шина 2114 также соединяется с памятью 2108, которая содержит как постоянное запоминающее устройство (ROM), так и оперативное запоминающее устройство (RAM). Долговременные части памяти 2108 или ROM могут быть кодированы последовательностью кода загрузки, подходящей для восстановления компьютера 2000 (фиг. 20) в рабочее состояние после сброса системы. Кроме того, память 2108 может содержать микрокод, такой как базовая система ввода-вывода (BIOS). В некоторых примерах память 2108 может содержать модуль 126 памяти (фиг. 1). В некоторых примерах модуль 126 памяти (фиг. 1) может содержать память 2108, привод 2012 гибких дисков, жесткий диск 2014 и/или CD-ROM или DVD привод 2016.

В варианте осуществления, который изображен на фиг. 21, к системной шине 2114 могут быть присоединены различные устройства ввода-вывода, такие как контроллер 2104 диска, графический адаптер 2124, видео контроллер 2102, адаптер 2126 клавиатуры, адаптер 2106 мыши, сетевой адаптер 2120 и другие устройства 2122 ввода-вывода. Адаптер 2126 клавиатуры и адаптер 2106 мыши соединяются, соответственно, с клавиатурой 2004 (фиг. 20 и 21) и мышью 2010 (фиг. 20 и 21) компьютера 2000 (фиг. 20). Хотя графический адаптер 2124 и видео контроллер 2102 на фиг. 21 указаны как отдельные элементы, в других вариантах осуществления видео контроллер 2102 может быть встроен в графический адаптер 2124, или vice versa. Видео контроллер 2102 применяется для обновления монитора 2006 (фиг. 20 и 21), чтобы отображать изображения на экране 2008 (фиг. 20) компьютера 2000 (фиг. 20). Контроллер 2104 диска может управлять жестким диском 2014 (фиг. 20 и 21), приводом 2012 гибких дисков (фиг. 20 и 21) и приводом 2016 CD-ROM или DVD (фиг. 20 и 21). В других вариантах осуществления могут использоваться отдельные элементы, чтобы управлять каждым из этих устройств по отдельности.

Хотя многие другие компоненты компьютера 2000 (фиг. 20) не показываются, такие компоненты и их взаимосвязи хорошо известны среднему специалисту в данной области техники. Соответственно, дальнейшие подробности, касающиеся конструкции и состава компьютера 2000 и печатных плат внутри системного блока 2002 (фиг. 20) обсуждать в данном документе не нужно.

Когда компьютер 2000, представленный на фиг. 20, работает, программные команды, хранящиеся на гибком диске в приводе 2012 гибких дисков, на CD-ROM или DVD диске в приводе 2016 CD-ROM

и/или DVD, на жестком диске 2014 или в памяти 2108 (фиг. 21), выполняются центральным процессором 2110 (фиг. 21). Часть программных команд, хранящихся на этих устройствах, может применяться для осуществления способа 700 (фиг. 7), как описано ранее относительно фиг. 1-5 и 7-18.

Хотя изобретение было описано со ссылкой на конкретные варианты осуществления, специалистам в данной области техники будет понятно, что различные изменения могут вноситься без отхода от сути или объема изобретения. Соответственно, подразумевается, что описание вариантов осуществления изобретения является примером объема изобретения, и является ограничивающим. Подразумевается, что объем изобретения должен ограничиваться только прилагающейся формулой изобретения. Например, среднему специалисту в данной области техники будет совершенно ясно, что действия 610, 615, 620, 625, 630, 635 и 640, представленные на фиг. 6, действия 710, 715, 720, 725, 730, 735, 740, 745, 750, 755, 760 и 765, представленные на фиг. 7, и процедуры 811-813 могут состоять из множества различных действий, процедур и выполняться множеством различных модулей, в множестве различных порядков, что любой элемент, представленный на фиг. 1, может быть изменен, и что предшествующее обсуждение некоторых из этих вариантов осуществления не обязательно представляет полное описание всех возможных вариантов осуществления.

