



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(52) СПК  
*B01D 39/16 (2020.08); B01D 46/24 (2020.08)*

(21)(22) Заявка: 2018141964, 05.05.2017

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
05.05.2017

Дата регистрации:  
04.12.2020

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:  
13.05.2016 US 62/336,433;  
17.06.2016 US 62/351,401

(43) Дата публикации заявки: 15.06.2020 Бюл. № 17

(45) Опубликовано: 04.12.2020 Бюл. № 34

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на  
национальной фазе: 13.12.2018

(86) Заявка РСТ:  
US 2017/031222 (05.05.2017)

(87) Публикация заявки РСТ:  
WO 2017/196653 (16.11.2017)

Адрес для переписки:  
119019, Москва, ул. Гоголевский бульвар, 11

(72) Автор(ы):

ГАО, Цюн (US),  
ТИФФАНИ, Джейсон, А. (US),  
ИДЗИ, Джанкарло, М. (US),  
ДЕЖОН, Ричард, Патрик (US),  
ТРОННИС, Грегори, С. (US)

(73) Патентообладатель(и):

ДОНАЛЬДСОН КОМПАНИ, ИНК. (US)

(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: RU 2537617 C2, 10.01.2015. US  
20040255783 A1, 23.12.2004. WO 2014149750 A1,  
25.09.2014. RU 2579344 C1, 10.04.2016. US  
6395046 B1, 28.05.2002. RU 2389529 C2,  
20.05.2010. RU 2563273 C2, 20.09.2015. RU  
2188694 C2, 10.09.2002.

**(54) ФИЛЬТРУЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ, ЭЛЕМЕНТЫ И СПОСОБЫ**

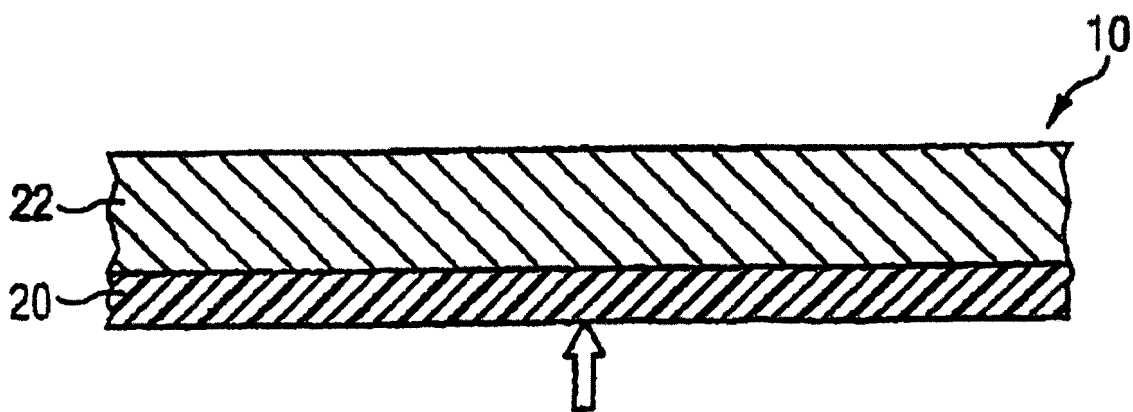
(57) Реферат:

Изобретение предназначено для фильтрации газа. Фильтрующий материал для газа содержит поверхностный накопительный фильтрующий слой, содержащий тонкие волокна, имеющие средний диаметр, составляющий менее 1 микрона; углубленный накопительный фильтрующий слой, который содержит высокоэффективный стеклосодержащий фильтрующий слой, содержащий стекловолокна и многокомпонентные связующие волокна; где углубленный накопительный фильтрующий слой имеет эффективность фильтрации DEHS, составляющую по меньшей мере 55%, и/или

соленакопительную емкость, составляющую по меньшей мере 1 г/м<sup>2</sup> при росте давления, составляющем 500 паскаль, относительно начального значения; и опорный слой. Слои выполнены с возможностью размещения в потоке газа и расположены таким образом, что поверхностный накопительный фильтрующий слой находится наиболее высоко по потоку. Фильтрующий элемент для газа содержит корпус и фильтрующий материал для газа. Описаны способы фильтрации газа с направлением газа через фильтрующий элемент и фильтрующий материал. Технический результат: повышение

производительности и эффективности фильтрации  
газа, увеличение срока службы фильтра. 4 н. и 31

з.п. ф-лы, 6 пр., 12 табл., 15 ил.



Фиг. 1

RU 2737910 C2

RU 2737910 C2



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

*B01D 39/16 (2020.08); B01D 46/24 (2020.08)*(21)(22) Application: **2018141964, 05.05.2017**(24) Effective date for property rights:  
**05.05.2017**Registration date:  
**04.12.2020**

Priority:

(30) Convention priority:  
**13.05.2016 US 62/336,433;**  
**17.06.2016 US 62/351,401**(43) Application published: **15.06.2020 Bull. № 17**(45) Date of publication: **04.12.2020 Bull. № 34**(85) Commencement of national phase: **13.12.2018**(86) PCT application:  
**US 2017/031222 (05.05.2017)**(87) PCT publication:  
**WO 2017/196653 (16.11.2017)**Mail address:  
**119019, Moskva, ul. Gogolevskij bulvar, 11**

(72) Inventor(s):

**GAO, Tsyun (US),**  
**TIFFANI, Dzhejson, A. (US),**  
**IDZI, Dzhankarlo, M. (US),**  
**DEZHON, Richard, Patrik (US),**  
**TRONNIS, Gregori, S. (US)**

(73) Proprietor(s):

**DONALDSON KOMPANI, INK. (US)**(54) **FILTERING MATERIALS, ELEMENTS AND METHODS**

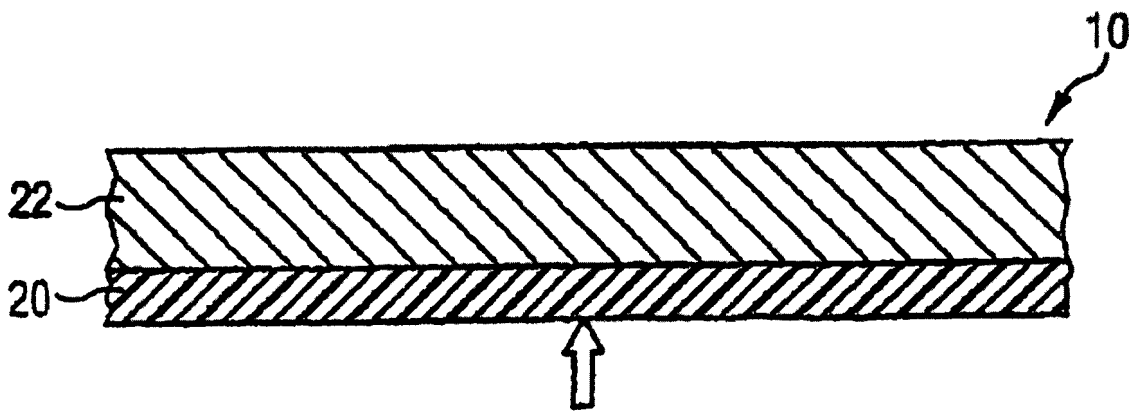
(57) Abstract:

FIELD: gas filtration.

SUBSTANCE: filtering material for gas contains surface accumulating filtering layer containing thin fibers having average diameter making less than 1 micron; recessed storage filtering layer, which contains high-efficiency glass-containing filtering layer containing glass fibers and multicomponent binder fibers; where the recessed accumulation filter layer has DEHS filtration efficiency of at least 55 %, and/or salt accumulation capacity of at least 1 g/m<sup>2</sup> during the

growth pressure was 500 Pa, relative to the initial value; and support layer. Layers are arranged in gas flow and arranged so that surface accumulating filtration layer is located most upstream. Gas filter element comprises a housing and a filtering material for gas. Described are methods of gas filtration with gas direction through filter element and filtering material.

EFFECT: technical result is higher efficiency and efficiency of gas filtration, longer service life of filter. 35 cl, 6 ex, 12 tbl, 15 dwg



Фиг. 1

RU 2737910 C2

RU 2737910 C2

Данные о продолжающей заявке

Настоящая заявка заявляет приоритет заявки на патент США №62/336433, поданной 13 мая 2016 г., и заявки на патент США №62/351401, поданной 17 июня 2016 г., содержание которых в полном объеме включено в настоящий документ посредством

5

ссылки.  
Предпосылки создания изобретения

Потоки текучей среды, в частности, потоки воздуха и газа, часто переносят в себе твердые частицы. Требуется удаление некоторых или всех твердых частиц из потока текучей среды. Например, входные потоки воздуха, поступающие в салоны

10

моторизованных транспортных средств, воздух в дисководе компьютера, воздух для отопления, вентиляции и кондиционирования, чистый воздух для вентиляции помещения, воздух для двигателей для транспортных средств или оборудования для выработки

15

электроэнергии, потоки газа, направляемые в газовые турбины, и потоки воздуха для различных пламенных печей часто содержат твердые частицы. В случае воздушных фильтров для салона требуется удаление твердых частиц для комфорта пассажиров и/или с точки зрения органолептических свойств. В отношении входных потоков воздуха и газа, поступающих в двигатели, газовые турбины и пламенные печи, является желательным удаление твердых частиц, так как частицы могут вызвать существенные повреждения внутренней рабочей области различных предусмотренных механизмов.

20

В других случаях, технологические газы или отходящие газы от производственных процессов или двигателей могут содержать твердые частицы. До того, как такие газы выбрасываются в атмосферу, как правило, желательно добиться значительного удаления твердых частиц из этих потоков.

25

Для обеспечения потоков более чистого воздуха или другого газа требуются фильтры с все большей и большей эффективностью. Низкое давление является желательным с целью меньшего ограничивающего воздействия на поток газа (например, воздуха), оказываемого высокоэффективными фильтрами. Также желательным для снижения затрат на обслуживание и очистку является продолжительный срок службы, что как правило затруднительно в случае высокоэффективных фильтров. Таким образом, продолжает существовать необходимость в высокопроизводительных фильтрах, например, высокоэффективных фильтрах с низким перепадом давления и продолжительным сроком службы.

30

Сущность изобретения

В настоящем изобретении предусмотрены фильтрующие материалы и фильтрующие

35

элементы, в частности, для применений для фильтрации газа (например, воздуха).  
В одном варианте осуществления предоставлен фильтрующий материал для газа (например, фильтрующий материал для воздуха), который содержит: поверхностный накопительный фильтрующий слой, содержащий тонкие волокна, имеющие средний диаметр менее 1 микрона; углубленный накопительный слой; и опорный слой. Слои выполнены с возможностью размещения в потоке газа и при этом расположены таким образом, что поверхностный накопительный фильтрующий слой находится наиболее высоко по потоку во время применения. То есть слои размещены относительно друг друга таким образом, что поверхностный накопительный фильтрующий слой расположен как первый слой, который взаимодействует с потоком очищаемого газа (например, воздуха) (т.е. тонковолокнистый фильтрующий слой расположен наиболее высоко по потоку). В определенных вариантах осуществления фильтрующие материалы согласно настоящему изобретению выполнены с возможностью импульсной очистки.

40

45

В других вариантах осуществления настоящего изобретения предоставлен

фильтрующий элемент для газа (например, фильтрующий элемент для воздуха), который содержит корпус и вышеописанный фильтрующий материал.

В других вариантах осуществления согласно настоящему изобретению предоставлен способ фильтрации газа (например, воздуха), при этом способ включает направление  
5 газа через фильтрующий материал или вышеописанный фильтрующий элемент.

В определенных вариантах осуществления углубленный накопительный фильтрующий слой предусматривает высокоэффективный стеклосодержащий фильтрующий слой, фильтрующий слой из материала мелтблаун или их комбинации. Высокоэффективный стеклосодержащий фильтрующий слой может содержать стекловолокна и  
10 многокомпонентные связующие волокна. Высокоэффективный фильтрующий слой из материала мелтблаун может содержать волокна, имеющие средний диаметр от 0,5 микрона до 10 микрон.

В настоящем документе термин «высокоэффективный» для фильтрующего слоя согласно настоящему изобретению означает способность удалять по меньшей мере  
15 55% (по количеству) частиц DEHS с размером 0,4 микрона при 4 футах в минуту (футов/минуту или фт/мин) (т.е., при 2 сантиметрах в секунду (см/с)). Например, эффективность фильтрации по меньшей мере 70% при размере 0,4 микрона считается «высокоэффективной». В определенных вариантах осуществления согласно настоящему документу термин "высокоэффективный" означает удаление по меньшей мере 70%, по  
20 меньшей мере 80%, по меньшей мере 85%, по меньшей мере 95%, по меньшей мере 99,5%, по меньшей мере 99,95% или по меньшей мере 99,995% таких частиц при 4 фт/мин (2 см/сек).

В настоящем документе термин «высокоэффективный» для слоистого фильтрующего материала (который может быть или может не быть гофрированным) и/или  
25 фильтрующего элемента (который, как правило, является гофрированным и сложенным) согласно настоящему изобретению означает, что он имеет эффективность по меньшей мере F9 согласно EN779:2012. В качестве дополнения, «высокоэффективный» фильтрующий элемент (который как правило является гофрированным и сложенным) согласно настоящему изобретению имеет эффективность по меньшей мере E10, или по  
30 меньшей мере E11, или по меньшей мере E12 согласно EN1822:2009.

Термин «волокна мелтблаун» относится к волокнам, образованным посредством экструзии расплавленного термопластичного материала через множество мелких, как правило круглых, капилляров головки экструдера в виде расплавленных нитей или элементарных волокон в сужающиеся высокоскоростные потоки газа (например,  
35 воздуха), которые растягивают элементарные волокна расплавленного термопластичного материала с уменьшением их диаметра, до диаметра, соответствующего диаметру микроволокна. Затем, волокна мелтблаун переносятся высокоскоростным потоком газа и осаждаются на поверхности осаждения для создания полотна из случайным образом рассеянных волокон мелтблаун. Как правило волокна  
40 мелтблаун представляют собой микроволокна, которые могут быть непрерывными или прерывистыми, диаметр которых, как правило, равен или меньше 20 микрон (зачастую 10 микрон), и которые, как правило, являются самосвязывающимися, при осаждении на поверхность осаждения. Волокна мелтблаун, используемые в настоящем изобретении, предпочтительно по существу непрерывны по длине.

Термин «многокомпонентные волокна» относится к волокнам, выполненным из по меньшей мере двух полимеров, экструдированных по отдельности, но скрученных вместе для создания одного волокна. В качестве конкретного примера многокомпонентного волокна «двухкомпонентные волокна» содержат два полимера,

расположенные в отдельных зонах с по существу постоянным местоположением поперек сечения двухкомпонентного волокна и непрерывно проходящие по длине двухкомпонентного волокна. Конфигурация такого двухкомпонентного волокна может представлять собой, например, конфигурацию «оболочка-ядро», в которой один полимер окружен другим, или может быть конфигурацией бок-о-бок или конфигурацией «остров в море». Для двухкомпонентных волокон полимеры могут иметь соотношения 75/25, 50/50, 25/75 или любые другие требуемые соотношения. Обычные добавки, такие как красители и поверхностно-активные вещества, могут внедряться в один или оба потока полимера или наноситься на поверхности нити.

Термин «полимер» включает, но без ограничения, гомополимеры, сополимеры, такие как, например, блок-, привитые, статистические и чередующиеся сополимеры, терполимеры, и т.п., а также их смеси и модификации. Кроме того, если специально не ограничено иное, термин «полимер» будет включать все возможные геометрические конфигурации материала. Данные конфигурации включают, но без ограничения, изотактические, синдиотактические и атактические типы симметрии. Термин «сополимер» относится к полимеру, который содержит два или более разных мономерных звена, таким образом, включая терполимеры, тетраполимеры и т.д.

Термины «содержит» и «включает» и их вариации не имеют ограничивающего значения, когда данные термины используются в описании и формуле изобретения.

Такие термины будут подразумевать включение указанного этапа или элемента или группы этапов или элементов, а не исключение любого другого этапа или элемента или группы этапов или элементов. «Состоящий из» подразумевает «содержащий» и ограничивается тем, что следует за фразой «состоящий из». Таким образом, фраза «состоящий из» указывает на то, что перечисленные элементы требуются или обязательны, и что никакие другие элементы не могут присутствовать. «По сути состоящий из» подразумевает содержащий любые элементы, перечисленные после фразы, и ограничивается другими элементами, которые не препятствуют или вносят вклад в активность или действие, определенные в раскрытии для перечисленных элементов. Таким образом, фраза «по сути состоящий из» указывает на то, что перечисленные элементы требуются или обязательны, но что другие элементы необязательны и могут присутствовать или могут не присутствовать в зависимости от того, влияют ли они существенно на активность или действие перечисленных элементов.

Слова «предпочтительный» и «предпочтительно» относятся к вариантам осуществления настоящего изобретения, которые могут обеспечивать определенные преимущества при определенных обстоятельствах. Тем не менее другие варианты осуществления могут также быть предпочтительны при таких же или других обстоятельствах. Кроме того, перечисление одного или нескольких предпочтительных вариантов осуществления не подразумевает, что другие варианты осуществления непригодны, и не предполагает исключение других вариантов осуществления из объема настоящего изобретения.

Термины, используемые в настоящей заявке в единственном числе, не предназначены для обозначения только одного объекта, а включают общий класс, конкретный пример которого можно использовать для иллюстрации. Термины в единственном числе используются взаимозаменяемо с термином «по меньшей мере один».

Фразы «по меньшей мере один из» и «содержит по меньшей мере один из» с последующим перечнем относятся к любому из элементов в перечне и любой комбинации из двух или более элементов перечня.

При использовании в настоящем документе термин «или» обычно используется в

его обычном смысле, включая «и/или», если в контексте явным образом не указано иное. Термин «и/или» подразумевает один или все из перечисленных элементов или комбинацию любых двух или более из числа перечисленных элементов.

Также в настоящем документе все числа считаются модифицированными термином «приблизительно» и предпочтительно термином «точно». При использовании в настоящем документе применительно к измеренному количеству термин «приблизительно» относится к такому изменению измеренного количества, которое будет предполагаться специалистом в данной области техники, который проводит измерение и использует уровень тщательности, сопоставимый с целью измерения и точностью используемого измерительного оборудования.

Также в настоящем документе перечисление числовых диапазонов с помощью конечных точек предусматривает все числа, находящиеся в пределах данного диапазона, а также конечные точки (например, 1-5 включает 1; 1,5; 2; 2,75; 3; 3,80; 4; 5 и т.д.). В настоящем документе «не более» какого-либо числа (например, не более 50) включает число (например, 50).

Термин «в диапазоне» или «в пределах диапазона» (и подобные выражения) включает конечные точки указанного диапазона.

