

(19)



Евразийское  
патентное  
ведомство

(11) 046047

(13) B1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента  
2024.02.01

(51) Int. Cl. *B01D 45/12* (2006.01)  
*B01D 1/00* (2006.01)

(21) Номер заявки  
201991201

(22) Дата подачи заявки  
2019.06.14

---

(54) ЦИКЛОННЫЙ ИСПАРИТЕЛЬ И СВЯЗАННЫЙ С НИМ СПОСОБ ОТДЕЛЕНИЯ

---

(43) 2020.12.30

(56) US-B1-6958107  
EP-B1-0873773  
SU-A1-891160  
US-A-5653813

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
СКАНДСИБ ХОЛДИНГС ЛТД (СУ)

(72) Изобретатель:  
Охрстрем Б-О, Охрстрем Кристиан  
(SE)

(74) Представитель:  
Медведев В.Н. (RU)

---

(57) Предложен циклонный испаритель (1) для отделения компонентов жидкой среды (21), т.е. система, состоящая из испарительной камеры (10), имеющей впускной канал для жидкости (20), предназначенный для подачи жидкой среды, первый впускной канал для газа (30), расположенный в первой части (11) испарительной камеры (10) и предназначенный для подачи первого потока газа (31), и второй впускной канал для газа (40), расположенный во второй части (12) испарительной камеры (10) и предназначенный для подачи второго потока газа (41), при этом второй впускной канал для газа (40) располагается под косым углом к испарительной камере (10) для обеспечения движения второго потока газа (41) по спирали к первой части (11) испарительной камеры (10), первый впускной канал для газа (30) располагается коаксиально продольной оси (X) испарительной камеры (10) для обеспечения движения первого потока газа (31) по оси ко второй части (12) испарительной камеры (10), а испарительная камера (10) имеет выпускной канал (50), расположенный во второй части (12) и предназначенный для удаления испарившейся жидкой среды (24).

B1

046047

046047

B1

### **Область технического применения**

Настоящее изобретение относится к отделению и (или) испарению текучих сред и твердых веществ, в частности к циклонному испарителю и связанному с ним способу отделения.

### **Уровень техники**

Глубокое захоронение отходов на полигонах (особенно биологических отходов, которые разлагаются в анаэробных условиях) приводит к выделению газа и жидкости с неприятным запахом. Газ, как правило, представляет собой горючий углеводород с короткой цепью, а жидкость (в дальнейшем именуемая "фильтрат") во многом зависит от типа отходов, захороненных на полигоне. Приблизительно 95-97% такой жидкости составляет вода, а оставшаяся часть с трудом поддается количественной оценке без тщательного химического анализа. Наиболее важной и очевидной проблемой, связанной с фильтратом, является загрязнение грунтовых вод и перенос вредных веществ с полигона отходов в расположенные рядом колодцы с питьевой водой.

Отделение твердых частиц от жидкостей обычно осуществляется путем фильтрации, и в большинстве случаев для этих целей используется так называемый метод обратного осмоса (ОО). Однако уровень загрязнения фильтрата, поступающего с полигонов отходов, как правило, настолько высок, что фильтры тонкой очистки очень быстро засоряются. Во избежание данной проблемы требуется реализация нескольких этапов предварительной фильтрации. Сложная система фильтров и насосов приводит к высоким капитальным и эксплуатационным затратам, а также предусматривает необходимость обслуживания оборудования на большой территории.

Другим известным способом удаления твердых частиц из потока воздуха, газа или жидкости без использования фильтров является циклонное отделение. Для удаления твердых частиц из жидкости используется гидроциклон, а для удаления твердых частиц из газа - газовый циклон. Отделение различных частиц от текучих сред или газов осуществляется за счет вращательных эффектов, включая завихренность, центробежную силу и (или) силу тяжести. Данный способ может также использоваться для удаления мелких капель жидкости из потока газа.

В округлом сосуде симметричной (например, цилиндрической, конической или сферической) формы, известном под названием "циклон", создается высокоскоростной вращающийся поток воздуха. Воздух поступает в циклон по касательной, что обеспечивает спиральное движение от второго (как правило, широкого) конца циклона к первому (более узкому) концу с формированием прямого потока, выходящего через центр циклона. Частицы с большей инерцией отклоняются от траектории вращающегося (вихревого) потока, ударяются о наружную стенку сосуда и падают в нижнюю часть циклона, откуда они могут быть удалены. Один из таких циклонных испарителей описан в патенте США № 6958107.

Движение вращающегося потока к узкому концу циклона в конической системе сопровождается уменьшением радиуса вращения потока, что обеспечивает отделение все более мелких частиц. Эффективный размер удаляемых частиц (т.е. размер, при котором эффективность удаления частиц из потока составляет 50%) определяется геометрическими характеристиками циклона и объемным расходом. Частицы большего размера удаляются с большей эффективностью, а частицы меньшего размера - с меньшей эффективностью, поскольку они отделяются от потока сложнее или могут быть повторно вовлечены в вихревой поток воздуха при изменении направления движения в сторону выпускного канала.

В рамках дальнейшего усовершенствования данной системы в циклоне альтернативной конструкции используется вторичный поток воздуха, предназначенный для защиты стенок от ударов частиц во избежание истирания и засорения. Первичный поток воздуха, содержащий твердые частицы, поступает в нижнюю часть циклона и движется по спирали за счет неподвижных спиральных лопастей. Вторичный поток воздуха поступает в верхнюю часть циклона и движется по направлению к нижней части, захватывая твердые частицы, содержащиеся в первичном потоке воздуха.