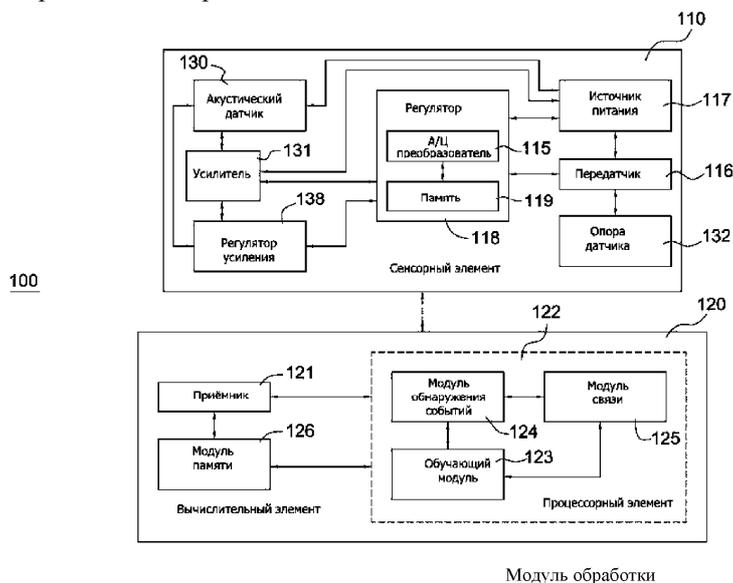
Все элементы, заявленные в любом конкретном пункте формулы изобретения, являются существенными для варианта осуществления, заявленного в этом конкретном пункте. Следовательно, замещение одного или нескольких заявленных элементов составляет изменение, а не поправку. Кроме того, выгоды, другие преимущества и решения для задач были описаны относительно конкретных вариантов осуществления. Однако выгоды, преимущества, решения задач и любой элемент или элементы, которые могут дать или сделать более явными выгоду, преимущество или решение, не должны рассматриваться как критически важные, требуемые или существенные признаки или элементы любого или всех пунктов формулы.

Кроме того, варианты осуществления и ограничения, раскрытые в данном документе, не предназначены для общественного пользования по доктрине передачи, если варианты осуществления и/или ограничения: (1) не заявлены четко в формуле изобретения; и (2) являются или потенциально являются эквивалентами выражения элементов и/или ограничений в формуле изобретения по доктрине эквивалентов.

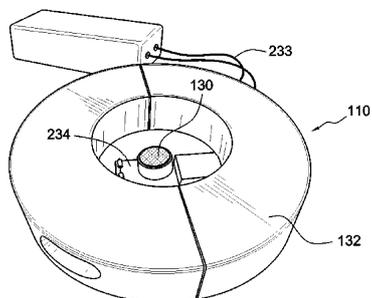
ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ обнаружения потребления газа в здании, при этом здание содержит газовый регулятор с каналом сброса давления, причем способ предусматривает
 - использование по меньшей мере одного акустического датчика, чтобы принимать один или несколько звуковых сигналов от канала сброса давления газового регулятора;
 - преобразование одного или нескольких звуковых сигналов в один или несколько электрических сигналов и
 - определение потока газа с использованием одного или нескольких электрических сигналов.
2. Способ по п.1, дополнительно предусматривающий связывание потока газа с потреблением газа по меньшей мере одним газовым устройством.
3. Способ по п.2, дополнительно предусматривающий
 - использование по меньшей мере одного акустического датчика, чтобы принимать один или несколько вторых звуковых сигналов;
 - преобразование одного или нескольких вторых звуковых сигналов в один или несколько вторых электрических сигналов и
 - использование одного или нескольких вторых электрических сигналов для того, чтобы устанавливать взаимосвязь одного или нескольких вторых акустических сигналов с потреблением газа отличным одним по меньшей мере из одного газового устройства.
4. Способ по любому из пп.1, 2 или 3, дополнительно предусматривающий соединение по меньшей мере одного акустического датчика с каналом сброса давления газового регулятора.
5. Способ обнаружения потребления газа, причем способ предусматривает
 - обнаружение по меньшей мере одним звуковым датчиком двух или более звуковых сигналов в газовом регуляторе;
 - преобразование двух или более звуковых сигналов в один или несколько сигналов данных;
 - электрическое соединение передатчика по меньшей мере с одним акустическим датчиком;
 - механическое соединение крепления датчика к газовому регулятору;
 - механическое соединение по меньшей мере одного акустического датчика и передатчика с креплением датчика;
 - передачу от передатчика на вычислительный элемент одного или нескольких сигналов данных и
 - определение при помощи вычислительного элемента потребления газа одним или несколькими газовыми устройствами на основании одного или нескольких сигналов данных.
6. Система газового регулятора, содержащая газовый регулятор, содержащий

