

(19)



Евразийское  
патентное  
ведомство

(21) 202190559 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки  
2021.06.16

(22) Дата подачи заявки  
2019.09.12

(51) Int. Cl. *B01D 46/00* (2006.01)  
*B01D 53/32* (2006.01)  
*B03C 3/155* (2006.01)  
*B03C 3/41* (2006.01)  
*B03C 3/38* (2006.01)  
*B03C 3/017* (2006.01)  
*B03C 3/36* (2006.01)

(54) СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА

(31) 1043003

(32) 2018.09.18

(33) NL

(86) PCT/NL2019/050593

(87) WO 2020/060392 2020.03.26

(71) Заявитель:

ВАН ВЕЕС ИННОВЕЙШНС Б.В. (NL)

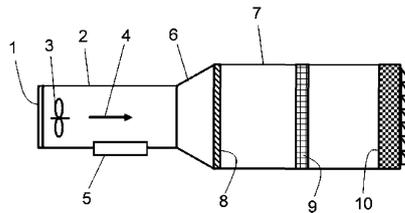
(72) Изобретатель:

Ван Веес Петер Уиллем (NL)

(74) Представитель:

Абильманова К.С. (KZ)

(57) Настоящее изобретение относится к способу и устройству для очистки наружного/атмосферного или внутреннего/внутри помещения воздуха, загрязненного твердыми частицами. Способ включает определенную последовательность мероприятий по стимулированию агломерации и/или коагуляции частиц, включающих ионизацию с последующей серией фильтраций. Использование изобретения приводит к неожиданному удалению сверхмелкозернистых частиц размером 1-100 мкм с большой эффективностью. Изобретение также касается устройства для осуществления способа.



A1

202190559

202190559

A1

## СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА

Область изобретения

Настоящее изобретение относится к способу и устройству для очистки воздуха, загрязненного твердыми частицами. Способ включает определенную последовательность мероприятий по стимулированию агломерации и/или коагуляции частиц, включающих ионизацию с последующей фильтрацией. Кроме того, изобретение касается устройства для осуществления данного способа.

Предпосылки создания изобретения

В зависимости от объема и состава промышленных выбросов, выхлопных газов и местных экологических норм качество воздуха во внешнем пространстве значительно варьируется от одного географического местоположения к другому. Во многих местах качество воздуха представляет серьезную опасность для здоровья людей, живущих на этой территории.

Предупреждения о смоге стали почти ежедневным явлением во многих местах по всему миру, особенно в крупных городах и их окрестностях.

В помещении воздух может быть даже более загрязненным, чем воздух снаружи. Наиболее вредными для человека твердыми частицами в загрязненном воздухе являются так называемые наночастицы с размером частиц менее 100 нанометров. Существующие в настоящее время способы и системы для удаления твердых частиц из воздуха не способны удалять наночастицы. К тому же, устройства для удаления частиц из воздуха, в соответствии с предшествующим уровнем техники, могут обрабатывать настолько малые объемы воздуха (максимально порядка 10.000 кубических метров в час), что очищающий эффект от использования одного из таких устройств, принимая во внимание общий объем наружного/атмосферного воздуха, например в городе, ничтожно мал. Для получения заметного эффекта в очистке воздуха требуется одновременное использование очень большого количества единиц таких устройств, что было бы недопустимым с точки зрения капиталовложений и эксплуатационных затрат.

Некоторые известные из уровня техники технологии удаления твердых частиц из воздуха достаточно успешно извлекают частицы размером примерно 0,3 микрометра, то есть 300 нанометров и выше. Среди этих технологий предшествующего уровня техники технология, раскрытая в WO 2017/179984, кажется наиболее универсальной, хотя все еще недостаточно результативной с точки зрения удаления мельчайших, наиболее вредных для окружающей среды и человека частиц и с точки зрения способности очищать

достаточное количество атмосферного воздуха за единицу времени, чтобы оказывать заметное влияние на качество воздуха вне помещений, например, в городе.

