

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **036807**(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2020.12.23

(21) Номер заявки
201800583

(22) Дата подачи заявки
2018.10.11

(51) Int. Cl. **B01D 53/00** (2006.01)
B01D 53/44 (2006.01)
B01D 53/18 (2006.01)
B01D 47/14 (2006.01)

(54) СИСТЕМА И СПОСОБ ОЧИСТКИ ОТХОДЯЩИХ ГАЗОВ ОТ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

(43) **2020.04.30**

(96) **2018/ЕА/0077 (ВУ) 2018.10.11**

(71)(72)(73) Заявитель, изобретатель и патентовладелец:

**ШАПОВАЛОВ ЮРИЙ ПЕТРОВИЧ;
ГАЛИБУС АЛЕКСАНДР
СЕРГЕЕВИЧ (ВУ); УРАЗОВ
ВЛАДИМИР ЕВГЕНЬЕВИЧ (RU)**

(74) Представитель:
Беляева Е.Н. (ВУ)

(56) ЕА-A1-200700375
ШАПОВАЛОВ Ю.П. и др.
Опыт эксплуатации абсорбционно-биохимических

установок очистки вентиляционного воздуха от вредных органических веществ в литейных цехах стран СНГ. Литье и металлургия, 2010, 3(57), сс. 136-139

SU-A-1101281
RU-C2-2645987
RU-C2-2488431
EP-A1-778067
US-B2-8444942
DE-A-3733319

ШАПОВАЛОВ Ю.П. и др. Защита атмосферного воздуха литейных предприятий от загрязнения вредными органическими веществами. Литье и металлургия, 2017, 4(89), сс. 138-142

SU-A1-1498542

(57) Изобретение относится к области очистки газообразных сред и может быть использовано при очистке воздуха, в частности выбросов вентиляционного воздуха различных производств от паров, аэрозолей и взвесей вредных органических веществ. Предложена система очистки отходящего газа от органических соединений, содержащая скруббер (1), снабжённый внутренними элементами для абсорбции вредных органических веществ в виде установленных друг над другом массообменных решёток (2) со слоем (3) насадки и форсунками (4) подачи жидкого абсорбента, штуцером (7) подвода отходящих газов, штуцером (8) отвода очищенных газов, штуцерами (10) подвода жидкого абсорбента, связанными с форсунками (4, 5) подачи жидкого абсорбента, и средствами (11) сбора и отвода отработанного абсорбента, реактор (12) биохимической регенерации абсорбента, насосы и трубопроводы, связывающие реактор (12) биохимической регенерации абсорбента со скруббером (1) через штуцер подвода (13) регенерированного абсорбента и средство отвода отработанного абсорбента с образованием замкнутого контура, управляемое средство создания направленного потока отходящих газов и средства контроля и управления системой очистки, при этом выход (9) скруббера (1) через штуцер (8) отвода очищенных газов связан с реактором (12) биохимической регенерации абсорбента посредством сепаратора (16), снабжённого средствами разделения газообразной и жидкой фаз и средством отвода газообразной фазы из системы очистки. Система дополнительно содержит средство (33) озонирования отходящих газов, установленное перед входом (6) в скруббер (1), ёмкость (34) для регенерированного жидкого абсорбента, связанную с выходом реактора (12) биохимической регенерации абсорбента и со штуцерами (10) подвода жидкого абсорбента и снабжённую средствами контроля и управления качеством жидкого абсорбента, а также средство (23) предварительного осветления отработанного абсорбента, связанное со средством (11) отвода отработанного абсорбента и реактором (12) биохимической регенерации абсорбента и содержащее, по меньшей мере, дозатор (30) присадок для осветления отработанного абсорбента и дозатор (32) биогенных присадок. Предложен также соответствующий способ очистки, включающий кроме традиционных технологических операций насыщение перед очисткой отходящего газа озоном, осветление отработанного абсорбента и выделенной в результате сепарации жидкой фазы перед биохимической регенерацией, а также контроль и корректировку качества регенерированного жидкого абсорбента перед повторным использованием в соответствии с требуемыми характеристиками жидкого абсорбента.

B1**036807****036807****B1**

Изобретение относится к области очистки газообразных сред, в частности к способам и устройствам для очистки газообразных сред, и может быть использовано при очистке воздуха, в частности выбросов вентиляционного воздуха различных производств (далее по тексту - отходящие газы различных производств) от паров, аэрозолей и взвесей вредных органических веществ.

Среди вредных, прежде всего, органических веществ, которые могут быть удалены из отходящих газов посредством заявляемых системы и способа, могут быть упомянуты альдегиды (формальдегид, акролеин, ацетальдегид, фурфурол), третичные амины (триэтиламин, диметилэтиламин, диметилизопропиламин), дурнопахнущие вещества (аммиак, сероводород, сероуглерод, меркаптаны), кетоны (ацетон, метилэтилкетон, диэтилкетон, циклогексанон), спирты (этанол, бутанол, метанол, фурфуроловый, изопропиловый, глицерин), предельные углеводороды (уайт-спирит, скипидар, масло минеральное), ароматические углеводороды (фенол, бензол, ксилолы, толуол, стирол, кумол, этилбензол), кислотные соединения органического и неорганического происхождения, вещества со щелочной реакцией, пыль (древесная, стеклянная, минеральная, угольная, в том числе сажа, волокнистая) и другое.

Изобретение может быть использовано в металлургической, литейной, химической, пищевой, нефтеперерабатывающей, строительной (производство минваты, стекловаты) промышленности, при нанесении и сушке лакокрасочных материалов, в сельском хозяйстве (животноводство), при производстве и обработке нитей и тканей, при переработке вторичного сырья, отходов пластполимеров, при утилизации твёрдых бытовых отходов.

В настоящее время известны различные методы очистки отходящих газов, среди которых выделяют абсорбционный метод, адсорбционный метод, термическое дожигание, термокаталитические методы, озонные методы, биохимические методы, плазмохимические методы, плазмокатализический метод, фотокатализический метод [1]. Для реализации каждого из методов разработано соответствующее технологическое оборудование. При этом наиболее эффективными считаются комбинированные способы, включающие в себя не один, а по меньшей мере два метода, например абсорбционный и биохимический, что позволяет осуществлять более глубокую очистку отходящих газов различных производств от более широкого спектра органических и неорганических вредных веществ. Для реализации комбинированных способов применяют сложные системы взаимосвязанного технологического оборудования, предназначенного для реализации отдельных методов.

Так, известен абсорбционно-биохимический способ очистки отработанных газов от органических веществ с интенсивным запахом, которые вымываются из потока отходящих газов в биоскруббере с помощью смеси активного вещества и воды, затем биохимически окисляются с помощью микроорганизмов в аэротенке [2]. При этом происходит постоянная регенерация абсорбционного раствора - очищающей воды.