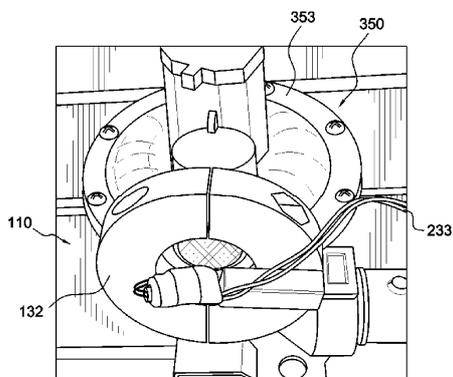
вход для газа;
 мембранную камеру, выполненную с возможностью контролировать количество газа, проходящего через газовый регулятор;
 предохранительный клапан, соединенный с мембранной камерой; и
 отводной канал, соединенный с предохранительным клапаном;
 по меньшей мере один акустический датчик, выполненный с возможностью обнаруживать два или более звуковых сигнала в газовом регуляторе и преобразовывать два или более звуковых сигнала в один или несколько сигналов данных; и
 вычислительный элемент, выполненный с возможностью использования одного или нескольких сигналов данных для определения потребления газа одним или несколькими газовыми устройствами.



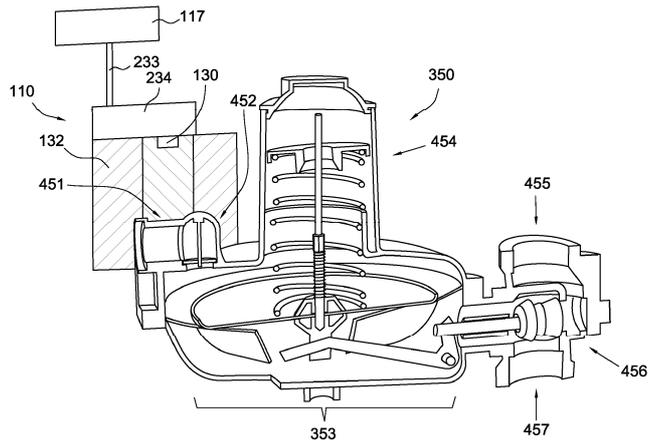
Фиг. 1



