

(19)



Евразийское  
патентное  
ведомство

(21) 202092690 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки  
2021.03.31

(22) Дата подачи заявки  
2019.10.28

(51) Int. Cl. *A61L 9/015* (2006.01)  
*A61L 9/04* (2006.01)  
*A61L 9/12* (2006.01)  
*A61L 9/20* (2006.01)  
*B01D 53/86* (2006.01)  
*B01D 53/34* (2006.01)  
*C01B 13/10* (2006.01)  
*C01B 13/11* (2006.01)

(54) СПОСОБ И СИСТЕМА ДЛЯ ОЧИСТКИ И ДЕЗИНФЕКЦИИ

(31) LT2018 545

(32) 2018.10.31

(33) LT

(86) PCT/IB2019/059208

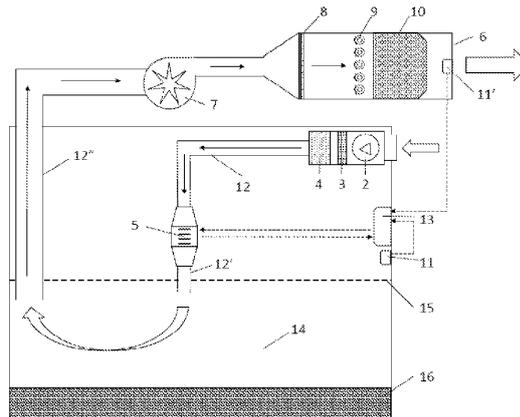
(87) WO 2020/089763 2020.05.07

(71) Заявитель:  
УАБ "ЭРПЛЮС1 ЛИТУАНИКА" (LT)

(72) Изобретатель:  
Стончюс Арвидас (LT)

(74) Представитель:  
Ловцов С.В., Вилесов А.С., Гавриков  
К.В., Коптева Т.В., Левчук Д.В.,  
Стукалова В.В., Ясинский С.Я. (RU)

(57) Способ дезинфекции и очистки воздуха, воды и твердых поверхностей предусматривает получение озона в среде с высокой влажностью и доставку полученного озона и гидроксильных радикалов в непосредственную близость к среде, подлежащей очистке и дезинфекции. Система для дезинфекции и очистки воздуха, воды и твердых поверхностей содержит генераторы озона и гидроксильных радикалов, увлажнители воздуха, подаваемого в генераторы озона и гидроксильных радикалов, впускной и выпускной воздушные фильтры, воздухозаборный и вытяжной вентиляторы, источник ультрафиолетового излучения, катализатор, программируемый блок управления и датчики концентрации озона.



202092690 A1

202092690 A1

# **СПОСОБ И СИСТЕМА ДЛЯ ОЧИСТКИ И ДЕЗИНФЕКЦИИ**

## **ОПИСАНИЕ**

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

Настоящее изобретение относится к области дезинфекции различных сред и в частности к способу и системе для дезинфекции с использованием озона и гидроксильных радикалов.

### **Предшествующий уровень техники настоящего изобретения**

Такие объекты, как канализационные насосные станции и очистные сооружения (промышленные и частные) являются источниками неприятных запахов и различных факторов, вредных для человека. Канализационные насосные станции, промышленные и коммунально-бытовые сточные воды и их содержимое в очистных сооружениях становятся средой для роста (особенно при более высоких температурах) таких микроорганизмов, как бактерии, простейшие, плесень, которые, в свою очередь, вырабатывают органические загрязняющие вещества. Также возникают неорганические загрязняющие вещества, такие как сероводород и аммиак. Еще одним источником неприятного запаха и загрязнения являются хранилища бытовых отходов, где хранят большое количество таких отходов, как непищевые, неорганические, пищевые и другие органические отходы. Некоторые такие отходы и их содержимое становятся плесенью и становятся рассадником для вредителей (грызунов, жуков) и инкубационной средой для микроорганизмов (бактерий, простейших, грибков и плесени).

Один из наиболее эффективных способов дезинфекции различных сред, в частности воздуха, и дезодорации включает использование газообразного озона и гидроксильных радикалов. Обычно озон получают, воздействуя на кислород или воздух ультрафиолетовыми лучами или коронным разрядом. Между тем образование гидроксильных радикалов происходит за счет химического взаимодействия озона с водой или влагой воздуха. Время существования гидроксильного радикала в тысячи раз меньше, чем у озона, до 1 секунды, и его активность в ответ на загрязняющие вещества и вредные микроорганизмы намного выше, чем у озона.

Гидроксильные радикалы в воде или в водных растворах можно получать с помощью реакции Фентона, электрохимически с использованием легированного бором алмазного или другого электрода, с помощью кавитации с использованием механической энергии для получения гидроксильных радикалов и с использованием других способов.

Гораздо менее распространенными являются способы, которые обеспечивают получение гидроксильных радикалов в газовой фазе, например, в воздухе или по меньшей мере в аэрозолях: фотохимические – получение гидроксильных радикалов под воздействием на влагу воздуха ультрафиолетового света (или даже солнечного света) и фотокатализаторов и в присутствии фотокатализатора, такого как диоксид титана ( $\text{TiO}_2$ ).

В международной заявке № PCT/US2010/029095 раскрыты система и способ дезинфекции с использованием газообразного озона и гидроксильных радикалов. Система содержит генератор озона и увлажнитель. В увлажнителе использован раствор воды и перекиси водорода. Установлено, что чем выше влажность, тем лучше озон дезинфицирует среду. Указан требуемый процент влажности среды, подлежащей дезинфекции. Основные недостатки системы и способа состоят в том, что увлажняют все помещение, подлежащее дезинфекции, что требует высокого потребления энергии, а также приобретения, хранения и применения агрессивной перекиси водорода. Другой недостаток заключается в том, что для достижения требуемого уровня влажности и воздействия на стены помещения и другие объекты более высокими уровнями влажности нужно значительное время, что может оказывать неблагоприятное воздействие на указанные объекты. Кроме того, воздушная смесь подается из помещений для дезинфекции, где газовая смесь обычно не подходит для эффективного образования озона.

Изобретение преодолевает недостатки, связанные с дезинфекцией воздуха, которые являются обычными для традиционных систем дезинфекции на основе озона с использованием озона и гидроксильных радикалов для дезинфекции материалов в различном состоянии.

### **Краткое раскрытие настоящего изобретения**

Согласно первому аспекту изобретения представлен способ дезинфекции и очистки различных сред и особенно воздуха и твердых поверхностей в замкнутой окружающей среде. Способ предусматривает подачу воздуха с высоким содержанием влаги, подачу озона и гидроксильных радикалов, образующихся в среде, имеющей высокое содержание влаги, в место, подлежащее дезинфекции.