Способ в соответствии с этой известной технологией для очистки воздуха, загрязненного твердыми частицами, включает транспортировку подлежащего очистке воздуха через канал воздушного потока устройства при подаче через входное отверстие канала воздушного потока и выпуск транспортируемого через канал воздушного потока воздуха через выпускное отверстие, и далее передвижение очищаемого воздуха вдоль ионизатора переменного тока (ПТ), который размещен в канале воздушного потока, для ионизации присутствующих в потоке воздуха твердых частиц и для вызывания агломерации ионизированных таким образом частиц, при этом проходное сечение зоны/секции устройства, расположенной рядом с ионизатором, меньше проходного сечения зоны/секции устройства, расположенной рядом с первым фильтром, который размещается после ионизатора. В данном способе фильтрацию воздуха осуществляют с помощью фильтра, который располагается между ионизатором и выпускным отверстием, причем размер пор фильтра превышает размер по меньшей мере части твердых частиц, присутствующих в подаваемом воздухе, и с помощью фильтра из воздуха удаляют агломерированные частицы. Как описывается в WO 2017/179984, этот способ обеспечивает ионизацию присутствующих в воздушном потоке частиц, однако, этот процесс имеет очень низкую степень эффективности, так как ионизации подвергается только часть частиц, присутствующих в воздушном потоке. В частности, ионизации подвергается менее примерно 30% частиц от их общего количества, например от 20% до 25% из них; и/или сообщается электрический заряд с образованием частиц с взаимно противоположными полярностями, так что количество ионизированных частиц одной полярности и/или общий заряд, сообщенный частицам одной полярности, образуют избыток, превышающий примерно на 20% количество частиц другой полярности и/или, соответственно, общий заряд, сообщенный частицам другой полярности, например превышение составляет примерно от 25% до 30%.

В связи с созданием одной или нескольких расширяющихся секций в канале воздушного потока известного устройства, которые функционируют в качестве диффузора, за которыми следует сужающаяся секция, действующая подобно компрессору, скорость частиц в воздушном потоке вначале замедляется, а затем ускоряется, в результате чего мелкие и большие по размеру частицы приобретают разную скорость, сталкиваются и агломерируются, что способствует их отделению с помощью фильтра, размер пор которого больше, чем у подавляющего большинства самых крупных частиц, присутствующих в воздухе.

В предпочтительном варианте осуществления способ известного уровня техники, раскрытый в WO 2017/179984, включает использование фильтра класса F9 с угольной сеткой в качестве первого фильтра, размещаемого после ионизатора. Этот фильтр не только отфильтровывает частицы, но также в значительной степени устраняет образование и выделение  $\text{NO}_x$  и  $\text{SO}_x$  или, иными словами, выработку токсичных газов. Следующий этап фильтрации включает комбинацию угольных фильтров классов G1, G2 и/или G3, которые электрически заряжены для создания притяжения между ионизированными частицами с противоположными зарядами.

К сожалению, способ и устройство предшествующего уровня техники, раскрытые в WO 2017/179984, не позволяют эффективно удалять частицы размером менее примерно 0,1 микрометра, то есть менее 100 нанометров, которые, как известно, наиболее пагубно действуют на окружающую среду и особенно на человека.

#### Сущность изобретения

Изобретение относится к способу и устройству для удаления твердых частиц из воздуха, включающему новое и неочевидное дополнение к способу в соответствии с предшествующим уровнем техники, который не обеспечивает удаление частиц размером менее 100 нанометров. Предлагаемый способ включает определенную последовательность мероприятий по стимулированию агломерации и/или коагуляции частиц, включающих предпочтительно ионизацию части частиц постоянным током (ПТ) с последующей фильтрацией воздуха с ионизированными частицами с помощью фильтра класса F9 или сопоставимого с ним фильтра и, впоследствии, электрически заряженного фильтрующего блока, содержащего один или несколько фильтров, выбранных из классов G1, G2 и/или G3, за которыми следует новый и неочевидный этап фильтрации, включающий использование фильтра класса U15.

Кроме того, изобретение относится к устройству для осуществления указанного способа.