Тем не менее, все известные способы и системы используются для отделения сухих и твердых частиц от газов. Попытки отделения компонентов текучих сред (например, фильтрата с полигона отходов) ранее не предпринимались. Таким образом, сегодня существует потребность в разработке устройства и способа отделения компонентов текучих сред.

### **Краткое изложение сущности изобретения**

Целью настоящего изобретения является разработка решения, обеспечивающего возможность использования указанных преимуществ. Данная цель достигается путем реализации первого аспекта настоящего изобретения, в рамках которого предлагается циклонный испаритель для отделения компонентов текучей среды. Данная система состоит из испарительной камеры, имеющей впускной канал для текучей среды, предназначенный для подачи текучей среды, первый впускной канал для газа, расположенный в первой части испарительной камеры и предназначенный для подачи первого потока газа, и второй впускной канал для газа, расположенный во второй части испарительной камеры и предназначенный для подачи второго потока газа, при этом второй впускной канал для газа располагается под косым углом к испарительной камере для обеспечения движения второго потока газа по спирали к первой части испарительной камеры, первый впускной канал для газа располагается коаксиально продольной оси испарительной камеры для обеспечения движения первого потока газа по оси ко второй части испарительной камеры, а испарительная камера имеет выпускной канал на первом конце испарительной камеры для

обеспечения удаления твердых компонентов, отделенных от текучей среды и выпускной канал, расположенный во второй части и предназначенный для удаления испарившейся текучей среды.

Настоящее изобретение предусматривает наличие не менее двух впускных каналов для газа. Первый впускной канал для газа располагается в первой (например, нижней) части испарительной камеры, в которую через впускной канал для текучей среды также поступает текучая среда. Первый поток газа подается в испарительную камеру через первый впускной канал для газа со скоростью от средней до высокой. Второй впускной канал для газа располагается во второй (например, верхней) части испарительной камеры и используется для подачи второго потока газа в испарительную камеру под косым углом. Второй поток газа поступает в систему с угловой скоростью от средней до высокой, создавая турбулентный вихрь при движении по спирали к первому концу испарительной камеры.

Капли текучей среды будут удерживаться в центре первого потока газа вдоль продольной оси испарительной камеры за счет разницы скоростей первого и второго потоков газа. При этом твердые компоненты, содержащиеся в текучей среде, будут вытесняться (после испарения) из первого потока газа во второй поток газа (ближе ко второй части испарительной камеры) за счет изменения полей скоростей и давлений с переходом от полного удержания к постепенному отделению. Испарившаяся текучая среда (в газообразном состоянии) будет выходить из испарительной камеры через выпускной канал во второй части, а твердые компоненты будут захватываться вторым потоком газа и переноситься к первому концу испарительной камеры для сбора и утилизации.

Циклонный испаритель в рамках настоящего изобретения характеризуется нейтральным обратным давлением и представляет собой простое, эффективное и малозатратное решение для испарения текучей среды. Испарительная камера характеризуется отсутствием движущихся частей и использует противонаправленный поток для удержания испарившейся текучей среды вдоль продольной оси испарительной камеры и предотвращения риска образования отложений на стенках.

В преимущественном варианте реализации настоящего изобретения концевая часть первого впускного канала для газа имеет площадь поперечного сечения, увеличивающуюся в направлении движения первого потока газа, т.е. отверстие первого впускного канала для газа постепенно расширяется в направлении внутренней части испарительной камеры для обеспечения движения первого потока газа по направлению ко второй части вдоль продольной оси испарительной камеры. Таким образом, увеличение площади поперечного сечения первого канала для газа способствует уменьшению скорости первого потока газа до желаемого оптимального значения (например, в зависимости от расхода, температуры и состава газа).

В предпочтительном варианте реализации настоящего изобретения впускной канал для текучей среды имеет одну или несколько форсунок, предназначенных для впрыскивания текучей среды в первый поток газа. Желательно, чтобы первый впускной канал для газа также имел одну или несколько форсунок. Распыление текучей среды обеспечивает образование тумана, состоящего из мелких капель, что гарантирует и ускоряет процесс испарения при подаче капель в первый поток газа.

В другом предпочтительном варианте реализации настоящего изобретения впускной канал для текучей среды имеет манифольд, выполненный в виде кольцевой камеры, окружающей первый впускной канал для газа, при этом система имеет одну или несколько форсунок в сообщении по текучей среде с манифольдом. Данный манифольд предусматривает возможность предварительного нагрева текучей среды за счет теплообмена с первым впускным каналом для газа перед подачей в первый поток газа через форсунки, что повышает эффективность последующего испарения.

В преимущественном варианте реализации настоящего изобретения испарительная камера имеет коническую форму с сужением по направлению к первому концу. Желательно, чтобы вторая часть испарительной камеры имела цилиндрическую форму, а первая часть - коническую форму. Геометрическая форма испарительной камеры влияет на изменение полей скоростей и давлений первого и второго потоков газа для контроля перехода от полного удержания к постепенному отделению испарившейся текучей среды и твердых компонентов, что обеспечивает оптимальное испарение.

В альтернативном варианте реализации настоящего изобретения первая и вторая части испарительной камеры имеют коническую форму с сужением по направлению к первому и второму концам испарительной камеры соответственно. Данная конфигурация обеспечивает более быстрое увеличение разницы между полями скоростей первого и второго потоков газа и способствует отделению испарившейся текучей среды и твердых компонентов, а также предусматривает возможность уменьшения размера испарительной камеры.

В предпочтительном варианте реализации настоящего изобретения испарительная камера представляет собой сосуд, частично или полностью окруженный рубашкой, а текучая среда поступает в рубашку перед подачей в испарительную камеру через впускной канал для текучей среды. Текучая среда подается в испаритель через рубашку и предварительно нагревается, что одновременно способствует охлаждению наружных стенок испарителя для обеспечения безопасной работы.

