

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(21) **202190948** (13) **A1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ**

(43) Дата публикации заявки
2021.07.16

(51) Int. Cl. *G01N 15/06* (2006.01)

(22) Дата подачи заявки
2019.05.07

(54) **ИЗМЕРИТЕЛЬ, СИСТЕМА И СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ МАССОВОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ПЫЛЕВЫХ ЧАСТИЦ**

(31) 2018134839

(32) 2018.10.03

(33) RU

(86) PCT/RU2019/050059

(87) WO 2020/071964 2020.04.09

(71) Заявитель:

**ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ
ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
"СИТИЭЙР" (RU)**

(72) Изобретатель:

**Рядинский Антон Борисович,
Стеринович Алексей Леонидович
(RU)**

(74) Представитель:

Шехтман Е.Л. (RU)

(57) Изобретение относится к измерительным приборам, в частности к приборам для измерения запыленности воздуха, а именно к измерителям массовой концентрации пылевых частиц и системам для измерения массовой концентрации пылевых частиц. Предложена система для измерения массовой концентрации пылевых частиц, содержащая устройство для передачи данных, внутри которого расположен измеритель массовой концентрации пылевых частиц, включающий корпус измерителя, печатную плату с микроконтроллером, соединенные с ними, по крайней мере два датчика пыли и выходной интерфейс измерителя, отличающееся тем, что дополнительно содержит нагревательный элемент и вентилятор, которые электрически соединены с микроконтроллером; по крайней мере один входной канал, соединенный с датчиками пыли, по крайней мере один выходной канал и по крайней мере один датчик температуры входного потока.

A1

202190948

202190948

A1

Измеритель, система и способ измерения массовой концентрации пылевых частиц

Настоящее изобретение относится к измерительным приборам, в частности к приборам для измерения запыленности воздуха, а именно к измерителям массовой концентрации пылевых частиц и системам для измерения массовой концентрации пылевых частиц.

Приборы для измерения запыленности воздуха предназначены для отслеживания изменений уровня загрязнения атмосферного воздуха в жилых зданиях, рабочих зонах производства или на территории города. В условиях современных больших городов такие данные играют ключевую роль в экологическом мониторинге промышленных и строительных объектов, в прогнозировании экологической ситуации и развитии рекреационной инфраструктуры. Дополнительную сложность представляет измерение массовой концентрации пылевых частиц в атмосферном воздухе, с температурой ниже 0°C.

Уровень техники

Известно техническое решение, раскрытое в патенте на полезную модель CN 205175980 U (МПК G01N 33/00; опубликован 20.04.2016) «Устройство контроля качества воздуха внутри помещений», которое представляет собой систему для измерения массовой концентрации пылевых частиц, включающую корпус и печатную плату с микроконтроллером с подключенным к нему дисплеем. Система снабжена также датчиком формальдегида, датчиком температуры и влажности, датчиком озона, датчиками монооксида и диоксида углерода, датчиком измерения концентрации летучих органических соединений, датчиком пыли PM2.5, датчиком пыли PM10, двумя слотами расширения газа, функциональными кнопками, модулем беспроводного соединения и вакуумным насосом, которые, в свою очередь, подключены к печатной плате с микроконтроллером.

С помощью данной системы способ измерения массовой концентрации пылевых частиц реализуется следующим образом. Датчик формальдегида, датчик температуры и влажности, датчик озона, датчики монооксида и диоксида углерода, датчик измерения концентрации летучих органических соединений, датчик пыли PM2.5 и датчик пыли PM10 передают измеренные значения в микроконтроллер, который, после их обработки выводит обработанные данные на дисплей и через модуль беспроводного соединения передает их на внешнее устройство, например, сервер.

Недостатком известной системы и способа является невозможность использования ее при отрицательных температурах воздуха, поступающего в систему.

Известно техническое решение, раскрытое в патенте на полезную модель CN 206114633 U (МПК G01D 21/02, G01N 33/00; опубликован 19.04.2017)

«Многопараметрический онлайн мониторинг пыли», которое представляет собой систему для измерения массовой концентрации пылевых частиц, содержащую соединенные между собой с помощью печатной платы кабель для передачи данных RJ45, базовую панель Raspberry Pi, модуль беспроводного соединения (маршрутизатор 3G/4G) и датчик контроля окружающей среды. При этом указанный датчик контроля окружающей среды содержит: датчик скорости ветра, соединенный кабелем RS-458 с датчиком направления, который, в свою очередь, соединен с датчиком пыли PM2.5 и датчиком TSP, подключенных, в свою очередь, к интерфейсу UART, и соединенных с датчиками температуры и влажности.

С помощью данной системы способ измерения массовой концентрации пылевых частиц реализуется следующим образом. Датчик контроля окружающей среды, содержащий датчик скорости ветра, датчик направления, датчик пыли PM2.5, датчик TSP, соединенный с датчиками температуры и влажности проводят измерения указанных параметров и передают их в базовую панель Raspberry Pi, которая после обработки данных передает их с помощью модуля беспроводного соединения на стороннее устройство, например, сервер.

Система и способ имеют ряд существенных недостатков, а именно: невозможность измерения концентрации пылевых частиц при отрицательных температурах окружающего воздуха, наличие только одного датчика пыли, который, в свою очередь, измеряет концентрацию пылевых частиц размером 2.5 мкм (PM 2.5). Ввиду отсутствия сменного датчика измерения концентрации пылевых частиц, существующий датчик имеет малый срок службы и быстро изнашивается в ходе эксплуатации системы.

В качестве прототипа для изобретения было выбрано известное техническое решение, описанное в патенте на полезную модель CN 204116182 U (МПК G01N 15/06; опубликован 21.01.2015) «Высокоточное устройство обнаружения пылевых частиц размером до 2.5 мкм (PM 2.5)», которое представляет собой систему для измерения массовой концентрации пылевых частиц, содержащую датчик пыли, микроконтроллер и модуль беспроводного соединения, в которой датчик пыли содержит датчик пыли PM 1 и датчик пыли PM 2.5 и соединены с микроконтроллером, а модуль беспроводного соединения соединен с микроконтроллером и используется для приема данных, обрабатываемых микроконтроллером, и передачи данных на сервер через сеть.

С помощью данной системы способ измерения массовой концентрации пылевых частиц реализуется следующим образом. Датчик измерения концентрации пыли PM 1

настраивают на диаметр пылевых частиц равный 1 мкм, а датчик пыли РМ 2.5 настраивают на диаметр пылевых частиц равный 2.5 мкм, оба датчика подключены к микроконтроллеру, который передает данные о концентрации пылевых частиц в реальном времени. После этого систему включают, микроконтроллер получает значения концентрации частиц от каждого датчика, после чего микроконтроллер рассчитывает значение концентрации частиц размером 2.5 мкм как модуль разности полученных значений датчика пыли РМ 1 и датчика пыли РМ 2.5. После этого данные с микроконтроллера передаются на сервер с помощью модуля беспроводного соединения.

