

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **035474**

(13) **B1**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

**(45)** Дата публикации и выдачи патента  
**2020.06.23**

**(51)** Int. Cl. **B01D 47/00** (2006.01)  
**B01D 53/14** (2006.01)  
**B01D 53/02** (2006.01)

**(21)** Номер заявки  
**201791649**

**(22)** Дата подачи заявки  
**2016.01.15**

---

**(54) СПОСОБ ОБЕСПЫЛИВАНИЯ ОТХОДЯЩИХ ГАЗОВ И ОБЕСПЫЛИВАЮЩИЙ АГЕНТ**

---

**(31)** 201510033694.3

**(56)** CN-A-104667646  
CN-A-1157579  
CN-U-201807279  
CN-U-203830349  
CN-Y-2354633  
JP-A-S5478854

**(32)** 2015.01.23

**(33)** CN

**(43)** 2017.11.30

**(86)** PCT/CN2016/070998

**(87)** WO 2016/116007 2016.07.28

**(71)(73)** Заявитель и патентовладелец:  
**БЕЙДЖИНГ БОЮАНЬ ХЭНШЭН  
ХАЙ-ТЕКНОЛОДЖИ КО., ЛТД;  
ЮНФЭН БОЮАНЬ ИНДАСТРИ КО.  
ЛТД., ЦЗЯНСИ ПРОВИНС (CN)**

**(72)** Изобретатель:  
**Вэй Сюнхуэй, Гао Даолун, Цзоу  
Мэйхуа, Ху Чунь (CN)**

**(74)** Представитель:  
**Угрюмов В.М. (RU)**

---

**(57)** В изобретении предлагаются способ, устройство для обеспыливания отходящих газов, а также используемый в способе обеспыливающий агент. Пылесодержащий отходящий газ (1) и органический обеспыливающий агент (4) вводят соответствующим образом в колонну (3) обеспыливания, при этом они взаимодействуют друг с другом в колонне; по меньшей мере часть водяного пара в пылесодержащем отходящем газе (1) конденсируется, и органический обеспыливающий агент (4) и конденсированная вода адсорбируют твердые частицы, кислотные загрязняющие вещества, органические загрязняющие вещества и/или соединения тяжелых металлов в пылесодержащем отходящем газе; полученный в результате очищенный газ (2) отводят или подвергают последующей обработке. Органический обеспыливающий агент (4) содержит нетоксичную органическую растворяющую композицию с высокой точкой кипения, содержащую два или более компонента, выбранных из масла для приготовления пищи, кремнийорганического масла, модифицированного кремнийорганического масла, жидкого смоляного масла, масла из семян тунга, жидкого парафинового масла, минерального масла, пальмового масла и отработанного масла для приготовления пищи.

---

**035474 B1**

**035474 B1**

### **Область техники, к которой относится изобретение**

Настоящее изобретение относится к области обеспыливания отходящих газов и, в частности, к способу и устройству для обеспыливания дымовых газов или различных сбросных газов сгорания (отходящих газов), а также к обеспыливающему агенту.

### **Предшествующий уровень техники изобретения**

Сгорание ископаемого топлива производит большое количество дымовых газов, выбрасываемых в атмосферу. В дополнение к диоксиду серы, триоксиду серы, хлориду водорода, фториду водорода, оксидам азота, небольшому количеству вредных органических веществ и соединений тяжелых металлов дымовые газы содержат большое количество пыли, в состав которой входят мельчайшие гидрофильные и липофильные частицы, при этом указанные мельчайшие гидрофильные и липофильные частицы главным образом состоят из частиц солей кальция, частиц солей алюминия, частиц солей магния, частиц солей титана, частиц солей железа, частиц солей свинца, частиц солей цинка, частиц солей кобальта, частиц редкоземельных элементов, частиц радиоактивных элементов и частиц других опасных элементов, а также минеральных частиц, таких как частицы диоксида кремния, частицы муллита, частицы соли кремневой кислоты и частицы фосфатов. Эти частицы выбрасываются совместно с дымовыми газами в атмосферу, при этом соединения тяжелых металлов, диоксид серы, триоксид серы, хлорид водорода, фторид водорода, оксиды азота, диоксины, полициклические ароматические углеводороды и другие опасные органические вещества, бактерии и тому подобное легко адсорбируются на поверхности этих частиц, вызывая значительное увеличение содержания взвешенных в атмосфере твердых частиц (т.е. PM100, PM10, PM2.5 и т.п.), что приводит к появлению туманов и протеканию атмосферных фотохимических реакций, а также вызывает серьезные загрязнения окружающей среды.

В настоящее время подавляющее большинство способов десульфуризации отходящих газов основывается на мокрых способах десульфуризации с использованием карбоната кальция или гидроокиси кальция.

Согласно мокрому способу десульфуризации с использованием карбоната кальция добываемый из шахт камневидный карбонат кальция разбивают дробилкой, размалывают шаровой мельницей для образования мелкодисперсных порошков, проходящих через сито с номером более 325, а затем смешивают с жидкостью с образованием суспензии, содержащей 10-15% порошкообразного карбоната кальция. В колонне для десульфуризации суспензия карбоната кальция входит во взаимодействие с дымовым газом, при этом содержащийся в газе диоксид серы вступает в реакцию с содержащимся в суспензии карбонатом кальция с образованием сульфита кальция. В воздушном слое принудительного окисления колонны для десульфуризации суспензия сульфита кальция окисляется с образованием сульфата кальция. После этого происходит отделение сульфата кальция, который также содержит некоторое количество сульфита кальция, при этом сульфит кальция будет разлагаться и выделять диоксид серы, что приводит к вторичному загрязнению. В частности, мельчайшие гидрофильные и липофильные частицы, содержащиеся в суспензии молотого карбоната кальция, захватываются дымовым газом и выбрасываются в атмосферу, при этом соединения тяжелых металлов, диоксид серы, триоксид серы, хлорид водорода, фторид водорода, оксиды азота, диоксины, полициклические ароматические углеводороды и другие опасные органические вещества, бактерии и тому подобное легко адсорбируются на поверхности этих частиц, вызывая значительное увеличение содержания взвешенных в атмосфере твердых частиц (т.е. PM100, PM10, PM2,5 и т.п.), что приводит к появлению туманов и протеканию атмосферных фотохимических реакций, а также вызывает серьезные загрязнения окружающей среды. При этом в состав указанных мельчайших гидрофильных и липофильных частиц главным образом входят частицы солей кальция, частицы солей алюминия, частицы солей магния, частицы солей титана, частицы солей железа, частицы солей свинца, частицы солей цинка, частицы солей кобальта, частицы редкоземельных элементов, частицы радиоактивных элементов и частицы других опасных элементов, а также минеральные частицы, такие как частицы диоксида кремния, частицы муллита, частицы соли кремневой кислоты и частицы фосфатов и т.п.

Согласно мокрому процессу десульфуризации с использованием гидроокиси кальция обожженный оксид кальция вступает в реакцию с водой для получения водной эмульсии гидроокиси кальция, из которой образуют суспензию, содержащую 10-15% гидроокиси кальция. В колонне для десульфуризации суспензия гидроокиси кальция входит во взаимодействие с дымовым газом, при этом содержащийся в газе диоксид серы вступает в реакцию с содержащейся в суспензии гидроокисью кальция с образованием сульфита кальция, в результате чего суспензия гидроокиси кальция преобразуется в суспензию сульфита кальция. В воздушном слое принудительного окисления колонны для десульфуризации суспензия сульфита кальция окисляется с образованием сульфата кальция, в результате чего суспензия сульфита кальция преобразуется в суспензию сульфата кальция. Суспензия сульфата кальция выходит из колонны для десульфуризации и входит в сепаратор, предназначенный для отделения сульфата кальция от суспензии. Отделенный сульфат кальция также содержит некоторое количество твердых отходов, таких как сульфит кальция, карбонат кальция и непрореагировавшая гидроокись кальция, и сульфит кальция будет разлагаться и высвобождать диоксид серы, что приводит к распространению загрязнения и вторичному загрязнению. Кроме того, процесс обжига, необходимый для получения оксида кальция, требует большое количество угля, что также вызывает сильное загрязнение. Вместе с этим, мельчайшие гидрофильные и