В преимущественном варианте реализации настоящего изобретения циклонный испаритель дополнительно имеет термодатчик, предназначенный для измерения температуры текучей среды, и клапан, предназначенный для регулирования потока текучей среды на входе в испарительную камеру с учетом

измеренной температуры. Данное решение обеспечивает поддержание безопасной рабочей температуры текучей среды немного ниже точки кипения во избежание паровых взрывов между внутренней и наружной оболочками сосуда с рубашкой (например, за счет приводного клапана и возвратного трубопровода, идущего к источнику текучей среды).

В альтернативном варианте реализации настоящего изобретения циклонный испаритель дополнительно имеет третий впускной канал для газа, расположенный рядом с выпускным каналом и предназначенный для подачи третьего потока газа. Третий поток газа увеличивает скорость удаления испарившейся текучей среды и обеспечивает дополнительное снижение обратного давления в испарителе.

В предпочтительном варианте реализации настоящего изобретения циклонный испаритель дополнительно имеет коллектор, расположенный в первой части испарительной камеры и предназначенный для сбора твердых компонентов, отделенных от испарившейся текучей среды. В качестве коллектора может использоваться обычный контейнер или резервуар, расположенный рядом с первым концом испарительной камеры и предусматривающий возможность извлечения из циклонного испарителя. В альтернативном варианте испарительная камера имеет открытый первый конец для удаления отделенных твердых компонентов даже в процессе эксплуатации циклонного испарителя.

В рамках реализации второго аспекта настоящего изобретения предлагается способ отделения компонентов текучей среды посредством циклонного испарения в вышеупомянутом испарителе, включая:

подачу текучей среды в испарительную камеру через впускной канал для текучей среды;

подачу первого потока газа в испарительную камеру через первый впускной канал для газа, расположенный в первой части испарительной камеры;

подачу второго потока газа в испарительную камеру через второй впускной канал для газа, расположенный во второй части испарительной камеры под косым углом для обеспечения движения второго потока газа по спирали внутри испарительной камеры, при этом первый впускной канал для газа располагается коаксиально продольной оси испарительной камеры для обеспечения движения первого потока газа по оси внутри испарительной камеры; и

удаление твердых компонентов из испарительной камеры через выпускной канал, расположенный в первой части;

удаление испарившейся текучей среды из испарительной камеры через выпускной канал, расположенный во второй части.

В предпочтительном варианте реализации настоящего изобретения текучая среда распыляется перед подачей в первый поток газа. Распыление текучей среды обеспечивает образование тумана, состоящего из мелких капель, что гарантирует и ускоряет процесс испарения при подаче капель в первый поток газа.

В преимущественном варианте реализации настоящего изобретения первый поток газа содержит горячий газ, а второй поток газа содержит окружающий воздух, нагнетаемый с помощью вентилятора, расположенного до второго впускного канала для газа. Например, в качестве горячего газа может применяться газ, образующийся при сгорании топлива, что обеспечивает возможность использования тепла отработанного газа для испарения текучей среды и отделения от нее твердых компонентов. Разница температур первого и второго потоков газа может использоваться для контроля удержания и отделения испарившейся текучей среды и твердых компонентов.

В альтернативном варианте реализации настоящего изобретения первый и второй потоки газа содержат горячий газ из одного источника. Например, первый и второй потоки газа могут содержать отходящий газ, который перед подачей в испарительную камеру разделяется на отдельные потоки.

#### **Краткое описание чертежей**

Ниже в качестве примера представлено описание изобретения со ссылкой на прилагаемые чертежи:

На фиг. 1 показан вид циклонного испарителя в перспективе в соответствии с одним из вариантов реализации настоящего изобретения;

На фиг. 2 показан вид циклонного испарителя в перспективе с частичным вырезом в соответствии с одним из вариантов реализации настоящего изобретения;

На фиг. 3А и 3В показаны виды впускных каналов для текучей среды и газа в перспективе и поперечном разрезе в соответствии с одним из вариантов реализации настоящего изобретения;

На фиг. 3С и 3D показаны виды впускных каналов для текучей среды и газа в поперечном разрезе в разобранном и собранном состоянии в соответствии с одним из вариантов реализации настоящего изобретения;

На фиг. 4 показан внутренний вид циклонного испарителя в перспективе с частичным вырезом в соответствии с одним из вариантов реализации настоящего изобретения, включая схематическое изображение процессов испарения и отделения компонентов текучей среды;

На фиг. 5 показан вид отдельных компонентов испарительной камеры в разобранном состоянии в соответствии с одним из вариантов реализации настоящего изобретения.

#### **Описание вариантов реализации изобретения**

Ниже представлено подробное описание циклонного испарителя и способа испарения в соответствии с настоящим изобретением. На всех чертежах одинаковые или аналогичные элементы обозначены

одинаковыми номерами позиций посредством нескольких рисунков. Необходимо понимать, что данные рисунки приведены исключительно в иллюстративных целях и никоим образом не ограничивают объем настоящего изобретения.

Несмотря на то, что в примерах ниже рассматриваются возможные варианты реализации циклонного испарителя и способа испарения в отношении фильтрата с полигона отходов, специалистам в данной области техники должно быть ясно, что циклонный испаритель и способ испарения в соответствии с настоящим изобретением можно использовать в отношении любой жидкости или текучей среды в рамках любого процесса отделения компонентов (например, растворимых или взвешенных твердых веществ).