Система и способ имеют ряд существенных недостатков, а именно невозможность измерения концентрации пылевых частиц при отрицательной температуре поступающего воздуха, невозможность измерения обоими датчиками концентрации пылевых частиц размером до 10 мкм, а также короткий срок службы датчиков пыли, связанный с тем, что оба датчика при измерении концентрации пылевых частиц используются одновременно.

Раскрытие изобретения

Задачей заявляемого изобретения является создание надежного измерителя массовой концентрации пылевых частиц с расширенным диапазоном рабочих температур и долгим сроком службы.

Техническим результатом заявляемого изобретения в отношении измерителя, системы и способа является возможность работы измерителя массовой концентрации пылевых частиц при отрицательных температурах поступающего атмосферного воздуха при высокой точности и простоте измерения концентрации пылевых частиц размером до 10 мкм, а также простота изготовления заявляемого измерителя, повышение его износостойкости и увеличение срока службы измерителя массовой концентрации пылевых частиц.

В отношении измерителя как части системы заявляемый технический результат достигается тем, что измеритель массовой концентрации пылевых частиц, включает в себя корпус измерителя, печатную плату с микроконтроллером, соединенные с ними, по крайней мере, два датчика пыли и выходной интерфейс измерителя. Заявляемый измеритель массовой концентрации пылевых частиц отличается тем, что дополнительно содержит: нагревательный элемент и вентилятор, которые электрически соединены с микроконтроллером; по крайней мере, один входной канал, соединенный с датчиками пыли, по крайней мере, один выходной канал, по крайней мере, один датчик температуры входного потока.

Важным отличием заявляемого измерителя массовой концентрации пылевых частиц является снабжение корпуса измерителя теплоизоляцией. Такая конструкция

измерителя массовой концентрации пылевых частиц позволяет расширить диапазон температур окружающего атмосферного воздуха, поступающего во входной канал, при сохранении необходимой точности измерения массовой концентрации пылевых частиц и увеличении срока службы датчиков пыли. Наличие датчика температуры входного потока позволяет определить начальную температуру входного потока воздуха, и количество тепла, необходимое для его нагрева для достижения рабочей температуры датчиков пыли.

В качестве одного из вариантов выполнения измеритель массовой концентрации пылевых частиц может быть снабжен, по крайней мере, двумя входными каналами, по крайней мере, двумя выходными каналами и, по крайней мере, двумя датчиками температуры входного потока. Данный вариант выполнения позволяет упростить процесс изготовления измерителя массовой концентрации пылевых частиц, а также упростить способ измерения массовой концентрации пыли, поскольку в случае снабжения измерителя двумя входными и двумя выходными каналами отсутствует необходимость перенаправления входного потока воздуха между от одного датчика пыли к другому.

В качестве одного из вариантов выполнения датчики пыли измерителя массовой концентрации пылевых частиц могут быть снабжены нефелометрами. Это позволяет измерять массовую концентрацию пылевых частиц нефелометрическим методом. Этот метод измерения является простым в реализации и обеспечивает длительный срок службы измерителя массовой концентрации пылевых частиц.

Входные отверстия входных каналов и выходные отверстия выходных каналов могут быть снабжены фильтрами, что позволяет избежать попадания внутрь корпуса крупного мусора и насекомых. Кроме того, выходные каналы могут быть дополнительно снабжены датчиками температуры выходного потока. Это позволяет осуществлять дополнительный контроль температуры воздуха в устройстве контроля качества воздуха. Также измеритель может быть дополнительно снабжен датчиками температуры окружающего воздуха, влажности и атмосферного давления, что позволяет получать информацию об атмосферных условиях в процессе измерения массовой концентрации пылевых частиц.

Измеритель массовой концентрации пылевых частиц может быть дополнен устройством для передачи данных, образуя систему измерения массовой концентрации пылевых частиц. В отношении системы для измерения массовой концентрации пылевых частиц заявляемый технический результат достигается тем, что система для измерения массовой концентрации пылевых частиц содержит устройство для передачи данных, с, по крайней мере, одним входным отверстием и, по крайней мере, одним выходным отверстием.

Устройство для передачи данных снабжено аккумулятором, источником питания, соединенными с коммуникационным блоком. Коммуникационный блок устройства для передачи данных включает в себя контроллер, соединенный с, по крайней мере, одним входным интерфейсом устройства, по крайней мере, одним выходным интерфейсом устройства, модулем энергонезависимой памяти, модулем беспроводного соединения, модулем часов реального времени, GSM-антенной и GPS-антенной.

Система для измерения массовой концентрации пылевых частиц также содержит измеритель массовой концентрации пылевых частиц. Отличительной особенностью заявляемой системы является тот факт, что измеритель массовой концентрации пылевых частиц располагается внутри корпуса устройства для передачи данных, а входные каналы и выходные каналы измерителя массовой концентрации пылевых частиц соединены с входными и выходными отверстиями устройства для передачи данных. Это позволяет подавать атмосферный воздух в измеритель массовой концентрации пылевых частиц. Кроме того, наличие устройства для передачи данных в системе позволяет с одной стороны осуществлять подачу питания на измеритель массовой концентрации пылевых частиц, а с другой – передавать данные различными способами, как проводным, так и беспроводным способом. В качестве одного из вариантов реализации системы для измерения массовой концентрации пылевых частиц входное отверстие устройства для передачи данных может быть снабжено заслонкой для дополнительной защиты измерителя массовой концентрации пылевых частиц от крупного мусора и насекомых. Таким образом, достигается увеличение срока службы измерителя.

Также, в случае снабжения устройства для передачи данных дополнительным входным интерфейсом устройства, наличие дополнительного входного интерфейса устройства позволяет осуществлять подключение к системе датчиков, отвечающих за измерение сопутствующих параметров, например, таких как концентрация озона, угарного газа, углекислого газа, формальдегида в воздухе или любых других веществ. Кроме того, устройство для передачи данных может содержать дополнительный выходной интерфейс устройства. Наличие этого интерфейса позволяет расширить возможности устройства для передачи данных. Примером такого расширения возможностей может быть возможность обновления программного обеспечения как устройства для передачи данных, так и измерителя массовой концентрации пылевых частиц.

Кроме того, модуль энергонезависимой памяти устройства для передачи данных может быть выполнен с возможностью записи измеренной массовой концентраций пылевых частиц, даты и времени измерения и последующего их запроса. Это позволяет

сохранить измеренные данные в случае прекращения подачи питания от источника питания или аккумулятора.

В отношении способа измерения массовой концентрации пыли заявляемый технический результат достигается тем, что с помощью микроконтроллера производят выбор датчика пыли, измеряют температуру поступающего атмосферного воздуха, нагревают воздух внутри измерителя до температуры не менее 0°C, измеряют массовую концентрацию пылевых частиц, передают данные на микроконтроллер, который обрабатывает их и передает на устройство для передачи данных с помощью выходного интерфейса измерителя, выводят атмосферный воздух через выходной канал, устройство для передачи данных передает данные на внешнее устройство с помощью модуля беспроводного соединения. Такой способ измерения массовой концентрации пылевых частиц позволяет проводить измерения массовой концентрации пылевых частиц в расширенном диапазоне температур поступающего атмосферного воздуха, а также увеличить срок службы измерителя массовой концентрации пылевых частиц.