Согласно второму аспекту изобретения представлена система для дезинфекции и очистки различных сред и в частности воздуха и твердых поверхностей. Система содержит вентилятор для подачи воздуха, фильтр поступающего воздуха, по меньшей мере один генератор озона и гидроксильных радикалов, по меньшей мере один увлажнитель воздуха, воздухопроводы, вытяжной вентилятор, программируемый блок управления, датчики озона, реактор окончательной очистки, содержащий фильтр

выпускаемого воздуха, источник ультрафиолетового излучения и катализатор.

### **Краткое описание фигур**

Рассматриваемые признаки настоящего изобретения, которые обеспечивают новизну и очевидность изобретения, приведены в описании и формуле изобретения. Фигуры ниже предназначены для помощи в понимании признаков, изложенных в иллюстративных вариантах осуществления описанного изобретения, в подробном описании и формуле изобретения. Однако фигуры следует рассматривать как ограничение изобретения, но только в качестве пояснения иллюстративных вариантов осуществления.

На фиг. 1 представлен иллюстративный вариант осуществления системы, в которой озон и гидроксильные радикалы подают в помещение, содержащее источник загрязнения, а увлажнитель воздуха находится перед генератором озона и гидроксильных радикалов.

На фиг. 2 представлен иллюстративный вариант осуществления системы, в которой озон и гидроксильные радикалы подают в помещение, через которое пропускают воздух из помещения, содержащего источник загрязнения, а увлажнитель воздуха находится перед генератором озона и гидроксильных радикалов.

На фиг. 3 представлен иллюстративный вариант осуществления системы, в которой озон и гидроксильные радикалы подают в помещение, содержащее источник загрязнения, и в помещение, через которое пропускают воздух из помещения, содержащего источник загрязнения, а увлажнитель воздуха находится перед генератором озона и гидроксильных радикалов.

На фиг. 4 представлен иллюстративный вариант осуществления системы, в которой озон и гидроксильные радикалы подают в помещение, содержащее источник загрязнения, а увлажнитель воздуха находится после генератора озона и гидроксильных радикалов.

На фиг. 5 представлен иллюстративный вариант осуществления системы, в которой озон и гидроксильные радикалы подают в помещение, через которое пропускают воздух из помещения, содержащего источник загрязнения, а увлажнитель воздуха находится после генератора озона и гидроксильных радикалов.

На фиг. 6 представлен иллюстративный вариант осуществления системы, в которой озон и гидроксильные радикалы подают в помещение, содержащее источник загрязнения, и в помещение, через которое пропускают воздух из помещения, содержащего источник загрязнения, а увлажнитель воздуха находится после генератора озона и гидроксильных радикалов.

Перед представлением подробного описания изобретения со ссылкой на фигуры на заметить, что идентичные элементы на всех фигурах обозначены одинаковыми цифрами.

### **Подробное раскрытие настоящего изобретения**

Следует понимать, что изложены многочисленные конкретные детали, чтобы предоставить полное и исчерпывающее описание варианта осуществления, который иллюстрирует изобретение. Однако специалисту будет понятно, что детализация варианта осуществления не ограничивает изобретение. Хорошо известные способы, процедуры и компоненты не были описаны подробно, чтобы убедиться, что варианты осуществления не вводят в заблуждение. Кроме того, описание не следует рассматривать в качестве ограничивающих иллюстративных вариантов осуществления, но лишь в качестве помощи при его реализации. Любой эквивалент или модификация признаков изобретения считаются находящимися в пределах объема защиты изобретения.

Система очистки и дезинфекции содержит воздухозаборный вентилятор (2), фильтр (3) поступающего воздуха, по меньшей мере один увлажнитель (4, 4') воздуха, по меньшей мере один генератор (5, 5') озона и гидроксильных радикалов, реактор (6) окончательной очистки, содержащий вытяжной вентилятор (7), фильтр (8) выпускаемого воздуха, источник (9) ультрафиолетового излучения, катализатор (10), а также датчик (11') концентрации озона. Система также содержит по меньшей мере один дополнительный датчик (11) концентрации озона, воздуховоды (12, 12', 12'') и программируемый блок (13) управления.

Воздухозаборный вентилятор (2) представляет собой вентилятор внутри воздуховода, который создает давление, например, по меньшей мере 500 Па, и имеет такую емкость, чтобы скорость воздуха через каждый из по меньшей мере одного генератора (5, 5') озона и гидроксильных радикалов составляла, например, по меньшей мере 2-4 м/с.

Фильтр (3) поступающего воздуха представляет собой обычный воздушный фильтр, используемый в вентиляционных системах, например, фильтр класса М5. Фильтр (3) используют для очистки газовой смеси, которую подают для получения озона и гидроксильных радикалов.

Предпочтительно увлажнитель (4, 4') воздуха представляет собой ультразвуковой увлажнитель, но он также может быть основан на фильтрации воздушного потока через влажный фильтр, причем увлажнитель обеспечивает теплую или холодную морось. Увлажнитель (4, 4') воздуха содержит систему подачи воды для увлажнителей с фильтрами для смягчения воды и другие необходимые принадлежности.

Реактор (6) окончательной очистки содержит корпус, сделанный, например, из нержавеющей стали или другого материала, в зависимости от условий окружающей

среды. Реактор (6) оборудован фильтром (8) выпускаемого воздуха, источником (9) ультрафиолетового излучения и/или катализатором (10), датчиком (11') озона и другим оборудованием.

Корпус реактора (6) окончательной очистки дополнительно снабжен герметичной дверцей (на фигуре не показана) для осмотра и обслуживания содержащегося в нем оборудования. Реактор (6) имеет большую площадь поперечного сечения, чем площадь поперечного сечения впускного воздуховода. Таким образом, скорость потока воздуха в самом реакторе (6) снижается. Вытяжной вентилятор (7) установлен на конце корпуса реактора (6) для впуска или выпуска воздуха. Вытяжной вентилятор (7) представляет собой, например, центробежный вентилятор и обладает повышенной химической стойкостью, подходящей для работы во взрывоопасной среде.

Фильтр (8) выпускаемого воздуха представляет собой обычный фильтр, используемый в системах вентиляции с грубой фильтрацией, такой как, например, фильтр класса G3 или G4. Фильтр (8) используют для очистки газовой смеси, выпускаемой из среды, подлежащей дезинфекции, в блок для ускоренного разложения озона, реактор (6) окончательной очистки.

Источник (9) УФ-излучения содержит, например, УФ-лампы, такие как амальгамные УФ-лампы низкого давления с длиной волны 254 нм. Лампы располагают так, чтобы направлять УФ-лучи в направлении движения потока воздуха в реакторе (6) окончательной очистки.

Катализатор (10) содержит инертный носитель с большой поверхностью, такой как активированный уголь или щелочной оксид алюминия. Носитель может представлять собой гранулы, имеющие средний размер 3 мм и пропитанные или иным образом обработанные веществами, такими как щелочной калий или каустическая сода, силикат калия или натрия, карбонат калия или натрия, нитрат меди (II) или марганца (II).