Ссылка в настоящем описании на «один вариант осуществления», «вариант осуществления», «определенные варианты осуществления» или «некоторые варианты осуществления» и т.п., означает, что определенный признак, конфигурация, композиция или характеристики, описанные в сочетании с вариантом осуществления, включены в по меньшей мере один вариант осуществления согласно настоящему изобретению. Таким образом, присутствие таких фраз в различных местах в настоящем описании не обязательно относится к одному и тому же варианту осуществления настоящего изобретения. Кроме того, определенные признаки, конфигурации, композиции или характеристики могут быть объединены любым подходящим образом в одном или нескольких вариантах осуществления.

Вышеуказанное краткое описание настоящего изобретения не предназначено для описания каждого раскрытого варианта осуществления или каждого варианта реализации настоящего изобретения. В следующем описании более конкретно показаны иллюстративные варианты осуществления. В некоторых местах в пределах заявки указание предоставлено посредством перечней примеров, примеры из которых могут использоваться в различных комбинациях. В каждом случае указанный перечень выполняет функцию только иллюстративной группы и не должен интерпретироваться в качестве исключительного перечня.

Графические материалы

Настоящее изобретение можно понять в более полном объеме в сочетании со следующими графическими материалами.

На фиг. 1 показан вид в сечении части варианта осуществления слоистого фильтрующего материала согласно настоящему изобретению.

На фиг. 2 показан вид в сечении варианта осуществления слоистого фильтрующего материала согласно настоящему изобретению.

На фиг. 3 показан вид в сечении варианта осуществления слоистого фильтрующего материала согласно настоящему изобретению.

На фиг. 4 показан вид в перспективе одного варианта осуществления фильтрующего элемента, выполненного с возможностью применения в системе впуска воздуха

На фиг. 5 показан вид в перспективе другого варианта осуществления другого элемента с фильтрующим материалом согласно настоящему изобретению.



На фиг. 6 показан вид сверху другого фильтрующего элемента согласно настоящему изобретению, выполненного с возможностью применения в системе впуска воздуха.

На фиг. 7 показан вид спереди в вертикальном разрезе элемента по фиг. 6.

На фиг. 8 показан вид сбоку справа в вертикальном разрезе фильтрующего элемента по фиг. 7.

На фиг. 9-13 показаны схематические виды в разрезе дополнительных вариантов осуществления фильтрующих элементов.

На фиг. 14 показан вид в перспективе другого варианты осуществления фильтрующего элемента.

На фиг. 15 показан вид в перспективе другого варианта осуществления фильтрующего элемента, имеющего конструкцию с яйцевидным сечением.

Подробное описание иллюстративных вариантов осуществления

В настоящем изобретении предусмотрены фильтрующие материалы и фильтрующие элементы, в частности, для применений для фильтрации газа (например, воздуха).

В одном варианте осуществления фильтрующий материал для газа (например, фильтрующий материал для воздуха) содержит: поверхностный накопительный фильтрующий слой, содержащий тонкие волокна, имеющие средний диаметр менее 1 микрона; углубленный накопительный фильтрующий слой; и опорный слой.

Слои выполнены с возможностью размещения в потоке газа и при этом расположены таким образом, что поверхностный накопительный фильтрующий слой находится наиболее высоко по потоку во время применения. То есть слои размещены относительно друг друга таким образом, что поверхностный накопительный фильтрующий слой (т.е. тонковолокнистый фильтрующий слой) расположен как первый слой, который взаимодействует с потоком очищаемого газа (например, воздуха) (т.е. тонковолокнистый фильтрующий слой расположен наиболее высоко по потоку).

В определенных вариантах осуществления фильтрующие материалы согласно настоящему изобретению выполнены с возможностью импульсной очистки.

Возможность импульсной очистки является важной для самоочистки (например, посредством импульсов возвращающегося воздуха) и используется при применении фильтрующего материала при очень высокой концентрации пыли. Возможность импульсной очистки может быть определена согласно модифицированному способу испытания по ISO 11057, описанному в разделе примеров.

В определенных вариантах осуществления слоистые фильтрующие материалы содержат два или более тонковолокнистых фильтрующих слоя. В определенных вариантах осуществления слоистые фильтрующие материалы содержат два или более углубленных накопительных слоя (например, стеклосодержащих фильтрующих слоя, фильтрующих слоя из материала мелтблаун или их комбинации). В определенных вариантах осуществления слоистые фильтрующие материалы содержат два или более опорных слоя. Эти слои могут быть расположены в различных последовательностях, в то время как один из тонковолокнистых фильтрующих слоев представляет собой слой, находящийся наиболее высоко по потоку.

Каждый фильтрующий слой и опорный слой может быть представлять собой слоистую структуру, состоящую из множества слоев. Например, углубленный накопительный слой может представлять собой слоистую структуру, состоящую из двух или более различных слоев волокон мелтблаун, отличающихся составом и/или диаметром волокон.

В определенных вариантах осуществления фильтрующий материал согласно настоящему изобретению имеет толщину, составляющую по меньшей мере 10 мил (0,25

мм). В определенных вариантах осуществления фильтрующий материал согласно настоящему изобретению имеет толщину не более 60 мил (1,5 мм) или не более 30 мил (0,76 мм).

5 Как показано на фиг. 1, на которой изображена часть приведенного в качестве примера слоистого фильтрующего материала 10 согласно настоящему изобретению, предусмотрены по меньшей мере два фильтрующих слоя, т.е. слоя, которые выполняют фильтрацию: поверхностный накопительный слой 20 и углубленный накопительный фильтрующий слой 22 (например, стеклосодержащий фильтрующий слой). В одном варианте осуществления, как показано на фиг. 2, на которой изображен приведенный в качестве примера слоистый фильтрующий материал 10 согласно настоящему изобретению, предусмотрены: поверхностный накопительный слой 20, углубленный накопительный фильтрующий слой 22 (например, стеклосодержащий фильтрующий слой) и опорный слой 18, расположенный между углубленным накопительным слоем 22 и поверхностным накопительным слоем 20. В другом варианте осуществления, как показано на фиг. 3, на которой изображен приведенный в качестве примера слоистый фильтрующий материал 10 согласно настоящему изобретению, предусмотрены: опорный слой 18; поверхностный накопительный слой 20 и углубленный накопительный фильтрующий слой 22 (например, стеклосодержащий фильтрующий слой), расположенный между опорным слоем 18 и поверхностным накопительным слоем 20.

20 Как показано на этих приведенных в качестве примера вариантах осуществления, поверхностный накопительный фильтрующий слой 20 расположен выше по потоку относительно углубленного накопительного фильтрующего слоя 22 относительно направления потока газа (например, потока воздуха), показанного стрелкой. Таким образом, поверхностный накопительный фильтрующий слой 20 представляет собой первый слой, на который при применении наталкивается поток газа (например, воздуха).

25 Толщины каждого из фильтрующего слоя и опорного слоя могут быть одинаковыми или разными и не ограничены. Однако следует отметить, что толщина влияет на свойства фильтрации. Общая толщина у материала требуемым образом минимизирована без значительного влияния на другие свойства материала, такие как пыленакопительная емкость, эффективность и проницаемость. Это позволяет обеспечить большее количество складок в элементе, например, предпочтительно, таким образом, фильтрующий элемент содержит максимальное количество материала без негативного влияния на свойства и характеристики фильтрующего элемента (например, эффективность, перепад давления или пыленакопительную емкость).

35 Как правило, в фильтрующем материале согласно настоящему изобретению фильтрующие слои и предпочтительно фильтрующие и опорные слои склеиваются вместе с помощью клейкого вещества, связующих волокон, термической сварки, ультразвуковой сварки, самоадгезии или посредством использования комбинации этих методов. Предпочтительные способы включают использование клейкого вещества, связующих волокон или их комбинацию. Особенно предпочтительным способом является использование клейкого вещества (клеев, эффективных под прессом, термоплавких клеев), наносимого посредством различных методов, включая, например, порошковое покрытие, покрытие распылением или использование заранее сформованного клейкого полотна. Как правило, клейкое вещество наносится в виде непрерывного слоя или, по требованию, может быть нанесен по схеме, если фильтрующий материал не расслаивается во время обработки или использования. Приведенные в качестве примера клейкие вещества включают термоплавкие клеи, такие как сложные полиэферы, полиамиды, акрилаты или их комбинации (смеси или

сополимеры).

При использовании клейкого вещества его количество может быть легко определено специалистом в данной области техники. Желаемым уровнем является тот, который обеспечивает подходящее соединение между слоями без негативного влияния на поток газа, проходящий через материал. Например, снижение проницаемости по Фрейзеру слоистого фильтрующего материала составляет предпочтительно менее 20% или более предпочтительно менее 10% инверсии суммы инверсии проницаемости каждого слоя (т.е.  $(1/A_{\text{прониц}}+1/B_{\text{прониц}}+1/C_{\text{прониц}})^{-1}$ ). Это также применимо для любых других способов изготовления слоистого материала.

Фильтрующий материал можно гофрировать для увеличения жесткости и обеспечения лучшего канала потока в элементе. Таким образом, в определенных вариантах осуществления фильтрующие материалы согласно настоящему изобретению должны иметь характеристики для сохранения работоспособности при обычном процессе горячей гофрировки без повреждения материалов (которое как правило ухудшает характеристики материалов).

С гофрированием или без него фильтрующий материал может быть согнут во множество гофр или складок, а затем установлен в корпусе или каркасе фильтра. Складывание плоского листа или гофрированного листа может выполняться посредством использования любого количества методов складывания, включая, но без ограничения, поворотное складывание, профилированное складывание и т.п. Гофрированные материалы могут иметь любой из нескольких механизмов поддерживающих складывание, применяемых для сложенных материалов, как описано в патенте США №5306321. Например, могут использоваться гофрированные алюминиевые сепараторы, термоплавкие кромки и углубления (часто называемые складываемые материалы PLEATLOC).

В определенных вариантах осуществления гофр впечатывается в фильтрующие материалы в форме разделителя, что эффективным образом предотвращает склеивание гофров, даже если материалы являются влажными или переполненными. Эти надрезы на вершинах складок, располагающиеся по обеим сторонам материала вертикально направлению выемок гофрирования, не позволяют складкам соединяться и обеспечивают лучший канал потока для газа (например, воздуха) для прохождения через сложенную кассету в элемент. В элементе конического или цилиндрического типа, таком как показан на фиг. 9-14, надрезы на наружной части могут быть глубже и шире, чем те, которые находятся на внутренней части, для сохранения равного разделения складок.

Для негофрированных материалов могут использоваться другие методы разделения складок на любом из материалов, описанных в настоящем документе, таких как материалы, в которые добавляли термоплавкий клеящий слой между складками или для которых использовали гребенчатые разделители. Сложенному материалу может быть подвергнут формованию для придания формы цилиндра или «трубы», а затем склеен за счет использования, например, клейкого вещества (например, термоплавкого клея на основе уретана и т.п.) или ультразвукового соединения (например, ультразвуковой сварки).

В определенных вариантах осуществления фильтрующие слои, слоистые фильтрующие материалы (плоские или гофрированные) и фильтрующие элементы согласно настоящему изобретению называются «высокоэффективными». В определенных вариантах осуществления высокоэффективный фильтрующий слой согласно настоящему изобретению может удалять по меньшей мере 55%, по меньшей мере 70%, по меньшей

мере 80%, по меньшей мере 85%, по меньшей мере 95%, по меньшей мере 99,5%, по меньшей мере 99,95% или по меньшей мере 99,995% (по количеству) частиц DEHS с размером 0,4 микрона при 4 фт/мин (2 см/с). В определенных вариантах осуществления высокоэффективный слоистый фильтрующий материал (который может быть или может не быть гофрированным) и/или фильтрующий элемент (который как правило является гофрированным и сложенным) согласно настоящему изобретению имеет эффективность по меньшей мере F9 согласно EN779:2012. В определенных вариантах осуществления высокоэффективный фильтрующий элемент (который как правило является гофрированным и сложенным) согласно настоящему изобретению имеет эффективность по меньшей мере EЮ, по меньшей мере E11 или по меньшей мере E12 согласно EN1822:2009.

В определенных вариантах осуществления фильтрующий материал имеет эффективность по меньшей мере 80% или более 80% при испытании эффективности DEHS при размере частиц с наибольшей проникающей способностью

В определенных вариантах осуществления фильтрующий слой и/или слоистый фильтрующий материал согласно настоящему изобретению имеет хорошие характеристики глубокого накопления.

В определенных вариантах осуществления углубленный накопительный фильтрующий слой имеет относительно низкую плотность. В контексте данного документа, плотность является объемной долей волокна, разделенной на общий объем рассматриваемого фильтрующего материала, как правило, выраженной в процентах, или, иными словами, объемной долей материала, занятой волокнами, в виде соотношения объемной доли волокон на единицу массы, разделенной на объем материала на единицу массы. Подходящее испытание для определения плотности описано, например, в публикации патента США №2014/0260137. Как правило, необходима плотность, составляющая менее 20 процентов (%) при давлении в 1,5 фунта на квадратный дюйм (фунт/кв. дюйм) (т.е.,  $0,1 \text{ кг/см}^2$ ) или как правило менее 15%.

В определенных вариантах осуществления фильтрующий слой и/или слоистый фильтрующий материал согласно настоящему изобретению имеет высокую прочность и высокую упругость. Это может иметь место за счет относительно низкой потери прочности на растяжение после складывания или гофрирования слоя и/или слоистого материала. Желательной является потеря прочности на растяжение, составляющая менее 20%, после складывания или гофрирования фильтрующего слоя или фильтрующего материала.

Поверхностный накопительный фильтрующий слой

Поверхностный накопительный фильтрующий слой представляет собой фильтрующий слой, который захватывает значительную часть падающих частиц на поверхности слоя по сравнению с объемом или толщиной фильтрующего слоя (т.е., в направлении «z»). Таким образом, поверхностный накопительный фильтрующий слой может предотвратить прохождение падающих твердых частиц через поверхностный накопительный фильтрующий слой и может достичь значительных поверхностных накоплений уловленных частиц.

Поверхностный накопительный фильтрующий слой фильтрующего материала согласно настоящему изобретению содержит тонкие волокна, имеющие средний диаметр волокон, составляющий менее 1 микрона (т.е., 1000 нанометров) или не более 0,5 микрон, или не более 0,3 микрон. Это включает нановолокна и микроволокна. Нановолокно представляет собой волокно с диаметром, составляющим менее 200 нанометров или 0,2 микрона. Микроволокно представляет собой волокно с диаметром, составляющим

более 0,2 микрона, но не более 10 микрон. В определенных вариантах осуществления тонкие волокна имеют средний диаметр, составляющий по меньшей мере 0,01 микрона, или по меньшей мере 0,05 микрона, или по меньшей мере 0,1 микрона.

В определенных вариантах осуществления поверхностный накопительный фильтрующий слой имеет базовый вес, составляющий менее 1 грамма на квадратный метр ( $\text{г/м}^2$  или  $\text{г/кв.м}$ ). В определенных вариантах осуществления поверхностный накопительный фильтрующий слой имеет базовый вес, составляющий по меньшей мере  $0,0001 \text{ г/м}^2$ .

В определенных вариантах осуществления поверхностный накопительный фильтрующий слой имеет эффективность фильтрации LEFS по меньшей мере 30%, по меньшей мере 40%, по меньшей мере 50%, по меньшей мере 60%, по меньшей мере 70% или по меньшей мере 80%. В определенных вариантах осуществления тонковолокнистый фильтрующий слой имеет эффективность фильтрации LEFS не более 99%, не более 98%, не более 97%, не более 96%, не более 95%, не более 94%, не более 93%, не более 92%, не более 91% или не более 90%.

Примеры тонких волокон раскрыты в патенте США №8118901.

Поверхностный накопительный фильтрующий слой согласно настоящему изобретению может иметь произвольное распределение тонких волокон, которые могут быть соединены с образованием сцепленной сети. Характеристики фильтрации достигаются в большей степени посредством тонких волокон, препятствующих прохождению твердых частиц. Структурные свойства, такие как жесткость, прочность, складываемость, как правило, обеспечиваются посредством опорного слоя, содержащегося в фильтрующих материалах (например, опорный слой, к которому приклеиваются тонкие волокна).

В определенных вариантах осуществления поверхностный накопительный фильтрующий слой может содержать сцепленные сети тонких волокон. Такие сети как правило содержат тонкие волокна в форме микроволокон или нановолокон и имеют относительно небольшое расстояние между волокнами. Такие расстояния между волокнами, как правило, находятся в диапазоне от 0,01 микрона до 25 микрон или обычно от 0,1 микрона до 10 микрон.

В определенных вариантах осуществления тонкое волокно увеличивает толщину всего фильтрующего материала менее чем на 1 микрон. При эксплуатации фильтры могут предотвратить прохождение падающих твердых частиц через поверхностный накопительный фильтрующий слой и могут достичь значительных поверхностных накоплений уловленных частиц. Частицы, содержащие пыль, или другие падающие твердые частицы, создают пылевой осадок на поверхности тонких волокон и сохраняют высокую начальную и общую эффективность удаления твердых частиц. Даже при относительно мелких загрязнителях, имеющих размер частиц, составляющий от 0,01 микрона до 1 микрона, фильтрующие материалы, содержащие тонкие волокна, имеют очень высокую пыленакопительную емкость.

Подходящие полимерные материалы, используемые для производства тонких волокон, имеют значительно улучшенное сопротивление нежелательным воздействиям тепла, влажности, высокого расхода, обратной импульсной очистки, эксплуатационного абразивного износа, субмикронных твердых частиц, очистки фильтров при применении и других жестких условий.

Примеры тонких волокон и полимерных материалов, из которых они изготовлены, раскрыты в заявке на патент США №8118901. Такие полимерные материалы включают как добавочный полимерный материал, так и конденсационные полимерные материалы,

такие как полиолефин, полиацеталь, полиамид, сложный полиэфир, простой и сложный эфиры целлюлозы, полиалкиленсульфид, оксид полиарилена, полисульфон, модифицированные полисульфонные полимеры и их смеси. Предпочтительные материалы, соответствующие этим типовым классам, включают полиэтилен, полипропилен, поли(винилхлорид), полиметилметакрилат (и другие полиакрилаты), полистирол и его сополимеры (включая блок-сополимеры типа АВА), поли(винилиденфторид), поли(винилиденхлорид), поливиниловый спирт в различных степенях гидролиза (от 87% до 99,5%) в сшитой и несшитой формах. Предпочтительные добавочные полимеры как правило бывают стеклообразными (температура стеклования выше комнатной температуры). Это имеет место в случае поливинилхлорида и полиметилметакрилата, полистироловых полимерных композиций и их сплавов или поливинилиденфторида и поливинилспиртовых материалов.

Один класс полиамидных конденсационных полимеров представляет собой нейлонные материалы. Термин "нейлон" представляет собой общее название для всех длинноцепочечных синтетических полиамидов. Как правило, номенклатура нейлона включает серии чисел, такие как в нейлон-6,6, что указывает на то, что исходные материалы представляют собой  $C_6$  диамин и двухосновную  $C_6$ -кислоту (первая цифра указывает на  $C_6$  диамин, и вторая цифра указывает на соединение, представляющее собой двухосновную  $C_6$ -карбоновую кислоту). Другой нейлон может быть получен путем поликонденсации эpsilon-капролактама в присутствии небольшого количества воды. В данной реакции образуется нейлон-6 (полученный из циклического лактама, известного также как эpsilon-аминокапроновая кислота), который представляет собой линейный полиамид. Кроме того, также рассматриваются сополимеры нейлона.