Одним из вариантов измерения массовой концентрации пылевых частиц является ее измерение нефелометрическим методом. Такой метод измерения является простым в реализации и обеспечивает длительный срок службы измерителя массовой концентрации пылевых частиц.

В одном из вариантов реализации заявляемого способа измерения массовой концентрации пылевых частиц выбор датчика пыли осуществляют на основе данных о количестве измерений, произведенных каждым из датчиков пыли, при каждом измерении используя датчик пыли, который производил измерения меньшее количество раз. По окончании измерения также возможно проводить переключение между двумя датчиками пыли. Это позволяет снизить затраты электроэнергии и увеличить срок службы датчиков пыли и измерителя, соответственно.

В одном из вариантов заявленного способа измеритель включают до начала выбора микроконтроллером датчика пыли. Передачу данных, полученных с микроконтроллера измерителя массовой концентрации пылевых частиц на внешнее устройство, могут осуществлять через выходной интерфейс устройства. Это позволяет расширить диапазон возможных способов передачи данных, а также передавать данные даже в случае поломки модуля беспроводного соединения.

По окончании измерения возможно сравнение средних значений измеренных данных датчиками пыли, что позволяет контролировать корректность получаемых датчиками пыли данных в ходе измерения. Кроме того, включение датчиков пыли можно проводить непосредственно перед измерением и выключать датчики пыли

непосредственно после него, что позволяет снизить затраты электроэнергии и увеличить срок службы датчиков пыли и измерителя, соответственно. При этом с помощью данного способа измеряют массовую концентрацию пылевых частиц, имеющих размер менее 2.5 мкм. Кроме того, с помощью данного способа измеряют массовую концентрацию пылевых частиц, имеющих размер не более 10 мкм. Такое разделение обусловлено разницей в верхних пределах диапазона измерения массовой концентрации пылевых частиц для пылевых частиц, имеющих размер менее 2.5 мкм, и для пылевых частиц, имеющих размер в диапазоне от 2.5 мкм до 10 мкм. При этом для пылевых частиц, имеющих размер в диапазоне от 2.5 мкм до 10 мкм, верхний предел диапазона измерения массовой концентрации пылевых частиц выше.

Описание заявленного решения в части измерителя и системы

Измеритель массовой концентрации пылевых частиц включает в себя корпус 1 измерителя, теплоизоляцию 2, по крайней мере, два входных канала 3 с входными отверстиями 6, по крайней мере, два выходных канала 4 с выходными отверстиями 7, по крайней мере, два датчика пыли 5, фильтры 8, датчики температуры входного потока 9, датчики температуры выходного потока 10, микроконтроллер 11, расположенный на печатной плате 12, нагревательный элемент 13, вентилятор 14 и порт 15.

Заявляемый измеритель массовой концентрации пылевых частиц включает в себя корпус 1 измерителя, снабженный теплоизоляцией 2. В качестве теплоизоляции 2 может быть использован теплоизоляционный материал K-FLEX AIR 10x1000-20 AD или любой другой известный теплоизоляционный материал, коэффициент теплопроводности которого равен 0.03 – 0.04 Вт/(м·К) для температурного диапазона от -40 до +50 °С, соответственно. Теплоизоляция 2 может быть расположена как внутри корпуса 1 измерителя, так и снаружи. В качестве одного из вариантов выполнения корпус 1 измерителя может быть выполнен из теплоизолирующего материала, и в этом случае, корпус 1 измерителя является выполненным объединенным с теплоизоляцией 2. Внутри корпуса 1 измерителя расположены, по крайней мере, один входной канал 3, по крайней мере, один выходной канал 4 и, по крайней мере, два датчика пыли 5. При этом в месте расположения датчиков пыли 5 входной канал 3 разделен на два патрубка, присоединенных к датчикам пыли 5. В месте разделения входного канала 3 на патрубки расположено устройство для перенаправления потоков воздуха, например, шибер. С другой стороны датчики 5 с помощью патрубков соединены с выходным каналом 4. В качестве одного из вариантов выполнения могут быть использованы два входных канала 3, два выходных канала 4 и два датчика пыли 5. Каждый входной канал 3 соединен последовательно с датчиком пыли 5 и выходным каналом 4. Такой вариант выполнения

позволяет упростить процесс изготовления измерителя концентрации пылевых частиц. Также это позволяет упростить процесс переключения между датчиками пыли 5, что, в свою очередь, приводит к упрощению способа измерения массовой концентрации пылевых частиц. Входные отверстия 6 входных каналов 3 и выходные отверстия 7 выходных каналов 4 находятся за пределами корпуса 1 измерителя и снабжены фильтрами 8, которые предназначены для предотвращения попадания в измеритель массовой концентрации пылевых частиц крупного мусора и насекомых. Датчики пыли 5, в свою очередь, содержат встроенные вентиляторы, которые позволяют перемещать атмосферный воздух с постоянной скоростью от входного отверстия 6 входного канала 3 к выходному отверстию 7 выходного канала 4. Скорость подачи воздуха, осуществляемой с помощью встроенных вентиляторов датчиков пыли 5, может составлять, например, 4-7 дм³/мин. В качестве вентилятора датчика пыли 5 может быть использован вентилятор любой известной конструкции, предусматривающей возможность выполнение вентилятора датчика пыли 5 встроенным в датчик пыли 5. В качестве примера такого вентилятора может быть использован вентилятор Sunon MagLev mc20100V3.

В качестве одного из вариантов реализации в измерителе массовой концентрации пылевых частиц могут быть использованы датчики пыли 5, принцип действия которых основан на стандартном нефелометрическом методе измерения концентрации пылевых частиц, то есть, каждый датчик пыли 5 может быть снабжен нефелометром. Суть нефелометрического метода измерения концентрации пылевых частиц заключается в следующем. Через рассеивающую взвесь, то есть атмосферный воздух, поступающий в измеритель массовой концентрации пылевых частиц через входные отверстия 6 входных каналов 3, пропускают лазерное излучение с заданной длиной волны. Рассеянное лазерное излучение, поступающее от рассеивающей смеси (атмосферного воздуха), регистрируется фотоприемником, расположенным под заданным углом к источнику лазерного излучения, и, исходя из интенсивности рассеянного лазерного излучения, рассчитывают массовую концентрацию пылевых частиц.

Таким образом, датчики пыли 5 осуществляют измерение массовой концентрации пылевых частиц в атмосферном воздухе. В контексте данной заявки термин «пылевые частицы» означает мелкие твёрдые частицы органического или минерального происхождения. Примерами таких частиц могут быть также сажа или различные аэрозоли. Диапазон размеров пылевых частиц разделен на 2 участка (фракции): менее 2.5 мкм (PM 2.5) и 2.5-10 мкм (PM 10), при этом каждый датчик пыли 5 способен измерять массовую концентрацию пылевых частиц размером до 10 мкм, то есть способен осуществлять измерения и в диапазоне PM 2.5, и PM 10.