Программируемый блок (13) управления содержит (не показано подробно на фигурах) микропроцессор, блок питания, реле, контактные блоки, автоматические выключатели и беспроводной модем. Программируемый блок (13) управления управляет электрической мощностью, подаваемой на генераторы (5, 5') озона и гидроксильных радикалов в соответствии с показаниями датчиков (11, 11') концентрации озона. По меньшей мере один датчик (11) концентрации озона установлен в помещении, подлежащем дезинфекции, или в помещении, содержащем оборудование для дезинфекции и значительно дальше от трубы подачи озона для зоны, подлежащей дезинфекции. По меньшей мере еще один датчик (11') концентрации озона установлен на стороне выпуска воздуха системы после катализатора (10). Таким образом, уровни концентрации озона

контролируют как внутри, так и за пределами дезинфицируемой среды. Датчики (11, 11') концентрации озона могут представлять собой электрохимические чувствительные к озону датчики или мониторы уровня озона в воздухе, работающие по принципу поглощения УФ-излучения.

В реакторе (6) окончательной очистки загрязняющие вещества воздуха адсорбируются – концентрируются на поверхности катализатора (10) в пиковые периоды и/или в заданные моменты времени, тем самым удаляя их из проходящего воздушного потока. В случае пониженного выброса загрязняющих веществ и/или в заданные моменты времени до катализатора (10) доходит избыток озона, который разлагается на поверхности катализатора (10) на атомарный кислород, сильный окислитель, который окисляет загрязняющие вещества, адсорбированные на поверхности катализатора (10), очищая таким образом поверхность катализатора. Щелочная поверхность катализатора (10) адсорбирует кислые продукты окисления загрязняющих веществ, такие как оксиды серы, что приводит к образованию сульфитов/сульфатов. УФ-свет разлагает озон, превращая его в атомарный, а затем и в молекулярный кислород. В то же время атомарный кислород за счет своей более высокой активности окисляет остатки загрязняющих веществ воздуха. Таким образом из реактора (6) выходит по существу свежий воздух.

Воздуховод (12'), соединяющий генератор (5, 5') озона и гидроксильных радикалов с участком, подлежащим дезинфекции, не больше расстояния, проходимого воздушным потоком через генератор (5, 5') озона и гидроксильных радикалов за 1 секунду. Точно так же длина воздуховода (12") от места ввода смеси воздуха, озона и гидроксильных радикалов в реактор (6) окончательной очистки воздуха не меньше, чем расстояние, пройденный воздушным потоком за 8 секунд.

Когда система работает, воздухозаборный вентилятор (2) втягивает окружающий воздух для подачи в каждый из генераторов (5, 5') озона и гидроксильных радикалов. Сторона впуска воздуха воздухозаборного вентилятора (2) обращена к помещению, отделенному от помещения, подлежащего дезинфекции, и выступает в него. Всасываемый воздух проходит через воздушный фильтр (3), который плотно установлен после воздухозаборного вентилятора (2).

Воздухозаборный и вытяжной вентиляторы (2, 7) используют для обеспечения циркуляции воздуха в системе дезинфекции, то есть для достаточной подачи воздуха в генераторы (5, 5') озона и гидроксильных радикалов и для выпуска очищенного воздуха из замкнутой дезинфицирующей среды, содержащей озон, который разлагается регулируемым образом.

#### Первый Вариант осуществления

На фиг. 1 показан вариант осуществления системы очистки и дезинфекции, содержащей воздухозаборный вентилятор (2), фильтр (3) поступающего воздуха, увлажнитель (4) воздуха, генератор (5) озона и гидроксильных радикалов на основе коронного разряда и реактор (6) окончательной очистки, содержащий вытяжной вентилятор (7), фильтр (8) выпускаемого воздуха, источник (9) ультрафиолетового излучения, катализатор (10) и датчик (11') концентрации озона. Система также содержит дополнительный датчик (11) концентрации озона, воздуховоды (12, 12', 12'') и программируемый блок (13) управления.

Увлажнитель воздуха (4) установлен после фильтра (3) поступающего воздуха. Воздух движется из увлажнителя (4) воздуха в генератор (5) озона и гидроксильных радикалов через воздуховод, который сделан из коррозионно-стойкого материала или имеет внутреннюю поверхность, покрытую таким материалом. Поскольку гидроксильные радикалы представляют собой очень реакционноспособные частицы, особенно при воздействии влаги, они могут даже вызывать коррозию инертных металлов. Воздух, проходящий через генератор (5) озона и гидроксильных радикалов, не должен контактировать с материалами, которые не являются стойкими к коррозии. Генератор (5) озона и гидроксильных радикалов содержит генерирующие озон ячейки (на фигурах не показано), сделанные из двойного диэлектрического материала, такого как стекло, кварц, политетрафторэтилен или керамика. Воздух с регулируемо повышенной влажностью поступает в генератор (5) озона и гидроксильных радикалов и проходит через указанные ячейки. Генератор (5) снабжен высоковольтными трансформаторами и другими электронными устройствами (на фигурах не показано), расположенными за пределами зоны генерирования озона. Такая конструкция генератора (5) и системы позволяет использовать влажный воздух для ионизации, то есть для получения озона и гидроксильных радикалов.

В результате коронного разряда в присутствии влажного воздуха выход озона резко уменьшается с увеличением влажности. Даже при относительной влажности приблизительно 30% выработка озона падает приблизительно на 40%. А когда относительная влажность выше 70%, выработка озона снижается до только приблизительно 30% обычной мощности, причем «обычный» означает номинальную производственную мощность в случае сухого воздуха. Это происходит не только потому, что образованный озон частично реагирует с влагой воздуха с образованием гидроксильных радикалов и аналогичных кислородных окислителей, но также потому, что кислород, который ионизируется и разлагается коронным разрядом, становится атомарным кислородом/кислородным радикалом, который реагирует с влагой – водяным

паром и аэрозолями с образованием гидроксильных радикалов.

Следовательно, генераторы (5) коронных разрядов, оптимизированные для работы с влажным воздухом, вырабатывают относительно небольшие количества озона, но значительно больше гидроксильных радикалов, существенно превосходящих окислительные свойства озона (окислительно-восстановительный потенциал: 2,07 В для озона, 2,42 В для атомарного кислорода, 2,86 В для гидроксильного радикала, и, например, 2,87 В для фтора).

Блок (13) управления управляет работой увлажнителя согласно датчику влажности (на фигуре не показано) в генераторе (5) озона и гидроксильных радикалов, чтобы относительная влажность воздуха, проходящего через генератор (5) озона и гидроксильных радикалов, была не ниже определенного заданного значения, например, 60%. Он также регулирует работу управляемых устройств согласно датчику температуры, установленному в генераторе (5) озона и гидроксильных радикалов. Это обеспечивает только небольшой избыток окислителей, а также рабочую безопасность и рентабельность системы.