липофильные частицы, содержащиеся в суспензии гидроокиси кальция, захватываются дымовым газом и выбрасываются в атмосферу, при этом соединения тяжелых металлов, диоксид серы, триоксид серы, хлорид водорода, фторид водорода, оксиды азота, диоксины, полициклические ароматические углеводороды и другие опасные органические вещества, бактерии и тому подобное легко адсорбируются на поверхности этих частиц, вызывая значительное увеличение содержания взвешенных в атмосфере твердых частиц (т.е. PM100, PM10, PM2,5 и т.п.), что приводит к появлению туманов и протеканию атмосферных фотохимических реакций, а также вызывает серьезные загрязнения окружающей среды. При этом в состав указанных мельчайших гидрофильных и липофильных частиц главным образом входят частицы солей кальция, частицы солей алюминия, частицы солей магния, частицы солей титана, частицы солей железа, частицы солей свинца, частицы солей цинка, частицы солей кобальта, частицы редкоземельных элементов, частицы радиоактивных элементов и частицы других опасных элементов, а также минеральные частицы, такие как частицы диоксида кремния, частицы муллита, частицы соли кремневой кислоты и частицы фосфатов и т.п.

После десульфуризации мокрым способом с использованием карбоната кальция или гидроокиси кальция отходящие газы содержат большое количество мельчайших частиц, которые не могут быть удалены при помощи стандартных способов обеспыливания (таких как способы обеспыливания при помощи фильтров мешочного типа). Если отходящие газы выбрасываются непосредственно в атмосферу без осуществления дополнительного обеспыливания, появление туманов и протекание атмосферных фотохимических реакций будет значительно усиливаться. В частности, органические вещества, чрезвычайно опасные для человека и других живых существ, не могут быть удалены из сбрасываемых отходящих газов, при этом сброс этих органических веществ в атмосферу будет оказывать отрицательное влияние на здоровье человека, подвергая его опасности.

К стандартным способам обеспыливания отходящих газов относятся способ электростатического обеспыливания, способ циклонного обеспыливания, способ обеспыливания с использованием фильтров мешочного типа, способ обеспыливания смачиванием водой и т.п.

Основопологающий принцип способа электростатического обеспыливания заключается в том, что пылесодержащий газ подвергается электрической очистке во время прохождения через высоковольтное постоянное электрическое поле, при этом частицы пыли объединяются с отрицательно заряженными ионами и приобретают отрицательный заряд, после чего они перемещаются к поверхности анода, где происходит их разрядка и сбор. В сильном электрическом поле молекулы воздуха ионизируются с образованием положительно заряженных ионов и электронов, и электроны сталкиваются с частицами пыли при движении к положительному электроду, так что частицы пыли приобретают отрицательный заряд, притягиваются положительным электродом и накапливаются вокруг него. Благодаря техническим инновациям также существует возможность использовать отрицательные пластинчатые электроды для сбора пыли. Самый большой недостаток способа электростатического обеспыливания заключается в том, что между пластинчатыми электродами предусмотрен небольшой зазор, который легко блокируется пылью, осаждающейся на пластинчатых электродах. В частности, когда частицы характеризуются высоким значением вязкости, существует высокая вероятность того, что они заблокируют зазор между пластинчатыми электродами, при этом их трудно удалить, в результате чего обеспыливающие установки электростатического типа теряют присущий им эффект обеспыливания с повышением сопротивления потоку. Однако при увеличении зазора между пластинчатыми электродами возникает необходимость использования более высокого напряжения для обеспечения эффективного удаления пыли. Более высокое напряжение на пластинчатых электродах может привести к серьезным авариям. Кроме того, использование более сложного производственного оборудования, как правило, связано со значительными капитальными вложениями, в результате чего производственные затраты значительно повышаются. Более того, способ электростатического обеспыливания пригоден для удаления лишь заряженных частиц, и существуют определенные ограничения относительно концентрации пыли в очищаемом газе.

В способе циклонного обеспыливания обеспечивают вихревое движение пылесодержащего газа в обеспыливающей установке циклонного типа, что создает центробежную силу для отделения пыли от газа, благодаря чему достигается эффект отделения. Способ циклонного обеспыливания характеризуется использованием простого оборудования и невысокими затратами; однако к недостаткам такого способа относится плохое отделение частиц от газа, так как могут быть отделены только крупные частицы пыли без оказания какого-либо эффекта на мельчайшие частицы.

В способе обеспыливания с использованием фильтров мешочного типа мешок фиксируют таким образом, чтобы пылесодержащий газ протекал вовнутрь мешка. Когда пылесодержащий газ проходит через внешнюю поверхность мешка, пыль блокируется снаружи волокнами мешка, а газ свободно проходит через мешок, в результате чего обеспечивается обеспыливание газа. Способ обеспыливания с использованием фильтров мешочного типа характеризуется использованием простого оборудования, низкой стоимостью и простыми операциями. Значительным недостатком этого способа является то, что, когда пыль является клейкой, скорее всего произойдет блокировка и закупоривание мешка, что приведет к потере фильтрующей способности и резкому повышению сопротивления потоку, при этом дальнейшая работа всей установки будет невозможна. Так как способ обеспыливания с использованием фильтров

мешочного типа основан на фильтрации газа при помощи мешка на основе волокон для удаления пыли, присущий ему фильтрующий эффект зависит от размера щелей между волокнами мешка. Однако при уменьшении размера щелей происходит увеличение сопротивления потоку. Частицы пыли, размер которых превышает размер щелей между волокнами мешка, могут быть удалены, при этом частицы, размер которых меньше размера щелей между волокнами мешка, будут проходить через мешок совместно с газом и, следовательно, не могут быть удалены.

В способе обеспыливания смачиванием водой осуществляют распыление воды непосредственно в поток пылесодержащего газа, и смачивающиеся водой частицы, входящие в состав газа, могут слипаться с образованием больших твердых частиц и последующим осаждением, что обеспечивает удаление пыли. При помощи способа обеспыливания смачиванием водой могут быть удалены входящие в состав газа различные гидрофильные частицы, при этом невозможно удалить липофильные частицы. Хотя присущий этому способу эффект обеспыливания превосходит эффект обеспыливания с использованием фильтров мешочного типа, поскольку вода имеет температуру кипения около 100°C и легко испаряется, образующийся водяной пар будет уноситься газом. При высокой температуре газа потери воды являются значительными. Способ обеспыливания смачиванием водой особенно не подходит для засушливых районов. Поскольку для мокрого обеспыливания необходимо потребление большого количества воды, на практике различные промышленные сбросные щелочные воды, как правило, используют в качестве обеспыливающих агентов, при этом повышаются требования к регенерации и очистке пылесодержащих сбросных вод.

Между тем, стандартные способы обеспыливания дымовых газов не способны удалить присутствующие в газах диоксины, полициклические ароматические углеводороды, другие органические вещества и соединения тяжелых металлов.

#### **Краткое раскрытие изобретения**

Целью настоящего изобретения является создание процесса для эффективного удаления твердых частиц и органических загрязняющих веществ из отходящих газов. Для решения рассмотренных выше проблем предложены следующие технические решения.

Способ обеспыливания отходящих газов предусматривает следующие стадии: введение пылесодержащего отходящего газа и органического обеспыливающего агента соответствующим образом в колонну обеспыливания, и приведение их во взаимодействие в колонне; конденсирование по меньшей мере части водяного пара в пылесодержащем отходящем газе; адсорбирование органическим обеспыливающим агентом и конденсированной водой твердых частиц, кислотных загрязняющих веществ, органических загрязняющих веществ и/или соединений тяжелых металлов в пылесодержащем отходящем газе и выпуск полученного в результате очищенного газа или обеспечение его дальнейшей обработки.