Этот способ может быть в особенности применен к загрязненному наружному/атмосферному воздуху, поскольку им можно обрабатывать большие объемы воздуха, но он также подходит для обработки загрязненного воздуха внутри помещений.

#### Краткое описание фигур чертежей

Цели и преимущества настоящего изобретения станут более очевидными из следующего ниже описания предпочтительных вариантов осуществления изобретения в сочетании с прилагаемыми чертежами, на которых:

Фиг. 1 представляет собой схематический вертикальный продольный разрез одного варианта выполнения устройства для осуществления способа фильтрации воздуха в соответствии с изобретением;

Фиг. 2 представляет собой схематический вид сбоку другого варианта выполнения устройства для осуществления способа фильтрации воздуха в соответствии с изобретением;

Фиг. 3 представляет собой график измерений относительной эффективности, которые были выполнены на основе воздуха, очищенного устройством с использованием способа согласно изобретению.

Идентичные или подобные части устройства согласно изобретению обозначены на чертежах идентичными или подобными ссылочными номерами.

Подробное описание вариантов осуществления изобретения

Далее со ссылками на приложенные чертежи описывается один из вариантов осуществления способа и устройства для очистки воздуха согласно изобретению.

Способ очистки воздуха, осуществляемый путем удаления твердых частиц из поступающего на очистку воздуха, наилучшим образом можно описать на основе варианта выполнения устройства для осуществления указанного способа, схематично показанного на фигуре 1.

Способ, согласно изобретению, включает использование устройства с впускным отверстием для воздуха 1, первым воздушным каналом 2 с, по существу, постоянной площадью поперечного сечения и вентилятором 3, расположенным внутри первого воздушного канала 2 на впускном отверстии для воздуха 1 или непосредственно после него для продувания или перемещением под давлением воздуха через устройство. Большая часть известных устройств очистки воздуха содержит вентилятор, который расположен рядом с отверстием в устройстве для выпуска воздуха и, следовательно, обеспечивает засасывание и перемещение воздуха через устройство, включая его фильтры. Тот факт, что устройство в соответствии с настоящим изобретением содержит вентилятор 3, который расположен на конце устройства для впуска воздуха, приводит к продуванию или пропусканию под давлением воздуха вентилятором, которое также можно описать как проталкивание воздуха через устройство, включая его фильтры. Такое исполнение, как правило, обеспечивает лучший контроль и управление воздушным потоком. Здесь и далее термин «расположенный на» следует толковать как включающий «размещенный в непосредственной близости от». Изобретение предусматривает, что устройство может вращаться или поворачиваться вдоль вертикальной оси, чтобы обеспечить возможность выравнивания устройства таким образом, чтобы впускное

отверстие 1 воздухозаборника могло располагаться перпендикулярно направлению ветра, таким образом обеспечивая использование энергии ветра, которая экономит некоторую часть входной энергии, например электричество, для работы вентилятора 3. Стрелка 4 на фигуре 1 показывает направление воздушного потока. Способ дополнительно включает средства для ионизации части, например менее тридцати процентов, частиц в воздухе, который проходит через первый воздушный канал 2. В отличие от способов предшествующего уровня техники настоящее изобретение предпочтительно включает применение постоянного тока (ПТ) при ионизации вместо переменного тока, как описано в предшествующем уровне техники, для предотвращения образования озона. В варианте выполнения устройства для осуществления способа согласно изобретению, как показано на фиг. 1, средства ионизации содержат ионизатор 5. В отличие от изображенного на фигуре 1 может предполагаться, что ионизатор 5 не обязательно ограничен одним блоком, который расположен несимметрично относительно центра (эксцентрично) внутри первого воздушного канала 2, но может также быть представлен множеством ионизационных блоков, которые равномерно распределены по окружности впускного воздушного канала 2 для достижения равномерной ионизации части воздуха. В различных вариантах осуществления предлагаемого устройства управление ионизатором 5 включает средства измерения плотности частиц в воздушном потоке.