Известен также способ очистки газов, загрязнённых фенолом, и/или формальдегидом, и/или продуктами их взаимодействия, осуществляемый путем орошения газа циркулирующим абсорбентом, насыщенным микроорганизмами. Часть примесей, содержащихся в отходящих газах, связывают, промывную жидкость собирают и содержащиеся в ней примеси, по меньшей мере, разлагают микроорганизмами в условиях аэрации [3]. В скруббере смесь активного ила и воды распыляется с помощью насоса и спиральных форсунок. Скруббер действует по принципу противотока, т.е. газ перемещается с помощью вентилятора через скруббер снизу вверх. При этом имеет место массообмен между жидкой и газовой фазами. Так как между газом и жидкостью устанавливается равновесие, то газовые компоненты переходят в жидкость только до тех пор, пока парциальное давление вещества в газовой фазе выше, чем парциальное давление того же вещества в жидкости. Задачей активного вещества в скруббере является обеспечение условий, при которых парциальное давление пахучих веществ в очищающей жидкости всегда значительно ниже, путём использования микроорганизмов. Это достигается с помощью отдельной ёмкости с активным илом. Микроорганизмы расщепляют органические вещества и разлагают их на воду, диоксид углерода и минеральные составляющие. Для этого используется кислород. Он подается в ёмкость в виде сжатого воздуха через аэрационную систему. Вода осветленная, но насыщенная газовыми составляющими до предела, поступает на ступень биоочистки.

К недостаткам таких способа и системы следует отнести образование избыточного осадка в форме биомассы (активного ила) в процессе биологического распада органических веществ. Этот ил в небольших количествах может быть сброшен в канализацию или, если это не допускается, осушается и складывается. Кроме того, перед подачей в скруббер требуется предварительная очистка вентиляционного воздуха от пыли, смолистых и взвешенных веществ с целью предотвращения забивания насадки биоскруббера, а также необходимость насыщения отходящих газов водяными парами во избежание потерь на каплеунос и испарение в биоскруббере. Также отработанный абсорбент перед его подачей в ёмкость с активным илом требует подготовительного этапа очистки в отдельной сети специальным раствором и в осаждающем резервуаре хлопьеобразующим веществом. Осадок, на 90% состоящий из минеральных веществ, должен удаляться из системы. Следует отметить, что при использовании данного способа затруднено сохранение жизнедеятельности микроорганизмов в реальных условиях периодической эксплуатации газоочистного оборудования.

Известна также абсорбционная система очистки вентиляционного воздуха, отводимого от стержне-

вых автоматов [4, 5]. Для мокрой очистки отходящих газов применен скруббер. Через входной патрубок загрязнённый воздух подается в скруббер и проходит через три опорно-распределительные решётки, на которых располагается шаровая насадка. Над решётками расположены форсунки, обеспечивающие распыливание абсорбента в виде тонкой плёнки. Загрязнённый воздух, двигаясь снизу вверх, обеспечивает псевдооживлённое состояние шаровой насадки, которое, способствуя турбулизации потоков газа и жидкости, увеличивает поверхность контакта фаз. При этом токсичные вещества интенсивно поглощаются скрубберной жидкостью. В качестве абсорбента используется техническая вода. Для нейтрализации небольшого объёма раствора, образовавшегося при абсорбционной очистке, используется система биохимической нейтрализации. В систему входит аэротенк, сборник очищенной воды и вторичный отстойник. Загрязнённый вредными веществами раствор после скруббера стекает в аэротенк. Туда же вводится раствор H_3PO_4 , улучшающий жизнедеятельность микроорганизмов. В аэротенке происходит биохимическое окисление фенола, формальдегида, метанола, цианидов. Далее абсорбционный раствор попадает в отстойник, где отделяется от активного ила, и после сборника очищенная вода вновь поступает в скруббер.

Недостатком данного способа и системы является то, что наряду с выводом активного ила из системы, также предусмотрено и достаточное количество сложных требований, например, наличие в растворе определённой концентрации фенола, что достаточно затруднительно во время длительных остановок. Кроме того, имеет место значительный каплеунос из скруббера, связанный с наличием мощного вытяжного устройства (вентилятора), необходимого для преодоления значительного гидравлического сопротивления, псевдооживлённых слоев шаровой насадки. Способ трудно применим для улавливания мало-растворимых в воде вредных органических соединений.

Также известны способ абсорбционно-биохимической очистки вентиляционного воздуха от летучих органических соединений (ЛОС) из нитрокамер и устройство для его осуществления [6]. Вентиляционный воздух при помощи вентилятора поступает в насадочный скруббер, где в результате контакта воздушной и жидкой фаз ЛОС переходят в абсорбционный раствор. Раствор состоит из технической воды и специальной комплексной добавки в количестве 0,3-0,4%, существенно повышающей эффективность абсорбции. Регенерация абсорбента осуществляется в биореакторе, где с помощью специально селекционированного штамма микроорганизмов вредные органические вещества окисляются до углекислого газа (CO_2) и воды (H_2O). Биореактор оснащён рамками с биоплотом для иммобилизации (закрепления) микроорганизмов-деструкторов, а также аэраторами для аэрации раствора сжатым воздухом. Очищенный раствор при помощи водяного насоса вновь подается в насадочный скруббер.

К недостаткам такого способа могут быть отнесены

недостаточная эффективность улавливания труднорастворимых в воде ЛОС и CO ;

отсутствие постоянного контроля за эффективностью процесса очистки вентиляционного воздуха и биохимической регенерации абсорбционного раствора;

наличие повышенного каплеуноса вследствие применения мощных вентиляторов для преодоления гидравлического сопротивления псевдооживлённых слоев шаровой насадки;

неравномерность распределения воздушного потока по сечению скруббера и потока жидкости по орошаемой площади приводит к созданию застойных зон в псевдооживлённом слое шаровой насадки;

большие габаритные размеры абсорбционно-биохимического устройства, что затрудняет его применение в действующих цехах;

отсутствие удаления (сепарации) пыли, смолистых и взвешенных веществ из абсорбционного раствора перед его поступлением в биореактор и связанное с этим затруднение биохимического окисления растворённых органических веществ, забивание и разрушение бионасадки;

снижение уровня кислорода в регенерируемом абсорбционном растворе в случае длительного простоя, как и затрудненное (сложное) поддержание жизнедеятельности микроорганизмов из-за отсутствия постоянного питания.

Также известны предложенные ранее авторами способ абсорбционно-биохимической очистки отходящих газов от органических соединений и устройство для его осуществления [7]. Очистку осуществляют путём промывки газов в восходящем потоке жидким абсорбентом в псевдооживлённом слое шаровой насадки в скруббере. Способ включает также сбор вытекающего из скруббера абсорбента, и его биохимическую регенерацию в аэробном биореакторе с последующим повторным использованием. При этом очистку ведут в три этапа с изменением направления потока очищаемого газа, сбор абсорбента ведут на каждом из этапов очистки, а очистку газов на каждом из этапов и биохимическую регенерацию абсорбента ведут под централизованным контролем в автоматическом режиме. Устройство для осуществления описанного выше способа выполнено в виде связанных системой трубопроводов скруббера и аэробного биореактора. При этом под скруббером размещён и герметично связан с ним распределитель-сепаратор, разделённый перегородкой на входную и выходную камеры, причём входная камера герметично связана с входом скруббера непосредственно, а выходная камера герметично связана с выходом скруббера посредством вертикального соединительного трубопровода. Устройство также дополнительно содержит центральный блок управления и связанные с ним с возможностью автоматического контроля и управления устройством в целом датчик параметров процесса. Способ и устройство обеспечивают высокую степень очистки отходящих газов различных производств от широкого спектра вредных органиче-

ских примесей. Однако для ряда производств всё же требуется дальнейшее повышение эффективности очистки и расширение спектра удаляемых вредных веществ.

В этой связи авторами были исследованы возможности дополнения способа абсорбционно-биохимической очистки отходящих газов другими методами очистки. Наиболее перспективным и эффективным с точки зрения аппаратной реализации и комбинирования с абсорбционно-биохимической очисткой представляется метод озонирования.