Приведенная погрешность измерения в диапазоне массовых концентрации пылевых частиц равном 1-100 мкг/м³ как для РМ 2.5, так и для РМ 10 составляет ±25%. В контексте данной заявки термин «приведенная погрешность измерения» означает погрешность, рассчитанную относительно максимального значения диапазона измерения.

Для РМ 2.5 относительная погрешность измерения в диапазоне массовых концентрации пылевых частиц равном 101-1600 мкг/м³ составляет ±25%. В контексте данной заявки термин «относительная погрешность измерения» означает погрешность, рассчитанную относительно измеряемой величины.

В свою очередь, для РМ 10 относительная погрешность измерения в диапазоне массовых концентраций пылевых частиц равном 101-3000 мкг/м³ составляет ±25%.

Согласно ГОСТ 17.2.4.02-81 «Атмосфера. Общие требования к методам определения загрязняющих веществ», погрешность измерения не должна превышать ±25% во всем диапазоне измеряемых массовых концентраций пылевых частиц. Таким образом, значения относительной и приведенной погрешностей измерения являются допустимыми, поскольку их значения не превышают предельное значение погрешности измерения во всем диапазоне измеряемых массовых концентраций пылевых частиц, обеспечивающее приемлемую точность измерения массовой концентрации пылевых частиц в атмосфере.

Входные каналы 3 также снабжены датчиками температуры входного потока 9, которые предназначены для измерения температуры входного потока атмосферного воздуха, то есть температуры атмосферного воздуха, попадающего через входной канал 3 в измеритель массовой концентрации пылевых частиц.

Выходные каналы 4 также могут быть снабжены датчиками температуры выходного потока 10. Таким образом, это позволяет контролировать температуру воздуха, попадающего в здание.

Датчики пыли 5, датчики температуры входного потока 9 и датчики температуры выходного потока 10 электрически соединены с микроконтроллером 11, расположенным на печатной плате 12. В свою очередь микроконтроллер 11 электрически соединен с выходным интерфейсом 15 измерителя, расположенным на печатной плате 12. В качестве выходного интерфейса 15 измерителя могут быть использованы интерфейс RS-485, интерфейс RS-232 или USB-интерфейс, или любые другие известные интерфейсы проводной передачи данных. Это позволяет подключать измеритель массовой концентрации пылевых частиц к входному интерфейсу 24 устройства для передачи данных, выполненного с возможностью последующей передачи данных на стороннее устройство, например, сервер. В качестве микроконтроллера 11 может быть использован

микроконтроллер любой известной конструкции, например микроконтроллер EFM32 HG222F64.

В корпусе 1 измерителя также расположены нагревательный элемент 13 и вентилятор 14, электрически соединенные с микроконтроллером 11. В качестве нагревательного элемента 13 может быть использован керамический нагревательный элемент или любой другой известный нагревательный элемент. В качестве вентилятора 14 может быть использован вентилятор любой известной конструкции, например вентилятор ВFB0512НА-CF00. Нагревательный элемент 13 предназначен для нагрева воздуха внутри корпуса 1 измерителя, а вентилятор 14 – для циркуляции воздуха и выравнивания его температуры внутри объема корпуса 1 измерителя. В комбинации с теплоизоляцией 2 это позволяет нагревать атмосферный воздух во входном потоке, поступающем по входным каналам 3 в измерителе массовой концентрации пылевых частиц, до определенной температуры, например, до температуры не менее 0°C. При этой температуре становится возможным измерение массовой концентрации пылевых частиц датчиками пыли 5. При этом оптимальной температурой для измерения массовой концентрации пылевых частиц в воздухе является температура воздуха не менее 5°C. При этой температуре возможно проведение точных измерений массовой концентрации пылевых частиц без ущерба для датчиков пыли 5, даже в случае, если начальная температура атмосферного воздуха – отрицательная.

Кроме того, устройство для измерения массовой концентрации пылевых частиц может быть дополнительно снабжено датчиками температуры окружающего воздуха, влажности и атмосферного давления. Это позволяет получить более точную информацию о состоянии окружающей среды и атмосферы, в том числе, в процессе измерения массовой концентрации пылевых частиц.

В части системы для измерения массовой концентрации пылевых частиц, заявляемое изобретение включает в себя устройство для передачи данных.

Устройство для передачи данных включает в себя корпус 16 устройства, снабженный, по крайней мере, одним входным отверстием 17 устройства, снабженным заслонкой 18. Отличительной особенностью корпуса 16 устройства является возможность размещения в нем заявляемого измерителя массовой концентрации пылевых частиц. При этом входное отверстие 17 устройства выполнено с возможностью его соосного совмещения с входным отверстием 6 входного канала 3 измерителя массовой концентрации пылевых частиц. Таким образом, входное отверстие 17 устройства предназначено для поступления входного потока воздуха в устройство и последующего попадания входного потока воздуха в измеритель массовой концентрации пылевых частиц

через входные отверстия 6 входных каналов 3. Заслонка 18 может быть выполнена любой известной конструкции, например, в виде крышки, и изготовлена из любого известного материала, например резины. Наличие заслонки позволяет избежать попадания крупного мусора внутрь устройства для передачи данных, и, как следствие, в измеритель массовой концентрации пылевых частиц. Также устройство для передачи данных снабжено, по крайней мере, одним выходным отверстием 19 устройства, предназначенным для вывода выходного потока, выходящего через выходные отверстия 7 выходных каналов 4 измерителя массовой концентрации пылевых частиц, наружу. Это достигается тем, что выходное отверстие 19 устройства выполнено с возможностью его соосного совмещения с выходным отверстием 7 выходного канала 4 измерителя массовой концентрации пылевых частиц.

Внутри корпуса 16 устройства также расположены электрически соединенные аккумулятор 20, источник питания 21 и коммуникационный блок 22. В качестве аккумулятора 20 может быть использован аккумулятор любой известной конструкции, например аккумулятор Delta HR12-7.2. В качестве источника питания может быть использован любой известный источник питания, например источник питания DRC-100A. Наличие аккумулятора 20 позволяет подавать питание на устройство и измеритель даже в случае перебоев с питанием в сети, а также в случае, если питание устройства отключено. Измеритель массовой концентрации пылевых частиц также электрически соединен с аккумулятором 20 и источником питания 21.