Предлагаемый способ очистки воздуха предусматривает, что, после создания высокой начальной скорости воздуха и, следовательно, высокой скорости находящихся в воздухе частиц, скорость воздуха существенно снижается. В варианте выполнения устройства, показанном на фиг. 1, это достигается посредством плавного перехода и гидравлического присоединения выпускного конца первого воздушного канала 2 к расширяющейся секции 6, в дальнейшем также называемой диффузором 6. Это увеличение площади поперечного сечения в секции 6 по сравнению с площадью поперечного сечения первого канала воздушного потока приводит к существенному снижению скорости воздуха, что, в свою очередь, приводит к неизбежному столкновению и агломерации частиц с взаимно различающимися массами.

Эти агломерированные частицы затем отфильтровываются первым фильтром 8, который в одном варианте осуществления изобретения содержит фильтр класса F9. Этот фильтр может быть адаптирован, например, по длине, для создания потока с низким сопротивлением. В предпочтительном варианте длина фильтра увеличивается на 25%. Таким образом, здесь также важно сохранять баланс между первоначальной очисткой от сильнейших и тяжелейших по насыщенности загрязнений и последующей доочисткой от их остатков при минимально возможном сопротивлении потока. Соответствующие

упомянутому выше фильтры классов F8 и H10 кажутся менее подходящими, но вместо них могут быть использованы другие фильтры со сравнимой производительностью, более или равной 95%, и размером пор, приближающимся к 100% удержанию частиц диаметром более 1 мкм, которые, несомненно, подходят для устройства очистки воздуха согласно изобретению. Применение такого фильтра, сопоставимого с фильтром класса F9, также входит в объем изобретения.

Помимо прочего, способ, согласно изобретению, предусматривает, что частицы, которые проходят через поры первого фильтра, причем эти частицы все еще ионизированы, ускоряются и движутся к второму воздушному фильтру 9, как схематично показано в варианте выполнения изображенного на фиг. 1 устройства для осуществления способа согласно изобретению. Второй воздушный фильтр 9 включает комбинацию фильтров классов G1, G2 (предназначенных для фильтрации частиц размером 10 микрон и более) и/или угольных фильтров класса G3. Фильтр класса G3 в принципе предназначен для улавливания частиц размером от 3,0 до 10,0 микрон. Второй воздушный фильтр 9 электрически заряжен противоположно заряду ионизированных частиц. Благодаря этой противоположной (обратной) зарядке второй воздушный фильтр 9 имеет высокую степень отделения частиц и фактически действует подобно непреодолимому барьеру. Следовательно, второй воздушный фильтр в дальнейшем также может называться «угольной преградой» 9.

Фигура 2 представляет собой схематический вид сбоку варианта выполнения устройства для осуществления способа фильтрации воздуха в соответствии с изобретением, в котором устройство содержит как диффузор 6, расширяющуюся секцию, так и компрессор 11, сужающуюся секцию, создающие вначале уменьшение скорости потока воздуха с последующим увеличением скорости воздушного потока. Изобретение предусматривает, что устройство для осуществления способа может содержать более одной секции диффузора и/или более одной секции компрессора/компрессии.

Несмотря на важное усовершенствование известного способа очистки воздуха путем замены ионизации переменным током на ионизацию постоянным током, чистота воздуха после фильтрации вторым фильтром 9 все еще оставалась недостаточно хорошей или приемлемой. В частности, в воздухе все еще присутствовали частицы размером менее 100 нанометров. Для улучшения результатов очистки, в устройство был добавлен третий фильтр 10, содержащий фильтр класса U15, предназначенный для фильтрации частиц размером 300 нанометров и более. Это привело к неожиданному результату, который, по меньшей мере, выходит за рамки известного и предполагаемого специалистами в данной области. Полученные результаты невозможно вывести на основе логического мышления

или имеющего у специалиста опыта и практических данных. Те же результаты были получены при выполнении стресс-теста. Высококвалифицированные специалисты по фильтрации компании «TüV», известной организации по тестированию и сертификации, которые выполнили валидационный (сертификационный) тест по запросу автора изобретения, также пришли к ошеломительным результатам.