Применение озона для дезодорации газовых выбросов основано на окислительном разложении дурно пахнущих веществ. В одной группе методов озон вводят непосредственно в очищаемые газы, в другой газы промывают предварительно озонированной водой. Применяют также последующее пропускание озонированного газа через слой активированного угля или подачу его на катализатор. При вводе озона и последующем пропускании газа через катализатор температура превращения таких веществ, как амины, ацетальдегид, сероводород и др., понижается до 60-80°C. В качестве катализатора используют как Pt/Al₂O₃, так и оксиды меди, кобальта, железа на носителе. Основное применение озонные методы дезодорации находят при очистке газов, которые выделяются при переработке сырья животного происхождения на мясо-(жиро-) комбинатах и в быту. Сами по себе озонные методы (методы озонирования) применяют также для обезвреживания дымовых газов от SO₂(NO_x) и дезодорации газовых выбросов промышленных предприятий. Введение озона ускоряет реакции окисления NO до NO₂ и SO₂ до SO₃. После образования NO₂ и SO₃ в дымовые газы вводят аммиак и выделяют смесь образовавшихся комплексных удобрений (сульфата и нитрата аммония). Время контакта газа с озоном, необходимое для очистки от SO₂ (80-90%) и NO_x (70-80%), составляет 0,4-0,9 с. При этом энергозатраты на очистку газов озонным методом очень высоки, что является одной из основных причин, сдерживающих промышленное применение данного метода [1]. Ещё одной причиной является проблема утилизации избыточного озона, который представляет собой ядовитый газ. Однако авторами было найдено техническое решение, которое исключает недостатки очистки отходящих газов с использованием озонирования и обеспечивает повышение общей эффективности очистки отходящих газов, прежде всего, от органических вредных веществ комбинированным способом.

По совокупности общих технических признаков описанные выше способ абсорбционно-биохимической очистки отходящих газов от органических соединений и устройство для его осуществления [7] могут быть приняты в качестве прототипа как для заявляемой системы, так и для заявляемого способа очистки отходящего газа от органических соединений.

Задачей изобретения является разработка системы очистки отходящего газа от органических соединений, а также комбинированного способа очистки, которые обеспечивали бы дальнейшее повышение эффективности очистки при расширении спектра удаляемых из отходящих газов вредных веществ, прежде всего, органических соединений. Система и способ должны также обеспечивать также дальнейшее повышение надёжности работы технологических устройств и системы в целом и снижение энергозатрат, а также возможность регулирования количества и качества (физико-химических характеристик) жидкого абсорбента, подаваемого в скруббер, и более эффективное распределение его по объёму скруббера.

При этом заявляемые система и способ должны обеспечивать возможность удаления из отходящих газов широкого спектра вредных, прежде всего, органических веществ, среди которых можно назвать альдегиды (формальдегид, акролеин, ацетальдегид, фурфурол), третичные амины (триэтиламин, диметиламин, диметилизопропиламин), дурнопахнущие вещества (аммиак, сероводород, сероуглерод, меркаптаны), кетоны (ацетон, метилэтилкетон, диэтилкетон, циклогексанон), спирты (этанол, бутанол, метанол, фурфуриловый, изопропиловый, глицерин), предельные углеводороды (уайт-спирит, скипидар, масло минеральное), ароматические углеводороды (фенол, бензол, ксилолы, толуол, стирол, кумол, этилбензол), кислотные соединения органического и неорганического происхождения, вещества со щелочной реакцией, пыль (древесная, стеклянная, минеральная, угольная, в том числе сажа, волокнистая) и другое.

Поставленная задача решается заявляемой системой очистки отходящего газа от органических соединений, содержащей скруббер, снабжённый внутренними элементами для абсорбции вредных органических веществ, выполненными в виде по меньшей мере двух установленных друг над другом массообменных решёток с расположенными на них слоем насадки и форсунками подачи жидкого абсорбента, одна из которых установлена в зоне входа в скруббер, штуцером подвода отходящих газов, связанным с входом скруббера, штуцером отвода очищенных газов, связанным с выходом скруббера, штуцерами подвода жидкого абсорбента, связанными с форсунками подачи жидкого абсорбента, и средствами сбора и отвода отработанного абсорбента, реактор биохимической регенерации абсорбента, насосы и трубопроводы, связывающие реактор биохимической регенерации абсорбента со скруббером через штуцер подвода регенерированного абсорбента и средство отвода отработанного абсорбента с образованием замкнутого контура, управляемое средство создания направленного потока отходящих газов и средства контроля и управления системой очистки. При этом выход скруббера через штуцер отвода очищенных газов связан с реактором биохимической регенерации абсорбента посредством сепаратора, снабжённого средствами разделения газообразной и жидкой фаз и средством отвода газообразной фазы из системы очистки. Поставленная задача решается за счёт того, что система очистки дополнительно содержит средство озонирования отходящих газов, установленное перед входом в скруббер, ёмкость для регенерированного

жидкого абсорбента, связанную с выходом реактора биохимической регенерации абсорбента и со штуцерами подвода жидкого абсорбента и снабжённую средствами контроля и управления физико-химическими характеристиками жидкого абсорбента, а также средство предварительного осветления отработанного абсорбента, связанное со средством отвода отработанного абсорбента сепаратором и реактором биохимической регенерации абсорбента и содержащее, по меньшей мере, дозатор присадок для осветления отработанного абсорбента и дозатор биогенных присадок.

Оснащение системы очистки средством озонирования отходящих газов, установленным именно перед входом в скруббер, неожиданно позволяет не только расширить спектр веществ, удаляемых из потока отходящих газов, и значительно усилить эффект дезодорации отходящих газов, но и исключить упомянутые выше недостатки, присущие традиционным методам озонирования. Это обеспечивается, в частности, за счёт того, что подача озона в "смеси" с отходящим газом на массообменные элементы скруббера обеспечивает более глубокую очистку отходящих газов от вредных примесей благодаря активизации окислительных процессов и в то же время позволяет избавиться от необходимости последующей утилизации избыточного озона в связи с его полным поглощением жидким абсорбентом и использованием в процессах минерализации уловленных загрязнителей.

Ёмкость для регенерированного жидкого абсорбента, связанная с выходом реактора биохимической регенерации абсорбента и со штуцерами подвода жидкого абсорбента в скруббер и снабжённая средствами контроля и управления физико-химическими характеристиками жидкого абсорбента, позволяет не только контролировать, но и "корректировать" физико-химические характеристики жидкого абсорбента. По сути, ёмкость для регенерированного жидкого абсорбента оснащена опциями подготовки и контроля физико-химических характеристик жидкого абсорбента непосредственно перед его подачей в скруббер, что повышает уровень технологии абсорбционной очистки отходящих газов за счёт оптимизации количества и физико-химических характеристик жидкого абсорбента, подаваемого в технологический процесс очистки отходящих газов, содержащих определённые вредные вещества.

Дополнение системы очистки средством предварительного осветления отработанного абсорбента, связанным со средством отвода отработанного абсорбента и реактором биохимической регенерации абсорбента и содержащим, по меньшей мере, дозатор присадок для осветления отработанного абсорбента и дозатор биогенных присадок, обеспечивает более качественное осветление отработанного абсорбента за счёт введения специальных присадок (коагулянты и флокулянты). Это, с одной стороны, позволяет применять устройство для очистки отходящих газов от аэрозолей, сажи (пироуглерода) и тонкодисперсных взвесей, способных образовывать в воде коллоидные растворы (например, аэрозоли лакокрасочных или глинообразных материалов), а с другой стороны, предупреждает загрязнение указанными веществами реактора биохимической регенерации абсорбента.