Если увлажнитель (4) воздуха установлен после вентилятора (2) подачи воздуха, но перед генератором (5) озона и гидроксильных радикалов, воздуховод (12) для подачи воздуха в генератор (5) озона и гидроксильных радикалов, воздуховод (12') для подачи озона и гидроксильных радикалов в пространство (14), предназначенное для дезинфекции, воздуховод (12'') для выпуска воздуха из продезинфицированного пространства (14) и корпус генератора (5) озона и гидроксильных радикалов делают из коррозионно-стойкого материала, такого как нержавеющая сталь AISI 316L, политетрафторэтилен, стекло, керамика и т.д.

Сторона впуска воздуха вентилятора (2) подачи воздуха направлена в помещение, от которого отделено пространство (14), подлежащее дезинфекции, то есть помещение, подлежащее дезинфекции, является замкнутым.

Воздуховод (12'), соединяющий генератор (5) озона и гидроксильных радикалов, с помещением (14), подлежащим дезинфекции, не превышает расстояния, проходимого воздушным потоком через генератор (5) озона и гидроксильных радикалов за 1 секунду. В то же время длина воздуховода (12'') от места ввода смеси воздуха, озона и гидроксильных радикалов в реактор (6) окончательной очистки воздуха не меньше, чем путь, проходимый воздушным потоком за 8 секунд.

Воздухозаборный вентилятор (2) работает, как описано выше.

Фильтр (3) поступающего воздуха работает как описано выше.

Предпочтительно увлажнителем воздуха (4) является ультразвуковой увлажнитель.

Увлажнитель (4) воздуха содержит систему подачи воды для увлажнителей с фильтрами умягчения воды и другими necessary принадлежностями.

Работа реактора (6) окончательной очистки происходит, как описано выше.

Вытяжной вентилятор (7), установленный на конце для впуска или выпуска воздуха корпуса реактора (6), сделан, как описано выше.

Фильтр (8) выпускаемого воздуха и его работа описаны выше.

Источник (9) УФ-излучения и его работа описаны выше.

Катализатор (10) и его работа описаны выше.

Программируемый блок (13) управления и его работа описаны выше.

Датчики (11, 11') концентрации озона и их работа описаны выше.

Используя, например, панель (15) перекрытия, пространство (14), подлежащее дезинфекции, можно отделить от блоков системы дезинфекции, в которые через воздуховод (12') доставляют озон и гидроксильные радикалы, а воздух будет выходить из такого помещения через вытяжной воздуховод (12").

В другом примере, который представлен на фиг. 2, озон и гидроксильные радикалы вводят в воздуховод (12") для выпуска воздуха из замкнутой среды, содержащей источник (16) загрязнения воздуха.

В еще одном примере, который представлен на фиг. 3, озон и гидроксильные радикалы по меньшей мере из двух генераторов (5) озона и гидроксильных радикалов через воздуховоды (12') подают в пространство (14), подлежащее дезинфекции, одним из которых является помещение, содержащее источник (16) загрязнения воздуха, а другим является помещение, ограниченное воздуховодом (12") для выхода воздуха из первого помещения.

#### Второй вариант осуществления

На фиг. 4 представлена система очистки и дезинфекции, содержащая воздухозаборный вентилятор (2), фильтр (3) поступающего воздуха, увлажнитель (4') воздуха, генератор (5') озона и гидроксильных радикалов, реактор (6) окончательной очистки, содержащий вытяжной вентилятор (7), фильтр (8) выпускаемого воздуха, источник (9) ультрафиолетового излучения, катализатор (10) и датчик (11') уровня озона. Система также содержит по меньшей мере еще один датчик (11) уровня озона, воздуховоды (12, 12', 12") и программируемый блок (13) управления.

Увлажнитель воздуха (4') установлен после генератора (5') озона и гидроксильных радикалов. Увлажнителем (4') воздуха предпочтительно является ультразвуковой увлажнитель. Увлажнитель (4') воздуха работает непрерывно вместе с генератором (5') озона независимо от первоначальной влажности воздуха, подаваемого в оборудование.

Озон вводят в непосредственной близости от ультразвукового датчика, где возникает повышенная влажность в виде мелких капель. В этом случае генератором (5') озона перед увлажнителем воздуха является генератор озона в коронных разрядах, выполненный с возможностью работы с сухим воздухом или кислородом. Генератор (5') снабжен трансформаторами высокого напряжения и другими электронными средствами (на фигурах не показано).

Воздуховод (12) для подачи воздуха в генератор (5') озона и гидроксильных радикалов можно сделать из иного материала, чем устойчивый к коррозии материал, отличающегося от воздуховода (12') для подачи озона и гидроксильных радикалов в пространство (14), подлежащее дезинфекции, и воздуховода (12'') для выпуска воздуха из пространства (14), подлежащего дезинфекции (последние оба сделаны из коррозионно-стойких материалов, таких как нержавеющая сталь AISI 316L, политетрафторэтилен, стекло, керамика и т.д.).

Сторона впуска воздуха вентилятора (2) подачи воздуха направлена в помещение, от которого пространство (14), подлежащее дезинфекции, отделено, то есть помещение, подлежащее дезинфекции, является замкнутым.

Длина воздуховода (12'), соединяющего генератор (5') озона и гидроксильных радикалов с помещением (14), подлежащим дезинфекции, не больше расстояния, проходимого воздушным потоком через генератор (5') озона и гидроксильных радикалов за 1 секунду. В то же время длина воздуховода (12'') от места ввода смеси воздуха, озона и гидроксильных радикалов в реактор (6) окончательной очистки воздуха не меньше, чем путь, проходимый воздушным потоком за 8 секунд.

Воздухозаборный вентилятор (2) работает, как описано выше.

Фильтр (3) поступающего воздуха работает как описано выше.

Увлажнителем воздуха (4') предпочтительно является ультразвуковой увлажнитель. Увлажнитель (4') воздуха содержит систему подачи воды для увлажнителей с фильтрами умягчения воды, и другие необходимые принадлежности.

Работа реактора (6) окончательной очистки происходит, как описано выше.

Вытяжной вентилятор (7) установлен на конце для впуска или выпуска воздуха корпуса реактора (6) и описан выше.

Фильтр (8) выпускаемого воздуха и его работа описаны выше.

Источник (9) УФ-излучения и его работа описаны выше.

Катализатор (10) и его работа описаны выше.

Программируемый блок (13) управления и его работа описаны выше.

Датчики (11, 11') озона и их работа описаны выше.

Используя, например, плотную панель (15) перекрытия, пространство (14), подлежащее дезинфекции, можно отделить от блоков системы дезинфекции, в которые озон и гидроксильные радикалы доставляют через воздуховод (12'), а воздух будет выходить из такого помещения через вытяжной воздуховод (12"). В этом случае корпус генератора (5') озона и гидроксильных радикалов можно сделать из устойчивых к озону материалов, таких как алюминий, нержавеющая сталь AISI 304, политетрафторэтилен, стекло, керамика и тому подобное.