Коммуникационный блок 22 содержит контроллер 23, по крайней мере, один входной интерфейс 24 устройства, по крайней мере, один выходной интерфейс 25 устройства, модуль энергонезависимой памяти 26, модуль 27 беспроводного соединения, модуль часов реального времени 28, GSM-антенну 29 и GPS-антенну 30. Контроллер может быть выполнен любой известной конструкции, например контроллер EFM32 GG380F1024. Входной интерфейс 24 устройства предназначен для подключения выходного интерфейса 15 измерителя к входному интерфейсу 24 устройства с возможностью передачи данных от измерителя массовой концентрации пылевых частиц к контроллеру коммуникационного блока 22 устройства для передачи данных. В качестве входного интерфейса 24 устройства может быть использован любой известный интерфейс проводной передачи данных, например интерфейс RS-485. В качестве выходного интерфейса 25 устройства может быть использован любой известный интерфейс проводной передачи данных, например USB-интерфейс или интерфейс RS-232. В случае выполнения устройства для передачи данных с более чем одним выходным интерфейсом 25 устройства, дополнительный выходной интерфейс 25 устройства может быть выведен

за пределы коммуникационного блока 22 и расположен на корпусе 16 устройства. Выходной интерфейс 25 устройства предназначен для проводной передачи данных с измерителя концентрации пылевых частиц через устройство для передачи данных на стороннее устройство, например, сервер, а также осуществлять передачу данных даже в случае поломки модуля 27 беспроводного соединения. Также он может быть использован для обновления программного обеспечения как контроллера коммуникационного блока 22 устройства для передачи данных, так и измерителя массовой концентрации пылевых частиц.

В случае выполнения устройства для передачи данных, снабженным дополнительным входным интерфейсом 24 устройства, дополнительный входной интерфейс 24 устройства позволяет осуществлять подключение различных датчиков к коммуникационному блоку 22 устройства для передачи данных. Примерами таких датчиков могут быть датчик угарного газа, датчик углекислого газа, датчик озона, датчик измерения концентрации летучих органических соединений, датчик формальдегида, и так далее. Это позволяет расширить возможности измерителя массовой концентрации пылевых частиц, за счет возможности получения дополнительной информации о состоянии воздуха в процессе измерения массовой концентрации пылевых частиц.

Модуль энергонезависимой памяти 26 предназначен для записи данных, обработанных микроконтроллером 11 измерителя массовой концентрации пылевых частиц. Также он предназначен для отсчета и записи времени, с которого проводят эксплуатацию датчиков пыли 5 и измерителя, соответственно, в том числе, в случае, когда питание устройства и измерителя отключено. Наличие энергонезависимого модуля памяти позволяет сохранять измеренные данные о массовой концентрации пылевых частиц в атмосфере, дату и время измерения с возможностью их последующего использования, в том числе, в случае отсутствия питания как от источника питания 21, так и от аккумулятора 20. При записи данных в модуль энергонезависимой памяти 26 используется информация о текущем времени и дате с модуля часов реального времени 28. В качестве модуля часов реального времени 28 может быть использован модуль часов реального времени любой известной конструкции, например Maxim Integrated DS1339.

В качестве модуля 27 беспроводного соединения могут быть использованы модуль Wi-Fi, GSM-модем, GPS-модуль, а также их комбинация, или любой другой известный модуль беспроводного соединения. Это позволяет осуществлять дистанционный контроль массовой концентрации пылевых частиц в воздухе.

Устройство для передачи данных снабжено GSM-антенной 29 и GPS-антенной 30, соединенными с модулем 27 беспроводного соединения коммуникационного блока 22 и

могут быть выполнены любой известной конструкции. GSM-антенна 29 и GPS-антенна 30 предназначены для беспроводной передачи данных. Чувствительные элементы GSM-антенны 29 и GPS-антенны 30 выводятся на внешнюю поверхность корпуса 16 устройства для повышения качества беспроводной передачи данных.

Для удобного крепления устройства для передачи данных и расположенного в нем измерителя концентрации пылевых частиц, к опорной поверхности, например, стене здания, корпус 16 устройства снабжен универсальным кронштейном 31.

Устройство для передачи данных с размещенным в нем измерителем массовой концентрации пылевых частиц и подключенным к устройству для передачи данных образуют систему для измерения массовой концентрации пылевых частиц.

Отличительной особенностью заявляемой системы для измерения массовой концентрации пылевых частиц является тот факт, что измеритель массовой концентрации пылевых частиц расположен внутри корпуса 16 устройства для передачи данных. Также входные отверстия 6 входных каналов 3 и выходные отверстия 7 выходных каналов 4 измерителя массовой концентрации пылевых частиц соединены с входными и выходными отверстиями устройства для передачи данных. Это позволяет проводить дополнительную очистку атмосферного воздуха, поступающего в измеритель массовой концентрации пылевых частиц от крупного мусора и насекомых, тем самым увеличивая срок службы измерителя.

Кроме того, наличие устройства для передачи данных в системе позволяет с одной стороны осуществлять подачу питания на измеритель массовой концентрации пылевых частиц, а с другой – передавать измеренные данные различными способами, как проводным, так и беспроводным способом.

Краткое описание рисунков

Фиг. 1. Схема расположения основных элементов измерителя массовой концентрации пылевых частиц. На фиг. 1 представлены корпус 1 измерителя, входные каналы 3, выходные каналы 4, датчики пыли 5, выходные отверстия 7 выходных каналов 4, фильтры 8, датчики температуры входного потока 9, датчики температуры выходного потока 10, микроконтроллер 11, печатная плата 12, нагревательный элемент 13, вентилятор 14 и выходной интерфейс 15 измерителя.

Фиг. 2. Схема расположения основных элементов устройства для передачи данных с расположенным в нем измерителем массовой концентрации пылевых частиц. На фиг. 2 представлены теплоизоляция 2, корпус 16 устройства, входные отверстия 17 устройства, заслонки 18, выходные отверстия 19 устройства, аккумулятор 20, источник питания 21, коммуникационный блок 22, входной интерфейс 24 устройства, выходной интерфейс 25

устройства, антенна Wi-Fi модуля 27 беспроводного соединения, GSM-антенна 29, GPS-антенна 30 и универсальный кронштейн 31.

Фиг. 3. Принципиальная схема устройства для передачи данных. На фиг. 3 представлены аккумулятор 20, источник питания 21, контроллер 23, входной интерфейс 24 устройства, выходной интерфейс 25 устройства, модуль энергонезависимой памяти 26, модуль 27 беспроводного соединения, модуль часов реального времени 28, GSM-антенна 29 и GPS-антенна 30.

Описание способа измерения массовой концентрации пылевых частиц

Способ измерения массовой концентрации пылевых частиц с помощью заявленного устройства реализуется следующим образом.

Устройство для передачи данных и измеритель концентрации пылевых частиц включают. Питание поступает от источника питания 20 в аккумулятор 19 и, затем, поступает на печатную плату 12 измерителя массовой концентрации пылевых частиц к микроконтроллеру 11. Микроконтроллер 11 производит обработку данных, поступающих от датчиков температуры входного потока 9, и производит выбор датчика пыли 5, исходя из данных, записанных в модуле памяти 26. При этом микроконтроллер 11 производит выбор датчика пыли 5 таким образом, что при измерении массовой концентрации пылевых частиц используется тот датчик пыли 5, который производил измерения меньшее количество раз. Атмосферный воздух поступает через входное отверстие 17 устройства, снабженное заслонкой 18, через фильтр 8 во входное отверстие 6 входного канала 3, соответствующего выбранному датчику пыли 5. Поступление во входной канал 3 атмосферного воздуха контролируется встроенным в датчик пыли 5 вентилятором.