Сополимеры могут быть получены путем объединения различных диаминовых соединений, различных соединений двухосновной кислоты, и различных циклических лактамных структур в реакционной смеси и затем образования нейлона со случайно расположенными мономерными материалами в полиамидной структуре. Например, материал нейлон-6,6-6,10 представляет собой нейлон, изготовленный из гексаметилендиамина и смеси двухосновных  $C_6$ - и  $C_{10}$ -кислот. Нейлон-6-6,6-6,10 представляет собой нейлон, изготовленный путем сополимеризации эpsilon-аминокапроновой кислоты, гексаметилендиамина и смеси материала на основе двухосновных  $C_6$ - и  $C_{10}$ -кислот.

Блок-сополимеры также используются при изготовлении тонких волокон. При таких сополимерах важен выбор растворяющего средства, способствующего набуханию. Выбранный растворитель является таким растворителем, в котором могут быть растворены оба блока. Одним примером является полимер АВА (стирол-EP-стирол) или АВ (стирол-EP) в метилхлоридном растворителе. Если один компонент не является растворимым в растворителе, он будет образовывать гель. Примерами таких блок-сополимеров являются сополимеры KRATON стирол-*b*-бутадиена и стирол-*b*-гидрогенизованного бутадиена (этиленпропиленовые), сополимеры РЕВАХ *e*-капролактама-*b*-этиленоксида, SYMPATEX полиэфир-*b*-этиленоксид и полиуретаны этиленоксида и изоцианатов.

Добавочные полимеры, такие как поливинилиденфторид, синдиотактический полистирол, сополимер винилиденфторида и гексафторпропилена, поливиниловый спирт, поливинилацетат, аморфные добавочные полимеры, такие как поли(акрилонитрил) и его сополимеры с акриловой кислотой и метакрилатами, полистирол, поли(винилхлорид) и различные его полимеры, поли(метилметакрилат) и его различные

полимеры могут быть сформованы из раствора сравнительно легко, так как они являются растворимыми при низких давлениях и температурах. Однако полимеры с высокой степенью кристаллизации, такие как полиэтилен и полипропилен, требуют растворителя с высокой температурой и высоким давлением, если они подлежат формованию из раствора. Таким образом, формование из раствора полиэтилена и полипропилена является очень сложным. Электростатическое формование из раствора является одним способом изготовления тонких волокон.

В определенных вариантах осуществления тонкие волокна содержат один полимерный материал. В определенных вариантах осуществления тонкие волокна содержат смесь полимеров, которая содержит первый полимер и второй, отличающийся, полимер (отличный по типу полимера, молекулярной массе или физическим свойствам), которая обрабатывается или подвергается технологической обработке при повышенной температуре. Смесь полимеров может вступать в реакцию и превращаться в одно химическое соединение или может быть физически объединена в смешанный состав посредством процесса отжига. Под отжигом подразумевается изменение физических свойств, таких как степень кристалличности, релаксация напряжения или ориентация. В определенных вариантах осуществления полимерные материалы химически реагируют с образованием одного вида полимера, таким образом, анализ дифференциальным сканирующим калориметром выявляет один полимерный материал. Смеси схожих полимеров, таких как совместимая смесь схожих нейлонов, схожие поливинилхлоридные полимеры, смеси поливинилиденхлоридных полимеров используются в волокнах поверхностного накопительного фильтрующего слоя.

В определенных вариантах осуществления тонкие волокна содержат нейлон, поливинилиденфторид, полиуретан или их комбинации (например, смеси или сополимеры).

Присадочные материалы также могут быть использованы для формирования поверхностного покрытия на тонких волокнах, которое обеспечивает олеофобность, гидрофобность или иную, связанную повышенную устойчивость, при контакте с высокой температурой, высокой влажностью и сложными условиями эксплуатации. Такие тонкие волокна могут иметь гладкую поверхность, содержащую дискретный слой присадочного материала или наружное покрытие из присадочного материала, которое частично растворяется и/или сплавляется с полимерной поверхностью.

Присадки включают фторсодержащее поверхностно-активное вещество, неионогенное поверхностно-активное вещество, смолы с низкой молекулярной массой, например, третичную бутилфенольную смолу, имеющую молекулярную массу менее приблизительно 3000. Смола характеризуется олигомерной связью между ядрами фенола в отсутствие мостиковых метиленовых групп. Положения гидроксильной и третичной бутилфенольной группы могут быть в случайном порядке расположены вокруг колец. Связь между ядрами фенола всегда возникает рядом с гидроксильной группой, не в случайном порядке. Аналогично, полимерный материал может объединяться со спирторастворимой нелинейной полимеризованной смолой, образованной из бисфенола А. Такой материал похож на вышеописанную третичную бутилфенольную смолу тем, что образован с использованием олигомерных связей, которые непосредственно присоединяют ароматическое кольцо к ароматическому кольцу в отсутствие любых мостиковых групп, таких как алкиленовые или метиленовые группы.

В определенных вариантах осуществления полимеры и необязательные присадки выбраны для обеспечения термостойкости, влагостойкости или влагонепроницаемости и устойчивости к растворителям. В определенных вариантах осуществления полимерные

материалы и необязательные присадки выбраны для сохранения работоспособности при различных рабочих температурах, т.е. температуре, составляющей 140°F, 160°F, 270°F, 300°F в течение периода времени, составляющего 1 час или 3 часа, в зависимости от конечного применения, в то же время сохраняя 30%, 50%, 80% или 90% эффективности фильтра или эффективности тонких волокон в фильтрующем слое. Сохранение работоспособности при этих температурах является важным при низкой влажности, высокой влажности и в насыщенном водой газе (например, воздухе).

В определенных вариантах осуществления полимеры и необязательные присадки выбраны для обеспечения адгезии материала с остальной частью структуры материала, таким образом, слоистые материалы могут быть преобразованы в фильтрующую структуру, включающую складки, прокатываемые материалы и другие структуры без значительного расслоения.

Тонковолокнистый фильтрующий слой может предусматривать двухслойную или многослойную структуру, при этом фильтр содержит один или более поверхностных накопительных фильтрующих слоев, соединенных с одним или более синтетическими, целлюлозными или смешанными полотнами или отделенных посредством них. Другой предпочтительный вариант представляет собой структуру, включающую тонкие волокна в матрице или смесь других волокон.

При применении импульсной очистки тончайший слой тонких волокон может помочь свести к минимуму потерю давления и обеспечить наружную поверхность для захвата и выпуска частиц. Для применения при самоочистке предпочтительным является тонкий слой волокон с диаметром, составляющим менее 1 микрона или менее 0,5 микрона. Хорошая адгезия между тонкими волокнами и смежным слоем (например, углубленным накопительным слоем) является важной. Самоочистка поверхности посредством обратных импульсов постоянно восстанавливает фильтрующий материал. При воздействии на поверхность большой силы тонкое волокно со слабым сцеплением с подложками может отслаиваться при обратных импульсах, проходящих из внутренней части фильтра через подложку в поверхностный накопительный фильтрующий слой.

#### Углубленный накопительный слой

Углубленный накопительный слой представляет собой фильтрующий слой, который захватывает частицы по всему объему слоя. Таким образом, грязь захватывается по всей толщине фильтрующего слоя (т.е., в направлении «z») в отличие от захвата на поверхности поверхностного накопительного фильтрующего слоя.

Углубленный накопительный слой часто описывается с точки зрения его пористости, плотности и процентного содержания твердых частиц. Например, материал с 5%-ой плотностью означает, что приблизительно 5% от общего объема содержат твердые частицы (например, волокнистые материалы), а остальная часть представляет собой пустое пространство, заполненное воздухом или другой текучей средой.

В определенных вариантах осуществления углубленный накопительный фильтрующий слой имеет относительно низкую плотность. Как правило, углубленный накопительный фильтрующий слой имеет плотность, составляющую менее 20 процентов (%), при давлении в 1,5 фунт/кв. дюйм (т.е., 0,1 кг/см<sup>2</sup>), часто менее 15%. В определенных вариантах осуществления углубленный накопительный фильтрующий слой согласно настоящему изобретению имеет плотность, составляющую по меньшей мере 5 процентов, при давлении в 1,5 фунт/кв. дюйм (т.е., 0,1 кг/см<sup>2</sup>).

В определенных вариантах осуществления углубленный накопительный фильтрующий слой имеет проницаемость по Фрейзеру (разность давлений установлена на 0,5 дюйма



водяного столба) по меньшей мере 8 литров на квадратный метр в секунду ( $\text{л/м}^2/\text{сек}$ ), по меньшей мере  $20 \text{ л/м}^2/\text{сек}$ , по меньшей мере  $40 \text{ л/м}^2/\text{сек}$ , по меньшей мере  $80 \text{ л/м}^2/\text{сек}$ , по меньшей мере  $100 \text{ л/м}^2/\text{сек}$  или по меньшей мере  $200 \text{ л/м}^2/\text{сек}$  при измерении отдельно от остальной части конструкции. В определенных вариантах осуществления углубленный накопительный фильтрующий слой имеет проницаемость по Фрейзеру (разность давлений установлена на 0,5 дюйма водяного столба) не более  $1000 \text{ л/м}^2/\text{сек}$ , не более  $800 \text{ л/м}^2/\text{сек}$ , не более  $600 \text{ л/м}^2/\text{сек}$ , не более  $400 \text{ л/м}^2/\text{сек}$  или не более  $200 \text{ л/м}^2/\text{сек}$  при измерении отдельно от остальной части конструкции.

Другой часто используемой характеристикой углубленного несущего фильтрующего слоя является диаметр волокна. Как правило, меньший диаметр волокон для данного процента плотности делает фильтрующие материалы более эффективными, обеспечивая возможность захвата ими более мелких частиц. Меньшие волокна могут быть собраны вместе в большем количестве без увеличения общего процента плотности, вследствие того, что меньшие волокна занимают меньший объем, чем большие волокна.

Вследствие того, что углубленный накопительный фильтрующий слой захватывает твердые частицы по существу по всему объему или глубине, такой фильтрующий слой может быть заполнен большим весом и объемом твердых частиц по сравнению с поверхностными накопительными фильтрующими слоями в течение срока эксплуатации фильтрующих материалов. Однако углубленные накопительные фильтрующие слои как правило имеют тенденцию к меньшей эффективности, чем поверхностные накопительные фильтрующие слои. Для улучшения такой высокой накопительной емкости для применения, как правило, выбирается углубленный накопительный фильтрующий слой с низкой плотностью. Это может привести к большому среднему размеру пор, что потенциально может позволить некоторым твердым частицам легче проходить через фильтр. Системы градиента плотности и/или добавление поверхностного накопительного фильтрующего слоя может обеспечить улучшенные характеристики эффективности.

В определенных вариантах осуществления углубленный накопительный слой фильтрующего материала согласно настоящему изобретению представляет собой высокоэффективный фильтрующий слой. В определенных вариантах осуществления высокоэффективный фильтрующий слой имеет эффективность фильтрации, составляющую по меньшей мере 55% или по меньшей мере 70% при размере частиц DEHS (диэтилгексилсебагината), составляющем 0,4 микрона, при 4 фт/мин (2 см/с). Предпочтительно эффективность фильтрации составляет по меньшей мере 80%, по меньшей мере 85%, по меньшей мере 95%, по меньшей мере 99,5%, по меньшей мере 99,95% или по меньшей мере 99,995% размера частиц с наибольшей проникающей способностью (MPPS) при 4 фт/мин (2 см/с).

В определенных вариантах осуществления углубленный накопительный слой имеет эффективность фильтрации, составляющую не более 99%, не более 99,5%, не более 99,97% или не более 99,997% при размере частиц DEHS (диэтилгексилсебагината), составляющем 0,4 микрона, при 4 фт/мин (2 см/с).

В определенных вариантах осуществления углубленный накопительный фильтрующий слой согласно настоящему изобретению имеет соленакопительную емкость, составляющую по меньшей мере 1 грамм на квадратный метр ( $\text{г/м}^2$  или  $\text{г/кв.м}$ ), по меньшей мере  $2 \text{ г/м}^2$ , по меньшей мере  $3 \text{ г/м}^2$ , по меньшей мере  $4 \text{ г/м}^2$ , по меньшей мере  $5 \text{ г/м}^2$ , по меньшей мере  $6 \text{ г/м}^2$ , по меньшей мере  $7 \text{ г/м}^2$ , по меньшей мере  $8 \text{ г/м}^2$ , по

меньшей мере  $9 \text{ г/м}^2$  или по меньшей мере  $10 \text{ г/м}^2$ , при конечном перепаде давления с ростом водяного, составляющем 2 дюйма относительно начального значения, (т.е. 500 Па). Как правило, более высокая соленакопительная емкость является лучшей, так как это является показателем долговечности изделия. В определенных вариантах

5 осуществления углубленный накопительный фильтрующий слой имеет соленакопительную емкость, составляющую не более  $10 \text{ г/м}^2$  при росте давления, составляющем 500 паскаль, относительно начального значения.

В определенных вариантах осуществления углубленный накопительный слой имеет

10 толщину, составляющую по меньшей мере 0,005 дюйма (125 микрон), и часто по меньшей мере 0,01 дюйма (250 микрон). В определенных вариантах осуществления углубленный накопительный слой имеет толщину, составляющую не более 0,02 дюйма (500 микрон).

В определенных вариантах осуществления углубленный накопительный фильтрующий

15 слой имеет базовый вес, составляющий по меньшей мере  $10 \text{ г/м}^2$ , по меньшей мере  $20 \text{ г/м}^2$ , по меньшей мере  $30 \text{ г/м}^2$ , по меньшей мере  $40 \text{ г/м}^2$  или по меньшей мере  $50 \text{ г/м}^2$ . В определенных вариантах осуществления углубленный накопительный фильтрующий слой имеет базовый вес, составляющий не более  $150 \text{ г/м}^2$ , не более  $140 \text{ г/м}^2$ , не более  $130 \text{ г/м}^2$ , не более  $120 \text{ г/м}^2$ , не более  $110 \text{ г/м}^2$ , не более  $100 \text{ г/м}^2$ .

В определенных вариантах осуществления углубленный накопительный слой имеет

20 пыленакопительную емкость, составляющую по меньшей мере  $0,5 \text{ г/фт}^2$  ( $5,4 \text{ г/м}^2$ ) при росте давления воды, составляющем 2 дюйма, и 10 фт/мин ( $5,8 \text{ см/сек}$ ) с размером частиц NaCl 0,3 микрона. В определенных вариантах осуществления углубленный накопительный слой имеет пыленакопительную емкость, составляющую не более  $5 \text{ г/фт}^2$  ( $53,8 \text{ г/м}^2$ ) при росте давления воды, составляющем 2 дюйма, и 10 фт/мин ( $5,8 \text{ см/сек}$ ) с размером частиц NaCl 0,3 микрона.

25

В определенных вариантах осуществления углубленный накопительный слой содержит стеклосодержащий фильтрующий слой, фильтрующий слой из материала мелтблаун или их комбинации.

30

В определенных вариантах осуществления углубленный накопительный слой содержит стеклосодержащий фильтрующий слой. В определенных вариантах осуществления стеклосодержащего фильтрующего слоя такой слой содержит

35 стекловолокна, имеющие средний диаметр, составляющий не более 2 микрон, не более 1 микрона или не более 0,5 микрона. В определенных вариантах осуществления стекловолокна имеют средний диаметр, составляющий по меньшей мере 0,01 микрона, по меньшей мере 0,05 микрона, по меньшей мере 0,1 микрона, по меньшей мере 0,2 микрона, по меньшей мере 0,3 микрона или по меньшей мере 0,4 микрона.

Стеглосодержащий фильтрующий слой также может содержать волокна, отличающиеся от стеклосодержащих волокон. Например, он может содержать

40 многокомпонентные волокна, как правило двухкомпонентные волокна, которые выполняют функцию связующих волокон. Предпочтительным примером являются двухкомпонентные связующие волокна, которые представляют собой волокна с оболочкой, имеющие легкоплавкую полиэфирную оболочку и тугоплавкую оболочку из сложного полиэфира. Двухкомпонентные волокна как правило имеют диаметр

45 волокон, составляющий по меньшей мере 10 микрон.

Стеглосодержащий фильтрующий слой также может содержать волокна из сложного полиэфира, отличные от многокомпонентных волокон. Предпочтительные стеклосодержащие фильтрующие слои согласно настоящему изобретению содержат

только стекловолокна и двухкомпонентные связующие волокна. В определенных вариантах осуществления волокна из сложного полиэфира, отличные от многокомпонентных связующих волокон, имеют средний диаметр в диапазоне от 10 микрон до 14 микрон.

5 Волокна стеклосодержащего фильтрующего слоя могут быть изготовлены посредством различных процессов. В определенных вариантах осуществления стеклосодержащий фильтрующий слой выполнен посредством применения способа мокрой выкладки.

10 Хотя связующие волокна в стеклосодержащем фильтрующем слое используются для избежания применения любой связующей смолы, такая смола может добавляться для дополнительного улучшения его прочности. Примеры подходящих связующих смол включают каучуковые смолы на основе растворителя или на водной основе, стироловые акрилы на водной основе, фенолы на основе растворителя и нефенолы на основе растворителя, которые, например, доступны под торговым названием HUSAR  
15 26138 от компании Lubrizol, город Кливленд, штат Огайо. Как правило, при использовании связующая смола может присутствовать в стеклосодержащем фильтрующем слое в количестве не более 10 вес. %, не более 5 вес. % или не более 1 вес. % в пересчете на общий вес стеклосодержащего фильтрующего слоя. Предпочтительно, в стеклосодержащем фильтрующем слое (или в любом слое фильтрующего материала)  
20 не используется связующая смола.

Примеры подходящих стеклосодержащих фильтрующих слоев включают примеры, описанные в патентах США №7309372, 7314497, 7985344, 8057567 и 8268033 и в публикациях США №2006/0242933 и 2008/0245037.

В определенных вариантах осуществления углубленный накопительный слой  
25 содержит фильтрующий слой из материала мелтблаун. Как правило, распыление расплава полимера в газовой струе представляет собой процесс формовки нетканого полотна, при котором экструдированные и вытягиваются расплавленные полимерные смолы с помощью нагретого высокоскоростного газа (например, воздуха) с  
30 образованием тонких элементарных волокон. Элементарные волокна охлаждаются и собираются в полотно на движущемся экране. Этот процесс похож на процесс изготовления по технологии спанбонд, но волокна мелтблаун как правило значительно тоньше.