На фиг. 1 показан вид циклонного испарителя 1 в перспективе в соответствии с одним из вариантов реализации настоящего изобретения. Испаритель состоит из испарительной камеры 10, в которую для отделения компонентов текучей среды вместе с текучей средой 21, подлежащей испарению, подаются два потока газа 31, 41, о чем подробно говорится ниже со ссылкой на фиг. 4. Для достижения указанной цели испарительная камера 10 имеет первый впускной канал для газа 30 и второй впускной канал для газа 40, а также впускной канал для текучей среды 20. Первый впускной канал для газа 30 располагается в первой части 11 испарительной камеры 10, которая в вертикальной конфигурации соответствует нижней части, а второй впускной канал для газа 40 располагается во второй части 12 испарительной камеры 10, которая в вертикальной конфигурации соответствует верхней части. Кроме того, испарительная камера 10 имеет выпускной канал 50, расположенный во второй части 12 и предназначенный для удаления испарившейся текучей среды. Тем не менее, циклонный испаритель 1 также может использоваться в горизонтальной конфигурации с внесением незначительных изменений в конструкцию испарительной камеры 10.

Испарительная камера 10 обладает осевой симметрией для обеспечения и поддержания тангенциального/вращательного движения второго потока газа 41, о чем подробно говорится ниже со ссылкой на фиг. 4. В варианте реализации настоящего изобретения, представленном на фиг. 1, первая часть 11 испарительной камеры 10 имеет коническую форму с сужением по направлению к первому концу 13 или нижней части испарительной камеры 10, а вторая часть 12 имеет цилиндрическую форму. В других вариантах реализации настоящего изобретения испарительная камера 10 может иметь в существенной степени коническую или цилиндрическую форму, либо первая и вторая части 11, 12 могут иметь коническую форму с сужением от центра по направлению к первому и второму концам 13, 14 (расположенным снизу и сверху) испарительной камеры 10 соответственно.

Первый впускной канал для газа 30 располагается коаксиально продольной оси X испарительной камеры 10, что обеспечивает в существенной степени ламинарное движение первого потока газа 31, поступающего в испарительную камеру 10 с высокой скоростью (4-5 м/с) по направлению ко второй части 12, о чем подробно говорится ниже со ссылкой на фиг. 4. В одном из вариантов реализации настоящего изобретения концевая часть 35 первого впускного канала для газа 30 имеет площадь поперечного сечения, увеличивающуюся в направлении движения первого потока газа 31, т.е. в направлении внутренней части испарительной камеры 10. Увеличение площади поперечного сечения может быть постоянным (конус), как показано на фиг. 1, или переменным (например, песочные часы в форме нисходящей части сопла Лавалья), как показано на фиг. 2, и благодаря эффекту Вентури обеспечивает уменьшение скорости первого потока газа 31 до желаемого оптимального значения в зависимости от расхода, температуры и состава газа, содержащегося в первом потоке.

Желательно, чтобы впускной канал для текучей среды 20 располагался в непосредственной близости от первого впускного канала для газа 30. Данная конфигурация обеспечивает подачу текучей среды 21, подлежащей испарению, в первый поток газа 31 непосредственно при его поступлении в испарительную камеру 10. В одном из вариантов реализации настоящего изобретения впускной канал для текучей среды 20 имеет одну или несколько форсунок 22, предназначенных для впрыскивания текучей среды 21 в первый поток газа 31 в виде тумана или аэрозоля. Распыление текучей среды значительно увеличивает относительную площадь поверхности текучей среды 21, что ускоряет процесс испарения благодаря более эффективному взаимодействию с первым потоком газа 31. В одном из вариантов реализации настоящего изобретения первый впускной канал для газа 30 также имеет одну или несколько форсунок 22, расположенных, например, вокруг концевой части 35 первого впускного канала для газа 30 в форме кольца, о чем подробно говорится ниже со ссылкой на фиг. 3А-3Д.

Второй впускной канал для газа 40 располагается под косым углом к испарительной камере 10, что обеспечивает поступление второго потока газа 41 в испарительную камеру 10 по касательной и, как следствие, спиральное движение данного потока вдоль стенок испарительной камеры 10. Второй впускной канал для газа 40 немного наклонен в сторону первой части 11 испарительной камеры 10, т.е. располагается под углом к горизонтальной плоскости, как показано на фиг. 1 и 2, что в целом обеспечивает движение второго потока газа 41 по направлению к первой части 11.

Выбор размеров и геометрических характеристик испарительной камеры 10 обеспечивает оптимальное использование всей тепловой энергии, содержащейся в первом потоке (горячего) газа 31 (например, выхлопного газа, образующегося при сгорании топлива в двигателе), для испарения текучей среды 21. Впускной канал для текучей среды 20 и первый и второй впускные каналы для газа 30, 40 мо-

гут быть выполнены из труб, имеющих соответствующие размеры и изготовленных из подходящего материала, и приварены к испарительной камере 10 для обеспечения герметичности. Кроме того, часть впускного канала для текучей среды 20, расположенная внутри испарительной камеры 10, может быть выполнена из гибкой трубы, предусматривающей возможность эффективного использования системы даже при деформациях и изменениях компонентов циклонного испарителя 1 вследствие изменения температуры и (или) давления в испарительной камере 10.