В другом примере, который представлен на фиг. 5, озон и гидроксильные радикалы вводят в воздуховод (12"), используемый для выпуска воздуха из замкнутой среды, содержащей источник (16) загрязнения воздуха.

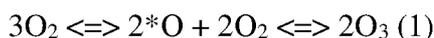
В еще одном примере, который представлен на фиг. 6, озон и гидроксильные радикалы по меньшей мере из двух генераторов (5') озона и гидроксильных радикалов, через воздуховоды (12') подают в пространство (14), подлежащее дезинфекции; одним из таких помещений является помещение, содержащее источник (16) загрязнения воздуха, и другое помещение ограничено воздуховодом (12") для выхода воздуха из первого помещения.

Во всех вариантах осуществления изобретения, где на предприятиях по переработке отходов жидкие отходы транспортируют, обрабатывают и вводят в прямой контакт, требуется многократная замена воздуха в час; большая часть воздуха (приблизительно  $2/3$ ) поступает из пространства (14) под половой панелью (15) для резервуаров и каналов, а остальная часть приблизительно  $1/3$  поступает из верхней зоны помещения, то есть пространства над половой панелью (15). Таким образом, достигается движение воздуха из верхней зоны помещения в нижнюю зону – под половой панелью, отделяющей воздуховоды и резервуары и, соответственно, в выпускные вентиляционные воздуховоды там. Большая часть воздуха ( $2/3$  потока) подается в верхнюю зону помещения. Большая часть загрязняющих веществ воздуха, образующихся из сточных вод и отходов, не поступают в верхнюю зону помещения, но выходят через вытяжной воздуховод (12").

#### Химические процессы во время дезинфекции при использовании описанной системы:

Образование гидроксильных радикалов по существу приводит к обработке и дезинфекции питьевой воды или жидких отходов путем озонирования, обработке загрязняющих веществ жидких отходов с использованием усовершенствованных процессов окисления, включая процесс окисления Фентона, и дезактивации и дезинфекции воздуха в газообразном состоянии с использованием озона.

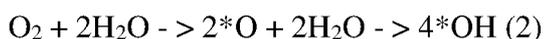
В общем, подвергая сухой воздух или кислород воздействию коронного разряда (плазмы коронного разряда и т.д.), получают озон согласно следующей реакции (1):



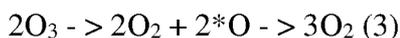
то есть молекулярный кислород  $\text{O}_2$  частично распадается на атомарный кислород/кислородный радикал  $^*\text{O}$ , который является нестабильным и снова быстро восстанавливается с образованием молекулярного кислорода и/или реагирует с молекулярным кислородом с образованием озона.

Воздействуя на воздух коронным разрядом можно получить смесь озона приблизительно 2-3% и воздуха.

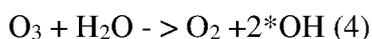
Также известны такие системы для получения гидроксильных радикалов во время озонирования влажного воздуха, которые считаются еще более сильными окислителями. Во время коронного разряда ионизированный–расщепленный кислород–атомарный кислород/кислородный радикал реагирует с влагой–водяным паром, аэрозолями с образованием гидроксильных радикалов согласно следующему уравнению (2):



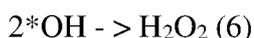
Озон является нестабильным соединением и в течение нескольких минут с момента его образования реагирует с загрязняющими веществами–восстанавливающими средствами, или высвобождает атомарный кислород, который, в свою очередь, является более мощным окислителем, чем озон и также окисляет загрязняющие вещества, или восстанавливается в молекулярный кислород (3):



Также при наличии атмосферной влажности–водяного пара или аэрозолей, что особенно характерно для пространств над протекающими (сточными) водами, озон также может образовать гидроксильные радикалы согласно следующей реакции (4).



В присутствии восстанавливающих средств гидроксильные радикалы быстро окисляются или восстанавливаются с образованием кислорода (5) или, менее часто, перекиси водорода (6).



Плохо пахнущие загрязняющие вещества воздуха в канализационной системе по своей природе представляют собой газообразные продукты анаэробной деятельности, а по своим химическим свойствам – восстанавливающие средства. Они окисляются сильными окислителями – озоном и гидроксильным радикалом.

Основное загрязняющее вещество, сероводород, реагирует с тремя частями (по

объему) озона с образованием диоксида серы согласно следующему уравнению (7):

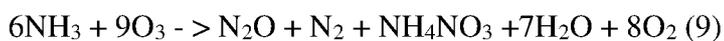


В присутствии сильного окислителя образованный диоксид серы может дополнительно окисляться до триоксида серы, который представляет собой особенно нестабильное, гигроскопичное и сильное кислотное вещество. Он быстро взаимодействует с влагой воздуха с образованием капель, а чаще всего с аммиаком, который всегда присутствует в воздухе канализационной системы, образуя гигроскопичные нелетучие и почти лишенные запаха соли, такие как сульфат аммония. Капли и соли аммония выпадают из воздушного потока и прилипают к поверхностям или растворяются в воде.

Очень похожим образом сероводород взаимодействует с гидроксильным радикалом согласно следующему уравнению (8). В этом случае диоксид серы не образуется и полное окисление обычно происходит сразу с образованием водорастворимой, нелетучей соли – сульфата аммония.



Аммиак медленнее реагирует с озоном, и в зависимости от условий образуются три продукта, обычно почти в равных пропорциях – закись азота, азот и нитрат аммония, нелетучая, гигроскопичная соль согласно следующему уравнению (9).



Такая же соль образуется при реакции аммиака с гидроксильным радикалом (10):



Газообразные органические соединения серы образуют сложную смесь меркаптанов, тиолов и сульфидов, каждый из которых имеет низкую концентрацию. Наиболее распространенными соединениями являются диметилсульфид и метилмеркаптан. Водонерастворимый газообразный диметилсульфид окисляется озоном с образованием диметилсульфоксида согласно следующему уравнению (11). Диметилсульфоксид является нелетучим (имеет точку кипения 189°C), почти безвреден, без запаха, гигроскопичным и высокорастворимым в воде. Диметилсульфоксид частично удаляется из воздушного потока, приликая к поверхностям и растворяясь в воде.



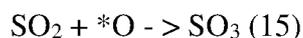
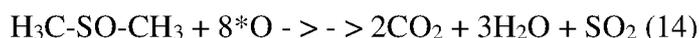
Метилмеркаптан (метантиол) представляет собой высокотоксичное газообразное соединение, относительно легко окисляющееся как озоном, так и гидроксильными радикалами. Окисление создает метансульфоновую кислоту (12). Она также является слабо летучей (имеет точку кипения 167°C), гигроскопичным и очень кислым материалом. Он притягивает влагу, образует соли с аммиаком и растворяется в воде.