Согласно предпочтительному варианту осуществления смешанный раствор органического обеспыливающего агента, адсорбировавшего твердые частицы, кислотные загрязняющие вещества, органические загрязняющие вещества и/или соединения тяжелых металлов, и конденсированной воды входит в фильтр для разделения твердой и жидкой фаз, при этом зольный осадок, извлеченный из фильтра, дополнительно обрабатывают или регенерируют для дальнейшего использования; полученная в результате отфильтрованная жидкость поступает в резервуар для хранения для осуществления масляноводяной сепарации, при этом водяную фазу в нижнем слое удаляют и дополнительно обрабатывают или регенерируют для дальнейшего использования, и органический обеспыливающий агент в верхнем слое возвращают в колонну обеспыливания для дальнейшего использования.

Согласно предпочтительному варианту осуществления предусмотрен процесс противоточного обеспыливания отходящих газов, в ходе которого пылесодержащий отходящий газ поступает в нижнюю часть колонны противоточного обеспыливания, и органический обеспыливающий агент поступает в верхнюю часть колонны противоточного обеспыливания и входит во взаимодействие противоточно с пылесодержащим отходящим газом в колонне; при этом полученный в результате очищенный газ отводят из верхней части колонны противоточного обеспыливания или подвергают последующей обработке; и смешанный раствор органического обеспыливающего агента, адсорбировавшего твердые частицы, кислотные загрязняющие вещества, органические загрязняющие вещества и/или соединения тяжелых металлов, и конденсированной воды отводят из нижней части колонны противоточного обеспыливания.

Согласно предпочтительному варианту осуществления предусмотрен процесс прямоточного обеспыливания отходящих газов, в ходе которого пылесодержащий отходящий газ и органический обеспыливающий агент поступают в верхнюю часть колонны прямоточного обеспыливания и входят прямоточно во взаимодействие в указанной колонне; при этом твердые частицы, кислотные загрязняющие вещества, органические загрязняющие вещества и/или соединения тяжелых металлов в пылесодержащем отходящем газе адсорбируются органическим обеспыливающим агентом и конденсированной водой, и полученные в результате газ и жидкость в смеси совместно поступают в газожидкостный сепаратор; очищенный газ, полученный в результате газожидкостной сепарации, отводят из верхней части газожидкостного сепаратора или подвергают последующей обработке, и смешанный раствор органического обеспыливающего агента, адсорбировавшего твердые частицы, кислотные загрязняющие вещества, органические загрязняющие вещества и/или соединения тяжелых металлов, и конденсированной воды отводят

из нижней части газожидкостного сепаратора.

Согласно предпочтительному варианту осуществления предусмотрен процесс обеспыливания отходящих газов с гибридным потоком, в ходе которого как пылесодержащий отходящий газ, так и органический обеспыливающий агент поступают в верхнюю часть колонны прямоточного обеспыливания и входят прямоточно во взаимодействие в колонне; при этом водяной пар в пылесодержащем отходящем газе, по меньшей мере, частично конденсируется и по меньшей мере часть твердых частиц, кислотных загрязняющих веществ, органических загрязняющих веществ и/или соединений тяжелых металлов в пылесодержащем отходящем газе адсорбируется органическим обеспыливающим агентом и конденсированной водой; образованная в результате этого газожидкостная смесь поступает в колонну противоточного обеспыливания через нижнюю часть колонны прямоточного обеспыливания и в указанной колонне входит во взаимодействие противоточно с органическим обеспыливающим агентом, подаваемым из верхней части колонны противоточного обеспыливания; полученный в результате очищенный газ отводят из верхней части колонны противоточного обеспыливания или подвергают последующей обработке и смешанный раствор органического обеспыливающего агента, адсорбировавшего твердые частицы, кислотные загрязняющие вещества, органические загрязняющие вещества и/или соединения тяжелых металлов, и конденсированной воды собирают в нижней части колонны противоточного обеспыливания.

Согласно предпочтительному варианту осуществления часть смешанного раствора органического обеспыливающего агента и конденсированной воды в нижней части колонны противоточного обеспыливания извлекают при помощи насоса для внутренней циркуляции в качестве обеспыливающего агента внутренней циркуляции, распыляют из верхней части колонны прямоточного обеспыливания и вводят прямоточно во взаимодействие с пылесодержащим отходящим газом и/или распыляют из средней части колонны противоточного обеспыливания и вводят противоточно во взаимодействие с пылесодержащим отходящим газом.

Согласно предпочтительному варианту осуществления органический обеспыливающий агент, находящийся в верхнем слое внутри указанного резервуара для хранения, извлекают циркуляционным насосом, вводят в колонну противоточного обеспыливания для повторного использования и/или вводят в колонну прямоточного обеспыливания для повторного использования.

Согласно предпочтительному варианту осуществления органический обеспыливающий агент, находящийся в верхнем слое внутри указанного резервуара для хранения, извлекают при помощи циркуляционного насоса, охлаждают при помощи охлаждающего агента в теплообменнике, а затем вводят в колонну противоточного обеспыливания для повторного использования и/или вводят в колонну прямоточного обеспыливания для повторного использования.

Согласно предпочтительному варианту осуществления внутри указанной колонны обеспыливания может быть предусмотрен слой набивки.

Согласно предпочтительному варианту осуществления в указанном процессе обеспыливания отходящих газов органический обеспыливающий агент входит противоточно во взаимодействие с пылесодержащим отходящим газом, так что пылесодержащий отходящий газ охлаждается ниже 80°C.

Согласно предпочтительному варианту осуществления органический обеспыливающий агент, вводимый в колонну обеспыливания, характеризуется температурой менее 80°C.

Согласно предпочтительному варианту осуществления из охлаждающего агента, нагретого за счет поглощения тепла, извлекают остаточное тепло.

Согласно предпочтительному варианту осуществления отходящий газ, очищенный в результате обеспыливания, может быть дополнительно подвержен последующей обработке десульфуризацией и/или денитрированием.

Настоящее изобретение также предоставляет устройство для обеспыливания отходящих газов, содержащее колонну обеспыливания, фильтр и резервуар для хранения, при этом колонна обеспыливания оснащена впуском пылесодержащего отходящего газа и впуском органического обеспыливающего агента; фильтр соединен с нижней частью колонны обеспыливания, и резервуар для хранения соединен с фильтром; обеспыливающий агент входит во взаимодействие с пылесодержащим отходящим газом в колонне обеспыливания, при этом водяной пар в пылесодержащем отходящем газе, по меньшей мере, частично конденсируется и адсорбирует твердые частицы, кислотные загрязняющие вещества, органические загрязняющие вещества и/или соединения тяжелых металлов в пылесодержащем отходящем газе; смешанный раствор органического обеспыливающего агента после адсорбирования и конденсированной воды поступает в фильтр для разделения твердой и жидкой фаз, при этом полученный в результате зольный осадок выгружается из фильтра, и полученная в результате отфильтрованная жидкость поступает в резервуар для хранения, в котором взвешенные в ней частицы осаждаются, и происходит ее разделение на слои; при этом водяная фаза в нижнем слое внутри резервуара для хранения сбрасывается, и органический обеспыливающий агент в верхнем слое необязательно возвращается в колонну обеспыливания для дальнейшего использования.

Согласно предпочтительному варианту осуществления указанный выпуск пылесодержащего отходящего газа выполнен в нижней части колонны обеспыливания, и выпуск органического обеспыливающего агента выполнен в верхней части колонны обеспыливания; при этом органический обеспыливающий

агент входит противоточно во взаимодействие с пылесодержащим отходящим газом в колонне, и полученный в результате очищенный газ отводится из верхней части колонны обеспыливания или подвергается последующей обработке.

Согласно предпочтительному варианту осуществления указанное устройство дополнительно содержит газожидкостный сепаратор, при этом газожидкостный сепаратор соединен с нижней частью колонны обеспыливания; выпуск пылесодержащего отходящего газа и выпуск органического обеспыливающего агента выполнены в верхней части колонны обеспыливания, причем органический обеспыливающий агент входит прямооточно во взаимодействие с пылесодержащим отходящим газом в колонне, и твердые частицы, кислотные загрязняющие вещества, органические загрязняющие вещества и/или соединения тяжелых металлов в пылесодержащем отходящем газе адсорбируются органическим обеспыливающим агентом и конденсированной водой; полученные в результате газ и жидкость в смеси совместно поступают в газожидкостный сепаратор для осуществления газожидкостной сепарации, а затем очищенный газ отводится из верхней части газожидкостного сепаратора или подвергается последующей обработке; смешанный раствор органического обеспыливающего агента, адсорбированного твердые частицы, кислотные загрязняющие вещества, органические загрязняющие вещества и/или соединения тяжелых металлов, и конденсированной воды, отводится из нижней части газожидкостного сепаратора и поступает в фильтр для разделения твердой и жидкой фаз.