На фиг. 3А и 3В представлен один из вариантов реализации впускного канала для текучей среды 20 и первого впускного канала для газа 30. Желательно, чтобы впускной канал для текучей среды 20 располагался в непосредственной близости от первого впускного канала для газа 30. Данная конфигурация обеспечивает подачу текучей среды 21, подлежащей испарению, в первый поток газа 31 одновременно с его поступлением в испарительную камеру 10. В данном варианте реализации концевая часть 35 первого впускного канала для газа 30 имеет форму чаши, что обеспечивает увеличение площади поперечного сечения, и выполняется отдельно от трубчатой части первого впускного канала для газа 30, который заканчивается фланцем 32. В варианте реализации, показанном на фиг. 3А, впускной канал для текучей среды 20 соединяется с кольцевым манифольдом 23, окружающим первый впускной канал для газа 30. В варианте реализации, показанном на фиг. 3В, манифольд 23 располагается между фланцем 32 и концевой частью 35, а центральное сквозное отверстие в манифольде 23 является продолжением трубчатой части первого впускного канала для газа 30. Дистальный конец трубчатой части впускного канала для текучей среды 20 соединяется с манифольдом 23. Манифольд 23 образует единую кольцевую камеру и имеет множество выпускных каналов, выполненных в виде форсунок 22, ориентированных в радиальном направлении и загнутых внутрь чашевидной концевой части 35 через специальные отверстия в ней.

Вариант реализации настоящего изобретения, показанный на фиг. 3В, является предпочтительным, поскольку представляет компактную конфигурацию оборудования, предусматривающую возможность предварительного нагрева текучей среды 21 в манифольде 23 за счет теплообмена с первым впускным каналом для газа 30 перед подачей в первый поток газа 31 через форсунки 22.

На фиг. 3С и 3D представлен альтернативный вариант реализации впускного канала для текучей среды 20 и первого впускного канала для газа 30, сходный с вариантом реализации настоящего изобретения, показанным на фиг. 3В. В данном варианте реализации манифольд 23 состоит из двух компонентов: нижнего фланца 26, имеющего цилиндрическую стенку 27 и центральное отверстие 28 с диаметром, соответствующим внутреннему диаметру трубчатой части первого впускного канала для газа 30, и верхнего фланца 36, имеющего центральную трубчатую часть 38 с внутренним диаметром, соответствующим внутреннему диаметру трубчатой части первого впускного канала для газа 30. Верхний фланец 36 и нижний фланец 26 соединяются с фланцем 32 первого впускного канала для газа 30 при помощи болтов, которые устанавливаются в сквозные отверстия, расположенные по периметру соответствующих фланцев 32, 26, 36. Для обеспечения герметичности манифольда 23 и первого впускного канала для газа 30 в соответствующих зонах сопряжения верхнего и нижнего фланцев 36, 26 могут использоваться подходящие уплотнения (например, уплотнительные кольца).

Верхний фланец 36 также имеет множество резьбовых отверстий 37, расположенных по окружности на радиальном расстоянии от центральной оси меньшем радиального расстояния цилиндрической стенки 27 нижнего фланца 26. Таким образом, резьбовые отверстия 37 обеспечивают сообщение по текучей среде с внутренней камерой манифольда 23 после установки верхнего и нижнего фланцев 36, 26. Кроме того, центральная трубчатая часть 38 имеет наружную резьбу, сопрягающуюся с внутренней резьбой нижнего отверстия в чашевидной концевой части 35. Резьбовые отверстия 37 предусматривают возможность установки форсунок 22, которые в процессе монтажа ориентируются и вводятся внутрь чашевидной концевой части 35 через специальные отверстия 33 в ней. Как и в случае с вышеописанным вариантом реализации, показанном на фиг. 3В, модульный манифольд 23, представленный на фиг. 3С и 3D, дает аналогичные преимущества, связанные с компактной конфигурацией оборудования, которая обеспечивает теплообмен между первым потоком газа 31 и текучей средой 21. Кроме того, форсунки 22 располагаются ближе к центральной оси X и не выходят за пределы окружности манифольда 23/концевой части 35, что гарантирует защиту данных компонентов от истирания.

В другом варианте реализации настоящего изобретения концевая часть 35 может иметь дополнительное сквозное отверстие 34, расположенное ближе к центральному отверстию по сравнению с отверстиями 33 для форсунок 22. Дополнительное отверстие 34 может использоваться для подсоединения гибкой трубки (не показана), идущей к открытому первому концу 13 испарительной камеры 10. Данная трубка будет использоваться для контроля потока текучей среды 21 на входе в испарительную камеру 10. Слишком большой поток текучей среды приведет к накоплению жидкости за пределами верхнего конца трубчатой части 38, которая вводится в концевую часть 35 снизу. Накопившаяся жидкость будет удаляться через дополнительное отверстие 34 и трубку, что обеспечивает возможность осуществления визуального контроля оператором. Данная конфигурация позволяет легко регулировать поток текучей среды 21 без использования датчиков потока или другого измерительного оборудования.

В альтернативном варианте реализации настоящего изобретения (не показан) испарительная камера 10 представляет собой сосуд с рубашкой, а текучей среда 21 поступает в рубашку и предварительно на-

гревается перед подачей в первый поток газа 31. Желательно, чтобы рубашка располагалась снаружи первой части 11, рассчитанной на воздействие более высоких температур, чем вторая часть 12. Циклонный испаритель 1 может дополнительно иметь термодатчик, предназначенный для измерения температуры текучей среды 21, и клапан, предназначенный для регулирования потока текучей среды 21 на входе в испарительную камеру 10 с учетом измеренной температуры. Понижение температуры текучей среды 21 указывает на слишком большой поток текучей среды 21.

На фиг. 4 показан принцип работы циклонного испарителя 1 в соответствии с настоящим изобретением. Как говорилось ранее, первый поток газа 31 подается в испарительную камеру 10 через первый впускной канал для газа 30, расположенный в первой части 11. Первый впускной канал для газа 30 с концевой частью 35 располагается коаксиально продольной оси X испарительной камеры 10, что обеспечивает в существенной степени ламинарное движение первого потока газа 31, поступающего в испарительную камеру 10 с высокой скоростью (4-5 м/с) по оси ко второй части 12. Вторым потоком газа 41 подается в испарительную камеру через второй впускной канал для газа 40, расположенный во второй части 12 под косым углом к испарительной камере 10, т.е. с наклоном относительно наружной поверхности испарительной камеры 10 (на рисунке показана цилиндрическая конфигурация). Расположение под косым углом обеспечивает поступление второго потока газа 41 по касательной, что создает в существенной степени спиральное движение данного потока вдоль внутренней стенки испарительной камеры 10. Желательно, чтобы второй впускной канал для газа 41 был немного наклонен в сторону первой части 11, т.е. был направлен вниз под углом к горизонтальной плоскости, как показано на фиг. 1, 2 и 4.