В предпочтительных формах реализации заявляемой системы управляемое средство создания направленного потока отходящих газов выполнено в виде установленного на выходе системы очистки побудителя тяги, снабжённого пультом управления. Это позволяет регулировать скорость прохождения отходящих газов через скруббер и последующие технологические устройства.

Также предпочтительными являются формы реализации заявляемой системы, в которых средство озонирования отходящих газов выполнено в виде генератора озона.

Также предпочтительными являются формы реализации заявляемой системы, в которых средства контроля и управления физико-химическими характеристиками жидкого абсорбента включают, по меньшей мере, датчик реакции среды, датчик уровня, пробоотборник, регулируемый теплообменный элемент, регулируемый дозатор абсорбционных присадок, регулируемый дозатор воды. При этом каждый из указанных датчиков, дозаторов и других устройств может быть выбран специалистом в данной области из подходящих доступных устройств в зависимости от условий их использования в системе, от производства (количества и состава подлежащего очистке отходящего газа) и других условий.

В различных возможных формах реализации заявляемой системы средство предварительного осветления отработанного абсорбента предпочтительно содержит ёмкость для осветления отработанного абсорбента, снабжённую средствами сбора и удаления флотационного шлама и шламового осадка, связанными со шламосборником посредством вакуумного устройства, предпочтительно вакуумного насоса или эрлифта. Использование вакуумной техники обеспечивает механизацию удаления сложных флотационных шламов, в том числе и вспененных.

Для более эффективного "промывания" отходящего газа жидким абсорбентом в предпочтительных формах реализации заявляемая система очистки дополнительно содержит множество распределительных сопел, расположенных в скруббере в зоне под нижней массообменной решёткой с возможностью равномерного распределения потока отходящих газов по всему поперечному сечению скруббера. Такое решение позволяет избежать образования зон проскока неочищенного отходящего газа, что способствует повышению эффективности очистки.

В предпочтительных формах реализации заявляемой системы средства сбора и отвода отработанного абсорбента выполнены в виде каплеуловителя, расположенного в донной зоне скруббера.

В предпочтительных формах реализации заявляемой системы сепаратор может быть выполнен в виде инерционного сепаратора, снабжённого ловушками плёночной жидкости с каналами отвода, и до-

полнительно оснащён жалюзийным каплеуловителем с ловушками капельной жидкости и сборником жидкости с гидрозатвором, при этом каналы отвода и ловушки капельной жидкости связаны со сборником жидкости, который, в свою очередь, связан с реактором биохимической регенерации абсорбента через средство предварительного осветления отработанного абсорбента. Такая конструкция сепаратора повышает эффективность сепарации и предотвращает её вторичный унос.

Поставленная задача решается также заявляемым способом очистки отходящих газов от органических соединений, включающим многостадийную очистку отходящих газов, при которой последовательно очистку проводят путём пропускания предварительно увлажнённого отходящего газа в восходящем потоке через стекающий через скруббер жидкий абсорбент, промывку жидким абсорбентом и формирование нисходящего потока выходящего из скруббера очищенного газа с последующим дополнительным выделением из него жидкой фазы, сбор вытекающего из скруббера отработанного абсорбента и выделенной жидкой фазы и их регенерацию в реакторе биохимической регенерации абсорбента с последующим повторным использованием. Поставленная задача решается за счёт того, что перед подачей в скруббер отходящий газ насыщают озоном, перед биохимической регенерацией отработанный абсорбент и выделенную жидкую фазу осветляют, а физико-химические характеристики регенерированного жидкого абсорбента перед повторным использованием контролируют и корректируют в соответствии с требуемыми характеристиками жидкого абсорбента.

В предпочтительных формах реализации заявляемого способа очистки отработанный абсорбент и выделенную жидкую фазу для осветления накапливают (например, в упомянутой выше ёмкости для осветления отработанного абсорбента), осветление проводят путём добавки присадок для осветления с последующим удалением шлама в виде флотационного шлама и шламового осадка. Как уже было упомянуто выше в связи с описанием средств осветления из состава заявляемой системы, это обеспечивает предварительное удаление из отработанного абсорбента перед его биохимической регенерацией части уловленных вредных веществ.

В предпочтительных формах реализации заявляемого способа очистки регенерированный жидкий абсорбент также накапливают для контроля и корректировки с последующей дозированной подачей на повторное использование.

В предпочтительных формах реализации заявляемого способа очистки биохимическую регенерацию проводят в аэробном или анаэробном реакторе.

Заявленная система и способ очистки отходящих газов от органических соединений будут более подробно рассмотрены на одном из возможных предпочтительных, но не ограничивающих примеров реализации системы очистки, со ссылками на позиции чертежа, на котором представлено схематичное изображение системы очистки отходящих газов от органических соединений.

На чертеже схематично изображены скруббер 1, снабжённый внутренними элементами для абсорбции вредных органических веществ, выполненными в виде для рассматриваемого примера реализации трёх установленных друг над другом массообменных решёток 2 с расположенными на них слоем насадок 3 и форсунками 4 подачи жидкого абсорбента, нижняя 5 из которых установлена в зоне входа 6 в скруббер 1. Скруббер 1 также снабжён штуцером 7 подвода отходящих газов, связанным с входом 6 скруббера, штуцером 8 отвода очищенных газов, связанным с выходом 9 скруббера 1, штуцерами 10 подвода жидкого абсорбента, связанными с форсунками 4 подачи жидкого абсорбента, и средствами сбора и отвода отработанного абсорбента, выполненными в данной форме реализации в виде приёмника 11 отработанного абсорбента, расположенного в донной зоне скруббера 1. Система по чертежу содержит также реактор 12 биохимической регенерации абсорбента, насосы и трубопроводы (более подробно будут рассмотрены ниже), связывающие реактор 12 биохимической регенерации абсорбента со скруббером 1 через штуцер 13 подвода регенерированного абсорбента и средство отвода отработанного абсорбента (приёмник 11 отработанного абсорбента) с образованием замкнутого контура. Система по чертежу содержит также управляемое средство создания направленного потока отходящих газов, в представленной форме реализации выполненное в виде установленного на выходе системы очистки побудителя 14 тяги, снабжённого пультом 15 управления, и средства контроля и управления системой очистки, которые более подробно будут рассмотрены ниже. Выход 9 скруббера 1 через штуцер 8 отвода очищенных газов связан с реактором 12 биохимической регенерации абсорбента посредством сепаратора 16, снабжённого средствами разделения газообразной и жидкой фаз и средством отвода газообразной фазы из системы очистки. В представленной на чертеже форме реализации сепаратор выполнен в виде инерционного сепаратора, снабжённого ловушками 17 плёночной жидкости с каналами 18 отвода, и дополнительно оснащён жалюзийным каплеуловителем 19 с ловушками 20 капельной жидкости и сборником 21 жидкости с гидрозатвором 22. Каналы 18 отвода и ловушки 20 капельной жидкости связаны со сборником 21 жидкости, который, в свою очередь, связан с реактором 12 биохимической регенерации абсорбента непосредственно либо через средство предварительного осветления отработанного абсорбента.