Как правило, волокна мелтблаун имеют средний диаметр, составляющий не более 20 микрон. В определенных вариантах осуществления фильтрующий слой из материала  
35 мелтблаун содержит волокна мелтблаун, имеющие средний диаметр, составляющий не более 10 микрон, не более 5 микрон, не более 4 микрон или не более 3 микрон. В определенных вариантах осуществления фильтрующий слой из материала мелтблаун содержит волокна мелтблаун, имеющие средний диаметр, составляющий по меньшей мере 0,5 микрона, по меньшей мере 1 микрон, по меньшей мере 1,5 микрона или по  
40 меньшей мере 2 микрона. В определенных вариантах осуществления волокна мелтблаун имеют средний диаметр, составляющий 2-3 микрона.

В определенных вариантах осуществления каркасные волокна, как описано в международной публикации № WO 2013/025445, могут быть включены в фильтрующий  
45 слой из материала мелтблаун, если это необходимо для улучшения характеристик. Однако материалы с высоким уровнем коэффициента сжатия предусматривают использование небольшого количества каркасных волокон или их отсутствие в слое из материала мелтблаун, как описано в международной публикации № WO 2013/025445. Каркасные волокна обеспечивают поддержку волокон материалов и улучшают

обрабатываемость, увеличивают прочность при растяжении, и в результате снижают коэффициент сжатия материалов.

В определенных вариантах осуществления фильтрующий слой из материала мелтблаун предусматривает непрерывно градиентную структуру из больших волокон и более открытой структуры на первой основной поверхности и меньших волокон и менее открытой структуры на второй основной поверхности. В определенных вариантах осуществления данной конструкции вторая основная поверхность фильтрующего слоя из материала мелтблаун расположена смежно со опорным слоем, а первая основная поверхность расположена как поверхность, расположенная наиболее высоко по потоку, (т.е. как первый слой, на который при применении наталкивается поток газа (например, воздуха)).

В определенных вариантах осуществления фильтрующий слой из материала мелтблаун предусматривает слоистую структуру, состоящую из множества слоев волокон мелтблаун с большими волокнами и более открытой структурой на первой основной поверхности слоистой структуры из материала мелтблаун и меньшими волокнами и менее открытой структурой на второй основной поверхности слоистой структуры из материала мелтблаун. В определенных вариантах осуществления данной конструкции вторая основная поверхность фильтрующего слоя из материала мелтблаун расположена смежно со опорным слоем, а первая основная поверхность расположена смежно с поверхностным накопительным фильтрующим слоем. В определенных вариантах осуществления волокна мелтблаун могут быть изготовлены из множества полимеров, подходящих для распыления в газовой струе. Примеры включают полиолефины (в частности, полипропилен), этиленхлортрифтороэтилены, другие гидрофобные полимеры или негидрофобные полимеры (например, полибутилентерефталат, полистирол, полимолочную кислоту, поликарбонат, нейлон, полифениленсульфид) с гидрофобным покрытием или присадкой или их комбинации (например, смеси или сополимеры). Предпочтительными полимерами являются полиолефины, такие как полипропилен, полиэтилен и полибутилен.

В определенных вариантах осуществления фильтрующий слой из материала мелтблаун содержит волокна, изготовленные из полипропилена, полибутилентерефталата или их комбинаций. В частности, предпочтительные волокна мелтблаун изготовлены из полипропилена для улучшения гидроизоляционных характеристик предпочтительного фильтрующего материала согласно настоящему изобретению.

В определенных вариантах осуществления фильтрующий слой из материала мелтблаун является гидрофобным. Под этим подразумевается, что слой имеет угол контакта с водой, составляющий более 90 градусов. Волокнистый материал, из которого он изготовлен, может быть гидрофобным (например, полиолефин) или содержать гидрофобные присадки или быть покрытым гидрофобным материалом. Аналогично в определенных вариантах осуществления для улучшения гидроизоляционных характеристик стеклосодержащий фильтрующий слой покрыт гидрофобным покрытием. В качестве альтернативы, углубленный накопительный фильтрующий слой может обрабатываться с использованием метода плазменной обработки.

Подходящие гидрофобные материалы имеют малое сродство с водой или не имеют его, либо полностью отталкивают воду и, таким образом, препятствуют прохождению воды через фильтрующие материалы или ограничивают его. Как правило, гидрофобный материал имеет угол контакта с водой, составляющий более 90 градусов, при проведении испытаний. Примеры гидрофобных материалов включают фторсодержащие соединения,

в частности, фторполимеры, как описано в патенте США №6196708.

Примеры используемых фторполимеров включают полимеры, имеющие фторалкильную часть или, предпочтительно, перфторалкильную часть. Эти фторполимеры включают, например, фторалкильные сложные эфиры, фторалкильные простые эфиры, фторалкильные амиды и фторалкильные уретаны. Зачастую фторалкильная и/или перфторалкильная часть проходит от цепи полимера.

Фторполимеры могут включать множество мономерных звеньев. Примерные мономерные звенья включают, например, фторалкильные акрилаты, фторалкильные метакрилаты, фторалкильные арилуретаны, фторалкильные аллилуретаны, фторалкильные малеинаты, фторалкильные уретанакрилаты, фторалкильные амиды, фторалкильные сульфонамидакрилаты и т.п. Фторполимеры могут необязательно иметь дополнительные нефторированные мономерные звенья, включая, например, ненасыщенные углеводороды (например, олефины), акрилаты и метакрилаты. Дополнительные примеры подходящих фторполимеров раскрыты в патенте США №3341497.

Коммерчески доступные фторполимеры включают полимеры, доступные под торговым названием OLEORNOVOL CPX от компании Huntsman (город Шарлотт, штат Северная Каролина), а также 3M Protective Material PM-490 (неионная смола с фторсодержащими соединениями), 3M Protective Material PM-3633 (фторполимерная эмульсия), 3ML-21484 (фторсодержащее производное аминокислоты, которое может быть растворено в воде или полярных органических растворителях), все из которых доступны от компании 3M Co. (г. Сент-Пол, штат Миннесота).

Другие примерные коммерчески доступные фторполимеры предоставляются в водных эмульсиях. Фторполимеры могут извлекаться из водной эмульсии за счет удаления водной несущей среды. Затем фторполимеры могут быть растворены в органическом растворителе. Для улучшения растворения фторполимера соединение, такое как ацетон, может необязательно добавляться в водную эмульсию для ее разрушения. Дополнительно, частицы фторполимера могут быть необязательно измельчены после удаления воды для того, чтобы растворение прошло проще и быстрее.

Способы покрытия таких материалов являются обычными и хорошо известны специалистам в данной области. Вес стандартного покрытия составляет по меньшей мере 0,5 вес. %, часто не более 3 вес. %.

#### Опорный слой

Фильтрующие материалы согласно настоящему изобретению содержат опорный слой. Опорный слой может выполнен из любого из ряда пористых материалов, включая волокнистые материалы, металлическую сетку и т.д. Как правило, волокнистые материалы, используемые для опорного слоя, изготовлены из натурального волокна и/или синтетических волокон. Он может быть тканым и нетканым. Он может быть получен по технологии спанбонд, посредством мокрой выкладки и т.д.

В определенных вариантах осуществления опорный слой включает волокна, имеющие средний диаметр по меньшей мере 5 микрон или по меньшей мере 10 микрон. В определенных вариантах осуществления опорный слой может включать волокна, имеющие средний диаметр не более 250 микрон.

В определенных вариантах осуществления опорный слой имеет базовый вес, составляющий по меньшей мере 50 грамм/метр<sup>2</sup> (г/м<sup>2</sup> или г/кв.м) или по меньшей мере 100 г/кв.м. В определенных вариантах осуществления опорный слой имеет базовый вес, составляющий не более 260 грамм/метр<sup>2</sup> (г/м<sup>2</sup> или г/кв.м), не более 200 г/м<sup>2</sup> или не более

150 г/м<sup>2</sup>.

В определенных вариантах осуществления толщина опорного слоя составляет по меньшей мере 0,005 дюйма (125 микрон), и часто по меньшей мере 0,01 дюйма (250 микрон). В определенных вариантах осуществления толщина опорного слоя составляет

не более 0,03 дюйма (750 микрон). В определенных вариантах осуществления опорный слой имеет воздухопроницаемость, составляющую по меньшей мере 10 кубических футов в минуту (ф<sup>т</sup><sup>3</sup>/мин) при 125 Па (80,2 л/м<sup>2</sup>/сек при 200 Па), при измерении отдельно от остальной части конструкции. В определенных вариантах осуществления воздухопроницаемость составляет не более 1000 кубических футов в минуту (ф<sup>т</sup><sup>3</sup>/мин) при 125 Па (8020 л/м<sup>2</sup>/с при 200 Па) при измерении отдельно от остальной части конструкции.

В определенных вариантах осуществления опорный слой имеет жесткость по Герли, составляющую по меньшей мере 1000 миллиграмм, часто по меньшей мере 5000 миллиграмм. В определенных вариантах осуществления опорный слой может иметь жесткость по Герли, составляющую не более 10000 миллиграмм. Способ измерения жесткости по Герли описан в документе технической ассоциации целлюлозно-бумажной промышленности № T543.

Примеры подходящего материала для опорного слоя (например, подложки) включают нетканый материал, изготовленный по технологии спанбонд, посредством мокрой выкладки, кардочесания или по технологии мелтблаун. Подходящими волокнами могут быть целлюлозные волокна, стекловолокна, металлические волокна или синтетические полимерные волокна или их сочетания. Волокна могут быть в виде тканых материалов или нетканых материалов. Пластмассовые или металлические сетчатые материалы, как экструдированные, так и имеющие вырубные отверстия, представляют собой другие примеры фильтрующих подложек. Примеры синтетических нетканых материалов включают полиэфирные нетканые материалы, нейлоновые нетканые материалы, полиолефиновые (например, полипропиленовые) нетканые материалы, поликарбонатные нетканые материалы или смешанные или многокомпонентные нетканые материалы на их основе. Листовые подложки (например, целлюлозные, синтетические и/или стеклянные или комбинированные полотна) являются обычными примерами фильтрующих подложек. Другие предпочтительные варианты подходящих субстратов включают полиэфирные или двухкомпонентные полиэфирные волокна (как описано в настоящем документе для стеклосодержащего фильтрующего слоя) или полипропиленовые/полиэтиленовые терефталатные, или полипропиленовые/полиэтиленовые терефталатные двухкомпонентные волокна в спанбонде.

В определенных вариантах осуществления опорный слой содержит волокна, введенные посредством мокрой выкладки. В определенных вариантах осуществления опорный слой содержит целлюлозные волокна, полиэфирные волокна или их комбинации, введенные посредством мокрой выкладки.

В определенных вариантах осуществления опорный слой является гидрофобным. Волокнистые материалы, из которых он изготовлен, могут быть гидрофобными (например, полиолефин) или содержать гидрофобные добавки, или могут быть покрыты гидрофобным материалом, таким, как описано в настоящем документе для гидрофобного покрытия на стеклосодержащем фильтрующем слое, или он может обрабатываться с использованием метода плазменной обработки. В качестве альтернативы при мокрой выкладке гидрофобная смола может применяться во время процесса мокрой выкладки.

### Необязательный сетчатый слой

В определенных вариантах осуществления может использоваться сетчатый слой для усиления жесткости фильтрующих материалов согласно настоящему изобретению. Как правило, сетчатый слой расположен между поверхностным накопительным фильтрующим слоем и углубленным накопительным фильтрующим слоем. Используемые материалы для сетчатого слоя как правило имеют высокую проницаемость (т.е., «проходимость») (например, более 1600 л/м<sup>2</sup>/с) и являются тонкими (например, менее 0,005 дюймов), так что они оказывают минимальное воздействие на характеристики плоского листа или фильтрующего элемента. Примеры таких сетчатых материалов включают те, что доступны под торговым названием FINON C303NW и FINON C3019 NW от компании Midwest Filtration в городе Цинциннати, Огайо. Другие описаны, например, в патенте США №. 2009/0120868.

### Фильтрующие элементы и их применение

Фильтрующие материалы согласно настоящему изобретению могут быть изготовлены в виде фильтрующих элементов (т.е., элементов для фильтрации), включая, например, плоскопанельные фильтры, картриджные фильтры или другие компоненты для фильтрации (например, цилиндрические или конические). Примеры таких фильтрующих элементов описаны в патентах США №6746517; 6673136; 6800117; 6875256; 6716274; и 7316723, а также в заявке на патент США №. 2014/0260142.

Фильтрующие материалы могут быть гофрированными. Приведенные в качестве примера гофрировки выполнены на глубине от 0,020 до 0,035 дюймов (от 0,5 мм до 0,9 мм). После, гофрированные фильтрующие материалы могут, как правило, складываться с образованием сложной кассеты, а затем помещаться в корпус и герметизироваться в нем, как известно из уровня техники.

Фильтрующие элементы согласно настоящему изобретению могут использоваться для фильтрации в промышленных целях, например в пылеуловителях и коммерческих и потребительских системах отопления, вентиляции и кондиционирования.

На фиг. 4-14 показаны различные варианты осуществления фильтрующих элементов согласно настоящему изобретению, которые могут использоваться в системах впуска воздуха газовых турбин или промышленных очистителях воздуха.

На фиг. 4 показан вид в перспективе сложенного панельного элемента 200. Панельный элемент 200 содержит кассету 202 материала из сложенного материала 204. Сложенный материал 204 может содержать фильтрующий материал, описанный в настоящем документе. В продемонстрированном варианте осуществления кассета 202 материала удерживается в каркасе 206, причем на продемонстрированных примерах каркас 206 является прямоугольным. Каркас 206 как правило содержит прокладку (не показана) для обеспечения герметизации элемента 200 относительно трубной решетки в системе впуска воздуха. На фиг. 4 показана расположенная выше по потоку сторона 205 сложенного материала 204 с поверхностным накопительным фильтрующим слоем, расположенным на той же стороне, на которой поступающий газ (например, воздух) показан стрелкой 207. Очищенный газ (например, воздух), показанный стрелкой 208, выходит из материала 204 из стороны материала, расположенной ниже по потоку.

На фиг. 5 показан вид в перспективе карманного фильтрующего элемента 210. Карманный элемент 210 содержит слой фильтрующих материалов 212, которые могут содержать фильтрующий материал согласно настоящему изобретению. В продемонстрированном варианте осуществления карманный элемент 210 содержит множество пар 213, 214 панелей, при этом каждая пара 213, 214 панелей образует V-образную форму. Фильтрующие материалы 212 закреплены на каркасе 216. Каркас

216, как правило, имеет прокладку для обеспечения герметизации карманного элемента 210 относительно трубной решетки. При таком расположении материал 212 имеет расположенную выше по потоку сторону 217 из материала мелтблаун, которая находится внутри V-образного клина, и расположенную ниже по потоку сторону 218, которая находится снаружи V-образного клина.

На фиг. 6-8 показаны виды элемента 220 с мини-складками или множеством V-образных клиньев. Элемент 220 содержит каркас 222, вмещающий кассету 224 фильтрующего материала (фиг. 8). Кассета 224 материала содержит множество мини-складок. Мини-складки расположены в панели 226, и элемент 220 содержит множество минимально сложенных пар 227, 228 панелей (фиг. 6) из материала согласно настоящему изобретению, причем каждая пара образует V-образную форму. На фиг. 6 пары 227, 228 панелей показаны линиями невидимого контура, так как верхняя часть каркаса 222 заслоняет вид пар 227, 228 панелей. Каркас 222 определяет множество впускных отверстий 229 для загрязненного газа (например, воздуха) (фиг. 7), которые ведут к внутренней части каждого V-образного клина каждой сложенной пары 227, 228 панелей. Каждая сложенная пара 227, 228 панелей содержит сторону 230, расположенную выше по потоку, которая находится внутри V-образных клиньев, и сторону 231, расположенную ниже по потоку, которая находится снаружи V-образных клиньев.

На фиг. 9-14 показаны различные варианты осуществления трубчатых сложенных фильтрующих элементов. На фиг. 9 показан цилиндрический сложенный элемент 240, имеющий кассету 242 материала, которая может содержать фильтрующий материал согласно настоящему изобретению со стороной 244, расположенной выше по потоку, и стороной 246, расположенной ниже по потоку. Сторона 246, расположенная ниже по потоку, находится в пределах внутреннего объема элемента 240.

На фиг. 10 показаны два цилиндрических элемента 240, выровненные по оси так, что они располагаются торец к торцу.

На фиг. 11 показан цилиндрический элемент 240, выровненный по оси с частично коническим элементом 250. Частично конический элемент 250 представляет собой трубчатый элемент, имеющий кассету 252 материала, которая может содержать фильтрующий материал согласно настоящему изобретению. Элемент имеет сторону 254, расположенную выше по потоку, и сторону 256, расположенную ниже по потоку. Конический элемент 250 содержит первый конец 258, имеющий диаметр, соответствующий диаметру цилиндрического элемента 240. Конический элемент 250 содержит второй конец 260, имеющий диаметр, который больше диаметра первого конца 258, таким образом, формируется частичный конус.

На фиг. 12 показаны два частично конических элемента 270, 280, расположенных соосно и сцепленных торец к торцу. Каждый из элементов 270 содержит кассету 272, 282 материала, образующую конструкцию в виде трубы, которая может содержать фильтрующий материал согласно настоящему изобретению. Каждая кассета 272, 282 материала имеет сторону 274, 284, расположенную выше по потоку, и сторону 276, 286, расположенную ниже по потоку.

На фиг. 13 показан один конический элемент 270. Элемент 270 может использоваться отдельно, установленным в системе впуска воздуха газовых турбин без размещения в парах элементов, как показано на фиг. 11 и фиг. 12.

На фиг. 14 представлен другой вариант осуществления фильтрующего элемента 290, имеющего кассету 292 материала, которая может содержать фильтрующий материал согласно настоящему изобретению. Кассета 292 материала является сложенной и образует трубчатую форму. В этом варианте осуществления трубчатая форма



представляет собой овальную форму, при этом в одном примере варианта осуществления соотношение короткой оси и длинной оси составляет приблизительно 0,7-0,9. Материал 292 содержит сторону 294, расположенную выше по потоку, и сторону 296, расположенную ниже по потоку.

5 На фиг. 15 показан другой вариант осуществления фильтрующего элемента в форме конструкции с яйцевидным сечением, которая может содержать фильтрующий материал согласно настоящему изобретению. Фильтрующий элемент содержит фильтрующий материал 310, имеющий концевые крышки 320, расположенные на каждом из первого конца 312 и второго конца 314 фильтрующего материала 310. Концевая крышка 320  
10 на первом конце 312 фильтрующего материала 310 может иметь отверстие, которое обеспечивает доступ к внутреннему объему картриджа фильтра. Концевая крышка 320 на противоположном конце фильтрующего материала 310 может быть закрыта для блокирования доступа к внутреннему объему картриджа фильтра так, что газ (например, воздух), входящий во внутренний объем картриджа фильтра через концевую крышку  
15 320 на первом конце 312 фильтрующего материала 310, должен выходить через фильтрующий материал в фильтрующем элементе.

