



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
F23G 5/027 (2021.05)

(21)(22) Заявка: 2020140654, 10.12.2020

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
10.12.2020

Дата регистрации:
01.12.2021

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 10.12.2020

(45) Опубликовано: 01.12.2021 Бюл. № 34

Адрес для переписки:

119071, Москва, Ленинский пр-кт, 19,
Акционерное общество "Энергетический
институт им. Г.М. Кржижановского (АО
"ЭНИН")

(72) Автор(ы):

Бирюков Ярослав Александрович (RU),
Двоскин Григорий Исакович (RU),
Зройчиков Николай Алексеевич (RU),
Лунин Кирилл Александрович (RU),
Фадеев Сергей Александрович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Акционерное общество "Энергетический
институт им. Г.М. Кржижановского" (АО
"ЭНИН") (RU)

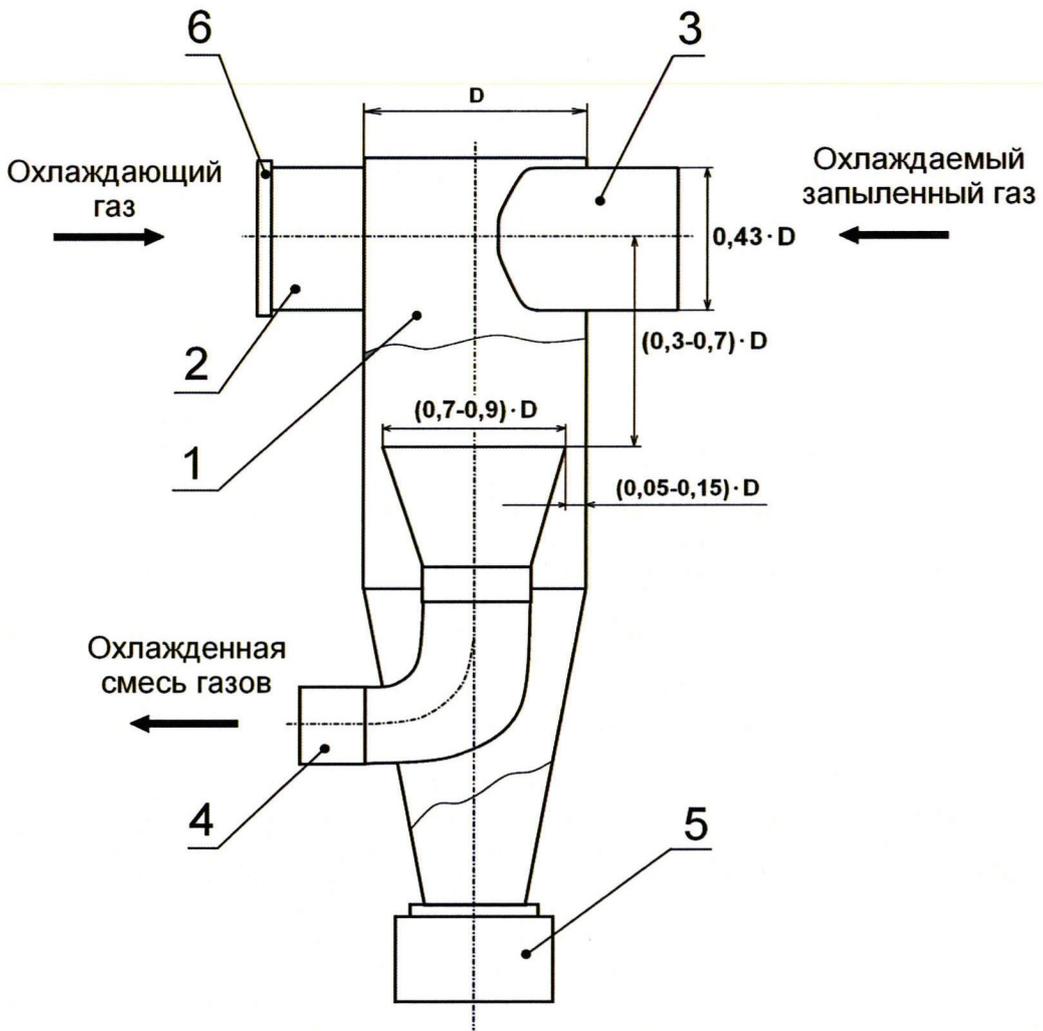
(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2385438 C1, 27.03.2010. RU
2124039 C1, 27.12.1998. ЕА 27075 B1, 30.06.2017.
RU 104672 U1, 20.05.2011.