Средство предварительного осветления отработанного абсорбента в представленной на чертеже форме реализации содержит ёмкость 23 для осветления отработанного абсорбента, снабжённую средствами сбора и удаления флотационного шлама и шламового осадка. Средства сбора и удаления флотационного шлама включают, в частности, сопло 24 сбора флотационного шлама, связанное патрубком 25 со

сборником 26 флотационного шлама. Средство сбора и удаления шламового осадка включает, в частности, установленный в донной зоне ёмкости 23 для осветления отработанного абсорбента штуцер 27, связанный со шламосборником 28 патрубками (позицией на чертеже не обозначены) и посредством вакуумного устройства 29, предпочтительно вакуумного насоса или эрлифта. Средство предварительного осветления отработанного абсорбента по чертежу также содержит дозатор 30 присадок для осветления отработанного абсорбента, связанный с трубопроводами 31 слива отработанного абсорбента, и дозатор 32 биогенных присадок, непосредственно связанный с ёмкостью 23 для осветления отработанного абсорбента.

Система очистки отходящих газов по чертежу также содержит установленное перед входом 6 в скруббер 1 средство озонирования отходящих газов, в представленной форме реализации выполненное в виде генератора 33 озона.

Система очистки отходящих газов по чертежу также содержит ёмкость 34 для регенерированного жидкого абсорбента, связанную с выходом реактора 12 биохимической регенерации абсорбента и со штуцерами 10 подвода жидкого абсорбента и снабжённую средствами контроля и управления качеством жидкого абсорбента. Средства контроля и управления качеством жидкого абсорбента в форме реализации по чертежу включают, в частности, датчик 35 качества, датчик 36 уровня, пробоотборник (пробоотводчик) 37, регулируемый теплообменный элемент 38, регулируемый дозатор 39 абсорбционных присадок, регулируемый дозатор 40 воды, регулятор 41 уровня. Ёмкость 34 для регенерированного жидкого абсорбента связана со штуцерами 10 подвода жидкого абсорбента скруббера 1 трубопроводом 42 подачи жидкого абсорбента посредством насоса 43 с пультом 44 управления.

В представленной на чертеже форме реализации в скруббере 1 предусмотрено множество распределительных сопел 45, расположенных в зоне под нижней массообменной решёткой 2 с возможностью равномерного распределения потока отходящих газов по всему поперечному сечению скруббера 1.

В представленной на чертеже форме реализации выход 9 скруббера 1 через штуцер 8 отвода очищенных газов связан с сепаратором 16 посредством коленного патрубка 46.

Реактор 12 биохимической регенерации абсорбента может иметь любую подходящую конструкцию. В представленной на чертеже форме реализации реактор 12 биохимической регенерации абсорбента содержит биофильтр 47, аэрирующее устройство 48, связанное с каналом 49 аэрации реактора, и теплообменные элементы 50.

В системе также предусмотрены

вакуумный насос 51, связывающий жалюзийный каплеуловитель 19 и сборник 26 флотационного шлама,

установленный в ёмкости 23 для осветления отработанного абсорбента элемент 52 отсыпки флотационного шлама,

штуцер 53 подключения к побудителю тяги 14, связывающий жалюзийный каплеуловитель 19 с выпускной трубой 54 для очищенного воздуха,

канал 55 вентиляции наджидкостного пространства реактора 12 биохимической регенерации отработанного абсорбента, связывающий реактор 12 биохимической регенерации отработанного абсорбента и вход 6 в скруббер 1.

Заявляемая система, реализующая заявляемый способ, работает следующим образом.

В общем случае, в качестве жидкого абсорбента может использоваться техническая вода. Однако для повышения улавливания труднорастворимых органических веществ в жидкий абсорбент может быть введена смесь анионоактивных и неионогенных поверхностно-активных веществ (ПАВ). Так, жидкий абсорбент может содержать до 0,7 г/л анионоактивных и неионогенных поверхностно-активных веществ в отношении 1:1, до 0,2 г/л диаммония фосфата и воду. В принципе, как и в способе-прототипе промывку газа можно проводить при расходе абсорбента, составляющем предпочтительно от 0,24 до 0,50 м³/ч на 1000 м³ отходящего газа.

Биохимическую регенерацию абсорбента обычно проводят при постоянной температуре от 5 до 35°C. Для регенерации абсорбента используются подобранные и селекционированные штаммы микроорганизмов-деструкторов, иммобилизованных на синтетических нитях (биофильтр 47), которые биохимически окисляют широкую гамму вредных органических веществ и ПАВ в водном растворе. Среди наиболее предпочтительных для использования в заявляемом способе можно назвать штаммы типа *Rhodococcus*, *Bacillus*, *Pseudomonas*.

Подлежащие очистке отходящие газы поступают на вход 6 в скруббер 1 за счёт побудителя тяги 14, режим работы которого задаётся посредством пульта 15 управления, в штуцер 7 подвода отходящих газов, смешиваются с озоном, поступающим от генератора 33 озона, и направляются в нижнюю зону скруббера 1, где с помощью нижней форсунки 5 обрабатываются жидким абсорбентом, подаваемым вакуумным насосом 51 по трубопроводу 42 подачи жидкого абсорбента, через штуцер 10 подвода жидкого абсорбента для предварительного увлажнения, охлаждения и обеспыливания.

Далее обработанные отходящие газы направляются через распределительные сопла 45 на массообменные решётки 2 в виде опорных полок, загруженных слоем 3 шаровой или кольцевой насадки, постоянно орошаемой через верхние форсунки 4.

Очищенный ("промытый") поток отходящих газов через расположенный на выходе 9 скруббера 1 штуцер 8 отвода очищенных газов и связанный с ним коленный патрубок 46 направляется в инерционный сепаратор 16, оснащённый ловушками 17 плёночной жидкости с каналами 18 отвода жидкости, а затем поступает в жалюзийный каплеуловитель 19, оснащённый ловушками 20 капельной жидкости, и через штуцер 54 подключения к побудителю тяги 14 выбрасывается побудителем 14 тяги через выпускную трубу 54 для очищенного воздуха в атмосферу в режиме, заданном пультом управления 15. Сепарированная жидкость при этом по каналам 18 отвода жидкости и из ловушки 20 капельной жидкости стекает в сборник 21 жидкости, оснащённый гидрозатвором 22.

Эффективность очистки отходящих газов от загрязняющих веществ обеспечивается и регулируется с помощью режима подачи отходящих газов на очистку побудителем 14 тяги, режимом подачи жидкого скруббера насосом 43 с пультом управления 44, режимом подачи озона от генератора 33 озона, подачей абсорбционных присадок из дозатора 39 в ёмкость 34 для регенерированного жидкого абсорбента, регулируемой с помощью теплообменного элемента 38 температурой жидкого абсорбента, подаваемого из ёмкости 34 для регенерированного жидкого абсорбента.

Отработанный абсорбент удаляется из скруббера 1 самотеком или другим способом через расположенный в донной зоне штуцер отвода отработанного абсорбента (позицией на чертеже не обозначен) приёмника 11 отработанного абсорбента и из инерционного сепаратора 16 через штуцер отвода сепарированной жидкости (позицией на чертеже не обозначен), расположенный в донной зоне в сборнике 21 жидкости инерционного сепаратора 16 и направляется по соответствующим трубопроводам 31 слива отработанного абсорбента в ёмкость 23 для осветления отработанного абсорбента, при этом в трубопровод 31 слива отработанного абсорбента из скруббера 1 через дозатор 30 присадок подаются присадки для усиления эффекта осветления отработанного абсорбента, а через дозатор 32 биогенных присадок подаются биогенные присадки.