Как показано на фиг. 15, в одном или нескольких альтернативных вариантах осуществления обе концевые крышки 320 могут быть открыты для предоставления доступа к внутреннему объему фильтрующего элемента. В одном или нескольких  
20 вариантах осуществления на концевой крышке 320 может предоставляться прокладка 322 для герметизации картриджа фильтра по отверстию, например, в трубной решетке, трубке Вентури или другой структуре, через которую подается газ во внутренний объем фильтрующего элемента. Через трубчатый картридж фильтра между первым концом 312 и вторым концом 314 проходит ось 311 конструкции в виде трубы. Фильтрующий  
25 материал 310 в вышеописанных картриджах фильтра определяет наружную поверхность 316 и внутреннюю поверхность 318, расположенные вокруг оси 311 конструкции в виде трубы. Внутренняя поверхность 318 обращена в сторону внутреннего объема картриджа 310 фильтра, а наружная поверхность 316 обращена в противоположную сторону от этого внутреннего объема.

30 В фильтрующем элементе по фиг. 15 концевые крышки 320 могут содержать центрирующее устройство в виде, например, необязательных язычков 324, в которых расположены выемки 326. Выемки 326 могут иметь размеры, подходящие для размещения в них верхнего и нижнего элементов 352 и 354 переключателя 350, на которых может быть установлен картридж фильтра в системе фильтра. Каждая из выемок 326  
35 может быть описана как имеющая, в одном или нескольких вариантах осуществления, отверстие, которое обращено в сторону внутреннего объема картриджа фильтра, причем выемка 326 проходит по направлению к внутреннему периметру 328 концевой крышки 320. Несмотря на то, что каждая выемка 326 в показанном варианте осуществления образована одним язычком 324, в одном или нескольких альтернативных  
40 вариантах осуществления выемка 326 может быть образована между двумя элементами, которые выступают от внутреннего периметра 328 концевой крышки 320, причем эти два элемента, образующие выемку 326, не являются одним и тем же конструктивным элементом. Использование двух язычков 324 в сочетании с переключателем 350, имеющей два элемента 352 и 354, может быть выгодно для предотвращения или меньшей мере  
45 ограничения вращения картриджа фильтра вокруг оси 311 трубы при установке на переключателе 350 в системе фильтра. Такой фильтрующий элемент более подробно описан в публикации патента США №2014/0260142.

Следует понимать, что каждый фильтрующий элемент, охарактеризованный выше

и изображенный на фиг. 4-15, может представлять собой плоский материал или гофрированный материал и/или быть функционально установлен в системе впуска воздуха газовых турбин или других вентиляционных системах.

При эксплуатации газ (например, воздух), который необходимо очистить, будет направляться через расположенную выше по потоку сторону, тонковолокнистого поверхностного накопительного фильтрующего слоя, а затем через расположенную ниже по потоку сторону фильтрующего материала в соответствующий фильтрующий элемент, как правило установленный в трубной решетке. Фильтрующие материалы удалят по меньшей мере некоторые из твердых частиц из потока газа (например, воздуха). После прохождения через сторону материала, расположенную ниже по потоку, фильтруемый газ (например, воздух) затем направляется в газовую турбину.

Приведенные в качестве примера варианты осуществления

Вариант осуществления 1 представляет собой фильтрующий материал для газа, содержащий: поверхностный накопительный фильтрующий слой, содержащий тонкие волокна, имеющие средний диаметр, составляющий менее 1 микрона; углубленный накопительный фильтрующий слой; и опорный слой; причем слои выполнены с возможностью и расположены для размещения в потоке газа с фильтрующим слоем поверхностный накопительный, расположенным выше всех по потоку.

Вариант осуществления 2 представляет собой фильтрующий материал согласно варианту осуществления 1, выполненный с возможностью импульсной очистки.

Вариант осуществления 3 представляет собой фильтрующий материал согласно варианту осуществления 1 или 2, в котором углубленный накопительный фильтрующий слой расположен между поверхностным накопительным фильтрующим слоем и опорным слоем.

Вариант осуществления 4 представляет собой фильтрующий материал согласно любому из вариантов осуществления 1-3, в котором средний диаметр тонких волокон составляет не более 0,5 микрона.

Вариант осуществления 5 представляет собой фильтрующий материал согласно варианту осуществления 4, в котором средний диаметр тонких волокон составляет не более 0,3 микрона.

Вариант осуществления 6 представляет собой фильтрующий материал согласно любому из вариантов осуществления 1-5, в котором средний диаметр тонких волокон составляет по меньшей мере 0,01 микрона.

Вариант осуществления 7 представляет собой фильтрующий материал согласно варианту осуществления 6, в котором средний диаметр тонких волокон составляет по меньшей мере 0,1 микрона.

Вариант осуществления 8 представляет собой фильтрующий материал согласно любому из вариантов осуществления 1-7, в котором тонкие волокна содержат нейлон, поливинилиденфторид, полиуретан или их комбинации.

Вариант осуществления 9 представляет собой фильтрующий материал согласно любому из вариантов осуществления 1-8, в котором поверхностный накопительный фильтрующий слой имеет эффективность фильтрации LEFS, составляющую по меньшей мере 30%.

Вариант осуществления 10 представляет собой фильтрующий материал согласно варианту осуществления 9, в котором поверхностный накопительный фильтрующий слой имеет эффективность фильтрации LEFS, составляющую по меньшей мере 70%.

Вариант осуществления 11 представляет собой фильтрующий материал согласно варианту осуществления 10, в котором поверхностный накопительный фильтрующий

слой имеет эффективность фильтрации LEFS, составляющую по меньшей мере 80%.

5 Вариант осуществления 12 представляет собой фильтрующий материал согласно любому из вариантов осуществления 1-11, в котором поверхностный накопительный фильтрующий слой имеет эффективность фильтрации LEFS, составляющую не более 99%.

Вариант осуществления 13 представляет собой фильтрующий материал согласно варианту осуществления 12, в котором поверхностный накопительный фильтрующий слой имеет эффективность фильтрации LEFS, составляющую не более 95%.

10 Вариант осуществления 14 представляет собой фильтрующий материал согласно варианту осуществления 13, в котором поверхностный накопительный фильтрующий слой имеет эффективность фильтрации LEFS, составляющую не более 90%.

15 Вариант осуществления 15 представляет собой фильтрующий материал согласно любому из вариантов осуществления 1-14, в котором углубленный накопительный фильтрующий слой предусматривает высокоэффективный стеклосодержащий фильтрующий слой, высокоэффективный фильтрующий слой из материала мелтблаун или их комбинацию.

20 Вариант осуществления 16 представляет собой фильтрующий материал согласно варианту осуществления 15, в котором углубленный накопительный фильтрующий слой предусматривает высокоэффективный стеклосодержащий фильтрующий слой, содержащий стекловолокна и многокомпонентные связующие волокна.

Вариант осуществления 17 представляет собой фильтрующий материал согласно варианту осуществления 16, в котором стеклосодержащий высокоэффективный слой содержит не более 10 вес. % связующей смолы, в пересчете на общий вес стеклосодержащего слоя.

25 Вариант осуществления 18 представляет собой фильтрующий материал согласно варианту осуществления 16 или 17, в котором многокомпонентные связующие волокна высокоэффективного стеклосодержащего фильтрующего слоя предусматривают двухкомпонентные волокна, имеющие легкоплавкую полиэфирную оболочку и тугоплавкое ядро из сложного полиэфира.

30 Вариант осуществления 19 представляет собой фильтрующий материал согласно любому из вариантов осуществления 16-18, при этом высокоэффективный фильтрующий стеклосодержащий слой дополнительно содержит волокна из сложного полиэфира, отличные от многокомпонентных связующих волокон.

35 Вариант осуществления 20 представляет собой фильтрующий материал согласно варианту осуществления 19, в котором средний диаметр волокон из сложного полиэфира, отличных от многокомпонентных связующих волокон, составляет от 10 микрон до 14 микрон.

40 Вариант осуществления 21 представляет собой фильтрующий материал согласно любому из вариантов осуществления 16-20, в котором стеклосодержащий высокоэффективный фильтрующий слой содержит стекловолокна, средний диаметр которых составляет от 0,4 микрона до 0,5 микрона.

Вариант осуществления 22 представляет собой фильтрующий материал согласно варианту осуществления 15, в котором углубленный накопительный фильтрующий слой содержит высокоэффективный фильтрующий слой из материала мелтблаун.

45 Вариант осуществления 23 представляет собой фильтрующий материал согласно варианту осуществления 22, в котором высокоэффективный фильтрующий слой из материала мелтблаун содержит волокна мелтблаун, содержащие полипропилен, полибутилентерефталат или их комбинации.

Вариант осуществления 24 представляет собой фильтрующий материал согласно варианту осуществления 22 или 23, при этом высокоэффективный фильтрующий слой из материала мелтблаун содержит волокна мелтблаун, средний диаметр которых составляет от 0,5 микрона до 10 микрон.

5 Вариант осуществления 25 представляет собой фильтрующий материал согласно варианту осуществления 24, в котором высокоэффективный фильтрующий слой из материала мелтблаун содержит волокна мелтблаун, средний диаметр которых составляет от 0,5 микрона до 4 микрон.

10 Вариант осуществления 26 представляет собой фильтрующий материал согласно варианту осуществления 25, в котором высокоэффективный фильтрующий слой из материала мелтблаун содержит волокна мелтблаун, средний диаметр которых составляет от 1 микрона до 3 микрон.

15 Вариант осуществления 27 представляет собой фильтрующий материал согласно варианту осуществления 25, в котором высокоэффективный фильтрующий слой из материала мелтблаун содержит волокна мелтблаун, средний диаметр которых составляет от 2 микрон до 3 микрон.

Вариант осуществления 28 представляет собой фильтрующий материал согласно любому из вариантов осуществления 1-27, в котором углубленный накопительный фильтрующий слой имеет эффективность фильтрации DEHS, составляющую по меньшей мере 55%.

20 Вариант осуществления 29 представляет собой фильтрующий материал согласно варианту осуществления 28, в котором углубленный накопительный фильтрующий слой имеет эффективность фильтрации DEHS, составляющую по меньшей мере 70%.

25 Вариант осуществления 30 представляет собой фильтрующий материал согласно любому из вариантов осуществления 1-29, в котором углубленный накопительный фильтрующий слой имеет эффективность фильтрации DEHS, составляющую не более 99,997%.

30 Вариант осуществления 31 представляет собой фильтрующий материал согласно варианту осуществления 30, в котором углубленный накопительный фильтрующий слой имеет эффективность фильтрации DEHS, составляющую не более 99,97%.

Вариант осуществления 32 представляет собой фильтрующий материал согласно варианту осуществления 31, в котором углубленный накопительный фильтрующий слой имеет эффективность фильтрации DEHS, составляющую не более 99,5%.

35 Вариант осуществления 33 представляет собой фильтрующий материал согласно любому из вариантов осуществления 1-32, в котором углубленный накопительный фильтрующий слой имеет базовый вес, составляющий не более  $150 \text{ г/м}^2$

40 Вариант осуществления 34 представляет собой фильтрующий материал согласно любому из вариантов осуществления 1-33, в котором углубленный накопительный фильтрующий слой имеет базовый вес, составляющий по меньшей мере  $10 \text{ г/м}^2$ .

Вариант осуществления 35 представляет собой фильтрующий материал согласно любому из вариантов осуществления 1-34, в котором углубленный накопительный фильтрующий слой имеет соленакопительную емкость, составляющую по меньшей мере  $1 \text{ г/м}^2$  при росте давления, составляющем 500 паскаль, относительно начального значения.

45 Вариант осуществления 36 представляет собой фильтрующий материал согласно любому из вариантов осуществления 1-35, в котором углубленный накопительный фильтрующий слой имеет соленакопительную емкость, составляющую не более  $10 \text{ г/м}^2$

при росте давления, составляющем 500 паскаль, относительно начального значения.

Вариант осуществления 37 представляет собой фильтрующий материал согласно любому из вариантов осуществления 1-36, при этом опорный слой имеет жесткость по Герли, составляющую 1000 миллиграмм или более.

5 Вариант осуществления 38 представляет собой фильтрующий материал согласно варианту осуществления 27, в котором воздухопроницаемость опорного слоя составляет по меньшей мере  $10 \text{ фт}^3/\text{мин}$  при 125 Па ( $80,2 \text{ л}/\text{м}^2/\text{с}$  при 200 Па).

10 Вариант осуществления 39 представляет собой фильтрующий материал согласно любому из вариантов осуществления 1-38, в котором опорный слой содержит волокна, введенные посредством мокрой выкладки.

Вариант осуществления 40 представляет собой фильтрующий материал согласно варианту осуществления 39, в котором волокна, введенные посредством мокрой выкладки, содержат целлюлозу, сложный полиэфир или их комбинации.

15 Вариант осуществления 41 представляет собой фильтрующий материал согласно любому из вариантов осуществления 1-40, в котором опорный слой имеет базовый вес, составляющий не более  $260 \text{ г}/\text{м}^2$ .

20 Вариант осуществления 42 представляет собой фильтрующий материал по любому из вариантов осуществления 1-41, в котором опорный слой имеет базовый вес, составляющий по меньшей мере  $50 \text{ г}/\text{м}^2$ .

Вариант осуществления 43 представляет собой фильтрующий материал согласно любому из вариантов осуществления 1-42, который дополнительно содержит сетчатый слой, расположенный между поверхностным накопительным фильтрующим слоем и углубленным накопительным фильтрующим слоем.

25 Вариант осуществления 44 представляет собой фильтрующий материал согласно любому из вариантов осуществления 1-43, имеющий толщину, составляющую по меньшей мере 10 мил (0,25 мм).

30 Вариант осуществления 45 представляет собой фильтрующий материал согласно любому из вариантов осуществления 1-44, имеющий толщину, составляющую не более 60 мил (1,5 мм).

Вариант осуществления 46 представляет собой фильтрующий материал согласно варианту осуществления 45, имеющий толщину, составляющую не более 30 мил (0,76 мм).

35 Вариант осуществления 47 представляет собой фильтрующий материал согласно любому из вариантов осуществления 1-46, в котором слои склеены вместе с помощью клейкого вещества, связующих волокон, термической сварки, ультразвуковой сварки, самоадгезии или их комбинаций.

40 Вариант осуществления 48 представляет собой фильтрующий материал согласно любому из вариантов осуществления 1-47, который имеет эффективность по меньшей мере F9 согласно EN779:2012.

Вариант осуществления 49 представляет собой фильтрующий материал согласно варианту осуществления 48, который имеет эффективность по меньшей мере 80% или более 80% при испытании эффективности DEHS при размере частиц с наибольшей проникающей способностью.

45 Вариант осуществления 50 представляет собой фильтрующий материал согласно любому из вариантов осуществления 1-49, который является фильтрующим материалом для воздуха.

Вариант осуществления 51 представляет собой фильтрующий элемент для газа,

содержащий корпус и фильтрующий материал для газа согласно любому из вариантов осуществления 1-50.

5 Вариант осуществления 52 представляет собой фильтрующий элемент для газа согласно варианту осуществления 51, который имеет эффективность по меньшей мере F9 согласно EN779:2012.

Вариант осуществления 53 представляет собой фильтрующий элемент для газа согласно варианту осуществления 52, который имеет эффективность по меньшей мере E10 согласно EM822:2009.

10 Вариант осуществления 54 представляет собой фильтрующий элемент для газа согласно варианту осуществления 53, который имеет эффективность по меньшей мере E11 согласно EM822:2009.

Вариант осуществления 55 представляет собой фильтрующий элемент для газа согласно варианту осуществления 54, который имеет эффективность по меньшей мере E12 согласно EN1822:2009.

15 Вариант осуществления 56 представляет собой фильтрующий элемент для газа согласно любому из вариантов осуществления 51-55, который является плоскопанельным, цилиндрическим или коническим.

Вариант осуществления 57 представляет собой фильтрующий элемент для газа согласно любому из вариантов осуществления 51-56, который является сложенным.

20 Вариант осуществления 58 представляет собой способ фильтрации газа (например, воздуха), при этом способ включает направление газа через фильтрующий элемент по любому из вариантов осуществления 51-57.

Вариант осуществления 59 представляет собой способ фильтрации газа, при этом способ включает направление газа через фильтрующий материал по любому из 25 вариантов осуществления 1-55.

#### Примеры

30 Цели и преимущества настоящего изобретения дополнительно проиллюстрированы с помощью следующих примеров, но конкретные материалы и их количества, указанные в данных примерах, а также другие условия и подробности не должны рассматриваться как неоправданно ограничивающие данное раскрытие.

#### Способы испытаний

##### Испытание на накопление соли

35 Стенд TSI 8130 используется для наполнения 100-см<sup>2</sup> образца фильтрующего материала частицами соли NaCl (0,33 мкм массового медианного диаметра) с концентрацией, составляющей 20 мг/м<sup>3</sup>. В стенде расход был выбран для отображения реальных окружающих условий. Другие параметры для стенда должны соответствовать стандартам производителя. Материал наполняется в пределах от 4 дюймов до 10 дюймов H<sub>2</sub>O (1000-2500 Па) перепада давления перед концом испытания, в зависимости от 40 требований заказчика. Каждую минуту стенд измеряет количество накопленной соли, пропущенной соли и перепад давления в пределах материала. Эти данные записываются стендом. Образец взвешивают до и после завершения испытания; разница в весе представляет собой накопленную соль, и это значение используют для калибровки фотометра.

45 Было обнаружено, что материалы, которые имеют накопительную емкость более 0,5 г/фт<sup>2</sup> (5,38 г/м<sup>2</sup>) для перепадов давления H<sub>2</sub>O с повышением, составляющем 2 дюйма, при скорости воздуха в фильтрующем материале, составляющей 10 футов в минуту (футов/минуту) (5,33 см/с), представляют собой углубленные накопительные материалы.

Модифицированный способ испытания по ISO11057 характеристик фильтрации фильтрующего материала, выполненного с возможностью очистки

Для определения возможности импульсной очистки фильтрующих материалов использовали модифицированную версию способа испытания по ISO11057 характеристик фильтрации фильтрующих материалов, выполненных с возможностью очистки. Стандарт ISO имеет 5 этапов. Этап 2 испытания использовали с модификацией следующим образом:

расход в основном ответвлении: 2,54 м<sup>3</sup>/ч;

расход в дополнительном ответвлении: 5,07 м<sup>3</sup>/ч;  
максимальное ограничение 1800 Па;

интенсивность подачи пыли: 2,0 г/м<sup>3</sup>;

Мощность импульса: 0,1 МПа; и

200 секунд за цикл, 300 полных циклов в течение испытания.

Все остальные условия испытания остаются такими же.

Для каждого цикла в пределах материала непосредственно после импульса зарегистрировали перепады давления (dP). Последний перепад давления после 300 циклов и перепад давления после экстраполяции до 3000 циклов использовали для сравнения характеристик материала, выполненного с возможностью импульсной очистки. Экстраполяцию выполнили за счет приближения с помощью кривых логарифмического или степенного уравнения (любого, которое имеет больший R<sup>2</sup>) к данным (до 300 импульсов), а затем использования уравнения для определения перепада давления при 3000 импульсах.