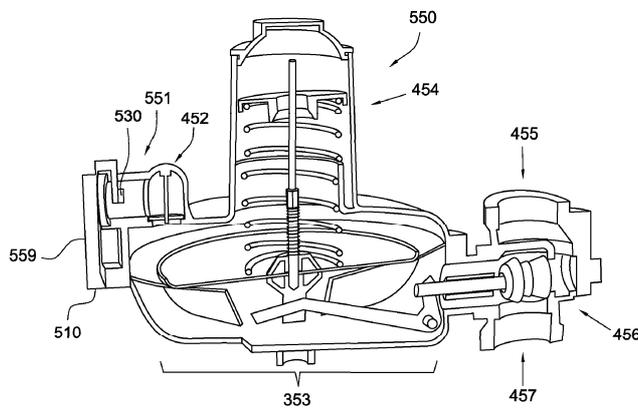
Фиг. 2



Фиг. 3

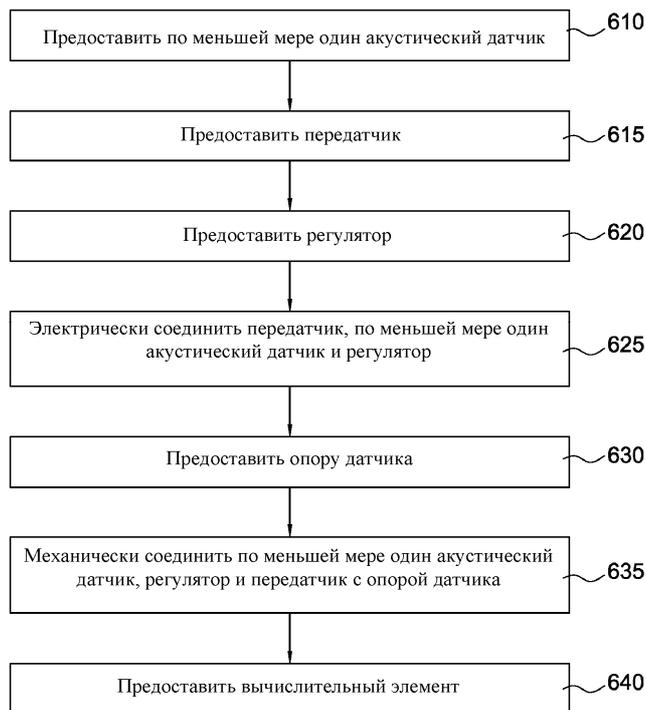


Фиг. 4



Фиг. 5

600



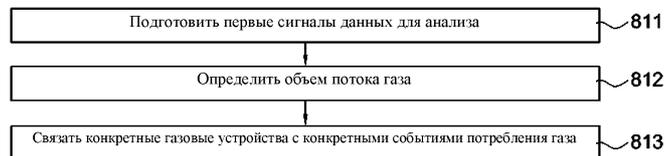
Фиг. 6

700



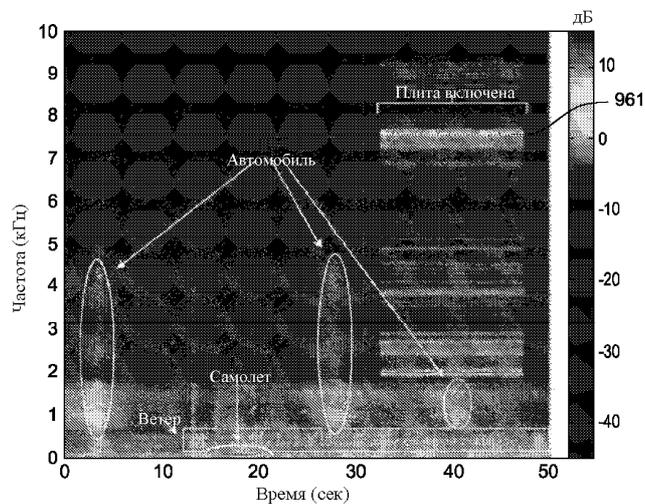
Фиг. 7

735

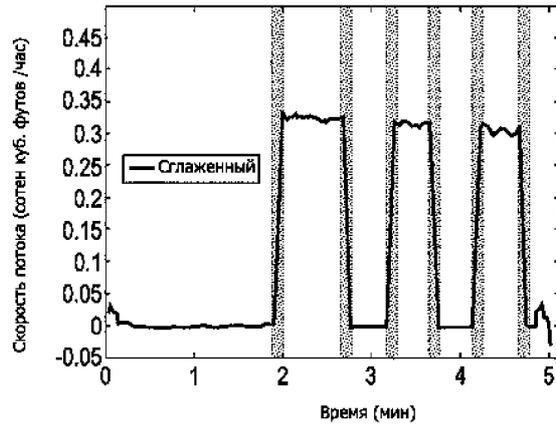


Фиг. 8

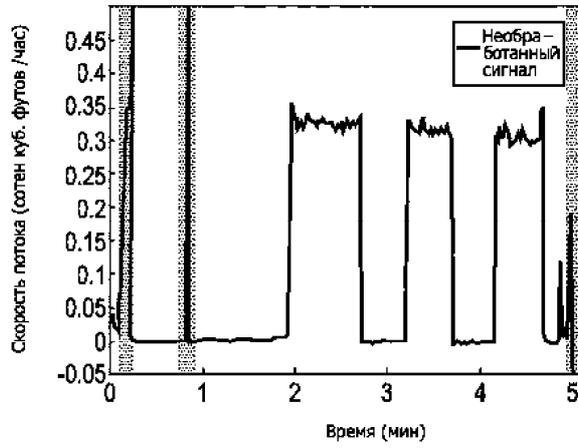
900



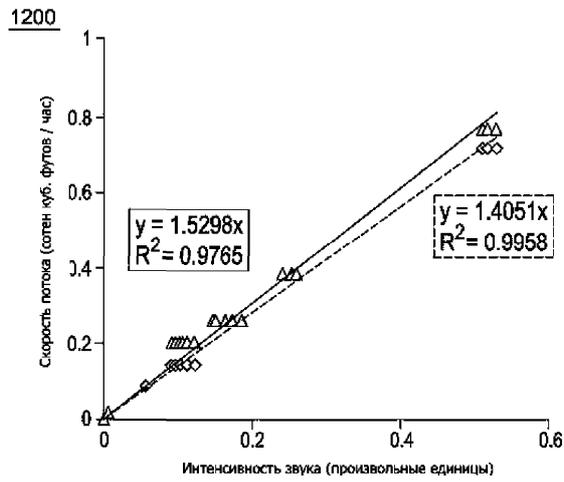
Фиг. 9



Фиг. 10

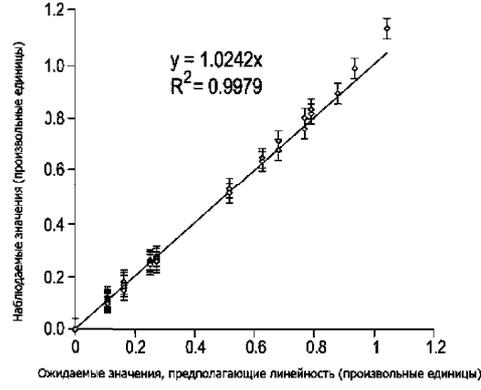


Фиг. 11

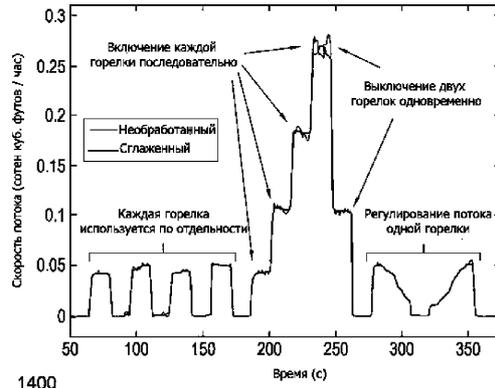


Фиг. 12

1300

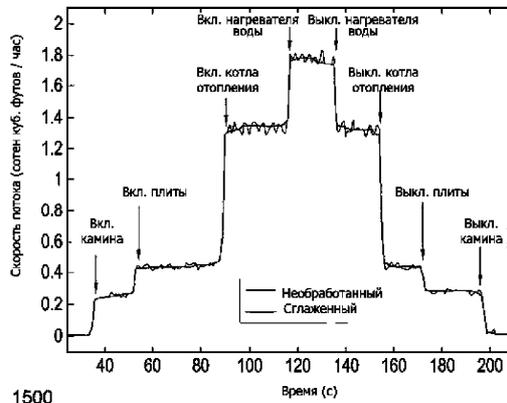


Фиг. 13



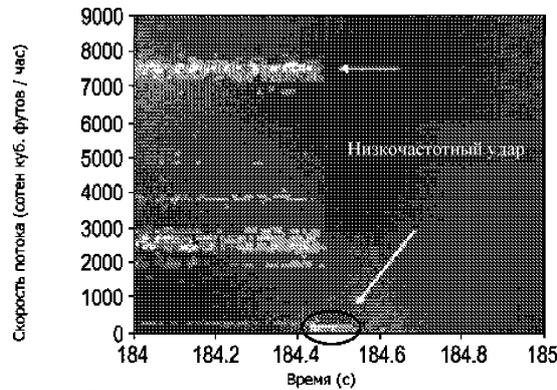
1400

Фиг. 14



1500

Фиг. 15



Фиг. 16

№ дома / Тип газа	Тип / Здание	Размер/ Этажи	Котёл / Нагреватель воды / Плита	Камин / Другое
Н1 Природный газ	Односемейный 1996	3400 кв. фут. 2	Да/Да/4 горелки	2 ручных запуска
Н2 Природный газ	Односемейный 1998	3600 кв. фут. 2	Да/Да/4 горелки	2 электрический запуск
Н3 Природный газ	Односемейный 1962	2000 кв. фут. 1	Да/Нет/Нет	1 ручной запуск/ нагреватель бассейна
Н4 Природный газ	Односемейный 2003	2900 кв. фут. 2	Да / Да/ 6 горелок	1 электрический запуск
Н5 Пропан	Односемейный 1991	2100 кв. фут. 2	Да/Да/4 горелки	1 электрический запуск
Н6 Природный газ	Односемейный ~1960's	1080 кв. фут. 1	Да/Да/4 горелки	Нет
Н7 Природный газ	Односемейный 1994	3360 кв. фут. 2	Да/Да/4 горелки	1 ручной запуск
Н8 Природный газ	Односемейный 1991	3000 кв. фут. 2	Да/Да/4 горелки	1 ручной запуск
Н9 Природный газ	Односемейный 1997	2600 кв. фут. 2	Да/Да/4 горелки	1 электрический запуск