Текучая среда 21 подается в первый поток газа 31 через впускной канал для текучей среды 20, расположенный в непосредственной близости от первого впускного канала для газа 30. На рисунке первый поток газа 31 обозначен белыми стрелками, а текучая среда 21 - черными стрелками. Для увеличения относительной площади поверхности желательно, чтобы при подаче в первый поток газа 31 текучая среда 21 распылялась с помощью форсунок 22. После этого распыленная текучая среда 21 смешивается с первым потоком газа 31. По мере продвижения полученной смеси из первой части 11 во вторую часть 12 испарительной камеры происходит испарение жидких компонентов текучей среды 21, а более тяжелые нежидкие компоненты (например, твердые частицы 25) отклоняются от ламинарного потока в осевом направлении вдоль продольной оси X. Данная тенденция усиливается по мере приближения испарившейся текучей среды 21, твердых компонентов и первого потока газа 31 ко второй части 12 испарительной камеры 10 под влиянием спирального движения второго потока газа 41. В определенной точке между первым концом 13 и вторым концом 14 испарительной камеры 10 происходит изменение полей скоростей и давлений первого потока газа 31 и второго потока газа 41 с переходом от полного удержания к постепенному отделению. В этот момент твердые компоненты 25, обозначенные черными стрелками, отклоняются от траектории ламинарного движения первого потока газа 31 в направлении стенок испарительной камеры 10, а испарившаяся текучая среда 21 (в газообразном состоянии), обозначенная пунктирными стрелками, продолжает движение в осевом направлении и выходит из камеры через выпускной канал 50 вместе с первым потоком газа 31. Твердые компоненты 25 затем вовлекаются в спиральное движение второго потока газа 41 вдоль стенок испарительной камеры и переносятся обратно к первому концу 13 испарительной камеры для удаления через отверстие или сбора в подходящий резервуар (не показан).

На фиг. 5 представлена модульная конфигурация испарительной камеры 10 в разобранном состоянии. Абразивность твердых компонентов 25, отделенных от текучей среды 21, может способствовать износу стенок испарительной камеры 10 с течением времени. В соответствии с одним из вариантов реализации настоящего изобретения предлагается модульное решение, предусматривающее возможность замены одной или нескольких частей испарительной камеры 10 без необходимости замены всей установки. Как показано на фиг. 5, вторая часть 12 испарительной камеры 10 имеет крышку 12а со вторым впускным каналом для газа 40 и расположенным сверху выпускным каналом 50, а также съемную цилиндрическую часть 12b. Аналогично, первая часть 11 испарительной камеры 10 имеет основание 11а с впускным каналом для текучей 20 и первым впускным каналом для газа 30, а также и съемную коническую часть 11b. Для установки компонентов 11а, 11b, 12b, 12а могут применяться крюки, фиксаторы, винтовые стяжки и т.д., используемые в данной области техники.

Пример - фильтрат с полигонов отходов.

Настоящее изобретение может использоваться, например, для решения актуальной сегодня проблемы отделения опасных компонентов фильтрата с полигонов отходов. Оно предусматривает возможность применения газа, образующегося при сгорании топлива в газовых двигателях, турбинах или аналогичных системах (которые обычно размещаются на полигонах для дегазации и выработки экологически чистой энергии), в качестве первого потока газа, а также обеспечивает эффективное использование тепловой энергии. Поскольку двигатели/турбины не могут работать в условиях обратного давления, испаритель должен полностью соответствовать данному ограничению, т.е. обеспечивать сквозной поток отходящего газа при поступлении и испарении фильтрата.

Кроме того, фильтрат прилипает к горячим стенкам сосуда, что приводит к росту отложений и постепенному уменьшению скорости испарения. Использование второго потока газа для удержания фильт-

рата сводит риск возникновения данного нежелательного явления к минимуму, а улучшенная гидродинамика стабилизирует поток влажного материала за счет аэродинамической подъемной силы, что обеспечивает более эффективное взаимодействие с первым потоком (горячего) газа и оптимальное испарение. Впоследствии противонаправленные потоки (первый и второй потоки газа) отделяют твердые вещества от пара и переносят их по спирали к первому концу испарительной камеры для сбора, например, с помощью съемного коллектора/резервуара (не показан), расположенного в первой части или рядом с первым концом установки.

Данный испаритель характеризуется нейтральным обратным давлением, что гарантирует оптимальную работу двигателя внутреннего сгорания, и представляет собой простое, эффективное и мало затратное решение для испарения фильтрата. Испарительная камера характеризуется отсутствием движущихся частей и использует противонаправленный поток для удержания испарившейся текучей среды вдоль продольной оси испарительной камеры и предотвращения риска образования отложений на стенках.

Для обеспечения минимальной степени повышения давления, максимально эффективного циклонного отделения и оптимального испарения все внутренние геометрические характеристики (включая углы, радиусы, высоты, диаметры труб и т.д.) были смоделированы с использованием методов вычислительной гидродинамики (ВГ) и имеют пренебрежимо малое влияние на работу системы. В рамках моделирования учитывался удельный поток газа, создаваемый газовым двигателем Jenbacher J320, поскольку данный двигатель используется на существующем полигоне отходов для преобразования энергии газа в электричество и был выбран для размещения опытной установки. Другие двигатели с различными показателями расхода выхлопного газа, химическими составами, собственными температурами и т.д. потребуют проведения нового моделирования с использованием методов ВГ и внесения последующих изменений в геометрические характеристики.