Испытание на эффективность DEHS

Стенд TSI 3160 используют для испытания эффективности образца материала с размером 100 см<sup>2</sup> при использовании потоков, представляющих реальные окружающие условия, при этом в данном случае был использован поток 4 фута в минуту (фут/минуту). Распылитель создает распределение капель DEHS, и дифференциальный анализатор подвижности (DMA) используют для оценки распределения капель DEHS в облаке монодисперсных частиц. Размеры капель масла для этого испытания составляют 0,09, 0,1, 0,2, 0,3 и 0,4 мкм. Затем счетчик конденсированных частиц (CPC) измеряет актуальную концентрацию выше по потоку и ниже по потоку относительно образца фильтра для определения эффективности материала при данном размере частиц. Все другие параметры соответствуют требованиям, установленным производителями.

После определения эффективности для всех размеров частиц система строит кривую по этим точкам для определения того, какой размер частиц относится к наибольшему проскоку (самой низкой эффективности); это называют размером частиц с наибольшей проникающей способностью (MPPS), и могут подсчитывать проскок на основе построенной кривой для данного конкретного образца материала.

Испытание LEFS

Из материала вырезают образец, диаметр которого составляет 4 дюйма. Эффективность захвата частиц испытываемого образца подсчитывают с помощью использования 0,8-мкм латексных сфер в качестве испытательного актуального загрязнителя в стенде LEFS (для описания испытания LEFS см. стандарт ASTM F1215-89), работающем при 20 футах/минуту.

Примеры

Пример 1

Слоистые фильтрующие материалы подготовили с использованием следующих

методов. Фильтрующий материал с базовым весом  $50 \text{ г/м}^2$ , полученный посредством мокрой выкладки, который содержит смесь стекла и двухкомпонентных волокон PET, подготовили подобно материалу, описанному в примере 6 патента США №7314497 (с модификацией в том, что он состоит из 40% B08 микростекловолокон от компании Lauscha Fiber International (город Лауша, Германия) и 60% TJO4BN двухкомпонентных волокон PET от компании Teijin (город Осака, Япония)). Фильтрующий материал с базовым весом  $116 \text{ г/м}^2$ , полученный посредством мокрой выкладки, состоящий из опорного материала из смеси 90% целлюлозы и 10% сложного полиэфира, приобрели в компании H&V в восточном Уолполе, штат Массачусетс. Свойства листа представлены в таблице 1.

**Таблица 1**  
**Свойства компонентов согласно примеру 1**

Свойство	Единицы измерения	EN937	EN829
Базовый вес	фунты/3000		71,3
	фт <sup>2</sup>	30,5	
	граммы/м <sup>2</sup>	50	116
Размер волокна	мкм	0,8/14	Нет данных
Толщина (1,5 фунта на квадратный дюйм (фунт/кв. дюйм))	дюймы	0,0071	0,012
	мм	0,183	0,30
Воздухопроницаемость для 0,5 дюйма (дюйм) H <sub>2</sub> O (125 паскаль (Па))	фт/мин	22,4	14,0
	для 200 паскаль (0,8 дюйма H <sub>2</sub> O)	л/м <sup>2</sup> /с	179
Гидростатическое давление	мбар	8,00	50,0
Накопленная соль при перепаде давления H <sub>2</sub> O с ростом, составляющим 2 дюйма, при 10 фт/мин	г/фт <sup>2</sup>	0,403	0,0374
	г/м <sup>2</sup>	4,33	0,403
Предварительная эффективность IPA MPPS DEHS 4 фута/минуту (2,0 сантиметра/секунду (см/с))	%	95,14	<10%
Эффективность IPA после впитывания MPPS DEHS 4 фута/минуту (2,0 см/с)	%	93,83	<10%

Эти два рулона были разделены на слои таким образом, что стеклянный двухкомпонентный слой был расположен выше по потоку, а целлюлозно-полиэфирная смесь было расположена внизу. Гранулированное клейкое вещество от компании EMS-Griltech, Швейцария (Griltech 9E) наносили с расходом  $4,07 \text{ г/м}^2$  между двумя слоями,



которые затем ламинировали с помощью тепла при 265°F.

После ламинирования тонковолокнистый слой с базовым весом 50 г/м<sup>2</sup> наносили на стеклянный двухкомпонентный слой. Этот тонковолокнистый слой состоял из волокон, размер которых составлял от 0,2 до 0,3 микрона, при этом слой содержал нейлон с эффективностью LEFS 82,4%.

Ламинированный материал, покрытый нановолокнами, испытывали на свойства плоского листа, а элемент испытывали на перепад давления и эффективность с использованием процедуры EN1822. Результаты показаны в таблице 2.

Таблица 2

## Свойства ламинированного материала и элемента

Свойство и результат испытания	Единицы измерения	Пример 1 (EX3326, до покрытия нановолокнами)	Пример 1 (EX3326, после покрытия нановолокнами)
Базовый вес	фунты/3000		
	фт <sup>2</sup>	101,8	101,8
	грамм/м <sup>2</sup>	166	166
Толщина (клиновидного основания)	дюймы	Нет данных	0,021
	мм	Нет данных	0,533
Воздухопроницаемость для 0,5 дюйма H <sub>2</sub> O (125 Па)	фут/мин	6,1	5,9
	л/м <sup>2</sup> /с	48,9	47,3
Глубина гофрировки	дюймы	Нет данных	0,018
	мм	Нет данных	0,46
Эффективность LEFS тонковолокнистого слоя	%	-	82,4

	при 20 футах/минуту (10,66 см/с)			
5	Эффективность IPA до впитывания MPPS DEHS 4 фута/минуту (2,0 см/с)	%	98,15	98,97
10	Эффективность IPA после впитывания MPPS DEHS 4 фута/минуту (2,0 см/с)	%	97,5	98,82
15	Накопленная соль при перепаде давления H <sub>2</sub> O с ростом, составляющим 2 дюйма, при 10 фт/мин	г/м <sup>2</sup>	Нет данных	Нет данных
20	Перепад давления по ISO11057 (модифицированный) после 300 импульсов	Па	Нет данных	554
25	Перепад давления по ISO11057 (модифицированный) после 3000 импульсов (экстраполированный)	Па	Нет данных	714
	Перепад давления элемента	дюймы H <sub>2</sub> O Па	Нет данных	1,045 261
30	Эффективность элемента при MPPS	%	Нет данных	99,541

Материал в виде плоского листа складывали с глубиной складки, составляющей 2 дюйма (5,1 см), и образовывали 26-дюймовую (66 см) коническую и цилиндрическую фильтрующую пару. Конические элементы имели 280 складок на элемент, в то время, как цилиндрические элементы имели 230 складок. Элементы были образованы таким образом, что нановолоконный слой был обращен вверх по потоку.

#### Пример 2

Слоистые фильтрующие материалы подготовили с использованием следующих методов. Фильтрующий материал с базовым весом 50 г/м<sup>2</sup>, полученный посредством мокрой выкладки, который содержит смесь стекла и двухкомпонентных волокон PET, подготовили подобно материалу, описанному в примере 6 патента США №7314497 (с модификацией в том, что он состоит из 40% B08 микростекловолокон от компании Lauscha Fiber International (город Лауша, Германия) и 60% TJ04BN двухкомпонентных волокон PET от компании Teijin (город Осака, Япония)). Фильтрующий материал с базовым весом 116 г/м<sup>2</sup>, полученный посредством мокрой выкладки, состоящий из опорного материала из смеси 90% целлюлозы и 10% сложного полиэфира, приобрели в компании H&V в восточном Уолполе, штат Массачусетс. Свойства листа показаны

в таблице 3.

**Таблица 3**  
**Свойства компонентов согласно примеру 2**

5	Свойство	Единиц	EN937	EN829
		ы измерен ия		
10	Базовый вес	фунты/300	30,5	71,3
		0 фт <sup>2</sup> граммы/м <sup>2</sup>	50	116
	Размер волокна	мкм	0,8/14	Нет данных
15	Толщина (1,5 фунта на квадратный дюйм (фунт/кв. дюйм))	дюймы	0,0071	0,012
		мм	0,183	0,30
20	Воздухопроницаемость для 0,5 дюйма (дюйм) Н <sub>2</sub> О (125 паскаль (Па))	фут/мин	22,4	14,0
		для 200 паскаль (0,8 дюйма Н <sub>2</sub> О) л/м <sup>2</sup> /с	179	111,9
	Гидростатическое давление	мбар	8,00	50,0
25	Накопленная соль при перепаде давления Н <sub>2</sub> О с ростом, составляющим 2 дюйма, при 10 фт/мин	г/фт <sup>2</sup>	0,40	0,037
		г/м <sup>2</sup>	4,33	0,403
30	Предварительная эффективность IPA MPPS DEHS 4 фута/минуту (2,0 см/с)	%	95,14	Нет данных
35	Эффективность IPA после впитывания MPPS DEHS 4 фута/минуту (2,0 см/с)	%	93,83	Нет данных

Эти два рулона были разделены на слои таким образом, что стеклянный двухкомпонентный слой был расположен выше по потоку, а целлюлозно-полиэфирная смесь было расположена внизу. Два слоя ламинировали с помощью тепла при температуре 265°F с использованием Griltech 9E, гранулированного клейкого вещества (компания EMS-Griltech, Швейцария) с расходом 4,07 г/м<sup>2</sup> между каждым слоем. После ламинирования тонковолокнистый слой наносили на слой целлюлозно-полиэфирной смеси с базовым весом 116 г/м<sup>2</sup>, полученный мокрой выкладкой. Этот тонковолокнистый слой состоял из нейлоновых волокон, размер которых составлял от 0,2 до 0,3 микрона, при этом его эффективность LEFS составляла 78%. Ламинированный материал, покрытый нановолокнами, испытывали на свойства плоского листа. Результаты показаны в таблице 4.

Таблица 4

## Свойства ламинированного материала

5	Свойство	Единицы измерения	Пример 2 (EX3092)
	Базовый вес	фунты/3000 фт <sup>2</sup>	101,8
10		граммы/м <sup>2</sup>	166,5
	Толщина (клиновидного основания)	дюймы мм	0,025 0,635
15	Воздухопроницаемость для 0,5 дюйма Н <sub>2</sub> О (125 Па)	фут/мин	5,3
	для 200 паскаль (0,8 дюйма Н <sub>2</sub> О)	л/м <sup>2</sup> /с	42,9
	Гидростатическое давление	мбар	-
20	Перепад давления по ISO11057 (модифицированный) после 300 импульсов	Па	382
25	Перепад давления по ISO11057 (модифицированный) после 3000 импульсов (экстраполированный)	Па	856
30	Предварительная эффективность IPA MPPS DEHS 4 фута/минуту (2,0 см/с)	%	99,46
	Эффективность IPA после впитывания MPPS DEHS 4 фута/минуту (2,0 см/с)	%	99,06
35	Материал в виде плоского листа складывали с глубиной складки, составляющей 2 дюйма (5,1 см), и образовывали 26-дюймовую (66 см) коническую и цилиндрическую фильтрующую пару. Конические элементы имели 250 складок на элемент, в то время, как цилиндрические элементы имели 210 складок. Элементы были образованы таким образом, что нановолоконный слой был обращен вверх по потоку.		
40	Пример 3		
45	Слоистые фильтрующие материалы подготовили с использованием следующих методов. Фильтрующий материал с базовым весом 50 г/м <sup>2</sup> , полученный посредством мокрой выкладки, который содержит смесь стекла и двухкомпонентных волокон, подготовили подобно материалу, описанному в примере 6 патента США №7314497 (с модификацией в том, что он состоит из 50% В08 микростекловолокон от компании Lauscha Fiber International (город Лауша, Германия) и 50% двухкомпонентных волокон PET (TJ04BN) от компании Teijin (город Осака, Япония)). Опорный материал Finon		

C310NW с базовым весом 100 г/м<sup>2</sup>, выполненный по технологии спанбонд, приобрели в компании Midwest Filtration, город Цинциннати, штат Огайо. Свойства листа показаны в таблице 5.

5

Таблица 5

## Свойства компонентов согласно примеру 3 (EX3167)

10

15

20

25

30

35

Свойство	Единицы измерения	EN0701937	FINON C310NW
Базовый вес	фунты/3000		
	фт <sup>2</sup>	30,5	61,5
	граммы/м <sup>2</sup>	50	100
Размер волокна	мкм	0,8/14	17,4
Толщина (1,5 фунт/кв. дюйм)	дюймы	0,0115	0,008
	мм	0,292	0,203
Воздухопроницаемость для 0,5 дюйма H <sub>2</sub> O (125 Па)	фут/мин	10,10	108,00
	л/м <sup>2</sup> /с	81	864
для 200 паскаль (0,8 дюйма H <sub>2</sub> O)			
Гидростатическое давление	мбар	16,00	6,00
Накопленная соль при перепаде давления H <sub>2</sub> O с ростом, составляющим 2 дюйма, при 10 фт/мин	г/фт <sup>2</sup>	0,40	Нет данных
	г/м <sup>2</sup>	4,33	Нет данных
Предварительная эффективность IPA MPPS DEHS 4 фута/минуту (2,0 см/с)	%	98,81	<10%
Эффективность IPA после впитывания MPPS DEHS 4 фута/минуту (2,0 см/с)	%	98,03	<10%

40

Эти два рулона разделили на слои таким образом, что слой, полученный мокрой выкладкой, был расположен выше по потоку, а слой, выполненный по технологии спанбонд, был расположен ниже по потоку. Слои ламинировали с помощью тепла при температуре 275°F с использованием гранулированного клейкого вещества Griltex 9E (компания EMS-Griltech, Швейцария) с расходом 4,07 г/м<sup>2</sup> между каждым слоем.

45

Затем материал гофрировали на среднюю глубину, составляющую 0,027 дюймов (0,69 мм) (измеряя расстояние в направлении z от верхней части пика до нижней части впадины с оборотной стороны материала), с количеством гофров, составляющим 4,5 на дюйм (1,77 гофр/см). После гофрирования тонковолокнистый слой наносили на слой с базовым весом 50 г/м<sup>2</sup>, полученный посредством мокрой выкладки. Этот тонковолокнистый слой состоял из нейлоновых волокон, размер которых составлял от 0,2 до 0,3 микрона, при этом его эффективность LEFS составляла 66%.

Ламинированный, гофрированный и покрытый материал испытывали на свойства плоского листа. Результаты показаны в таблице 6.

Таблица 6

Свойства ламинированного материала			
Свойство	Единицы измерения	Пример 3 до покрытия нановолокна ми	Пример 3 после покрытия нановолокна ми
Базовый вес	фунты/300		
	0 фт <sup>2</sup>	92	92
	граммы/м <sup>2</sup>	150	150
Толщина (клиновидного основания)	дюймы	Нет данных	0,0189
Воздухопроницаемость для 0,5 дюйма Н <sub>2</sub> О (125 Па)	мм	Нет данных	0,48
	фут/мин	10,28	10,20
для 200 паскаль (0,8 дюйма Н <sub>2</sub> О)	л/м <sup>2</sup> /с	83,24	82,62
Перепад давления по ISO11057 (модифицированный) после 300 импульсов	Па	Нет данных	Нет данных
Перепад давления по ISO11057 (модифицированный) после 3000 импульсов (экстраполированный)	Па	Нет данных	Нет данных
Предварительная эффективность IPA MPPS DEHS 4 фута/минуту (2 см/с)	%	98,38	99,55
Эффективность IPA после впитывания MPPS DEHS 4 фута/минуту (2 см/с)	%	94,73	96,29
Глубина гофрировки	дюймы	0,027	0,0106
	мм	0,69	0,27

Материал в виде плоского листа складывали с глубиной складки, составляющей 2 дюйма (5,1 см), и образовывали 26-дюймовую (66 см) коническую и цилиндрическую фильтрующие пары. Конические элементы имели 210 складок на элемент, в то время, как цилиндрические элементы имели 176 складок. Элементы были образованы таким образом, что нановолоконный слой был обращен вверх по потоку.

#### Пример 4

Слоистые фильтрующие материалы подготовили с использованием следующих методов. Сетчатый слой FTNON C3019 с базовым весом 18,6 г/м<sup>2</sup>, выполненный по технологии спанбонд, приобрели в компании Midwest Filtration, город Цинциннати, штат Огайо. Фильтрующий материал с базовым весом 50 г/м<sup>2</sup>, полученный посредством мокрой выкладки, который содержит смесь стекла и двухкомпонентных волокон, подготовили подобно материалу, описанному в примере 6 патента США №7314497 (с

модификацией в том, что он состоит из 50% B08 микростекловолокон от компании Lauscha Fiber International (город Лауша, Германия) и 50% двухкомпонентных волокон PET (TJ04BN) от компании Teijin (город Осака, Япония). Опорный материал Finon C310NW с базовым весом  $100 \text{ г/м}^2$ , выполненный по технологии спанбонд, приобрели в компании Midwest Filtration, город Цинциннати, штат Огайо. Свойства листа показаны в таблице 7.

Таблица 7

## Свойства компонентов согласно примеру 4 (EX3379)

Свойство	Единицы измерения	FINON C3019	EN937	FINON C310NW
Базовый вес	фунты/3000			
	фт <sup>2</sup>	11,4	30,5	61,5
	граммы/м <sup>2</sup>	18,6	50	100
Размер волокна	мкм	Нет данных	0,8/14	17,4
Толщина (1,5 фунт/кв. дюйм)	дюймы	0,002	0,0115	0,008
	мм	0,05	0,292	0,203
Воздухопроницаемость для 0,5 дюйма H <sub>2</sub> O (125 Па)	фут/мин	627	10,10	108
	для 200 паскаль (0,8 дюйма H <sub>2</sub> O)	л/м <sup>2</sup> /с	5079	81,81
Гидростатическое давление	мбар	<6,00	16,00	6,00
Накопленная соль при перепаде давления H <sub>2</sub> O с ростом, составляющим 2 дюйма, при 10 фт/мин	г/фт <sup>2</sup>	Нет данных	0,40	Нет данных
	г/м <sup>2</sup>	Нет данных	4,33	Нет данных
Предварительная эффективность IPA MPPS DEHS 4 фута/минуту (2 см/с)	%	<10%	98,81	<10%
Эффективность IPA после впитывания MPPS DEHS 4 фута/минуту (2 см/с)	%	<10%	98,03	<10%

Эти три рулона разделили на слои таким образом, что сетчатый слой был расположен выше по потоку, слой, полученный посредством мокрой выкладки, был расположен посередине, а слой, выполненный по технологии спанбонд, был расположен ниже по потоку. Слои ламинировали с помощью тепла при температуре 275°F с использованием гранулированного клейкого вещества GRILTEX 9E (компания EMS-Griltech, Швейцария)

с расходом 4,07 г/м<sup>2</sup> между каждым слоем.

Затем материал гофрировали на среднюю глубину, составляющую 0,0248 дюймов (0,63 мм) (измеряя расстояние в направлении z от верхней части пика до нижней части впадины с оборотной стороны материалы), с количеством гофров, составляющим 4,5 на дюйм (1,77 гофр/см).