Фигура 3 представляет собой график измеренной фракционной эффективности удаления ультратонких частиц, являющихся частицами в диапазоне от 1 до 100 нанометров, из воздуха с использованием способа в соответствии с настоящим изобретением. Таким образом, добавление фильтра для частиц размерами 300 микрометров и более почти полностью удаляет ультрамелкие частицы из воздуха.

Основываясь на этой чрезвычайно высокой эффективности удаления сверхмелкозернистых частиц и на том факте, что устройство для осуществления способа, согласно изобретению, легко масштабируется или варьируется по размерам, настоящее изобретение кажется уникальным, поскольку обеспечивает необходимое решение для очистки наружного/атмосферного воздуха от смога. На основании предварительных расчетов предполагается, что строительство и эксплуатация аппарата с производительностью очистки более 4,5 миллионов кубических метров наружного воздуха в час возможны при разумных затратах. Установка такого аппарата в разных местах в городах, подверженных смогу, сможет значительно облегчить жизнь его обитателям.

В уровне техники отсутствуют известные способы эффективного удаления ультратонких частиц из воздуха, тем более при высоких пропускных способностях по очистке воздуха. В настоящее время не существует даже коммерческих фильтрующих материалов с размером пор менее 300 нанометров, которые можно было бы использовать для очистки воздуха в больших объемах.

Кроме того, даже если бы такие фильтрующие материалы были бы доступны, важно понимать, что в способах фильтрации предшествующего уровня техники существует компромисс между удалением мелких частиц и частотой очистки или замены фильтра. Если размер пор фильтрующего элемента очень мал, то есть меньше размера мельчайших частиц, которые необходимо удалить, фильтр будет быстро забиваться, что потребует частой его очистки или замены. Кроме того, увеличение противодавления, вызванного засорением фильтрующего материала, приведет к высокому потреблению энергии для поддержания достаточной скорости потока воздуха через устройство для очистки.

В WO 2017/179984, стр. 24, строки 23-25, указано, что использование фильтра вслед за устройством этого изобретения было бы возможно, но не требуется. Это идет в разрез с раскрытием настоящего изобретения, в котором добавление фильтра на 300 мкм после предлагаемого настоящим изобретением устройства неожиданно привело к удалению сверхмелкозернистых частиц размером 1-100 мкм с большой эффективностью.

Как описано выше, изобретение, в частности, может быть воплощено в следующих пунктах формулы, в которых пункты просто пронумерованы для цели ссылки на них.

1. Способ удаления твердых частиц из воздуха, включающий следующие этапы:

- продувка воздуха через канал (1), в котором часть частиц в воздухе ионизируется;
- замедление скорости воздуха, например, через диффузор (6);

- фильтрация воздуха фильтром класса F9 или подходящим сопоставимым фильтром (8);

- продувка воздуха, отфильтрованного фильтром класса F9 или подходящим сопоставимым фильтром (8), через электрически заряженный фильтрующий блок (9), который включает один или несколько фильтров, выбранных из классов G1, G2 и G3, в любой комбинации,

отличающийся тем, что воздух, отфильтрованный электрически заряженным фильтрующим блоком (9), впоследствии принудительно подают на фильтр класса U15 (10) и проходит через него.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что обработке подвергают наружный воздух.

3. Способ по п.1 или 2, отличающийся тем, что ионизация части частиц в воздухе включает ионизацию постоянным током.

4. Способ по п. 3, отличающийся тем, что электрически заряженный фильтрующий блок (9) заряжают с полярностью, противоположной полярности заряда ионизированных частиц в воздухе.

5. Устройство для осуществления способа удаления твердых частиц из воздуха по любому из предшествующих пунктов, содержащее впускное отверстие для воздуха (1), первый воздушный канал (2), вентилятор (3), расположенный на/у входного конца указанного первого воздушного канала, ионизатор (5), диффузор (6), второй воздушный канал (7), фильтр класса F9 или подходящий сопоставимый фильтр (8), электрически заряженный фильтрующий блок (9), содержащий один или несколько фильтров из классов G1, G2 и/или G3, при этом устройство содержит фильтр класса U15 (10) после электрически заряженного фильтрующего блока (9).