Одновременно с этим, микроконтроллер 11, при необходимости, включает нагревательный элемент 13 и вентилятор 14, тем самым, производя равномерный нагрев воздуха внутри корпуса 1 измерителя. Это, в свою очередь, приводит к нагреву воздуха, поступающего в датчик пыли 5 из входного канала 3, до необходимой для измерения массовой концентрации пылевых частиц температуры, например, до температуры не менее 0°C. При этой температуре становится возможным измерение массовой концентрации пылевых частиц датчиками пыли 5. При этом оптимальной температурой для измерения массовой концентрации пылевых частиц в воздухе является температура воздуха не менее 5°C. При этой температуре возможно проведение измерений массовой концентрации пылевых частиц с необходимой точностью и без ущерба для датчиков пыли 5.

Датчик пыли 5 производит измерение массовой концентрации пылевых частиц фракции PM 2.5 (до 2.5 мкм) или фракции PM 10 (от 2.5 до 10 мкм) в непрерывном

входном потоке подогретого атмосферного воздуха и передает данные в микроконтроллер 11. Микроконтроллер 11 обрабатывает данные, передает в контроллер 23 коммуникационного блока 22 устройства для передачи данных, который записывает обработанные данные в модуль энергонезависимой памяти 26 устройства для передачи данных и передает с помощью модуля 27 беспроводного соединения на стороннее устройство, например, сервер или мобильное устройство. Вторым вариантом является передача данных с измерителя массовой концентрации пылевых частиц через устройство для передачи данных на стороннее устройство, например сервер, с помощью выходного интерфейса 15 измерителя, соединенного с входным интерфейсом 24 устройства. Входной интерфейс 24 устройства соединен с коммуникационным блоком 22 устройства, откуда, в свою очередь, осуществляется передача данных с помощью выходного интерфейса 25 устройства. Воздух поступает в выходной канал 4, проходит через выходное отверстие 7 с фильтром 8 и через выходное отверстие 19 устройства для передачи данных попадает в помещение.

В случае снабжения датчика пыли 5 нефелометром, измерение массовой концентрации пылевых частиц производят нефелометрическим методом. Такой метод измерения является простым в реализации и обеспечивает длительный срок службы измерителя массовой концентрации пылевых частиц.

В случае если начальная температура воздуха во входном канале 3 выше необходимой, и ниже предельно допустимой температуры для работы датчиков пыли 5, проводят измерения массовой концентрации пылевых частиц с помощью датчиков пыли 5. В качестве примера, такой вариант измерения массовой концентрации пылевых частиц в диапазоне температур входного потока воздуха от 10°C до 50°C.

По окончании измерения массовой концентрации пылевых частиц микроконтроллер 11 производит переключение между датчиками пыли 5 таким образом, чтобы при каждом следующем измерении использовался тот датчик пыли 5, который производил измерения меньшее количество раз. Это позволяет увеличить их срок службы в 2 раза. При переключении проводят одновременные замеры показаний двух датчиков пыли 5 в течение определенного промежутка времени, например 10 минут. При этом в первую минуту измеренные значения массовой концентрации пылевых частиц не записываются в модуль энергонезависимой памяти 26, после чего микроконтроллер 11 производит расчет среднего значения измеренной массовой концентрации пылевых частиц для каждого датчика пыли 5. Контроль времени микроконтроллером 11 осуществляется с помощью модуля часов реального времени 28 коммуникационного блока 22 устройства для передачи данных.

После этого средние значения измеренных в каждом датчике пыли 5 массовых концентраций сравниваются между собой. Если средние значения отличаются друг от друга более чем на определенную величину, например, 50%, микроконтроллер 11 передает сигнал ошибки с помощью модуля 27 беспроводного соединения или с помощью выходного интерфейса 15 измерителя, соединенного с входным интерфейсом 24 устройства, коммуникационным блоком 22, и выходным интерфейсом 25 устройства, соответственно. Таким образом, это позволяет определить корректность измеряемых датчиками пыли 5 данных.

В случае если средние значения измеренных в каждом датчике пыли 5 массовых концентраций не отличаются друг от друга более чем на определенную величину, например, 50%, микроконтроллер 11 передает данные об измеренной массовой концентрации пылевых частиц того датчика пыли 5, который производил измерения большее количество раз. Микроконтроллер 11 передает данные на стороннее устройство с помощью модуля 27 беспроводного соединения или с помощью выходного интерфейса 15 измерителя, соединенного с входным интерфейсом 24 устройства, коммуникационным блоком 22, и выходным интерфейсом 25 устройства, соответственно.

В случае если частота измерений массовой концентрации пылевых частиц составляет более 5 минут, в измерителе массовой концентрации пылевых частиц предусмотрен режим включения/выключения датчиков пыли 5, который реализуется следующим образом. Питание поступает через микроконтроллер 11 к датчику пыли 5 до начала измерения за определенное время, например, 5 минут, и прекращает поступать сразу после получения микроконтроллером 11 данных от датчика пыли 5 об измеренной массовой концентрации пылевых частиц. Это время, за которое датчик пыли 5 перейдет в рабочий режим, то есть значение погрешности произведенных им измерений будет находиться в пределах допустимых значений. Контроль времени микроконтроллером 11 осуществляется с помощью модуля часов реального времени 28 коммуникационного блока 22 устройства для передачи данных. В качестве примера, частота измерений массовой концентрации пылевых частиц может составлять 1 раз в сутки.

Заявляемое изобретение технологично и является износостойким, долговечным и простым в использовании. Устройство может быть изготовлено с применением серийного производства, а способ измерения массовой концентрации пылевых частиц может быть применен в любых температурных диапазонах – от -40°C до $+50^{\circ}\text{C}$.