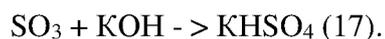
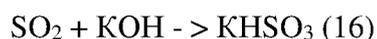
В реакторе (14) окончательной очистки воздуха, главным образом благодаря механизму гетерогенного разложения, а также благодаря наличию щелочи и/или оксидов меди или марганца на поверхности катализатора избыток озона разлагается на атомарный кислород и впоследствии образует молекулярный кислород (13).



Атомарный кислород, образующийся на поверхности катализатора, окисляет загрязняющие вещества, адсорбированные из воздушного потока и скапливающиеся на поверхности катализатора. Согласно уравнениям диметилсульфоксида (14) и диоксида серы (15) происходит полное окисление.



щелочная поверхность катализатора собирает кислые продукты окисления, такие как оксиды серы, из воздушного потока с образованием сульфитов и сульфатов, как показано в (16) и (17).



Хотя настоящее описание содержит множество характеристик и преимуществ изобретения вместе с структурными деталями и особенностями, описание приведено в качестве примера варианта осуществления изобретения. Могут быть изменения деталей, особенно формы размера и расположения материалов без отклонения от принципов изобретения, в соответствии с широко понятным определением терминов, используемых в формуле изобретения.

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ очистки и дезинфекции, включающий получение озона и гидроксильных радикалов с помощью генератора озона и гидроксильных радикалов, отличающийся тем, что он содержит этапы:

- подачи воздуха с помощью воздухозаборного вентилятора (2) в генератор (5, 5') озона и гидроксильных радикалов из помещения, где воздух чище, чем воздух в помещении, подлежащем очистке и дезинфекции;

- получения гидроксильных радикалов в среде с регулируемо повышенной влажностью;

- выпуска воздуха из среды, подлежащей очистке и дезинфекции, посредством закрытого воздуховода (12"), пропуская его через вытяжной вентилятор (7), источник (9) ультрафиолетового излучения и катализатор (10),

при этом по меньшей мере часть воздуха, проходящего через воздуховоды (12, 12', 12") системы, проходит через коррозионно-стойкие воздуховоды (12, 12', 12").

2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что воздух с регулируемо повышенной влажностью проходит через генерирующие озон ячейки генератора (5) озона и гидроксильных радикалов, причем ячейки сделаны из двойного диэлектрического материала.

3. Способ по п. 1, **отличающийся тем, что** влажность окружающего воздуха регулируют путем увлажнения воздуха за пределами генератора (5') озона и гидроксильных радикалов.

4. Способ по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что озон и гидроксильные радикалы вводят в помещение, содержащее источник (16) загрязнения воздуха, через закрытые воздуховоды (12') или в помещение, ограниченное вытяжным воздуховодом (12") или в оба упомянутых выше помещения.

5. Способ по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что смесь гидроксильных радикалов и озона достигает помещения, предназначенного для очистки и дезинфекции, не менее чем за 1 секунду с момента ее получения.

6. Способ по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что смесь гидроксильных радикалов и озона проходит в реактор (6) окончательной очистки, содержащий вытяжной вентилятор (7), фильтр (8) выпускаемого воздуха, источник (9) ультрафиолетового излучения, катализатор (10) и датчик (11') концентрации озона, в течение по меньшей мере 8 секунд.

7. Система очистки и дезинфекции, содержащая генератор озона и гидроксильных

радикалов, отличающаяся тем, что оно содержит воздухозаборный вентилятор (2); по меньшей мере один увлажнитель (4, 4') воздуха; по меньшей мере один генератор (5, 5') озона и гидроксильных радикалов; вытяжной вентилятор (7), источник (9) ультрафиолетового излучения и катализатор (10).

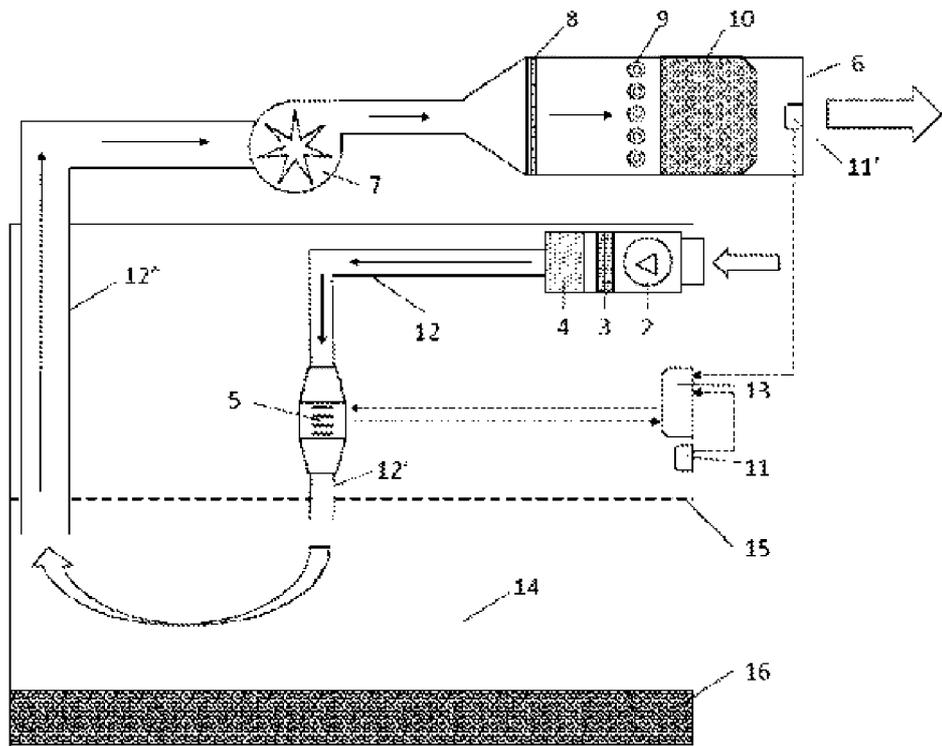
8. Система по п. 7, отличающаяся тем, что увлажнитель (4) воздуха установлен между воздухозаборным вентилятором (2) и генератором (5) озона и гидроксильных радикалов, из которого озон и гидроксильные радикалы подаются в помещение, подлежащее дезинфекции, через коррозионно-стойкий воздуховод (12'), причем генератор (5) озона и гидроксильных радикалов содержит генерирующие озон ячейки, сделанные из двойного диэлектрического материала.

9. Система по п. 7, отличающаяся тем, что увлажнитель (4') воздуха установлен рядом и после генератора (5') озона и гидроксильных радикалов, из которого озон и гидроксильные радикалы подаются в помещение, подлежащее дезинфекции, через коррозионно-стойкий воздуховод (12').