6. Устройство по п. 5, отличающееся тем, что устройство содержит секцию компрессии (11).

Термин «содержать» включает также варианты осуществления, в которых термин «содержит» означает «состоит из». Термин «содержащий» в одном варианте может относиться к «состоящему из» в одном варианте, но в другом также может относиться к «содержащему, по меньшей мере, определенные виды и, необязательно, один или несколько других видов». Термин «и/или» в особенности относится к одному или нескольким элементам, упомянутым до и после него. Например, фраза «пункт 1 и/или пункт 2» и подобные фразы могут относиться к одному или нескольким из пунктов 1 и 2.

Несмотря на то, что здесь были проиллюстрированы и описаны только определенные особенности и признаки изобретения, специалисты в данной области техники могут сделать множество допустимых модификаций и изменений. Следовательно, следует понимать, что прилагаемая формула изобретения предназначена для охвата всех таких модификаций и изменений, которые соответствуют сущности изобретения.

Например, когда упоминается конкретный класс фильтров, это также должно толковаться как относящееся к неклассифицированным фильтрам с идентичным или подобным размером пор. В этом контексте слово «аналогичный» допускает разницу в размере пор, равную  $\pm 50\%$ . Упомянутые классы фильтров G и U известны в соответствии с европейскими стандартами EN 779. Помимо этого, под частицами в воздухе обычно подразумеваются твердые частицы.

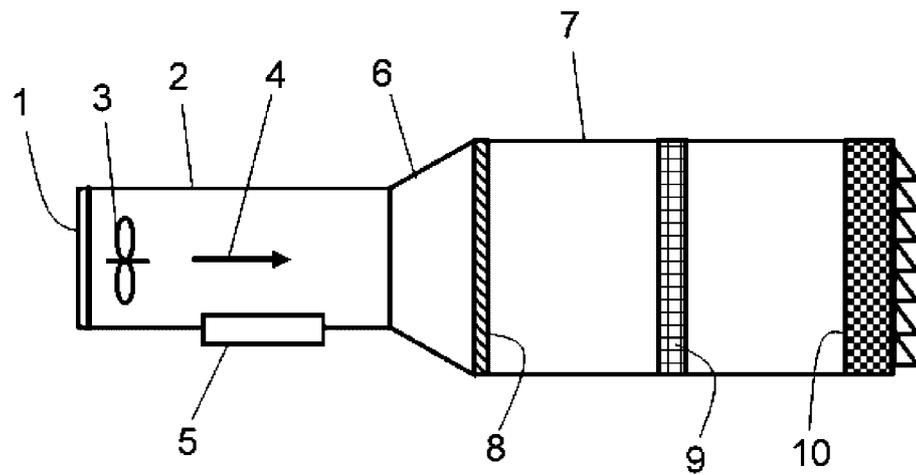
Следует отметить, что вышеупомянутые варианты осуществления скорее иллюстрируют, чем ограничивают изобретение, и что специалисты в данной области техники смогут разработать множество альтернативных вариантов осуществления без приложения творческих усилий и в пределах объема притязаний согласно прилагаемой формуле изобретения. В формуле изобретения, любые ссылочные позиции, помещенные в круглые скобки, не должны толковаться как ограничение формулы изобретения. Использование глагола «содержать» и его спряжения не исключает наличие элементов или этапов, отличных от заявленных в формуле изобретения. Использование единственного числа в отношении элементов устройства и способа, не исключает наличия множества таких элементов.

В пунктах формулы на устройство, в которых перечислены несколько средств, некоторые из этих средств могут быть реализованы одним и тем же элементом аппаратного обеспечения. Тот факт, что определенные мероприятия и действия изложены в разных зависимых пунктах формулы изобретения, не означает, что их комбинация не может быть использована с получением преимуществ по изобретению.