Выделившаяся в результате процесса осветления фракция флотационного шлама удаляется с помощью вакуумного насоса (позицией на чертеже не обозначен) через сопло 24 флотационного шлама и патрубок 25 в сборник 26 флотационного шлама и далее в шламосборник 28. Выделившаяся в результате процесса осветления фракция шламового осадка удаляется через штуцер 27 с помощью вакуумного устройства 29 (шламонасос или эрлифт) в шламосборник 28. В шламосборнике 28 шлам накапливается и за счёт фильтрации происходит его обезвоживание и возврат фильтрата в ёмкость 23 для осветления отработанного абсорбента.

Осветленный раствор из ёмкости 23 для осветления отработанного абсорбента далее направляется в реактор 12 биохимической регенерации абсорбента, где за счёт деятельности специальных штаммов микроорганизмов (аэробных или анаэробных) на биофильтрах 47 происходит нейтрализация и минерализация растворённых загрязняющих веществ органического и неорганического происхождения до природных аналогов.

Биохимическая регенерация отработанного абсорбента обеспечивается и регулируется путём подачи непосредственно в реактор 12 биохимической регенерации абсорбента биогенных присадок через дозатор 32 биогенных присадок, кислородным режимом, поддерживаемым с помощью аэрирующего устройства 48, связанного с каналом 49 аэрации реактора, температурой с помощью теплообменных элементов 50.

При этом наджидкостное пространство реактора 12 биохимической регенерации отработанного абсорбента вентилируется с помощью канала 55 вентиляции наджидкостного пространства реактора, обеспечивая удаление отработанного аэрационного воздуха или дегазацию раствора на повторную очистку.

Регенерированный абсорбент из реактора 12 биохимической регенерации отработанного абсорбента поступает далее в ёмкость 34 для регенерированного жидкого абсорбента, где его количество контролируется посредством датчика 36 уровня и доводится до требуемого объёма (с помощью подпитки водой через дозатор 40 воды и регулятор 41 уровня). Также контролируется и корректируется качество регенерированного жидкого абсорбента по температуре (с помощью датчика температуры (позицией на чертеже не обозначен) и регулируемого теплообменного элемента 38), реакции среды (с помощью датчика качества 35 и регулируемого дозатора 39 абсорбционных присадок), сорбционной способности (за счёт контроля основных ингредиентов, в том числе ПАВ, химического потребления кислорода (ХПК), содержания биогенных элементов через пробоборник 37).

Таким образом, заявляемая система обеспечивает замкнутый цикл использования абсорбционного раствора и предотвращает образование производственного стока или выброса или утечки в атмосферу неочищенных отходящих газов. Использование способа и установки позволяет практически полностью удалять различные примеси из отходящих газов различных производств.

При этом виды используемых микроорганизмов, состав абсорбента и технологические режимы обработки зависят от вида очищаемых газов, типа удаляемых примесей и степени загрязнения и могут быть выбраны специалистами в данной области в каждом конкретном случае, исходя из реальных условий.

Заявляемые способ и система очистки отходящих газов иллюстрируются также следующими примерами (для упрощения, без ссылки на позиции чертежа).

Пример 1 (сравнительный).

Процесс очистки отходящих газов от паров бутилацетата, ацетона, этанола, бутанола, ксилола, толуола, этилцеллозольва ведут по следующей схеме.

Отходящие газы (ОГ) в количестве $20800 \text{ м}^3/\text{ч}$ с температурой 18°C направляются (с предварительным увлажнением) через входную камеру распределителя-сепаратора в нижнюю часть скруббера за счет тяги высоконапорного вентилятора, установленного на выходе сборника-сепаратора. Скруббер представляет собой в трехступенчатый аппарат круглого сечения, по высоте которого расположены три массообменные решетки со слоем шаровой насадки. Решетки имеют круглые отверстия диаметром 15 мм, количество отверстий подобрано таким образом, чтобы свободное сечение решетки составляло 50%. Диаметр скруббера 1,4 м, высота слоя шаровой насадки 0,15 м. Шаровая насадка выполнена из полимерного материала и имеет диаметр 35-40 мм, удельный вес $350 \text{ кг}/\text{м}^3$. На каждую решетку подается абсорбент в количестве $1,7 \text{ м}^3/\text{ч}$, т.е. суммарно $5,1 \text{ м}^3/\text{ч}$. Состав абсорбента - вода с примесями растворителей с суммарной концентрацией 1,5 г/л, поверхностно-активные вещества (ПАВ) неионогенного и анионоактивного типов в виде жидкого синтетического моющего средства с концентрацией 0,45 г/л, соли диаммонийфосфата $[(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4]$ с концентрацией 0,075 г/л. Температура абсорбента 18°C постоянно поддерживается с помощью теплообменника. Абсорбент на каждой ступени абсорбции подают насосом на форсунки, установленные факелом вверх. Оработанный абсорбент из сборника-сепаратора самотеком поступает на регенерацию в биореактор.

Биореактор в виде проточного аэротенка представляет собой аппарат прямоугольного сечения, объемом 20 м^3 , разделенный технологическими перегородками на 8 секций. В каждой секции находится аэратор барботажного типа и рамки с бионасадкой (полиэфирная текстурированная нить), на которой находится иммобилизованный штамм микроорганизмов *Rhodococcus* и *Bacillus*. Микроорганизмы специально подобраны и селекционированы для биохимического окисления набора вышеуказанных растворителей и адаптированы к реальному абсорбенту, ПАВ и солям.

Регенерация абсорбента происходит в аэробных условиях, расход воздуха на аэрацию составляет $4,5\text{-}5,0 \text{ м}^3/\text{ч}$ на 1 м^3 объема аэротенка, при этом производится постоянное удаление взвешенных частиц, песка и пыли с помощью эрлифт-насоса и устройства отвода шлама из аэротенка. В результате регенерации органические вещества (растворители) окисляются до диоксида углерода (CO_2) и воды (H_2O). Регенерация абсорбента проводится до остаточного содержания растворителей не более 2,5 г/л. Регенерированный абсорбент поступает в накопительную емкость, состав корректируется, при необходимости, по содержанию ПАВ и биогенных добавок и насосом подается на форсунки для орошения шаровой насадки с целью дальнейшей очистки ПВС от паров растворителей. Контроль расхода, температуры, содержания примесей в отходящих газах, а также контроль температуры и pH абсорбента постоянно осуществляется при помощи датчиков и приборов.

Степень очистки ОГ от паров бутилацетата - 93%, ацетона - 99%, этанола - 95%, бутанола - 99%, ксилола - 97%, толуола - 79%, этилцеллозольва - 99%.

Пример 2.

Отходящие газы удаляются от окрасочно-сушильной камеры. Процесс очистки отходящих газов от паров бутилацетата, ацетона, этанола, бутанола, ксилола, толуола, этилцеллозольва ведут по следующей схеме.