Выше описаны предпочтительные варианты реализации настоящего изделия и соответствующего способа испарения. Тем не менее, специалисту в данной области техники должно быть понятно, что указанные варианты могут изменяться и дополняться в рамках прилагаемой формулы изобретения без отступления от замысла настоящего изобретения.

Все вышеописанные альтернативные варианты реализации или их части могут использоваться в различных комбинациях или по отдельности без отступления от замысла настоящего изобретения и только в том случае, если подобная комбинация является совместимой.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Циклонный испаритель (1) для отделения компонентов текучей среды (21), содержащий испарительную камеру (10), имеющую впускной канал для текучей среды (20), предназначенный для подачи текучей среды, первый впускной канал для газа (30), расположенный в первой части (11) испарительной камеры (10) и предназначенный для подачи первого потока газа (31), и второй впускной канал для газа (40), расположенный во второй части (12) испарительной камеры (10) и предназначенный для подачи второго потока газа (41), при этом второй впускной канал для газа (40) располагается под косым углом к испарительной камере (10) для обеспечения движения второго потока газа (41) по спирали к первой части (11) испарительной камеры (10), первый впускной канал для газа (30) располагается коаксиально продольной оси (X) испарительной камеры (10) для обеспечения движения первого потока газа (31) по оси ко второй части (12) испарительной камеры (10), а испарительная камера (10) имеет выпускной канал на первом конце (13) испарительной камеры (10) для обеспечения удаления твердых компонентов (25), отделенных от текучей среды (21) и выпускной канал (50), расположенный во второй части (12) и предназначенный для удаления испарившейся текучей среды (24).

2. Циклонный испаритель (1) по п.1, в котором концевая часть (35) первого впускного канала для газа (30) имеет площадь поперечного сечения, увеличивающуюся в направлении движения первого потока газа (31).

3. Циклонный испаритель (1) по п.1 или 2, в котором впускной канал для текучей среды (20) имеет одну или несколько форсунок (22), предназначенных для впрыскивания текучей среды в первый поток газа (31).

4. Циклонный испаритель (1) по п.3, в котором первый впускной канал для газа (30) имеет одну или несколько форсунок (22).

5. Циклонный испаритель (1) по п.3 или 4, в котором впускной канал для текучей среды (20) имеет манифольд (23), выполненный в виде кольцевой камеры, окружающей первый впускной канал для газа (30), причем одна или несколько форсунок (22) расположены в сообщении по текучей среде с манифольдом (23).

6. Циклонный испаритель (1) по любому из предшествующих пунктов, в котором испарительная камера (10) имеет частично коническую форму с сужением по направлению к первому концу (13) испарительной камеры (10).

7. Циклонный испаритель (1) по п.6, в котором вторая часть (12) испарительной камеры имеет ци-



линдрическую форму, а первая часть (11) - коническую форму.

8. Циклонный испаритель (1) по любому из пп.1-6, в котором первая и вторая части (11, 12) испарительной камеры (10) имеют коническую форму с сужением по направлению к первому и второму концам (13, 14) испарительной камеры (10) соответственно.

9. Циклонный испаритель (1) по любому из предшествующих пунктов, в котором испарительная камера (10) представляет собой сосуд, частично или полностью окруженный рубашкой, а текучая среда (21) поступает в рубашку перед подачей в испарительную камеру (10) через впускной канал для текучей среды (20).

10. Циклонный испаритель (1) по п.9, в котором система имеет термодатчик, предназначенный для измерения температуры текучей среды (21), и клапан, предназначенный для регулирования потока текучей среды (21) на входе в испарительную камеру (10) с учетом измеренной температуры.

11. Циклонный испаритель (1) по любому из предшествующих пунктов, дополнительно имеющий третий впускной канал для газа (60), расположенный рядом с выпускным каналом (50) и предназначенный для подачи третьего потока газа (61).

12. Циклонный испаритель (1) по любому из предшествующих пунктов, дополнительно имеющий вентилятор, расположенный до второго впускного канала для газа (40) и предназначенный для подачи окружающего воздуха в испарительную камеру (10) через второй впускной канал для газа (40).

13. Циклонный испаритель (1) по любому из предшествующих пунктов, дополнительно имеющий коллектор, расположенный в первой части (11) испарительной камеры (10) и предназначенный для сбора твердых компонентов (25), отделенных от испарившейся текучей среды (24).

14. Способ отделения компонентов текучей среды посредством циклонного испарения в испарителе по п.1, включая:

подачу текучей среды в испарительную камеру (10) через впускной канал для текучей среды (20);

подачу первого потока газа (31) в испарительную камеру (10) через первый впускной канал для газа (30), расположенный в первой части (11) испарительной камеры (10);

подачу второго потока газа (41) в испарительную камеру (10) через второй впускной канал для газа (40), расположенный во второй части (12) испарительной камеры (10) под косым углом для обеспечения движения второго потока газа (41) по спирали внутри испарительной камеры (10), при этом первый впускной канал для газа (30) располагается коаксиально продольной оси (X) испарительной камеры (10) для обеспечения движения первого потока газа (31) по оси внутри испарительной камеры (10); и