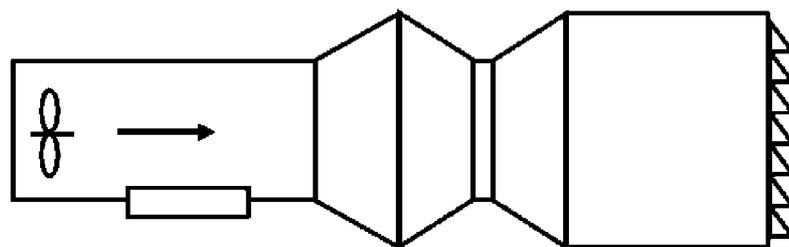
Различные аспекты, обсуждаемые в этой заявке, могут быть объединены для предоставления дополнительных преимуществ. Кроме того, специалист в данной области техники примет во внимание, что варианты осуществления изобретения можно комбинировать, и что также можно комбинировать более двух вариантов осуществления.

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ удаления твердых частиц из воздуха, включающий следующие этапы:
  - продувка воздуха через канал (1), в котором часть частиц в воздухе ионизируется;
  - замедление скорости воздуха, например, через диффузор (6);
  - фильтрация воздуха фильтром класса F9 или подходящим сопоставимым фильтром (8);
  - продувка воздуха, отфильтрованного фильтром класса F9 или подходящим сопоставимым фильтром (8), через электрически заряженный фильтрующий блок (9), который включает один или несколько фильтров, выбранных из классов G1, G2 и G3, отличающийся тем, что воздух, отфильтрованный электрически заряженным фильтрующим блоком (9), впоследствии принудительно подают и пропускают через фильтр класса U15 (10).
2. Способ по п.1, отличающийся тем, что обработке подвергают наружный воздух.
3. Способ по п.1 или 2, отличающийся тем, что ионизация части частиц в воздухе включает ионизацию постоянным током.
4. Способ по п.3, отличающийся тем, что электрически заряженный фильтрующий блок (9) заряжают с полярностью, противоположной полярности заряда ионизированных частиц в воздухе.
5. Устройство для осуществления способа удаления твердых частиц из воздуха по любому из предшествующих пунктов, содержащее впускное отверстие для воздуха (1), первый воздушный канал (2), вентилятор (3), расположенный у/на входном конце указанного первого воздушного канала, ионизатор (5), диффузор (6), второй воздушный канал (7), фильтр класса F9 или подходящий сопоставимый фильтр (8), электрически заряженный фильтрующий блок (9), содержащий один или несколько фильтров, выбранных из классов G1, G2 и G3 в любой комбинации, при этом устройство содержит фильтр класса U15 (10) после электрически заряженного фильтрующего блока (9).
6. Устройство по п.5, отличающееся тем, что устройство содержит секцию компрессии (11).

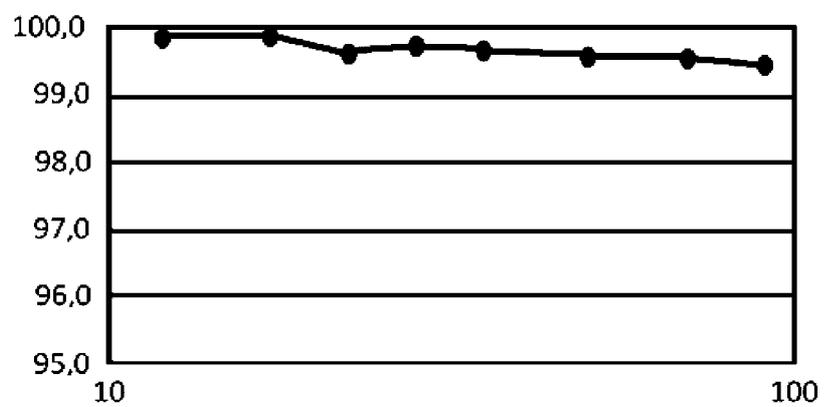


ФИГ. 1



ФИГ. 2

Фракционная эффективность, %



Размер частиц (нм)

ФИГ. 3