(54) Способ и устройство для закалки и очистки высокотемпературных газов от твердых частиц

(57) Реферат:

Изобретение относится к теплообменной технике, способам и устройствам для экологически безопасного термического уничтожения твердых медицинских отходов, содержащих хлорорганические компоненты, и может быть использовано в процессах с отходящими высокотемпературными запыленными газами. Решаемая техническая задача: высокоскоростное, до 1500°C/с, охлаждение газа с его одновременным обеспыливанием. Способ решения технической задачи: охлаждение запыленного высокотемпературного газа осуществляют путем его взаимодействия с потоком холодного газа в режиме вихревого взаимодействия двух встречно-смещенных закрученных потоков, в ходе которого организуют траекторию движения охлажденной смеси газов, в виде сужающегося, вращающегося вихревого потока, обеспечивающего выделение из него твердых включений за счет центробежных сил. Устройство, обеспечивающее достижение

заявленного технического результата, содержит вертикальный корпус с крышкой, патрубками ввода и вывода газов и устройство вывода твердых частиц. Верхняя цилиндрическая часть корпуса снабжена двумя патрубками ввода охлаждаемого и охлаждающего газов, введенными в одной плоскости, тангенциально с противоположных направлений. Диаметры патрубков одинаковы и равны 0,43 диаметра корпуса. Высота цилиндрической части корпуса равна 1,5-2,0 его диаметра. Нижняя часть корпуса имеет форму конуса и снабжена камерой сбора твердых частиц с шлюзовым устройством их выгрузки. Внутри цилиндрической части корпуса коаксиально расположен конфузор патрубка вывода охлажденной смеси газов, входной срез которого размещен на расстоянии 0,3-0,7 диаметра цилиндрической части корпуса по вертикали от оси входных патрубков и имеет диаметр 0,7-0,9 диаметра цилиндрической части. Патрубок охлаждающего газа снабжен регулирующим устройством с вентилятором. 2



Фиг. 1

RU 2760859 C1

RU 2760859 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
F23G 5/027 (2021.05)

(21)(22) Application: **2020140654, 10.12.2020**

(24) Effective date for property rights:
10.12.2020

Registration date:
01.12.2021

Priority:

(22) Date of filing: **10.12.2020**

(45) Date of publication: **01.12.2021 Bull. № 34**

Mail address:

**119071, Moskva, Leninskij pr-kt, 19, Aktsionernoe
obshchestvo "Energeticheskij institut im. G.M.
Krzhizhanovskogo (AO "ENIN")**

(72) Inventor(s):

**Biryukov Yaroslav Aleksandrovich (RU),
Dvoskin Grigorij Isakovich (RU),
Zrojchikov Nikolaj Alekseevich (RU),
Lunin Kirill Aleksandrovich (RU),
Fadeev Sergej Aleksandrovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Aktsionernoe obshchestvo "Energeticheskij
institut im. G.M. Krzhizhanovskogo" (AO
ENIN") (RU)**

(54) **METHOD AND DEVICE FOR QUENCHING AND PURIFICATION OF HIGH-TEMPERATURE GASES FROM SOLID PARTICLES**

(57) Abstract:

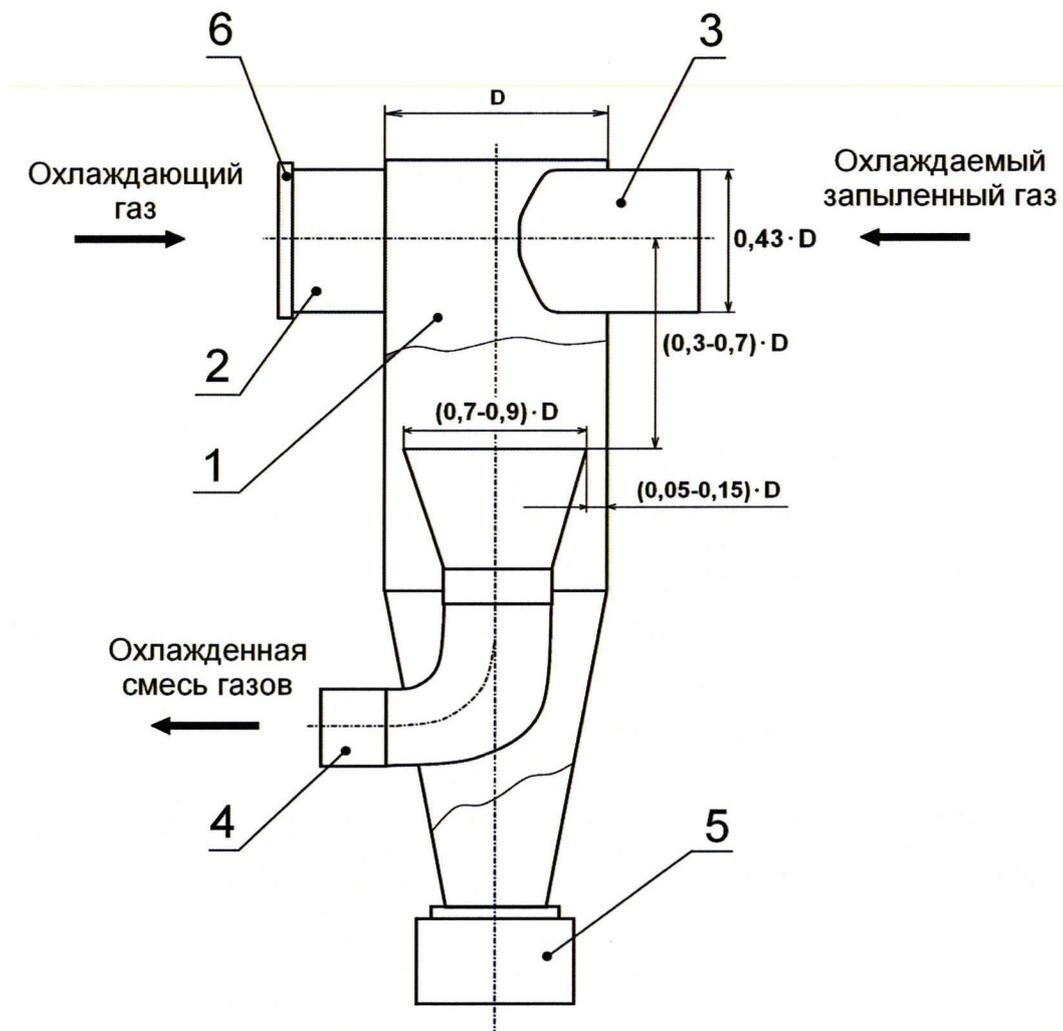
FIELD: heat exchange technology.

SUBSTANCE: invention relates to heat exchange technology, methods and devices for the environmentally safe thermal destruction of solid medical waste containing organochlorine components, and can be used in processes with waste high-temperature dusty gases. The solved technical problem: high-speed, up to 1500°C/s, gas cooling with its simultaneous dedusting. A method for solving the technical problem: cooling of a dusty high-temperature gas is carried out by its interaction with a cold gas flow in the mode of vortex interaction of two counter-displaced swirling flows, during which the trajectory of the cooled gas mixture is arranged in the form of a narrowing, rotating vortex flow, which ensures the separation of solid inclusions from it due to centrifugal forces. The device that ensures the achievement of the expected result contains a vertical housing with a lid, gas inlet and outlet pipes and a solid particle outlet device. The upper cylindrical part of the housing is

equipped with two inlet pipes for cooled and cooling gases, introduced in the same plane, tangentially from opposite directions. The diameters of the nozzles are the same and equal to 0.43 of the diameter of the housing. The height of the cylindrical part of the body is equal to 1.5-2.0 of its diameter. The lower part of the body has the shape of a cone and is equipped with a solid particles collection chamber with a sluice device for unloading them. Inside the cylindrical part of the housing, the confuser of the outlet of the cooled gas mixture is coaxially located, the inlet section of which is located at a distance of 0.3-0.7 of the diameter of the cylindrical part of the housing vertically from the axis of the inlet pipes and has a diameter of 0.7-0.9 of the diameter of the cylindrical part. The cooling gas pipe is equipped with a regulating device with a fan.