Формула

1. Измеритель массовой концентрации пылевых частиц, включающий корпус измерителя, печатную плату с микроконтроллером, соединенные с ними, по крайней мере, два датчика пыли и выходной интерфейс измерителя, отличающееся тем, что дополнительно содержит:
нагревательный элемент и вентилятор, которые электрически соединены с микроконтроллером;
по крайней мере, один входной канал, соединенный с датчиками пыли,
по крайней мере, один выходной канал,
по крайней мере, один датчик температуры входного потока.
2. Измеритель массовой концентрации пылевых частиц по п.1, отличающийся тем, что корпус измерителя снабжен теплоизоляцией.
3. Измеритель массовой концентрации пылевых частиц по п. 1, отличающийся тем, что снабжен, по крайней мере, двумя входными каналами, по крайней мере, двумя выходными каналами и, по крайней мере, двумя датчиками температуры входного потока.
4. Измеритель массовой концентрации пылевых частиц по п.1, отличающийся тем, что датчики пыли снабжены нефелометрами.
5. Измеритель массовой концентрации пылевых частиц по п. 1, отличающийся тем, что входное отверстие входного канала и выходное отверстие выходного канала снабжены фильтрами.
6. Измеритель массовой концентрации пылевых частиц по п. 1, отличающийся тем, что выходной канал снабжен, по крайней мере, одним датчиком температуры выходного потока.
7. Измеритель массовой концентрации пылевых частиц по п. 1, отличающийся тем, что измеритель дополнительно снабжен датчиками температуры окружающего воздуха, влажности и атмосферного давления.
8. Система для измерения массовой концентрации пылевых частиц, содержащая:
устройство для передачи данных, с,
по крайней мере, одним входным отверстием,
по крайней мере, одним выходным отверстием,
при этом устройство снабжено аккумулятором, источником питания, соединенными с коммуникационным блоком, включающим контроллер, соединенный с, по крайней мере, одним входным интерфейсом устройства, по крайней мере, одним выходным интерфейсом устройства, модулем энергонезависимой памяти, модулем беспроводного соединения, модулем часов реального времени, GSM-антенной и GPS-антенной;

измеритель массовой концентрации пылевых частиц, расположенный внутри корпуса устройства для передачи данных,

при этом входные каналы и выходные каналы измерителя массовой концентрации пылевых частиц соединены с входными и выходными отверстиями устройства для передачи данных.

9. Система для измерения массовой концентрации пылевых частиц по п. 8, отличающаяся тем, что устройство для передачи данных содержит дополнительный входной интерфейс устройства.

10. Система для измерения массовой концентрации пылевых частиц по п. 8, отличающаяся тем, что устройство для передачи данных содержит дополнительный выходной интерфейс устройства.

11. Система для измерения массовой концентрации пылевых частиц по п. 8, отличающаяся тем, что входное отверстие устройства для передачи данных снабжено заслонкой.

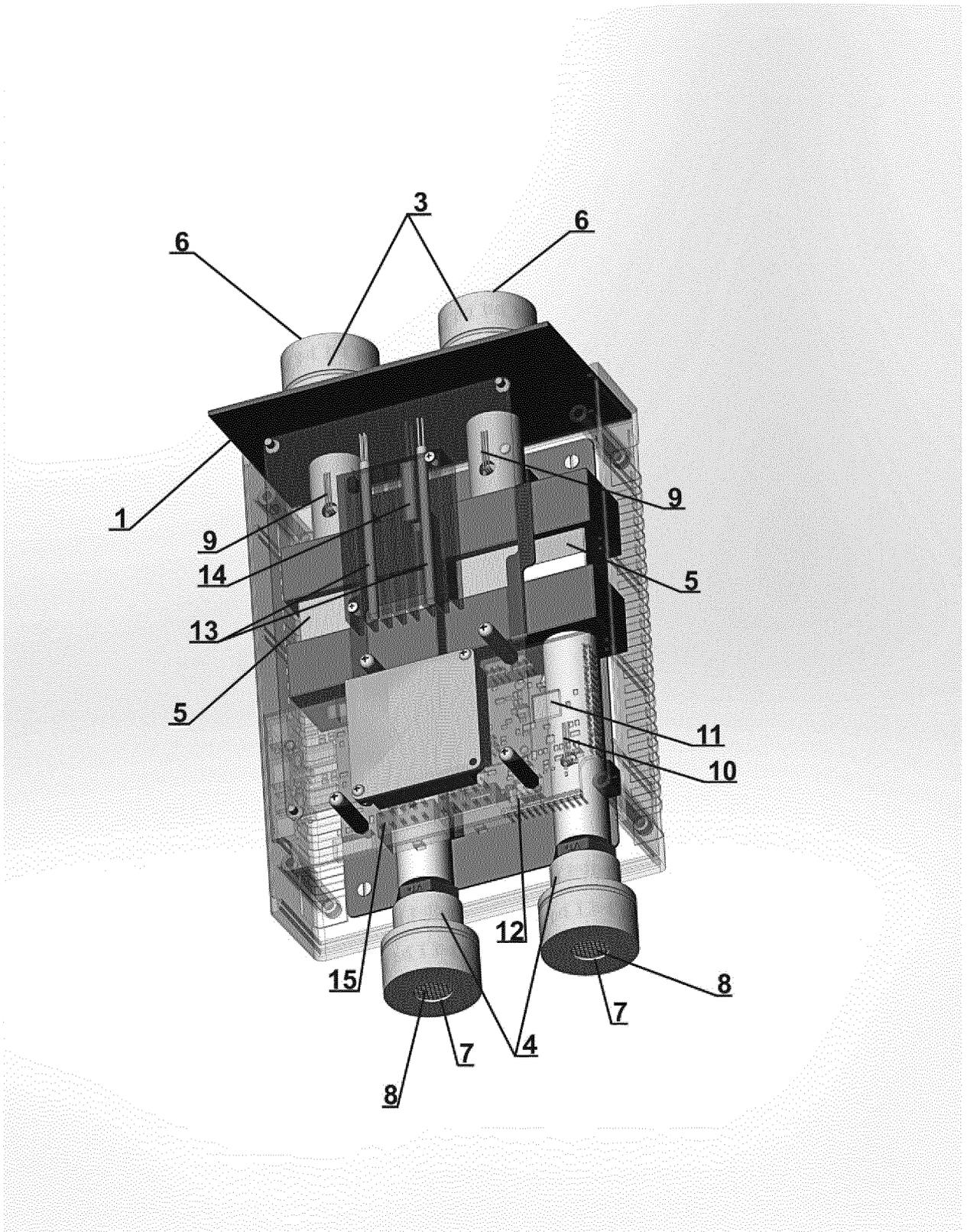
12. Система для измерения массовой концентрации пылевых частиц по п. 8, отличающаяся тем, что модуль энергонезависимой памяти выполнен с возможностью записи измеренной массовой концентраций пылевых частиц, даты и времени измерения и последующего их запроса.

13. Способ измерения массовой концентрации пыли, заключающийся в том, что: с помощью микроконтроллера производят выбор датчика пыли, измеряют температуру поступающего атмосферного воздуха, нагревают воздух внутри измерителя до температуры не менее 0°C, измеряют массовую концентрацию пылевых частиц, передают данные на микроконтроллер, который обрабатывает их и передает на устройство для передачи данных с помощью выходного интерфейса измерителя, выводят атмосферный воздух через выходной канал, устройство для передачи данных передает данные на внешнее устройство с помощью модуля беспроводного соединения.