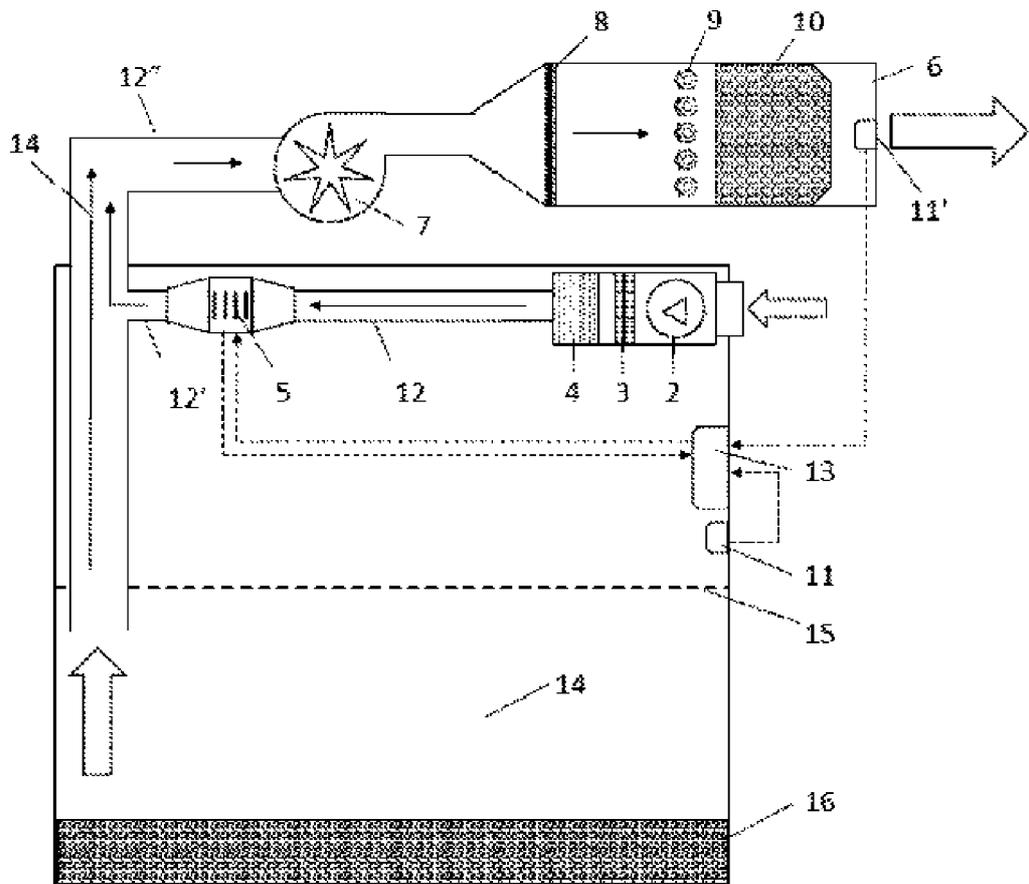
10. Система по любому из пп. 7-9, отличающаяся тем, что воздуховод (12') для подачи озона и гидроксильных радикалов в помещение, содержащее источник (16) загрязнения воздуха, или помещение, ограниченное вытяжным воздуховодом (12''), или в оба упомянутых выше помещения является коррозионно-стойким.

11. Система по любому из пп. 7-10, отличающаяся тем, что длина воздуховода (12') для подачи смеси гидроксильных радикалов и озона с момента ее получения в помещение, подлежащее очистке и дезинфекции, не больше чем расстояние, которое воздух, подаваемый в генератор (5, 5') озона и гидроксильных радикалов, проходит за 1 секунду.

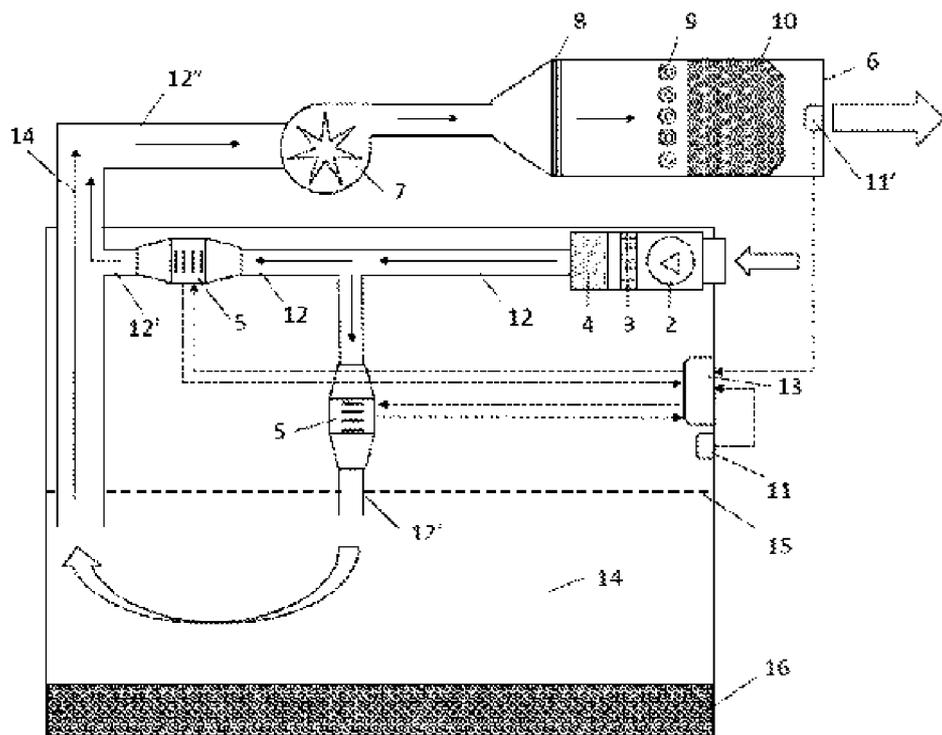
12. Система по любому из пп. 7-10, отличающаяся тем, что длина воздуховода (12'') от места ввода смеси воздуха, озона и гидроксильных радикалов в реактор (6) окончательной очистки воздуха не меньше, чем путь, проходимый воздушным потоком за 8 секунд.