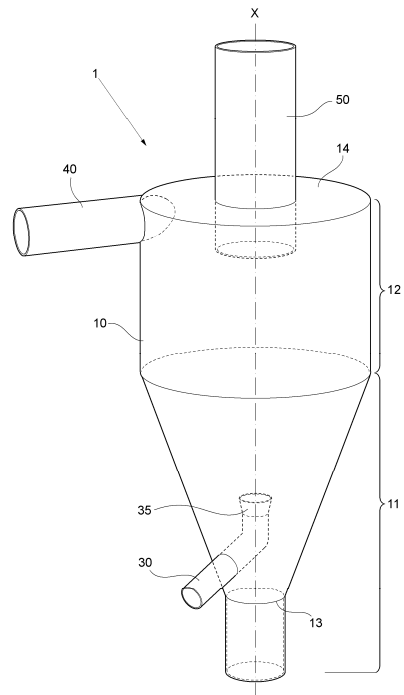
удаление твердых компонентов из испарительной камеры через выпускной канал, расположенный в первой части (13);

удаление испарившейся текучей среды из испарительной камеры (10) через выпускной канал (50), расположенный во второй части (12).

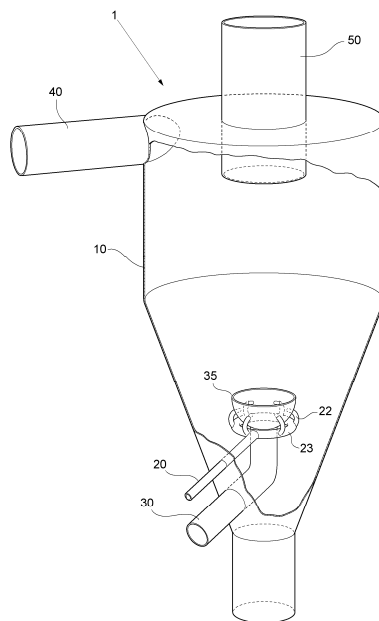
15. Способ по п.14, в котором текучая среда (21) распыляется перед подачей в первый поток газа (31).

16. Способ по п.14 или 15, в котором первый поток газа (31) содержит горячий газ, а второй поток газа (41) содержит окружающий воздух, нагнетаемый с помощью вентилятора, расположенного до второго впускного канала для газа (40).

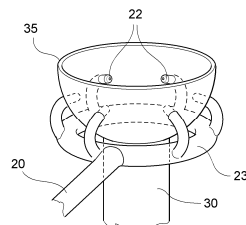
17. Способ по п.14 или 15, в котором первый и второй потоки газа (31, 41) содержат горячий газ из одного источника.



Фиг. 1

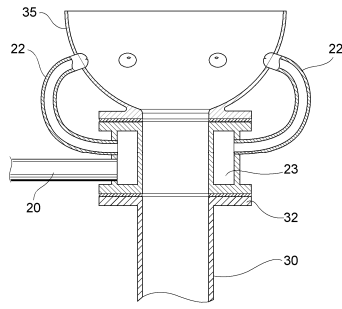


Фиг. 2

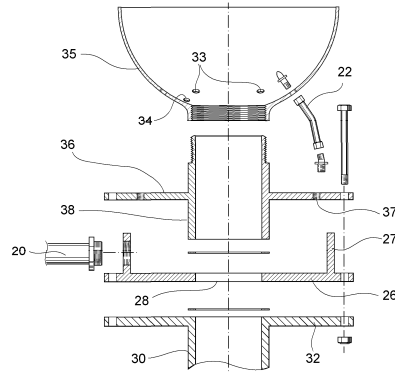


Фиг. 3А

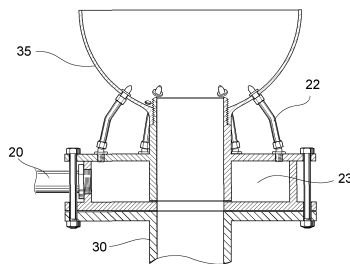
046047



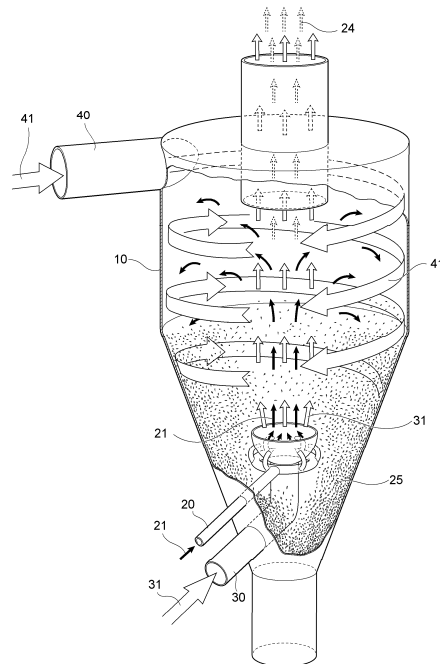
Фиг. 3В



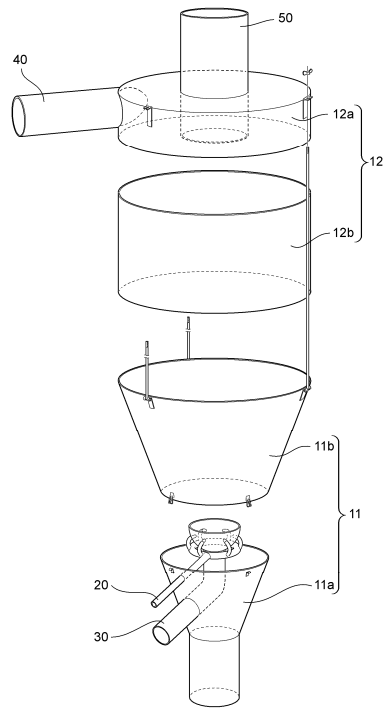
Фиг. 3С



Фиг. 3D



Фиг. 4



Фиг. 5