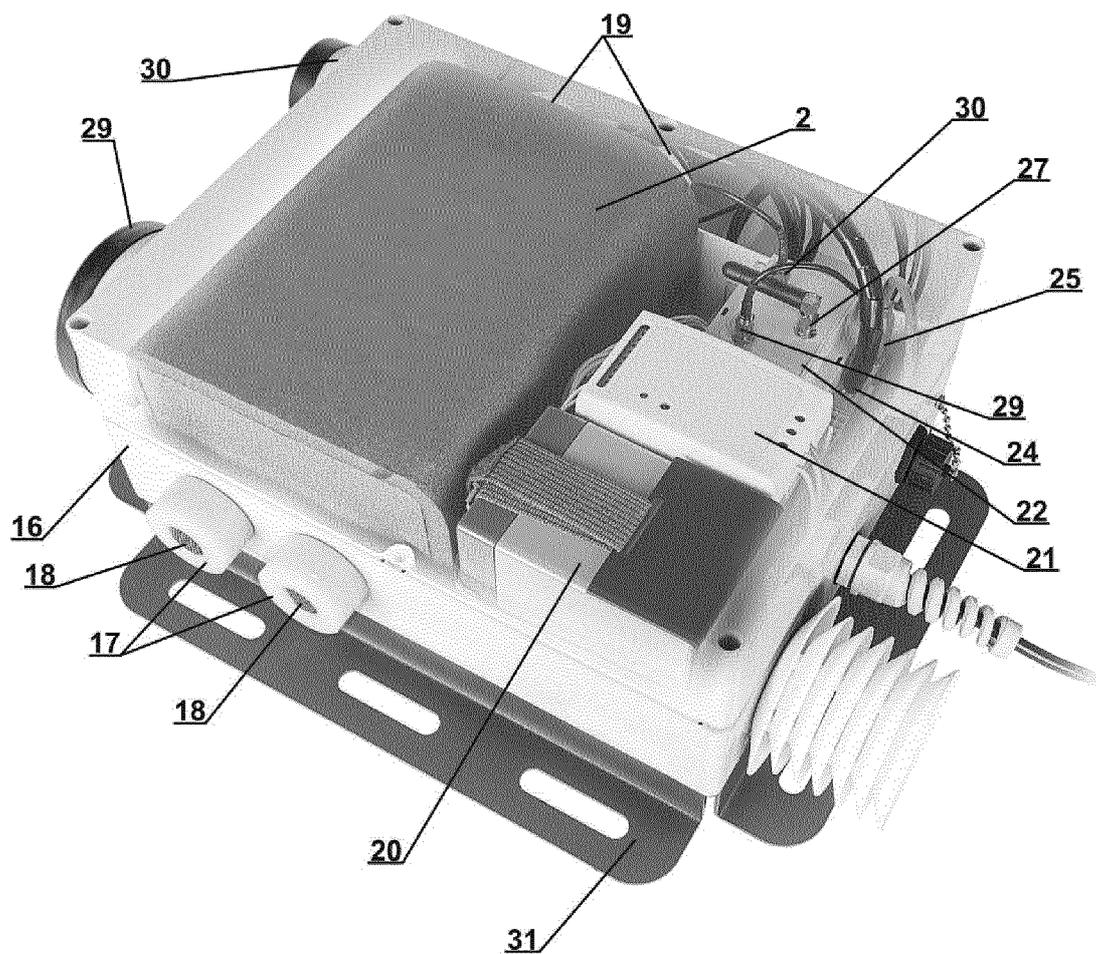
14. Способ измерения массовой концентрации пыли по п. 13, отличающийся тем, что выбор датчика осуществляют на основе данных о количестве измерений, произведенных каждым из датчиков пыли, при каждом измерении используя датчик пыли, который производил измерения меньшее количество раз.

15. Способ измерения массовой концентрации пыли по п. 13, отличающийся тем, что массовую концентрацию пылевых частиц измеряют нефелометрическим методом.

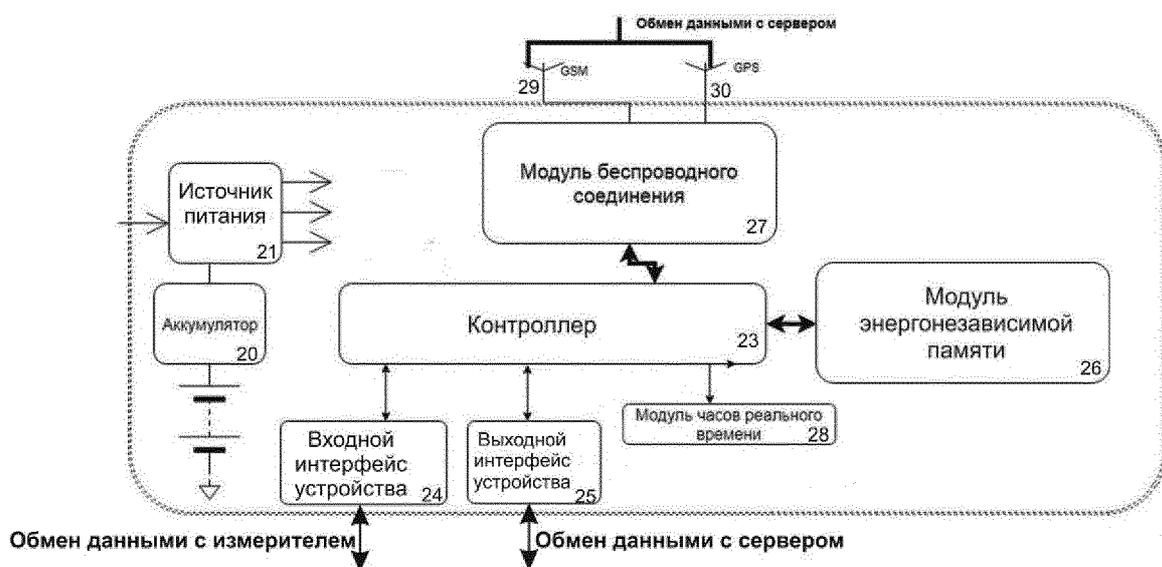
16. Способ измерения массовой концентрации пыли по п. 13, отличающийся тем, что измеритель включают до начала выбора микроконтроллером датчика пыли.
17. Способ измерения массовой концентрации пыли по п. 13, отличающийся тем, что устройство для передачи данных передает данные на внешнее устройство с помощью выходного интерфейса устройства.
18. Способ измерения массовой концентрации пыли по п. 13, отличающийся тем, что по окончании измерения проводят сравнение средних значений измеренных данных датчиками пыли.
19. Способ измерения массовой концентрации пыли по п. 13, отличающийся тем, что по окончании измерения проводят переключение между двумя датчиками пыли.
20. Способ измерения массовой концентрации пыли по п. 13, отличающийся тем, что включение датчиков пыли проводят перед измерением и выключают после него.
21. Способ измерения массовой концентрации пыли по п. 13, отличающийся тем, что измеряют массовую концентрацию пылевых частиц, имеющих размер менее 2.5 мкм.
22. Способ измерения массовой концентрации пыли по п. 13, отличающийся тем, что измеряют массовую концентрацию пылевых частиц, имеющих размер в диапазоне до 10 мкм.



Фиг. 1.



Фиг. 2.



Фиг. 3.