Согласно предпочтительному варианту осуществления указанное устройство содержит колонну прямооточного обеспыливания и колонну противоточного обеспыливания, при этом как пылесодержащий отходящий газ, так и органический обеспыливающий агент поступают в верхнюю часть колонны прямооточного обеспыливания через ее верхний выпуск(и) и входят прямооточно во взаимодействие в колонне; при этом водяной пар в пылесодержащем отходящем газе, по меньшей мере, частично конденсируется и по меньшей мере часть твердых частиц, кислотных загрязняющих веществ, органических загрязняющих веществ и/или соединений тяжелых металлов в пылесодержащем отходящем газе адсорбируются органическим обеспыливающим агентом и конденсированной водой; образованная в результате этого газожидкостная смесь поступает в колонну противоточного обеспыливания через нижнюю часть колонны прямооточного обеспыливания и в указанной колонне входит противоточно во взаимодействие с органическим обеспыливающим агентом, подаваемым из верхней части колонны противоточного обеспыливания; полученный в результате очищенный газ отводится из верхней части колонны противоточного обеспыливания или подвергается последующей обработке, и смешанный раствор органического обеспыливающего агента, адсорбированного твердые частицы, кислотные загрязняющие вещества, органические загрязняющие вещества и/или соединения тяжелых металлов, и конденсированной воды собирается в нижней части колонны противоточного обеспыливания.

Согласно предпочтительному варианту осуществления указанное устройство дополнительно содержит насос для внутренней циркуляции, при этом часть смешанного раствора органического обеспыливающего агента и конденсированной воды извлекается из нижней части колонны противоточного обеспыливания, распыляется из верхней части колонны прямооточного обеспыливания и входит прямооточно во взаимодействие с пылесодержащим отходящим газом и/или распыляется из средней части колонны противоточного обеспыливания и входит противоточно во взаимодействие с пылесодержащим отходящим газом.

Согласно предпочтительному варианту осуществления указанное устройство дополнительно содержит циркуляционный насос, при этом органический обеспыливающий агент, находящийся в верхнем слое внутри резервуара для хранения, извлекается циркуляционным насосом и вводится в колонну противоточного обеспыливания для повторного использования и/или в колонну прямооточного обеспыливания для повторного использования.

Согласно предпочтительному варианту осуществления указанное устройство дополнительно содержит циркуляционный насос и теплообменник, причем органический обеспыливающий агент, находящийся в верхнем слое внутри резервуара для хранения, извлекается при помощи циркуляционного насоса, охлаждается при помощи охлаждающего агента в теплообменнике, а затем входит в колонну противоточного обеспыливания для повторного использования и/или входит в колонну прямооточного обеспыливания для повторного использования.

Согласно предпочтительному варианту осуществления указанное устройство дополнительно содержит теплонасосную систему, в которой охлаждающий агент, нагретый за счет поглощения тепла, подвергается извлечению остаточного тепла.

Согласно предпочтительному варианту осуществления в колонне обеспыливания предусмотрен слой набивки или распылительное сопло для увеличения поверхности газожидкостного контакта.

Согласно предпочтительному варианту осуществления указанное устройство может быть дополнительно использовано в сочетании с устройством для десульфуризации и/или денитрирования.

Кроме того, настоящее изобретение предоставляет органический обеспыливающий агент, содержащий нетоксичную органическую растворяющую композицию с высокой точкой кипения, представляющую собой два или более из пищевого масла, кремнийорганического масла, модифицированного кремнийорганического масла, жидкого смоляного масла, масла из семян тунга, жидкого парафинового масла,

минерального масла, пальмового масла и обработанного масла для приготовления пищи.

Согласно предпочтительному варианту осуществления указанное пищевое масло может быть выбрано из одного или нескольких из орехового масла, салатного масла, оливкового масла, касторового масла, масла из семян камелии, рапсового масла, кукурузного масла, масел из проростков различных растений и соевого масла.

Согласно предпочтительному варианту осуществления указанный органический обеспыливающий агент содержит кремнеорганический модификатор, причем указанный кремнеорганический модификатор предпочтительно представляет собой кремнийорганическое масло или модифицированное кремнийорганическое масло.

Согласно предпочтительному варианту осуществления указанный органический обеспыливающий агент содержит пищевое масло с высокой точкой кипения и кремнеорганический модификатор, причем указанный кремнеорганический модификатор предпочтительно представляет собой кремнийорганическое масло или модифицированное кремнийорганическое масло.

Согласно предпочтительному варианту осуществления указанный органический обеспыливающий агент дополнительно содержит воду.

Согласно предпочтительному варианту осуществления указанная вода может быть конденсированной водой, полученной в результате конденсации водяного пара в пылесодержащем отходящем газе.

Согласно предпочтительному варианту осуществления указанное модифицированное кремнийорганическое масло предпочтительно модифицировано путем гидроксिलирования и/или аминирования, и/или карбоксилирования, и/или ацилирования.

Настоящее изобретение обеспечивает приведенные ниже положительные эффекты.

Способ обеспыливания отходящих газов согласно настоящему изобретению характеризуется тем, что нерастворимый в воде нетоксичный органический обеспыливающий агент приводится во взаимодействие непосредственно с дымовым газом или различными сбросными газами сгорания (отходящими газами), в результате чего содержащаяся в газе пыль адсорбируется органическим обеспыливающим агентом и происходит непосредственное охлаждение газа до температуры ниже 80°C, при этом HCl, HF, диоксины, полициклические ароматические углеводороды, другие органические вещества и соединения тяжелых металлов, содержащиеся в газе, также могут быть попутно адсорбированы обеспыливающим агентом. Поскольку некоторое количество водяного пара содержится в отходящем газе, при взаимодействии обеспыливающего агента и отходящего газа происходит конденсация части водяного пара с образованием капель воды, в результате чего гидрофильные частицы различных размеров в отходящем газе будут слипаться, образуя крупные твердые частицы, и попадать в масляно-водный смешанный раствор, состоящий из обеспыливающего агента и конденсированной воды; при этом благодаря наличию органического обеспыливающего агента липофильные частицы различных размеров, содержащиеся в отходящем газе, также будут слипаться друг с другом, образуя крупные твердые частицы, и попадать в масляно-водный смешанный раствор, состоящий из обеспыливающего агента и конденсированной воды. Гидрофильные твердые частицы различных размеров и липофильные твердые частицы различных размеров, которые попадают в масляно-водный смешанный раствор, состоящий из органического обеспыливающего агента и конденсированной воды, будут дополнительно слипаться друг с другом, постепенно образуя еще более крупные твердые частицы, и располагаться в нижнем слое масляно-водного смешанного раствора. Между тем, масляно-водный смешанный раствор разделяется на водный слой и слой органического обеспыливающего агента. Следует отметить, что в процессе слипания и постепенного увеличения размеров частиц адсорбированные HCl, HF, диоксины, полициклические ароматические углеводороды, другие органические вещества и соединения тяжелых металлов будут адсорбироваться и покрываться различными частицами, адсорбированными в масляно-водном смешанном растворе, а затем осаждаться вместе с ними в нижний слой масляно-водного смешанного раствора с образованием слоя зольного осадка, над которым расположен водный слой, при этом самый верхний слой является слоем органического обеспыливающего агента, и органический обеспыливающий агент может быть регенерирован для дальнейшего использования; слой зольного осадка может быть использован для извлечения полезных веществ; водный слой будет дополнительно содержать большие количества HCl, HF и небольшие количества диоксинов, полициклических ароматических углеводородов, других органических веществ и соединений тяжелых металлов и т.п., при этом водный слой должен быть дополнительно обработан перед сбросом или повторным использованием. Предлагаемый способ может эффективно удалять пыль (включая PM100, PM10, PM2,5 и даже более мелкие частицы и т.п.) из отходящих газов, а также может удалять HCl, HF, диоксины, полициклические ароматические углеводороды, другие органические вещества, соединения тяжелых металлов и тому подобное из отходящих газов.