Таблица 1

Фиг. 17

Тип устройства (N=# собранных газовых событий)	Обнаружено событий	Результаты 10- проходной проверочной классификации	Результаты классификации с помощью минимального обучающего набора
Н1 (N=72)	100%	93,05%	88,24%
Н2 (N=87)	100%	97,70%	99,03%
Н3 (N=24)	100%	100%	100%
Н4 (N=102)	100%	93,07%	98,34%
Н5 (N=50)	84%	85,71%	86,12%
Н6 (N=22)	100%	100%	83,34%
Н7 (N=32)	100%	100%	100%
Н8 (N=58)	100%	87,75%	80,98%
Н9 (N=49)	100%	96,55%	49,8%
Итого (N=496)	98,22%	95,09%	87,32%

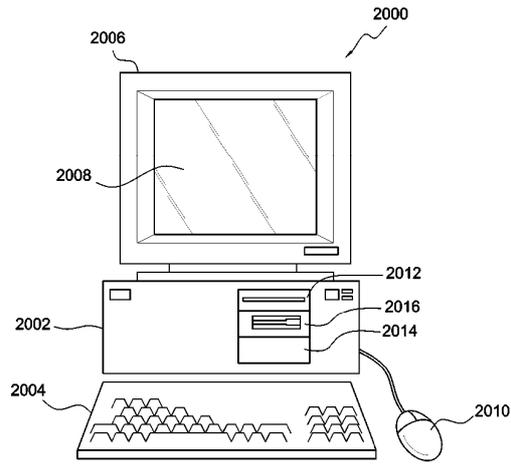
Таблица 2

Фиг. 18

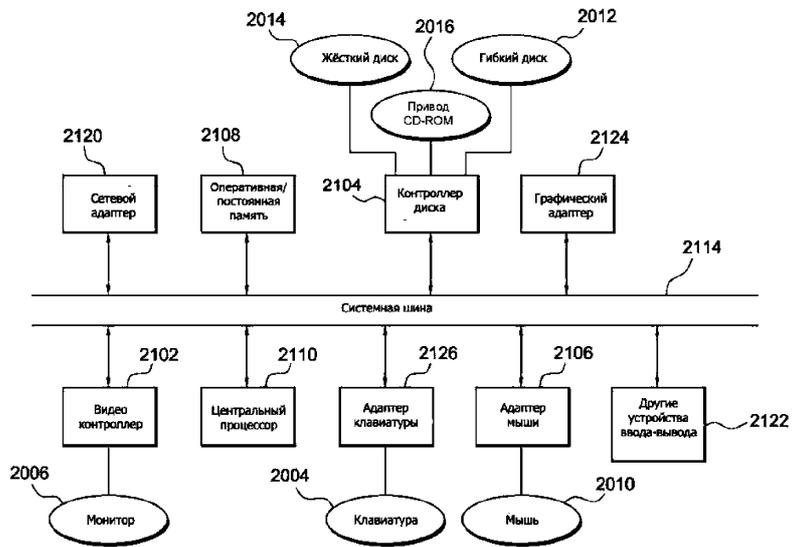
Тип устройства (N=# собранных газовых событий)	Результаты 10- проходной проверочной классификации	Результаты классификации с помощью минимального обучающего набора	
		Включение устройства	Выключение устройства
Котёл отопления (N=108)	98,13%	100%	98,5%
Нагреватель воды (N=88)	93,02%	100%	76,1%
Печь (N=206)	97,56%	96,8%	84,8%
Камин (N=88)	91,66%	100%	93,2%
Нагреватель бассейна (N=6)	100%	100%	100%
Итого (N=496)	96,07%	99,36%	90,52%

Таблица 3

Фиг. 19



Фиг. 20



Фиг. 21