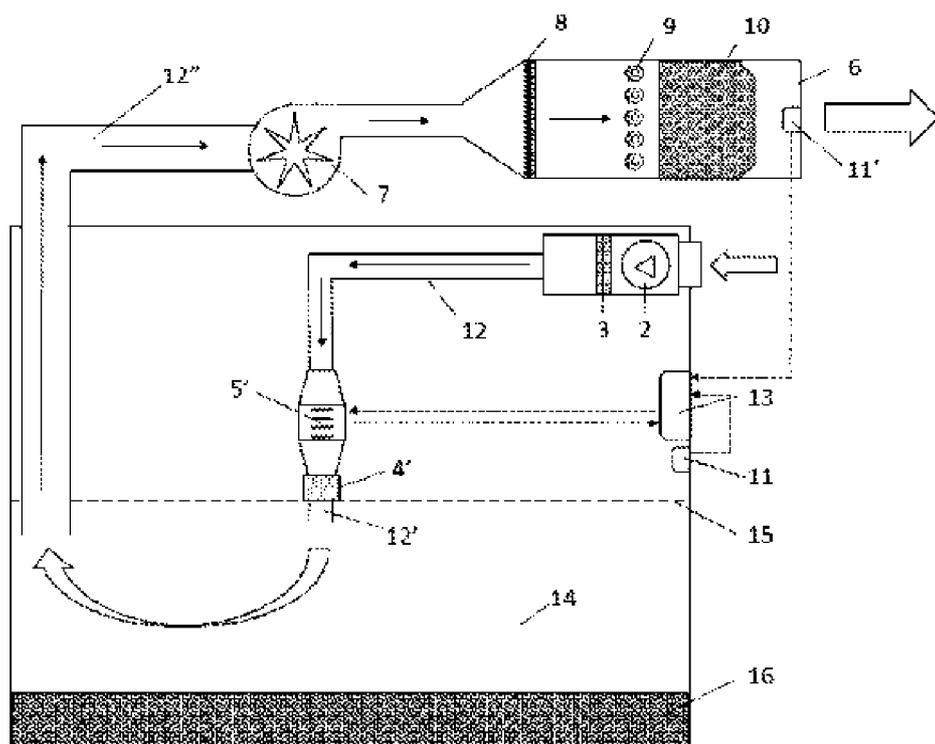
ФИГ. 1



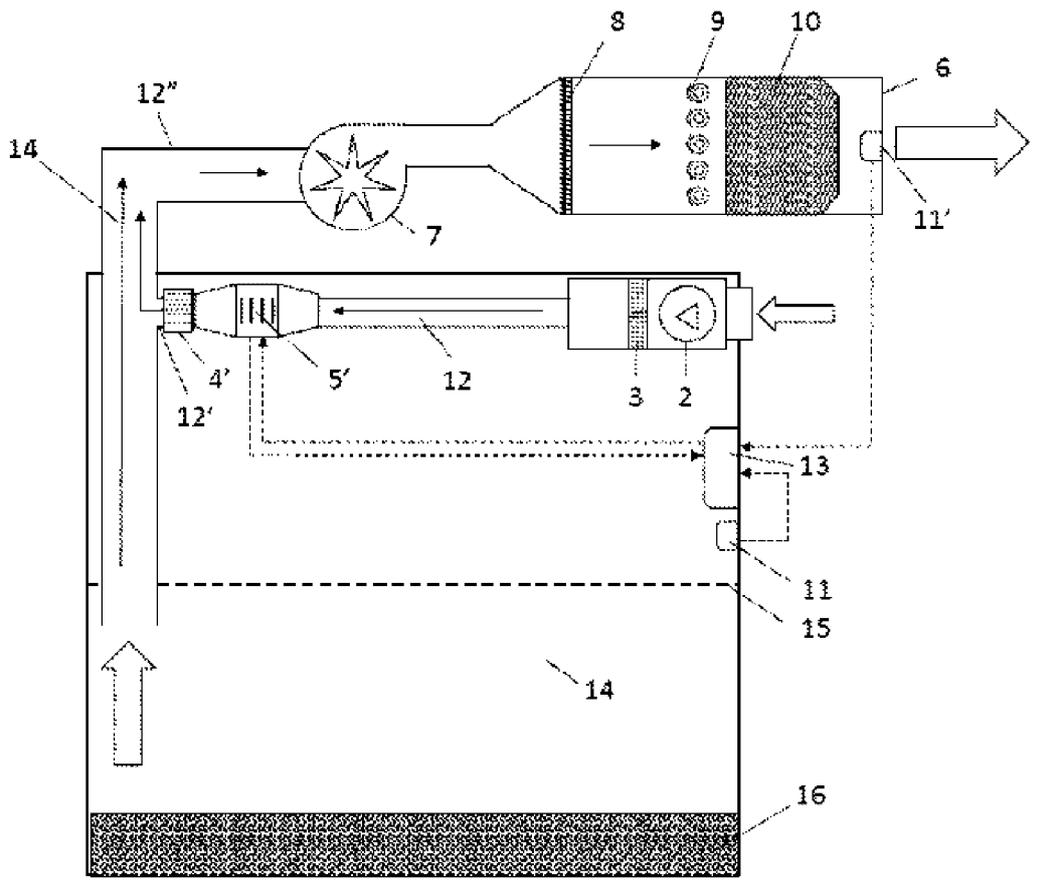
ФИГ. 2



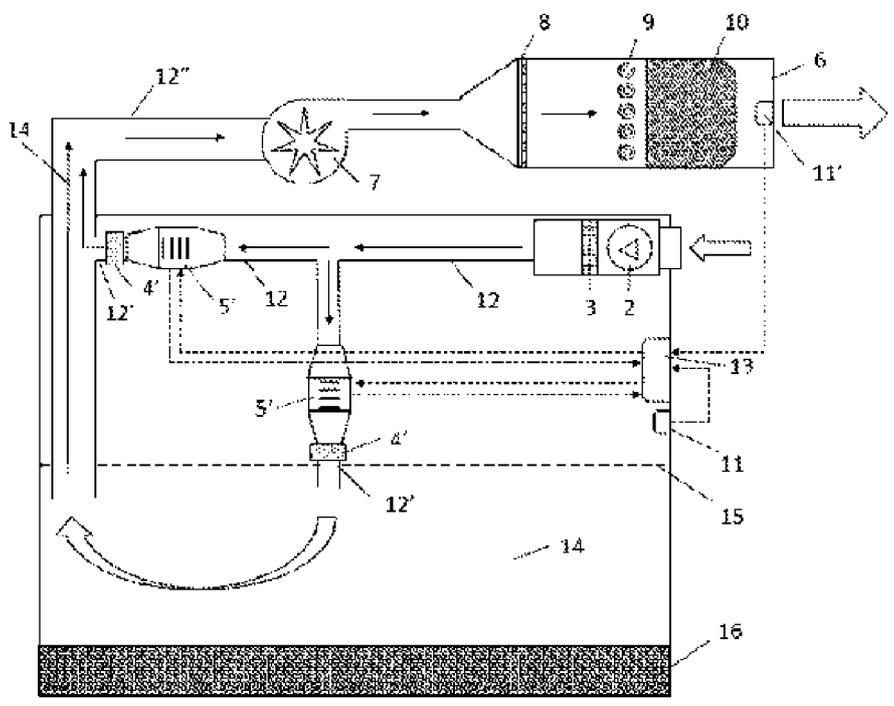
ФИГ.3



ФИГ.4



ФИГ. 5



ФИГ. 6