Главный принцип обеспыливания органическим обеспыливающим агентом в соответствии с настоящим изобретением основан на процессе физической адсорбции. Органический обеспыливающий агент в соответствии с настоящим изобретением содержит различные нетоксичные вещества с высокой точкой кипения, такие как пищевое масло, кремнийорганическое масло, модифицированное кремнийорганическое масло, жидкое смоляное масло, масло из семян тунга, жидкое парафиновое масло, минеральное масло, пальмовое масло и т.п. Органический обеспыливающий агент характеризуется высокой рас-

творимостью, доступностью, стабильностью и может быть регенерирован при высоких значениях температуры для дальнейшего использования; более того, органический обеспыливающий агент характеризуется высоким давлением паров, что может значительно снизить вторичное загрязнение за счет испарения, при этом содержащиеся в отходящих газах HCl, HF, диоксины, полициклические ароматические углеводороды, другие органические вещества, соединения тяжелых металлов и тому подобное могут быть попутно удалены.

Способ обеспыливания и органический обеспыливающий агент в соответствии с настоящим изобретением могут быть использованы для очистки котельных дымовых газов, образующихся в результате сжигания мусора отходящих газов и отходящих газов, образующихся в результате сгорания различных горючих веществ, при этом полученный в результате обеспыливания очищенный газ может быть направлен в технологические секции десульфуризации или денитрирования для осуществления дальнейших десульфуризации и/или денитрирования.

#### **Краткое описание чертежей**

На фиг. 1 представлена схема, иллюстрирующая технический процесс и устройство для противоточного обеспыливания отходящих газов, на которой позиция 1 - отходящий газ перед обеспыливанием, позиция 2 - отходящий газ после очистки, позиция 3 - колонна противоточного обеспыливания, позиция 4 - органический обеспыливающий агент, позиция 5 - зольный осадок, позиция 6 - фильтр, позиция 7 - резервуар для хранения, позиция 8 - циркуляционный насос, позиция 9 - теплообменник, позиция 10 - охлаждающий агент и позиция 11 - нагретый охлаждающий агент.

На фиг. 2 представлена схема, иллюстрирующая технический процесс и устройство для прямоточного обеспыливания отходящих газов, на которой позиция 1 - отходящий газ перед обеспыливанием, позиция 2 - отходящий газ после очистки, позиция 4 - органический обеспыливающий агент, позиция 5 - зольный осадок, позиция 6 - фильтр, позиция 7 - резервуар для хранения, позиция 8 - циркуляционный насос, позиция 9 - теплообменник, позиция 10 - охлаждающий агент, позиция 11 - нагретый охлаждающий агент, позиция 12 - колонна прямоточного обеспыливания и позиция 13 - газожидкостный сепаратор.

На фиг. 3 представлена схема, иллюстрирующая технический процесс и устройство для обеспыливания отходящих газов с гибридным потоком, на которой позиция 1 - отходящий газ перед обеспыливанием, позиция 2 - отходящий газ после очистки, позиция 3 - колонна противоточного обеспыливания, позиция 4 - органический обеспыливающий агент, позиция 5 - зольный осадок, позиция 6 - фильтр, позиция 7 - резервуар для хранения, позиция 8 - циркуляционный насос, позиция 9 - теплообменник, позиция 10 - охлаждающий агент, позиция 11 - нагретый охлаждающий агент, позиция 12 - колонна прямоточного обеспыливания, позиция 14 - насос для внутренней циркуляции и позиция 15 - обеспыливающий агент внутренней циркуляции.

На фиг. 4 представлена другая схема, иллюстрирующая технический процесс и устройство для обеспыливания отходящих газов с гибридным потоком, на которой позиция 1 - отходящий газ перед обеспыливанием, позиция 2 - отходящий газ после очистки, позиция 3 - колонна противоточного обеспыливания, позиция 4 - органический обеспыливающий агент, позиция 5 - зольный осадок, позиция 6 - фильтр, позиция 7 - резервуар для хранения, позиция 8 - циркуляционный насос, позиция 9 - теплообменник, позиция 10 - охлаждающий агент, позиция 11 - нагретый охлаждающий агент, позиция 12 - колонна прямоточного обеспыливания, позиция 14 - насос для внутренней циркуляции, позиция 15 - обеспыливающий агент внутренней циркуляции (часть обеспыливающего агента внутренней циркуляции распыляется частично из верхней части колонны 12 прямоточного обеспыливания, используемой для повышения давления и обеспыливания, и входит прямоточно во взаимодействие с пылесодержащим отходящим газом, а другая часть обеспыливающего агента внутренней циркуляции распыляется из средней части колонны 3 противоточного обеспыливания и входит противоточно во взаимодействие с пылесодержащим отходящим газом) и позиция 16 - слой набивки.

#### **Подробное раскрытие вариантов осуществления изобретения**

Технический процесс и устройство для обеспыливания отходящих газов согласно настоящему изобретению будут описаны ниже на примере конкретных вариантов осуществления. Следует отметить, что эти варианты осуществления предназначены для иллюстрации настоящего изобретения, и их не следует рассматривать в качестве ограничения настоящего изобретения.

Далее подробно изложены стадии предлагаемого технического процесса.

Технический процесс и устройство для противоточного обеспыливания отходящих газов представлены на фиг. 1. Во время работы отходящий газ 1 перед обеспыливанием вводят в нижнюю часть колонны 3 противоточного обеспыливания, органический обеспыливающий агент 4 вводят в верхнюю часть колонны 3 противоточного обеспыливания и отходящий газ 1 перед обеспыливанием и органический обеспыливающий агент 4 входят во взаимодействие противоточно в колонне 3 противоточного обеспыливания; пыль, HCl, HF, диоксины, полициклические ароматические углеводороды, другие органические вещества, соединения тяжелых металлов и тому подобное в отходящем газе 1 перед обеспыливанием адсорбируются органическим обеспыливающим агентом 4 и конденсированной водой, в результате чего отходящий газ 1 перед обеспыливанием преобразуется в отходящий газ 2 после очистки и выходит из



верхней части колонны 3 противоточного обеспыливания; смешанный раствор органического обеспыливающего агента 4, который адсорбировал пыль, HCl, HF, диоксины, полициклические ароматические углеводороды, другие органические вещества, соединения тяжелых металлов и тому подобное, и конденсированной воды собирается в нижней части колонны 3 противоточного обеспыливания, а затем вытекает из нижней части колонны 3 противоточного обеспыливания и поступает в фильтр 6 для последующей фильтрации; отделенный зольный осадок 5 выгружают из фильтра 6, и отфильтрованная жидкость поступает в резервуар 7 для хранения, в котором взвешенные в ней частицы осаждаются, и происходит ее разделение на слои; нижний слой представляет собой водный слой, содержащий HCl, HF, диоксины, полициклические ароматические углеводороды, другие органические вещества, соединения тяжелых металлов и тому подобное, при этом нижний слой выгружают и дополнительно обрабатывают или регенерируют для дальнейшего использования; органический обеспыливающий агент в верхнем слое подают циркуляционным насосом 8 и охлаждают при помощи охлаждающего агента 10 в теплообменнике 9, в результате чего получают чистый органический обеспыливающий агент 4, который вводят в колонну 3 противоточного обеспыливания для повторного использования; после поглощения тепла из органического обеспыливающего агента 4 охлаждающий агент 10 преобразуется в нагретый охлаждающий агент 11, который может быть использован для извлечения остаточного тепла; если отходящий газ 1 перед обеспыливанием не нуждается в охлаждении, чистый органический обеспыливающий агент 4, подаваемый циркуляционным насосом 8, может быть введен прямо в колонну 3 противоточного обеспыливания, причем в этом случае теплообменник 9, охлаждающий агент 10 и нагретый охлаждающий агент 11 могут быть исключены из промышленного процесса.