Отходящие газы (ОГ) в количестве $18700 \text{ м}^3/\text{ч}$ с температурой 58°C направляют через штуцер подвода ОГ на вход скруббера, где смешивают их с озоном, подаваемым от генератора озона в количестве 180 г/ч. Смесь ОГ и озона далее за счет тяги, создаваемой побудителем тяги, установленным на выходе сепаратора, поступает в нижнюю часть скруббера, где через нижние форсунки с факелом "вверх" увлажняется жидким абсорбентом, подаваемым насосом из емкости для регенерированного жидкого абсорбента в количестве $2,6 \text{ м}^3/\text{ч}$. Скруббер представляет собой трехступенчатый аппарат круглого сечения, по высоте которого расположены три массообменные решетки со слоем шаровой насадки. Решетки имеют круглые отверстия диаметром 15 мм, количество отверстий подобрано таким образом, чтобы свободное сечение решетки составляло 50%. Диаметр скруббера 1,4 м, высота слоя шаровой насадки 0,15 м. Шаровая насадка выполнена из полимерного материала и имеет диаметр 35-40 мм, удельный вес $350 \text{ кг}/\text{м}^3$. На каждую решетку подается жидкий абсорбент для орошения шаровой насадки в количестве $1,8 \text{ м}^3/\text{ч}$, т.е. суммарно $5,4 \text{ м}^3/\text{ч}$. Состав жидкого абсорбента - вода с примесями растворителей с суммарной концентрацией 1,4 г/л, поверхностно-активные вещества (ПАВ) неионогенного и анионоактивного типов в виде жидкого синтетического, биоразлагаемого моющего средства с концентрацией 0,15 г/л, соли диаммонийфосфата $[(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4]$ с концентрацией 0,12 г/л. Температура жидкого абсорбента 19°C постоянно поддерживается с помощью теплообменника. Жидкий абсорбент на каждую ступень абсорбции подают на массообменные решетки через форсунки факелом "вниз". Оработанный в скруббере абсорбент поступает в приемник оработанного абсорбента, а сепарированная жидкость собирается в сборнике жидкости сепаратора и далее самотеком по трубопроводам слива оработанного абсорбента поступает на осветление в емкость для осветления оработанного абсорбента.

В трубопровод слива оработанного абсорбента дозатором добавляют поочередно в качестве при-

садок для усиления эффекта осветления водный раствор минерального коагулянта в количестве 0,02 кг/ч и флокулянт в виде дисперсии полиэлектролита в количестве 0,05 кг/ч. В ёмкость для осветления дозатором добавляют в качестве биогенных присадок диаммонийфосфат $[(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4]$ в количестве 0,02 кг/ч. Шлам, образующийся в процессе осветления абсорбента, постоянно выводится из ёмкости для осветления отработанного абсорбента посредством вакуумного устройства или вакуумного насоса.

Из ёмкости для осветления отработанного абсорбента осветленный абсорбент поступает в реактор биохимической регенерации отработанного абсорбента, выполненный в виде проточного аэротенка и представляющий собой аппарат прямоугольного сечения объёмом 20 м³, разделенный технологическими перегородками на 8 секций. В каждой секции находится аэратор барботажного типа и рамки с бионасадкой (полиэфирная текстурированная нить), на которой находится иммобилизованный штамм микроорганизмов рода *Rhodococcus* и *Bacillus*. Микроорганизмы специально подобраны и подготовлены для биохимического окисления набора вышеуказанных растворителей и адаптированы к реальному абсорбенту, ПАВ и солям. Регенерация абсорбента происходит в аэробных условиях, расход воздуха на аэрацию составляет 0,5-1,5 м³/ч на 1 м³ объёма. В результате регенерации органические вещества (растворители) окисляются до диоксида углерода (CO₂) и воды (H₂O). Регенерация абсорбента проводится до остаточного суммарного содержания растворителей в абсорбенте не более 1,4 г/л. Регенерированный абсорбент поступает в ёмкость для регенерированного жидкого абсорбента, при необходимости состав корректируется по содержанию ПАВ и биогенных добавок, и насосом подается на форсунки для предварительного увлажнения ОГ и для орошения шаровой насадки с целью дальнейшей очистки от паров растворителей. Контроль расхода, температуры, содержания примесей в ОГ, а также контроль температуры и pH абсорбента постоянно осуществляется при помощи датчиков и приборов.

Степень очистки ОГ от паров бутилацетата - 96,7%, ацетона - 99,4%, этанола - 96,2%, бутанола - 99,2%, ксилола - 97,6%, толуола - 84,3%, этилцеллозольва - 99,2% при входных концентрациях 0,96 г/м³, 0,27 г/м³, 0,43 г/м³, 0,17 г/м³, 0,09 г/м³, 0,11 г/м³ соответственно.

Пример 3.

Способ осуществляют по примеру 2 с той разницей, что очистку ОГ ведут от паров фенола, формальдегида, бензола аммиака, фурфурола с содержанием 0,03 г/м³, 0,015 г/м³, 0,07 г/м³, 0,04 г/м³, 0,007 г/м³ соответственно. Объём ОГ, поступающих на очистку, 28400 м³/ч, температура 76°C. Диаметр скруббера 1,8 м, высота слоя шаровой насадки 0,2 м, количество абсорбента на орошение шаровой насадки 2,6 м³/ч на каждую решётку, суммарно 8,4 м³/ч, количество абсорбента, подаваемого на нижние форсунки, 3,2 м³/ч, количество подаваемого озона 120 г/ч, в абсорбенте не используются ПАВ.

Степень очистки ОГ от паров фенола - 93%, формальдегида - 96%, бензола - 87%, аммиака - 74%, фурфурола - 92%, практически отсутствует запаховый эффект вентвыброса ОГ.

Пример 4.

Способ осуществляют по примеру 2 с той разницей, что очистку ОГ ведут от паров минерального масла, уксусной кислоты, акролеина, сажи (пироуглерода) с содержанием 2,3 г/м³, 0,62 г/м³, 0,03 г/м³, 0,04 г/м³ соответственно. Объём ОГ, поступающих на очистку, 2400 м³/ч, температура 120°C. Диаметр скруббера 0,42 м, высота слоя шаровой насадки 0,25 м. Степень очистки от паров минерального масла - 95%, уксусной кислоты - 93%, акролеина - 91%, сажи (пироуглерода) - 98%.

Применение флокулянта, коагулянта и элементов вакуумной техники обеспечивает механизацию удаления сажево-масляного шлама и его обезвреживание.

Как видно из приведенных выше результатов, при прочих равных условиях (сравнительный пример 1) заявляемая система и способ очистки ОГ от органических соединений обеспечивает более высокую степень очистки, а также очистку от более широкого спектра органических соединений.

Литература.