После гофрирования тонковолокнистый слой наносили на сетчатый слой с базовым весом 18,6 г/м<sup>2</sup>, выполненный по технологии спанбонд. Этот тонковолокнистый слой состоял из нейлоновых волокон, размер которых составлял от 0,2 до 0,3 микрона, при этом его эффективность LEFS составляла 66%. Ламинированный, гофрированный материал, покрытый тонкими волокнами, испытывали на свойства плоского листа. Результаты показаны в таблице 8.

**Таблица 8**  
**Свойства ламинированного материала**

<b>Свойство</b>	<b>Единицы измерения</b>	<b>Пример 4 до покрытия нановолокна ми</b>	<b>Пример 4 после покрытия нановолокна ми</b>
Базовый вес	фунты/300		
	0 фт <sup>2</sup>	103,4	103,4
Толщина (клиновидного основания)	граммы/м <sup>2</sup>	168,6	168,6
	дюймы	0,018	0,019
Воздухопроницаемость для 0,5 дюйма Н <sub>2</sub> О (125 Па)	мм	0,46	0,485
	фут/мин	8,91	8,18
для 200 паскаль (0,8 дюйма Н <sub>2</sub> О)	л/м <sup>2</sup> /с	72,17	66,26



5	Эффективность LEFS тонковолокнистого слоя при 20 футах/минуту (10,66 см/с)	%	-	66
10	Перепад давления по ISO11057 (модифицированный) после 300 импульсов	Па	Нет данных	Нет данных
15	Перепад давления по ISO11057 (модифицированный) после 3000 импульсов (экстраполированный)	Па	Нет данных	Нет данных
20	Предварительная эффективность IPA MPPS DEHS 4 фута/минуту (2 см/с)	%	99,49	99,74
	Эффективность IPA после впитывания MPPS DEHS 4 фута/минуту (2 см/с)	%	97,3	97,74
	Глубина гофрировки	дюймы	0,024	0,0105
		мм	0,69	0,27

25 **Пример 5**  
Слоистые фильтрующие материалы подготовили с использованием следующих методов. Фильтрующий материал с базовым весом  $50 \text{ г/м}^2$ , полученный посредством мокрой выкладки, который содержит смесь стекла и двухкомпонентных волокон, подготовили подобно материалу, описанному в примере 6 патента США №7314497 (с  
30 модификацией в том, что он состоит из 50% В 04 микростекловолокон от компании Lauscha Fiber International (город Лауша, Германия) и 50% двухкомпонентных волокон PET (TJ04BN) от компании Teijin (город Осака, Япония)). Гофрированный целлюлозный опорный материал с базовым весом  $116 \text{ г/м}^2$  приобрели в компании H&V в восточном Уолполе, штат Массачусетс. Свойства листа показаны в таблице 9.  
35

40

45

Таблица 9

## Свойства компонентов согласно примеру 5 (EX3396)

Свойство	Единицы измерения	EN0701997	EN448
Базовый вес	фунты/3000	30,5	71,3
	фт <sup>2</sup>		116
Размер волокна	граммы/м <sup>2</sup>	0,4/14	Нет данных
	мкм		данных
Толщина (1,5 фунт/кв. дюйм)	дюймы	0,009	0,012
	мм	0,225	0,3
Воздухопроницаемость для 0,5 дюйма Н <sub>2</sub> О (125 Па)	фут/мин	5,25	16
	для 200 паскаль (0,8 дюйма Н <sub>2</sub> О)	л/м <sup>2</sup> /с	130
Гидростатическое давление	мбар	Нет данных	Нет данных
Накопленная соль при перепаде давления Н <sub>2</sub> О с ростом, составляющим 2 дюйма, при 10 футов/минуту	г/фт <sup>2</sup>	0,3031	0,0777
	г/м <sup>2</sup>	3,26	0,843
Предварительная эффективность IPA MPPS DEHS 4 фута/минуту (2 см/с)	%	99,97	<10%
Эффективность IPA после впитывания MPPS DEHS 4 фута/минуту (2 см/с)	%	Нет данных	<10%

Эти два рулона разделили на слои таким образом, что слой, полученный посредством мокрой выкладки, был расположен выше по потоку, а целлюлозный слой, полученный посредством мокрой выкладки, был расположен ниже по потоку. Слои ламинировали с помощью тепла при температуре 275°F с использованием гранулированного клейкого вещества Griltex 9E (компания EMS-Griltech, Швейцария) с расходом 4,07 г/м<sup>2</sup> между каждым слоем.

После ламинирования тонковолокнистый слой наносили на слой с базовым весом 50 г/м<sup>2</sup>, полученный посредством мокрой выкладки. Этот тонковолокнистый слой состоял из нейлоновых волокон, размер которых составлял от 0,2 до 0,3 микрона, при этом его эффективность LEFS составляла 74%.

Ламинированный материал, покрытый тонкими волокнами, испытывали на свойства плоского листа. Результаты показаны в таблице 10.

Таблица 10

## Свойства ламинированного материала

	Свойство	Единицы измерения	Пример 5 до покрытия нановолокна ми	Пример 5 после покрытия нановолокна ми
5				
10	Базовый вес	фунты/300 0 фт <sup>2</sup> граммы/м <sup>2</sup>	101,8 161,3	101,8 161,3
	Толщина (клиновидного основания)	дюймы мм	0,021 0,53	0,020 0,51
15	Воздухопроницаемость для 0,5 дюйма Н <sub>2</sub> О (125 Па) для 200 паскаль (0,8 дюйма Н <sub>2</sub> О)	фут/мин л/м <sup>2</sup> /с	3,5 28,4	3,23 26,16
20	Перепад давления по ISO11057 (модифицированный) после 300 импульсов	Па	Нет данных	Нет данных
25	Перепад давления по ISO11057 (модифицированный) после 3000 импульсов (экстраполированный)	Па %	Нет данных 99,98	Нет данных 98,75
30	Предварительная эффективность IPA MPPS DEHS 4 фута/минуту (2 см/с)  Эффективность IPA после впитывания MPPS DEHS 4 фута/минуту (2 см/с)	%	99,85	97,48
35	Глубина гофрировки	дюймы мм	0,0207 0,53	0,0195 0,48

Материал в виде плоского листа складывали с глубиной складки, составляющей 2 дюйма (5,1 см), и образовывали 26-дюймовую (66 см) цилиндрическую фильтрующую пару. Элементы имели 250 складок на элемент. Элементы были образованы таким образом, что нановолоконный слой был обращен вверх по потоку.

## Пример 6

Слоистые фильтрующие материалы подготовили с использованием следующих методов. Фильтрующий материал с базовым весом 50 г/м<sup>2</sup>, полученный посредством мокрой выкладки, который содержит смесь стекла и двухкомпонентных волокон PET, подготовили подобно материалу, описанному в примере 6 патента США №7314497 (с модификацией в том, что он состоит из 40% B08 микростекловолокон от компании Lauscha Fiber International (город Лауша, Германия) и 60% TJ04BN двухкомпонентных

волокон PET от компании Teijin (город Осака, Япония)). Фильтрующий материал с базовым весом 114 г/м<sup>2</sup>, полученный посредством мокрой выкладки, состоящий из опорного материала из стекла, сложного полиэфира и смолы, приобрели в компании H&V в восточном Уолполе, штат Массачусетс. Свойства листа показаны в таблице 11.

Таблица 11

## Свойства компонентов по примеру 6 (EX3380)

Свойство	Единицы измерения	EN937	EN933
Базовый вес	фунты/3000		
	фт <sup>2</sup>	30	70
	граммы/м <sup>2</sup>	50	114
Размер волокна	мкм	0,8/14	Нет данных
Толщина (1,5 фунт/кв. дюйм)	дюймы	0,0071	0,022
	мм	0,183	0,56
Воздухопроницаемость для 0,5 фунта Н <sub>2</sub> О (125 паскаль) для 200 паскаль (0,8 дюйма Н <sub>2</sub> О)	фут/мин	22,4	54
	л/м <sup>2</sup> /с	181,4	437
Гидростатическое давление	мбар	8,00	Нет данных
Накопленная соль при перепаде давления Н <sub>2</sub> О с ростом, составляющим 2 дюйма, при 10 фт/мин	г/фт <sup>2</sup>	0,40	0,23
	г/м <sup>2</sup>	4,33	2,49
Предварительная эффективность IPA MPPS DEHS 4 фута/минуту (2,0 см/с)	%	95,14	<10%
Эффективность IPA после впитывания MPPS DEHS 4 фута/минуту (2,0 см/с)	%	93,83	<10%

Материал EN933 гофрировали на среднюю глубину, составляющую 0,0283 дюйма (0,72 мм) (измеряя расстояние в направлении z от верхней части пика до нижней части впадины с оборотной стороны материалы), с количеством гофров, составляющим 4,5 на дюйм (1,77 гофр/см).

Затем эти два рулона разделили на слои таким образом, что стеклянный двухкомпонентный слой расположили выше по потоку, а стекло-полиэфирную смесь

разместили внизу. Два слоя ламинировали с помощью тепла при температуре 265°F с использованием Griltech 9E, гранулированного клейкого вещества (компания EMS-Griltech, Швейцария) с расходом 4,07 г/м<sup>2</sup> между каждым слоем.

После ламинирования тонковолокнистый слой наносили на слой с базовым весом 50 г/м<sup>2</sup>, полученный посредством мокрой выкладки. Этот тонковолокнистый слой состоял из нейлоновых волокон, размер которых составлял от 0,2 до 0,3 микрона, при этом его эффективность LEFS составляла 62,4%. Ламинированный материал, покрытый нановолокнами, исследовали на свойства плоского листа; результаты показаны в таблице 12.

Таблица 12

## Свойства ламинированного материала

Свойство и результаты испытания	Единицы измерения	Пример 6 до покрытия нановолокнами	Пример 6 после покрытия нановолокнами
Базовый вес	фунты/300		
	0 фт <sup>2</sup>	100	100
	грамм/м <sup>2</sup>	164	164
Толщина (клиновидного основания)	дюймы	0,023	0,021
	мм	0,584	0,533
Воздухопроницаемость для 0,5 дюйма H <sub>2</sub> O (125 Па) для 200 паскаль (0,8 дюйма H <sub>2</sub> O)	фт/мин	8,6	8,6
	л/м <sup>2</sup> /с	69,7	69,7
Глубина гофрировки	дюймы	0,0195	0,022
	мм	0,496	0,56
Перепад давления по ISO11057 (модифицированный) после 300 импульсов	Па	Нет данных	448
Перепад давления по ISO11057 (модифицированный) после 3000 импульсов (экстраполированный)	Па	Нет данных	696
Предварительная эффективность IPA MPPS DEHS 4 фута/минуту (2,0 см/с)	%	99,34	99,43
	%	98,62	98,66

Эффективность IPA после  
впитывания MPPS DEHS 4  
фуга/минуту (2,0 см/с)

5       Материал в виде плоского листа складывали с глубиной складки, составляющей 2 дюйма (5,1 см), и образовывали 26-дюймовую (66 см) коническую и цилиндрическую фильтрующую пару. Конические элементы имели 266 складок на элемент, в то время, как цилиндрические элементы имели 220 складок. Элементы были образованы таким образом, что нановолоконный слой был обращен вверх по потоку.

10       Полная информация, содержащаяся в патентах, патентных документах и публикациях, указанных в данном описании изобретения, включена путем ссылки в полном объеме для каждого из этих документов в отдельности. Различные модификации и изменения настоящего изобретения станут очевидными специалистам в данной области без отклонения от объема и сущности настоящего изобретения. Следует понимать, что  
15       настоящее изобретение не предназначено для неоправданного ограничения иллюстративными вариантами осуществления и примерами, изложенными в настоящем документе, и что такие примеры и варианты осуществления представлены только в качестве примера, причем объем изобретения должен ограничиваться только формулой изобретения, изложенной в настоящем документе далее.

20

#### (57) Формула изобретения

1. Фильтрующий материал для газа, содержащий:

поверхностный накопительный фильтрующий слой, содержащий тонкие волокна, имеющие средний диаметр, составляющий менее 1 микрона;

25       углубленный накопительный фильтрующий слой, который содержит высокоэффективный стеклосодержащий фильтрующий слой, содержащий стекловолокна и многокомпонентные связующие волокна; где углубленный накопительный фильтрующий слой имеет эффективность фильтрации DEHS, составляющую по меньшей мере 55%, и/или соленаккумуляторную емкость, составляющую по меньшей мере 1 г/м<sup>2</sup>  
30       при росте давления, составляющем 500 паскаль, относительно начального значения;

и опорный слой;

35       причем слои выполнены с возможностью размещения в потоке газа и расположены таким образом, что поверхностный накопительный фильтрующий слой находится наиболее высоко по потоку.

2. Фильтрующий материал по п. 1, отличающийся тем, что выполнен с возможностью импульсной очистки в соответствии с модифицированным способом испытания по ISO 11057.

40       3. Фильтрующий материал по п. 1 или 2, отличающийся тем, что углубленный накопительный фильтрующий слой расположен между поверхностным накопительным слоем и опорным слоем.

4. Фильтрующий материал по любому из пп. 1-3, отличающийся тем, что тонкие волокна имеют средний диаметр, составляющий не более 0,5 микрона.

45       5. Фильтрующий материал по любому из пп. 1-4, отличающийся тем, что тонкие волокна имеют средний диаметр, составляющий по меньшей мере 0,01 микрона.

6. Фильтрующий материал по любому из пп. 1-5, отличающийся тем, что тонкие волокна содержат нейлон, поливинилиденфторид, полиуретан или их комбинации.

7. Фильтрующий материал по любому из пп. 1-6, отличающийся тем, что

поверхностный накопительный фильтрующий слой имеет эффективность фильтрации LEFS, составляющую по меньшей мере 30%.

8. Фильтрующий материал по любому из пп. 1-7, отличающийся тем, что  
5 поверхностный накопительный фильтрующий слой имеет эффективность фильтрации LEFS, составляющую не более 99%.

9. Фильтрующий материал по любому из пп. 1-8, отличающийся тем, что углубленный  
накопительный фильтрующий слой предусматривает высокоэффективный фильтрующий  
слой из материала мелтблаун.

10. Фильтрующий материал по любому из пп. 1-9, отличающийся тем, что  
10 углубленный накопительный фильтрующий слой имеет эффективность фильтрации DEHS, составляющую не более 99,997%.

11. Фильтрующий материал по любому из пп. 1-10, отличающийся тем, что  
углубленный накопительный фильтрующий слой имеет базовый вес, составляющий не  
15 более 150 г/м<sup>2</sup>.

12. Фильтрующий материал по любому из пп. 1-11, отличающийся тем, что  
15 углубленный накопительный фильтрующий слой имеет базовый вес, составляющий по  
меньшей мере 10 г/м<sup>2</sup>.

13. Фильтрующий материал по любому из пп. 1-12, отличающийся тем, что  
20 углубленный накопительный фильтрующий слой имеет соленакопительную емкость,  
составляющую не более 10 г/м<sup>2</sup> при росте давления, составляющем 500 паскаль,  
относительно начального значения.

14. Фильтрующий материал по любому из пп. 1-13, отличающийся тем, что опорный  
слой имеет жесткость по Герли, составляющую 1000 миллиграмм или более.

25 15. Фильтрующий материал по п. 14, отличающийся тем, что опорный слой имеет  
воздухопроницаемость, составляющую по меньшей мере 10 фт<sup>3</sup>/мин при 125 Па (80,2  
л/м<sup>2</sup>/с при 200 Па).

16. Фильтрующий материал по любому из пп. 1-15, отличающийся тем, что опорный  
30 слой содержит волокна, введенные посредством мокрой выкладки.

17. Фильтрующий материал по п. 16, отличающийся тем, что волокна, введенные  
посредством мокрой выкладки, содержат целлюлозу, сложный полиэфир или их  
комбинации.

18. Фильтрующий материал по любому из пп. 1-17, отличающийся тем, что опорный  
35 слой имеет базовый вес, составляющий не более 260 г/м<sup>2</sup>.

19. Фильтрующий материал по любому из пп. 1-18, отличающийся тем, что опорный  
слой имеет базовый вес, составляющий по меньшей мере 50 г/м<sup>2</sup>.

20. Фильтрующий материал по любому из пп. 1-19, отличающийся тем, что  
40 дополнительно содержит сетчатый слой, расположенный между поверхностным  
накопительным фильтрующим слоем и углубленным накопительным фильтрующим  
слоем.

21. Фильтрующий материал по любому из пп. 1-20, отличающийся тем, что имеет  
толщину, составляющую по меньшей мере 10 мил (0,25 мм).

45 22. Фильтрующий материал по любому из пп. 1-21, отличающийся тем, что имеет  
толщину, составляющую не более 60 мил (1,5 мм).

23. Фильтрующий материал по любому из пп. 1-22, отличающийся тем, что слои  
склеены вместе с помощью клейкого вещества, связующих волокон, термической сварки,  
ультразвуковой сварки, самоадгезии или их комбинаций.

24. Фильтрующий материал по любому из пп. 1-23, отличающийся тем, что имеет эффективность по меньшей мере F9 согласно EN779:2012.

25. Фильтрующий материал по п. 24, отличающийся тем, что имеет эффективность фильтрации по меньшей мере 80% при испытании эффективности DEHS при размере  
5 частиц с наибольшей проникающей способностью.

26. Фильтрующий материал по любому из пп. 1-25, отличающийся тем, что представляет собой фильтрующий материал для воздуха.

27. Фильтрующий элемент для газа, содержащий корпус и фильтрующий материал для газа по любому из пп. 1-26.

10 28. Фильтрующий элемент для газа по п. 27, отличающийся тем, что имеет эффективность по меньшей мере F9 согласно EN779:2012.

29. Фильтрующий элемент для газа по п. 28, отличающийся тем, что имеет эффективность по меньшей мере E10 согласно EN822:2009.

15 30. Фильтрующий элемент для газа по п. 29, отличающийся тем, что имеет эффективность по меньшей мере E11 согласно EN822:2009.

31. Фильтрующий элемент для газа по п. 30, отличающийся тем, что имеет эффективность по меньшей мере E12 согласно EN1822:2009.

32. Фильтрующий элемент для газа по любому из пп. 27-31, отличающийся тем, что является плоскпанельным, цилиндрическим или коническим.

20 33. Фильтрующий элемент для газа по любому из пп. 27-32, отличающийся тем, что является сложенным.

34. Способ фильтрации газа, при этом способ включает направление газа через фильтрующий элемент по любому из пп. 27-33.

25 35. Способ фильтрации газа, при этом способ включает направление газа через фильтрующий материал по любому из пп. 1-26.