Технический процесс и устройство для прямоточного обеспыливания отходящих газов представлены на фиг. 2. Во время работы отходящий газ 1 перед обеспыливанием вводят в верхнюю часть колонны 12 прямоточного обеспыливания, органический обеспыливающий агент 4 также вводят в верхнюю часть колонны 12 прямоточного обеспыливания, и отходящий газ 1 перед обеспыливанием и органический обеспыливающий агент 4 входят во взаимодействие прямоточно в колонне 12 прямоточного обеспыливания; пыль, HCl, HF, диоксины, полициклические ароматические углеводороды, другие органические вещества, соединения тяжелых металлов и тому подобное в отходящем газе 1 перед обеспыливанием адсорбируется органическим обеспыливающим агентом 4 и конденсированной водой, в результате чего отходящий газ 1 перед обеспыливанием преобразуется в отходящий газ 2 после очистки и поступает из нижней части колонны 12 прямоточного обеспыливания в газожидкостный сепаратор 13 для газожидкостной сепарации, а затем выходит из верхней части газожидкостного сепаратора 13; смешанный раствор органического обеспыливающего агента 4, который адсорбировал пыль, HCl, HF, диоксины, полициклические ароматические углеводороды, другие органические вещества, соединения тяжелых металлов и тому подобное, и конденсированной воды собирается в нижней части колонны 12 прямоточного обеспыливания, поступает в газожидкостный сепаратор 13 для газожидкостной сепарации, а затем вытекает из нижней части газожидкостного сепаратора 13 и поступает в фильтр 6 для последующей фильтрации; отделенный зольный осадок 5 выгружают из фильтра 6, и отфильтрованная жидкость поступает в резервуар 7 для хранения, в котором взвешенные в ней частицы осаждаются, и происходит ее разделение на слои; нижний слой представляет собой водный слой, содержащий HCl, HF, диоксины, полициклические ароматические углеводороды, другие органические вещества, соединения тяжелых металлов и тому подобное, при этом нижний слой выгружают и дополнительно обрабатывают или регенерируют для дальнейшего использования; органический обеспыливающий агент 4 в верхнем слое подают насосом 8 для обеспыливающего агента и охлаждают при помощи охлаждающего агента 10 в теплообменнике 9, в результате чего получают чистый органический обеспыливающий агент 4, который вводят в колонну 12 прямоточного обеспыливания для повторного использования; после поглощения тепла из органического обеспыливающего агента охлаждающий агент 10 преобразуется в нагретый охлаждающий агент 11, который может быть использован для извлечения остаточного тепла; если отходящий газ 1 перед обеспыливанием не нуждается в охлаждении, чистый органический обеспыливающий агент 4, подаваемый циркуляционным насосом 8, может быть введен прямо в колонну 12 прямоточного обеспыливания, причем в этом случае теплообменник 9, охлаждающий агент 10 и нагретый охлаждающий агент 11 могут быть исключены из промышленного процесса.

Технический процесс и устройство для обеспыливания отходящих газов с гибридным потоком представлены на фиг. 3. Во время работы отходящий газ 1 перед обеспыливанием вводят в верхнюю часть колонны 12 прямоточного обеспыливания, и обеспыливающий агент 15 внутренней циркуляции, подаваемый насосом 14 для внутренней циркуляции из нижней части колонны 3 противоточного обеспыливания, также вводят в верхнюю часть колонны 12 прямоточного обеспыливания; отходящий газ 1 перед обеспыливанием и обеспыливающий агент 15 внутренней циркуляции входят во взаимодействие прямоточно в колонне 12 прямоточного обеспыливания, при этом большая часть пыли, HCl, HF, диоксинов, полициклических ароматических углеводородов, других органических веществ, соединений тяжелых металлов и тому подобного в отходящем газе 1 перед обеспыливанием адсорбируется обеспыливающим агентом 15 внутренней циркуляции и конденсированной водой, в результате чего образуется газожидкостная смесь, которая поступает в колонну 3 противоточного обеспыливания из нижней части

колонны 12 прямооточного обеспыливания; в нижней части колонны 3 противоточного обеспыливания обеспыливающий агент 15 внутренней циркуляции отделяется от частично очищенного отходящего газа 1 перед обеспыливанием; отходящий газ вводят в нижнюю часть колонны 3 противоточного обеспыливания, органический обеспыливающий агент 4 вводят в верхнюю часть колонны 3 противоточного обеспыливания, при этом частично очищенный отходящий газ и органический обеспыливающий агент 4 входят во взаимодействие противоточно в колонне 3 противоточного обеспыливания; остающиеся пыль, HCl, HF, диоксины, полициклические ароматические углеводороды, другие органические вещества, соединения тяжелых металлов и тому подобное в отходящем газе адсорбируются органическим обеспыливающим агентом 4 и конденсированной водой, отходящий газ становится отходящим газом 2 после очистки и выходит из верхней части колонны 3 противоточного обеспыливания; смешанный раствор органического обеспыливающего агента 4, который адсорбировал пыль, HCl, HF, диоксины, полициклические ароматические углеводороды, другие органические вещества, соединения тяжелых металлов и тому подобное, и конденсированной воды собирается в нижней части колонны 3 противоточного обеспыливания, при этом часть смешанного раствора отбирается насосом 14 для внутренней циркуляции в качестве обеспыливающего агента 15 внутренней циркуляции и поступает в верхнюю часть колонны 12 прямооточного обеспыливания для повторного использования, остальная часть вытекает из нижней части колонны 3 противоточного обеспыливания и поступает в фильтр 6 для последующей фильтрации; отделенный зольный осадок 5 выгружают из фильтра 6, и отфильтрованная жидкость поступает в резервуар 7 для хранения, в котором взвешенные в ней частицы осаждаются, и происходит ее разделение на слои; нижний слой представляет собой водный слой, содержащий HCl, HF, диоксины, полициклические ароматические углеводороды, другие органические вещества, соединения тяжелых металлов и тому подобное, при этом нижний слой выгружают и дополнительно обрабатывают или регенерируют для дальнейшего использования; органический обеспыливающий агент в верхнем слое подают насосом 8 для обеспыливающего агента и охлаждают при помощи охлаждающего агента 10 в теплообменнике 9, в результате чего получают чистый органический обеспыливающий агент 4, который вводят в колонну 3 противоточного обеспыливания для повторного использования; после поглощения тепла из органического обеспыливающего агента охлаждающий агент 10 преобразуется в нагретый охлаждающий агент 11, который может быть использован для извлечения остаточного тепла; в этом техническом процессе обеспыливающий агент 15 внутренней циркуляции также может быть заменен чистым органическим обеспыливающим агентом 4, причем в этом случае насос 14 для внутренней циркуляции может быть опущен; как следствие, чистый органический обеспыливающий агент 4, выходящий из теплообменника 9, должен быть разделен на два потока, один из которых поступает непосредственно в верхнюю часть колонны 3 противоточного обеспыливания, а другой - колонны 12 прямооточного обеспыливания; если отходящий газ 1 перед обеспыливанием не нуждается в охлаждении, чистый органический обеспыливающий агент 4, подаваемый циркуляционным насосом 8, может быть введен прямо в колонну 3 противоточного обеспыливания, причем в этом случае теплообменник 9, охлаждающий агент 10 и нагретый охлаждающий агент 11 могут быть исключены из промышленного процесса.

Как представлено на фиг. 4, в технологическом процессе обеспыливания отходящих газов с гибридным потоком обеспыливающий агент 15 внутренней циркуляции также может быть разделен на два потока, один из которых распыляется в верхней части колонны 12 прямооточного обеспыливания, используемой для повышения давления и обеспыливания, и входит прямооточно в непосредственное взаимодействие с пылесодержащим отходящим газом 1, а другой - распыляется из средней части колонны 3 противоточного обеспыливания и входит противоточно во взаимодействие с предварительно очищенным пылесодержащим отходящим газом; слой набивки 16 также может быть предусмотрен в колонне 3 противоточного обеспыливания для улучшения эффективности конденсации.