1. Современные методы санации воздушной среды. [Электронный ресурс] 27 июля 2018. Режим доступа: <https://studfiles.net/preview/1150479/page:4/>
2. Патент ЕР № 0313830 В1, опубл. 24.04.1991.
3. OS 3635934.
4. Временные методические указания на проектирование средств очистки выбросов при изготовлении стержней из песчано-смоляных стержней в нагреваемой оснастке. Минск, БПИ ОНИЛЮгаз, РД 0237631.049-89.
5. Локализация и нейтрализация вредных газов при изготовлении стержней в нагреваемой оснастке/Ю.П. Шаповалов, Д.Н. Худокормов, О.А. Белый, С.С. Дешиц, И.С. Щемелев. Литейное производство, № 11, 1989. с.35.
6. Абсорбционно-биохимическая очистка вентиляционного воздуха/А.Г. Лысойван, А.П. Толкач, Ю.Т. Петрушенко, Ю.П. Шаповалов, А.С. Галибус, А.В. Прибылов. Кожевенно-обувная промышленность, № 4, 2003. с. 21.
7. Патент ЕА № 010270 В1, опубл. 29.08.2008.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Система очистки отходящего газа от органических соединений, содержащая скруббер (1), снабжённый внутренними элементами для абсорбции вредных органических веществ, выполненными в виде по меньшей мере двух установленных друг над другом массообменных решёток (2) с расположенными на них слоем (3) насадки и форсунками (4) подачи жидкого абсорбента, одна из которых (5) установлена в зоне входа (6) в скруббер, штуцером (7) подвода отходящих газов, связанным с входом (6) скруббера, штуцером (8) отвода очищенных газов, связанным с выходом (9) скруббера, штуцерами (10) подвода жидкого абсорбента, связанными с форсунками (4, 5) подачи жидкого абсорбента, и средствами (11) сбора и отвода отработанного абсорбента, реактор (12) биохимической регенерации абсорбента, насосы и трубопроводы, связывающие реактор (12) биохимической регенерации абсорбента со скруббером (1) через штуцер подвода (13) регенерированного абсорбента и средство отвода отработанного абсорбента с образованием замкнутого контура, управляемое средство создания направленного потока отходящих газов и средства контроля и управления системой очистки, при этом выход (9) скруббера (1) через штуцер (8) отвода очищенных газов связан с реактором (12) биохимической регенерации абсорбента посредством сепаратора (16), снабжённого средствами разделения газообразной и жидкой фаз и средством отвода газообразной фазы из системы очистки, отличающаяся тем, что дополнительно содержит средство (33) озонирования отходящих газов, установленное перед входом (6) в скруббер (1), ёмкость (34) для регенерированного жидкого абсорбента, связанную с выходом реактора (12) биохимической регенерации абсорбента и со штуцерами (10) подвода жидкого абсорбента и снабжённую средствами контроля и управления физико-химическими характеристиками жидкого абсорбента, а также средство (23) предварительного осветления отработанного абсорбента, связанное со средством (11) отвода отработанного абсорбента, сепаратором (16) и реактором (12) биохимической регенерации абсорбента и содержащее, по меньшей мере, дозатор (30) присадок для осветления отработанного абсорбента и дозатор (32) биогенных присадок.

2. Система по п.1, отличающаяся тем, что управляемое средство создания направленного потока отходящих газов выполнено в виде установленного на выходе системы очистки побудителя (14) тяги, снабжённого пультом (25) управления.

3. Система по п.1, отличающаяся тем, что средство озонирования отходящих газов выполнено в виде генератора (33) озона.

4. Система по п.1, отличающаяся тем, что средства контроля и управления физико-химическими характеристиками жидкого абсорбента включают, по меньшей мере, датчик (35) реакции среды, датчик (36) уровня, пробоотборник (37), регулируемый теплообменный элемент (38), регулируемый дозатор (39) абсорбционных присадок, регулируемый дозатор (40) воды.

5. Система по п.1, отличающаяся тем, что средство предварительного осветления отработанного абсорбента содержит ёмкость (23) для осветления отработанного абсорбента, снабжённую средствами сбора и удаления флотационного шлама и шламового осадка, связанными со шламосборником (28) посредством вакуумного устройства (29), предпочтительно вакуумного насоса или эрлифта.

6. Система по любому из пп.1-5, отличающаяся тем, что дополнительно содержит множество распределительных сопел (45), расположенных в скруббере (1) в зоне под нижней массообменной решёткой (2) с возможностью равномерного распределения потока отходящих газов по всему поперечному сечению скруббера (1).

7. Система по любому из пп.1-5, отличающаяся тем, что средства (11) сбора и отвода отработанного абсорбента выполнены в виде приёмника отработанного абсорбента, расположенного в донной зоне скруббера (1).

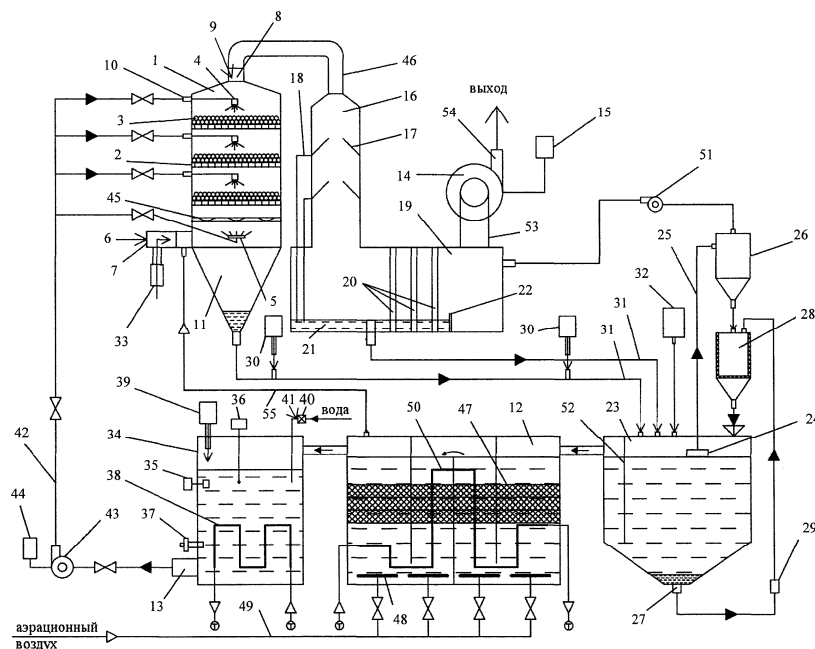
8. Система по любому из пп.1-5, отличающаяся тем, что сепаратор (16) выполнен в виде инерционного сепаратора, снабжённого ловушками (17) плёночной жидкости с каналами (18) отвода, и дополнительно оснащён жалюзийным каплеуловителем (19) с ловушками (20) капельной жидкости и сборником (21) жидкости с гидрозатвором (22), при этом каналы (18) отвода и ловушки (20) капельной жидкости связаны со сборником (21) жидкости, который, в свою очередь, связан с реактором (12) биохимической регенерации абсорбента через средство (23) предварительного осветления отработанного абсорбента.

9. Способ очистки отходящего газа от органических соединений в системе по любому из пп.1-8, включающий многостадийную очистку отходящих газов, при которой последовательно очистку проводят путём пропускания предварительно увлажнённого отходящего газа в восходящем потоке через стекающий через скруббер жидкий абсорбент, промывку жидким абсорбентом и формирование нисходящего потока выходящего из скруббера очищенного газа с последующим дополнительным выделением из него жидкой фазы, сбор вытекающего из скруббера отработанного абсорбента и выделенной жидкой фазы и их регенерацию в реакторе биохимической регенерации абсорбента с последующим повторным использованием, отличающийся тем, что перед подачей в скруббер отходящий газ насыщают озоном, перед биохимической регенерацией отработанный абсорбент и выделенную жидкую фазу осветляют, а физико-химические характеристики регенерированного жидкого абсорбента перед повторным использованием контролируют и корректируют в соответствии с требуемыми характеристиками жидкого абсорбента.

10. Способ по п.9, отличающийся тем, что отработанный абсорбент и выделенную жидкую фазу для осветления накапливают, осветление проводят путём добавки присадок для осветления с последующим удалением шлама в виде флотационного шлама и шламowego осадка.

11. Способ по п.9, отличающийся тем, что регенерированный жидкий абсорбент накапливают для контроля и корректировки с последующей дозированной подачей на повторное использование.

12. Способ по любому из пп.9-11, отличающийся тем, что биохимическую регенерацию проводят в аэробном или анаэробном реакторе.



Евразийская патентная организация, ЕАПВ

Россия, 109012, Москва, Малый Черкасский пер., 2