30

35

40

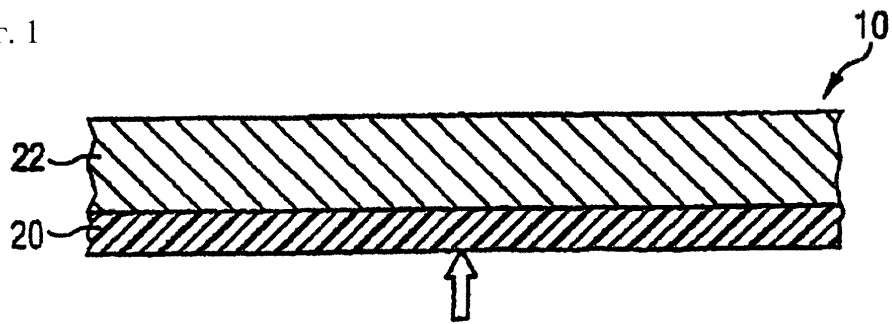
45



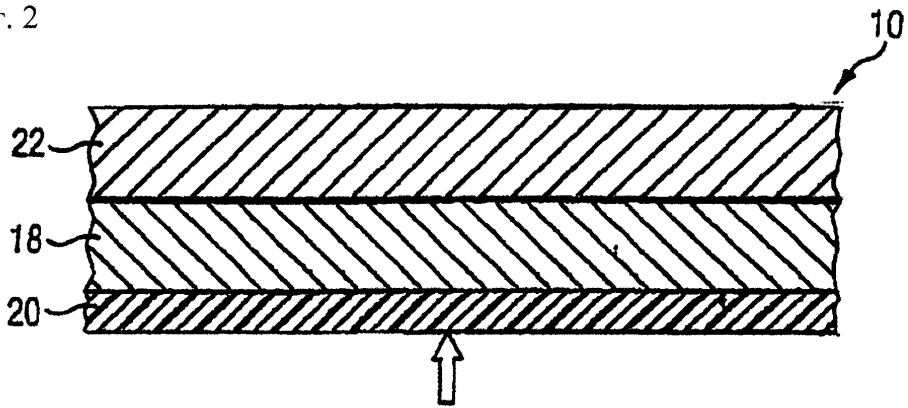
1

1/7

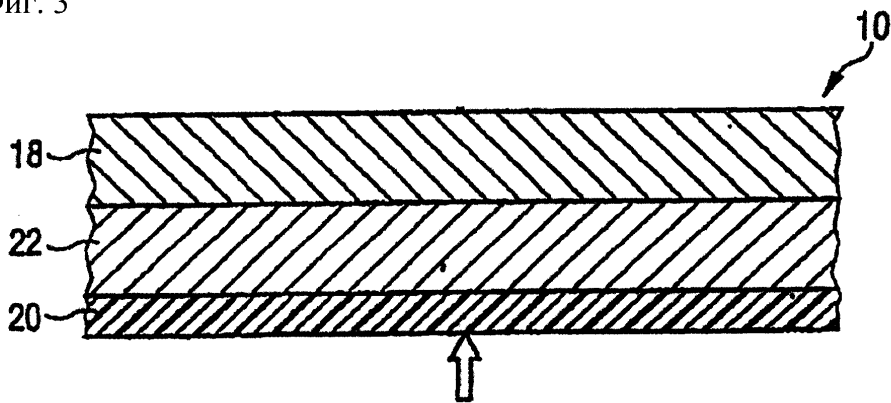
Фиг. 1



Фиг. 2

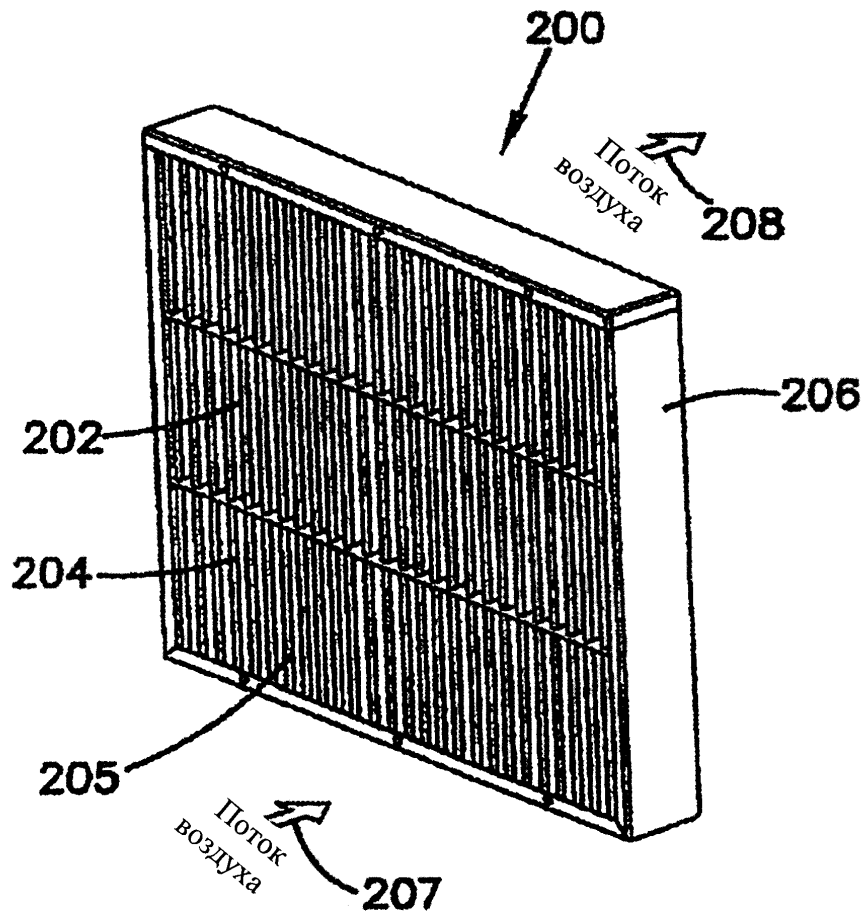


Фиг. 3



2

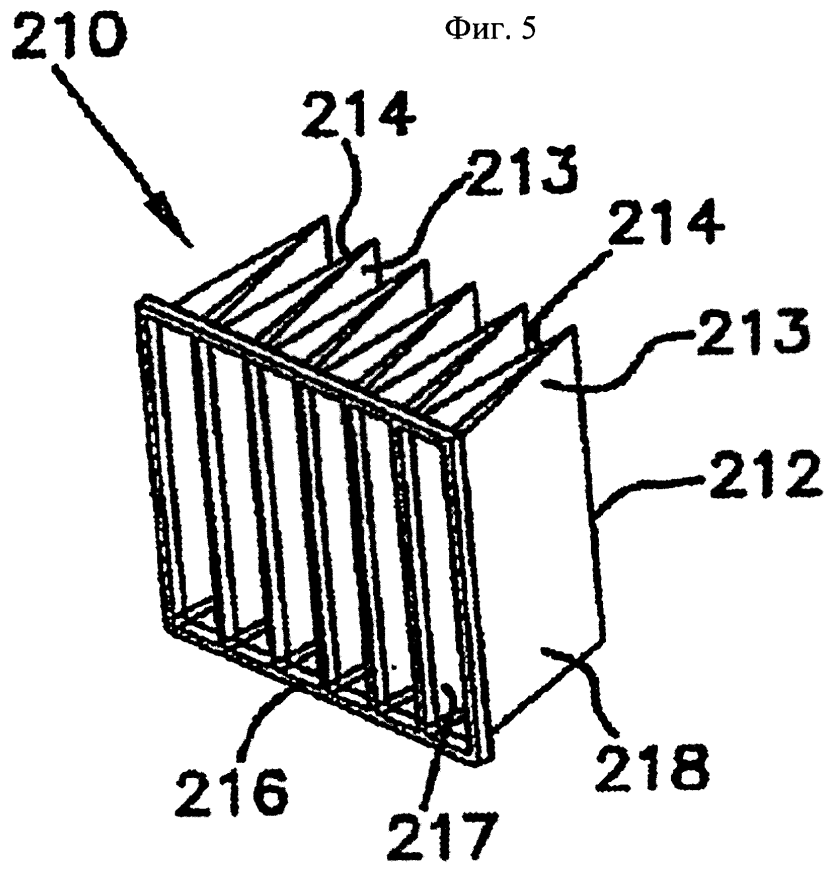
2/7

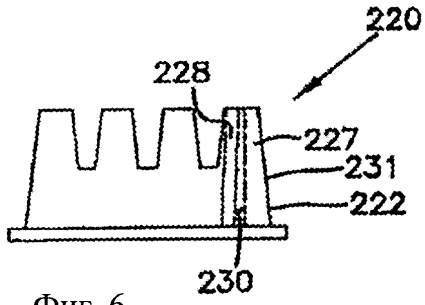


Фиг. 4

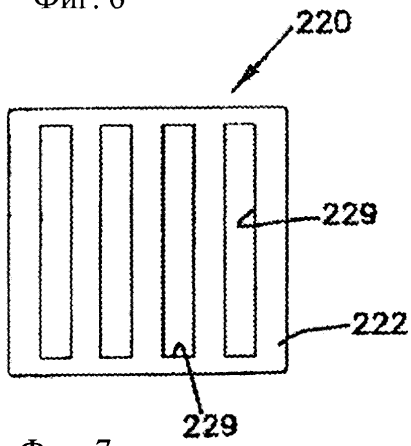
3/7

Фиг. 5

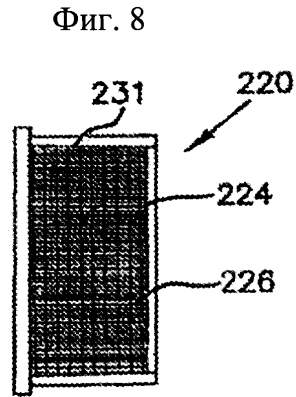




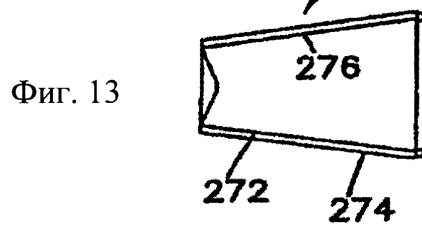
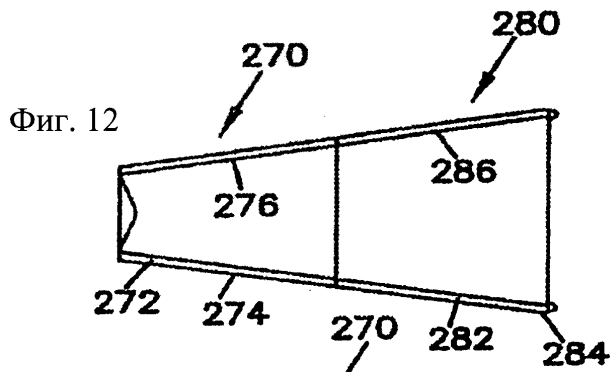
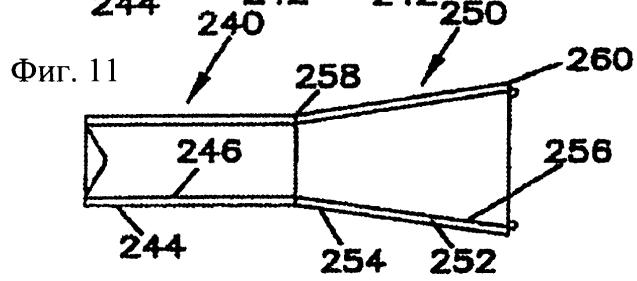
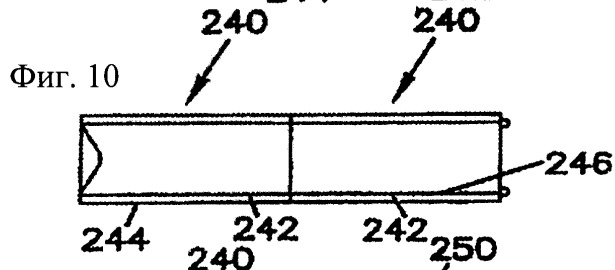
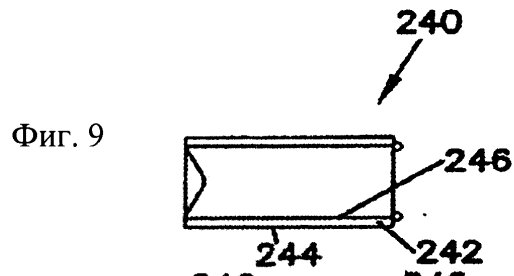
Фиг. 6



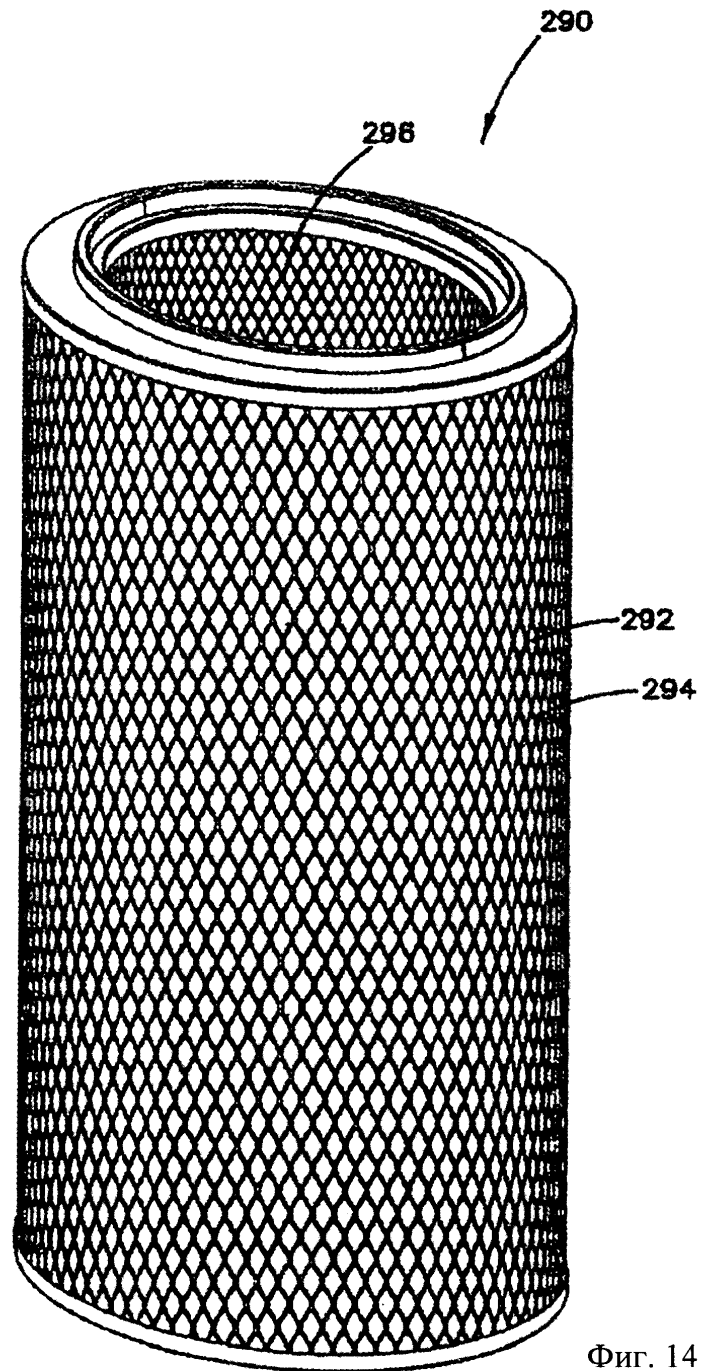
Фиг. 7



Фиг. 8

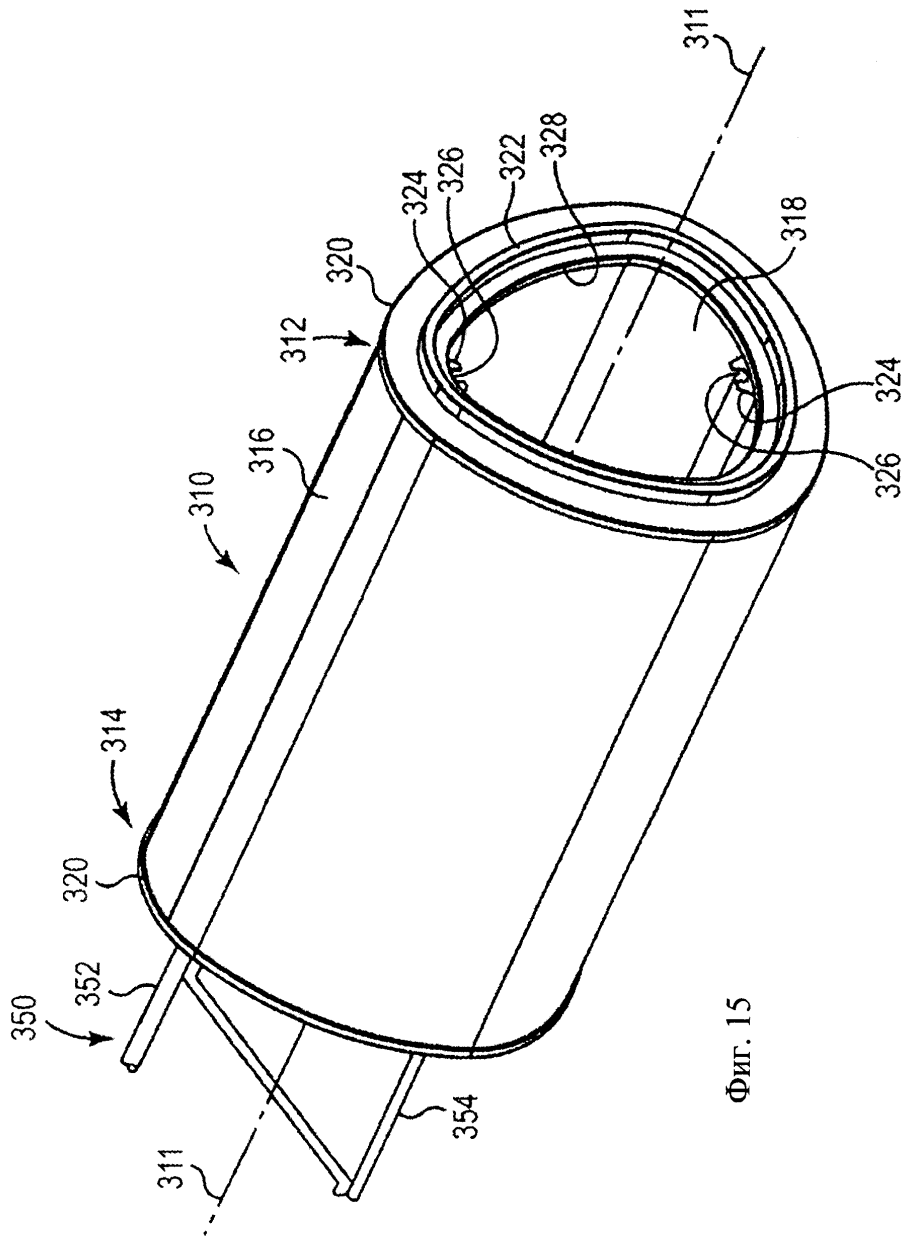


6/7



Фиг. 14

7/7



Фиг. 15