В примере 1 использовали лабораторная поглотительная бутылка, и 200 мл модифицированного кремнийорганического масла залили в поглотительную бутылку. Испытание обеспыливания проводили следующим образом: в Хучжоу, провинция Чжэцзян, компания использовала нефтяной кокс в качестве исходного материала для получения стекла в объеме 800 тонн в день; сбросный газ из печи пропускали через обеспыливающую установку с фильтрами мешочного типа, при этом сбросный газ отбирали непосредственно из трубопровода; всего было отобрано 1 Нм<sup>3</sup> сбросного газа, который пропустили через поглотительную бутылку и который был поглощен 200 мл модифицированного кремнийорганического масла в поглотительной бутылке; 200 мл модифицированного кремнийорганического масла с поглощенной пылью подвергли центробежной сепарации, в результате которой в пробирке центрифуги были сформированы четыре слоя: нижний слой представлял собой слой осадка, за ним следовал водный слой, после водного слоя располагался слой твердых органических веществ и самый верхний слой представлял собой слой модифицированного кремнийорганического масла; после сушки и взвешивания масса слоя зольного осадка составляла 2,3546 г и масса слоя твердых органических веществ составляла 0,3213 г; таким образом, содержание пыли и органических веществ в сбросном газе сгорания из печи для производства стекла после обеспыливания с использованием фильтров мешочного типа составило 2,3546 г+0,3213 г=2,6759 г/ Нм<sup>3</sup>, тогда как на фактическом производстве содержание пыли, обнаруженное при помощи измерительного прибора, составило лишь приблизительно 0,8 г/Нм<sup>3</sup>, что указывает на то, что способ согласно

настоящему изобретению обладает эффективностью обеспыливания, которая значительно превышает эффективность фактически используемых способов.

Согласно примеру 2 использовали лабораторную поглотительную бутылку, и 200 мл смеси орехового масла и модифицированного кремнийорганического масла залили в поглотительную бутылку. Испытание обеспыливания проводили следующим образом: в провинции Хайнань компания использовала природный газ в качестве исходного материала для получения стекла в объеме 600 т в день; сбросный газ из печи подвергли денитрированию и щелочной десульфуризации, при этом обработанный сбросный газ отбирали непосредственно из трубопровода; всего было отобрано 0,6 Нм<sup>3</sup> сбросного газа, который пропустили через поглотительную бутылку и который был поглощен 200 мл смеси орехового масла и модифицированного кремнийорганического масла в поглотительной бутылке; 200 мл смеси орехового масла и модифицированного кремнийорганического масла с поглощенной пылью подвергли центробежной сепарации, в результате которой в пробирке центрифуги были сформированы три слоя: нижний слой представлял собой слой осадка, за ним следовал водный слой и самый верхний слой представлял собой жидкий слой смеси орехового масла и модифицированного кремнийорганического масла; после сушки и взвешивания масса зольного осадка составляла 0,5347 г; таким образом, содержание пыли в сбросном газе сгорания из печи для производства стекла после денитрирования и щелочной десульфуризации составило  $0,5347 \text{ г} / 0,6 = 0,8911 \text{ г} / \text{Нм}^3$ , тогда как на фактическом производстве специалисты предприятия обнаружили содержание пыли менее  $0,1 \text{ г} / \text{Нм}^3$ , что указывает на то, что способ согласно настоящему изобретению обладает эффективностью обеспыливания, которая значительно превышает эффективность фактически используемых способов.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ обеспыливания отходящих газов, предусматривающий следующие стадии: введение пылесодержащего отходящего газа и органического обеспыливающего агента в колонну обеспыливания и приведение их во взаимодействие в колонне; конденсирование по меньшей мере части водяного пара в пылесодержащем отходящем газе; адсорбирование органическим обеспыливающим агентом и конденсированной водой твердых частиц, кислотных загрязняющих веществ, органических загрязняющих веществ и/или соединений тяжелых металлов в пылесодержащем отходящем газе и выпуск полученного в результате очищенного газа, причем указанная колонна обеспыливания содержит колонну прямооточного обеспыливания и колонну противоточного обеспыливания, как пылесодержащий отходящий газ, так и органический обеспыливающий агент поступают в верхнюю часть колонны прямооточного обеспыливания и входят прямооточно во взаимодействие в колонне прямооточного обеспыливания; при этом водяной пар в пылесодержащем отходящем газе, по меньшей мере, частично конденсируется и по меньшей мере часть твердых частиц, кислотных загрязняющих веществ, органических загрязняющих веществ и/или соединений тяжелых металлов в пылесодержащем отходящем газе адсорбируется органическим обеспыливающим агентом и конденсированной водой; образованная в результате этого газожидкостная смесь извлекается из нижней части колонны прямооточного обеспыливания и поступает в нижнюю часть колонны противоточного обеспыливания и в указанной колонне противоточного обеспыливания входит противоточно во взаимодействие с органическим обеспыливающим агентом, подаваемым из верхней части колонны противоточного обеспыливания; полученный в результате очищенный газ отводят из верхней части колонны противоточного обеспыливания и смешанный раствор органического обеспыливающего агента, адсорбированного твердые частицы, кислотные загрязняющие вещества, органические загрязняющие вещества и/или соединения тяжелых металлов, и конденсированной воды собирают в нижней части колонны противоточного обеспыливания; причем указанный органический обеспыливающий агент содержит нетоксичную органическую растворяющую композицию с высокой точкой кипения, содержащую два или более компонента, выбранных из пищевого масла, кремнийорганического масла, модифицированного кремнийорганического масла, жидкого смоляного масла, масла из семян тунга, жидкого парафинового масла, минерального масла, пальмового масла и отработанного масла для приготовления пищи.

2. Способ обеспыливания отходящих газов по п.1, отличающийся тем, что дополнительно предусматривает следующие стадии: подачу смешанного раствора органического обеспыливающего агента, адсорбированного твердые частицы, кислотные загрязняющие вещества, органические загрязняющие вещества и/или соединения тяжелых металлов, и конденсированной воды в фильтр для разделения твердой и жидкой фаз; подачу полученной в результате отфильтрованной жидкости в резервуар для хранения для осуществления масляноводяной сепарации, и органический обеспыливающий агент в верхнем слое возвращают в колонну обеспыливания для дальнейшего использования.

3. Способ обеспыливания отходящих газов по п.1, отличающийся тем, что часть смешанного раствора органического обеспыливающего агента и конденсированной воды в нижней части колонны противоточного обеспыливания извлекают при помощи насоса для внутренней циркуляции в качестве обеспыливающего агента внутренней циркуляции, распыляют из верхней части колонны прямооточного обеспыливания и вводят прямооточно во взаимодействие с пылесодержащим отходящим газом и/или распы-

ляют из средней части колонны противоточного обеспыливания и вводят противоточно во взаимодействие с пылесодержащим отходящим газом.

4. Способ обеспыливания отходящих газов по п.2, отличающийся тем, что органический обеспыливающий агент, находящийся в верхнем слое внутри указанного резервуара для хранения, извлекают циркуляционным насосом и вводят в колонну обеспыливания для повторного использования, или органический обеспыливающий агент, находящийся в верхнем слое внутри указанного резервуара для хранения, извлекают при помощи циркуляционного насоса, охлаждают при помощи охлаждающего агента в теплообменнике, а затем вводят в колонну обеспыливания для повторного использования.

5. Способ обеспыливания отходящих газов по любому из пп.1-4, отличающийся тем, что органический обеспыливающий агент, вводимый в колонну обеспыливания, характеризуется температурой менее 80°C.

6. Способ обеспыливания отходящих газов по п.1, отличающийся тем, что указанное пищевое масло выбрано из орехового масла, салатного масла, оливкового масла, касторового масла, масла из семян камелии, рапсового масла, кукурузного масла, масел из проростков различных растений и соевого масла.

7. Способ обеспыливания отходящих газов по п.1, отличающийся тем, что указанный органический обеспыливающий агент содержит кремнеорганический модификатор, причем указанный кремнеорганический модификатор предпочтительно представляет собой кремнийорганическое масло или модифицированное кремнийорганическое масло.

8. Способ обеспыливания отходящих газов по п.1, отличающийся тем, что указанное модифицированное кремнийорганическое масло представляет собой кремнийорганическое масло, модифицированное путем гидроксирования и/или аминирования, и/или карбоксилирования, и/или ацилирования.

9. Устройство для обеспыливания отходящих газов, причем указанное устройство для обеспыливания отходящих газов предназначено для осуществления способа по любому из пп.1-8, содержащее колонну обеспыливания, фильтр и резервуар для хранения, отличающееся тем, что колонна обеспыливания оснащена впуском пылесодержащего отходящего газа и впуском органического обеспыливающего агента; фильтр соединен с нижней частью колонны обеспыливания и резервуар для хранения соединен с фильтром; органический обеспыливающий агент входит во взаимодействие с пылесодержащим отходящим газом в колонне обеспыливания, при этом водяной пар в пылесодержащем отходящем газе, по меньшей мере, частично конденсируется и адсорбирует твердые частицы, кислотные загрязняющие вещества, органические загрязняющие вещества и/или соединения тяжелых металлов в пылесодержащем отходящем газе; смешанный раствор органического обеспыливающего агента после адсорбирования и конденсированной воды поступает в фильтр для разделения твердой и жидкой фаз, при этом полученный в результате зольный осадок выгружается из фильтра и полученная в результате отфильтрованная жидкость поступает в резервуар для хранения, в котором взвешенные в ней частицы осаждаются, и происходит ее разделение на слои; при этом водяная фаза в нижнем слое внутри резервуара для хранения сбрасывается и органический обеспыливающий агент в верхнем слое возвращается в колонну обеспыливания для последующего использования, причем указанная колонна обеспыливания отходящих газов содержит колонну прямооточного обеспыливания и колонну противоточного обеспыливания, при этом как пылесодержащий отходящий газ, так и органический обеспыливающий агент поступают через верхний впуск в колонну прямооточного обеспыливания и входят прямооточно во взаимодействие в колонне прямооточного обеспыливания; при этом водяной пар в пылесодержащем отходящем газе, по меньшей мере, частично конденсируется и по меньшей мере часть твердых частиц, кислотных загрязняющих веществ, органических загрязняющих веществ и/или соединений тяжелых металлов в пылесодержащем отходящем газе адсорбируются органическим обеспыливающим агентом и конденсированной водой; образованная в результате этого газожидкостная смесь извлекается из нижней части колонны прямооточного обеспыливания и поступает в нижнюю часть колонны противоточного обеспыливания и в колонне противоточного обеспыливания входит противоточно во взаимодействие с органическим обеспыливающим агентом, подаваемым из верхней части колонны противоточного обеспыливания; полученный в результате очищенный газ отводится из верхней части колонны противоточного обеспыливания и смешанный раствор органического обеспыливающего агента, адсорбировавшего твердые частицы, кислотные загрязняющие вещества, органические загрязняющие вещества и/или соединения тяжелых металлов, и конденсированной воды собирается в нижней части колонны противоточного обеспыливания; причем указанный органический обеспыливающий агент содержит нетоксичную органическую растворяющую композицию с высокой точкой кипения, содержащую два или более компонента, выбранных из пищевого масла, кремнийорганического масла, модифицированного кремнийорганического масла, жидкого смоляного масла, масла из семян тунга, жидкого парафинового масла, минерального масла, пальмового масла и отработанного масла для приготовления пищи.

10. Устройство для обеспыливания отходящих газов по п.9, отличающееся тем, что указанное устройство для обеспыливания отходящих газов дополнительно содержит насос для внутренней циркуляции, при этом часть смешанного раствора органического обеспыливающего агента и конденсированной воды извлекается из нижней части колонны противоточного обеспыливания, распыляется из верхней части колонны прямооточного обеспыливания и входит прямооточно во взаимодействие с пылесодержа-

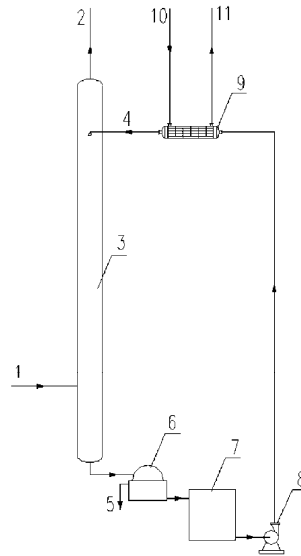
щим отходящим газом и/или распыляется из средней части колонны противоточного обеспыливания и входит противоточно во взаимодействие с пылесодержащим отходящим газом.

11. Устройство для обеспыливания отходящих газов по п.9, отличающееся тем, что указанное устройство для обеспыливания отходящих газов дополнительно содержит циркуляционный насос, причем органический обеспыливающий агент, находящийся в верхнем слое внутри резервуара для хранения, извлекается циркуляционным насосом и вводится в колонну противоточного обеспыливания для повторного использования или органический обеспыливающий агент, находящийся в верхнем слое внутри резервуара для хранения, извлекается при помощи циркуляционного насоса и разделяется на два потока, один из которых поступает непосредственно в верхнюю часть колонны противоточного обеспыливания, а другой поступает непосредственно в верхнюю часть колонны прямоточного обеспыливания.

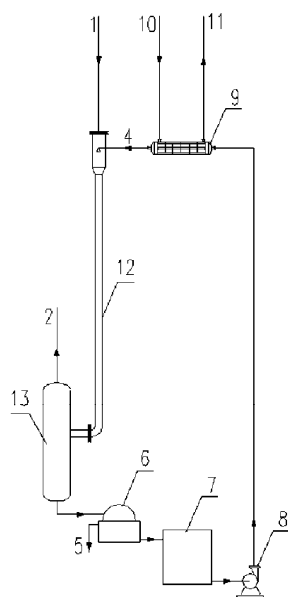
12. Устройство для обеспыливания отходящих газов по п.9, отличающееся тем, что указанное устройство для обеспыливания отходящих газов дополнительно содержит циркуляционный насос и теплообменник, причем органический обеспыливающий агент, находящийся в верхнем слое внутри резервуара для хранения, извлекается при помощи циркуляционного насоса, охлаждается при помощи охлаждающего агента в теплообменнике, а затем входит в колонну противоточного обеспыливания для повторного использования; или органический обеспыливающий агент, находящийся в верхнем слое внутри резервуара для хранения, извлекается при помощи циркуляционного насоса, охлаждается при помощи охлаждающего агента в теплообменнике, а затем разделяется на два потока, один из которых поступает непосредственно в верхнюю часть колонны противоточного обеспыливания, а другой поступает непосредственно в верхнюю часть колонны прямоточного обеспыливания.

13. Устройство для обеспыливания отходящих газов по п.12, отличающееся тем, что указанное устройство для обеспыливания отходящих газов дополнительно содержит теплонасосную систему, в которой охлаждающий агент, нагретый за счет поглощения тепла, подвергается извлечению остаточного тепла.

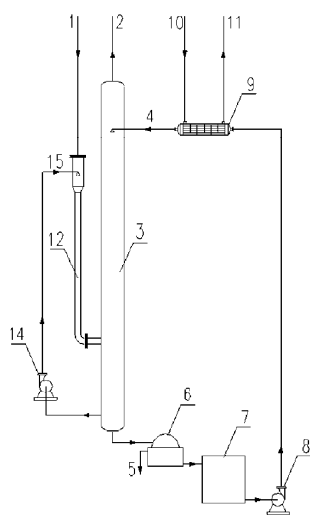
14. Устройство для обеспыливания отходящих газов по п.9, отличающееся тем, что в указанной колонне противоточного обеспыливания предусмотрен слой набивки.



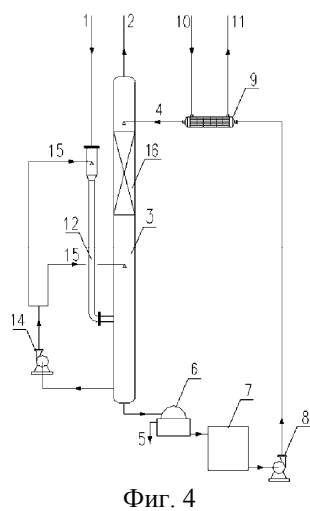
Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4