EFFECT: high-speed, up to 1500°C/s, gas cooling with its simultaneous dedusting.

2 cl, 2 dwg



Фиг. 1

Изобретение относится к теплообменной технике, способам и устройствам для экологически безопасного термического уничтожения твердых отходов, в том числе медицинских, содержащих хлорорганические компоненты, и может быть использовано в процессах с отходящими высокотемпературными запыленными газами в коммунальном хозяйстве, энергетике, химической, металлургической и нефтехимической промышленности.

Во многих производственных процессах существует проблема быстрого охлаждения высокотемпературных запыленных газов. Например, в нефтехимической промышленности пиролизные установки должны быть снабжены средствами закалки газов пиролиза для предотвращения вторичных реакций. Чтобы потери олефинов не превысили допустимого уровня, время закалочного охлаждения газов (с 950°C до 650°C) не должно превышать 0,03-0,05 секунды.

Особенно остро эта проблема стоит при термической утилизации методом пиролиза хлорсодержащих медицинских отходов, так как, по литературным данным [1, 2] образование полихлорированных дибензо-пара-диоксинов ((ПХДД) и дибензофуранов (ПХДФ) (при совместном упоминании ПХДД/Ф), являющихся высокотоксичными стойкими органическими загрязнителями, происходит в основном в низкотемпературной области при охлаждении продуктов сгорания в результате гетерогенных каталитических реакций на поверхности твердых частиц. Дымовые газы, образующиеся в результате сжигания продуктов пиролиза, необходимо быстро обеспылить и охладить для предотвращения возможности повторного синтеза диоксинов и фуранов на поверхности твердых частиц. Наиболее вероятной температурной зоной образования диоксинов и фуранов при охлаждении отходящих дымовых газов является интервал температур 250-450°C, т.к. при температурах ниже 250°C скорости образования ПХДД/Ф значительно снижаются [3]. Для исключения такой возможности необходимо продукты сгорания максимально быстро обеспылить и охладить до температуры ниже ~250°C.

Известен способ сжигания хлорсодержащих твердых отходов и устройство для его осуществления [4], заключающийся в сжигании отходов в печи, дожигании газообразных продуктов неполного сжигания, путем подвода в зону дожигания высококалорийных горючих компонентов и воздуха, с последующим резким охлаждением продуктов дожигания в аппарате резкого охлаждения путем подвода охлаждающей жидкости в режиме пленочного течения, как в периферийные, так и в центральные зоны потока продуктов дожигания.

Недостатком этого способа охлаждения является необходимость ввода в процесс дополнительного рабочего тела - жидкости, с последующей проблемой ее выведения из потока.

Известен аппарат для закалки газов пиролиза [5], содержащий внешнюю и внутреннюю трубы, патрубки подвода и отвода газов пиролиза, патрубки подвода и отвода охлаждающей среды, и струйный эжектор, включающий сопло, приемную камеру и камеру смешения. Сопло соединено с патрубком подвода газов пиролиза. Внутренняя труба одним из концов соединена с камерой смешения, а другим концом через тройник соединена с приемной камерой и патрубком отвода газов пиролиза.

Поступающие из патрубка подвода горячие газы пиролиза формируются соплом эжектора в струю, которая подсасывает находящиеся в приемной камере охлажденные газы, имеющие температуру 650°C. Перемещаясь по внутренней трубе, смесь газов охлаждается, отдавая свое тепло среде, протекающей в зазоре между внешней и внутренней трубами. Часть охлажденной смеси поступает в приемную камеру, а часть выводится из аппарата.

Недостатком устройства является то, что взаимодействие между охлаждаемым и охлаждающим газами происходит в режиме спутных потоков, характеризующихся низкими значениями коэффициентов теплопередачи и устройство не предусматривает выделения из газа твердых включений.

5 Известно устройство [6], выполненное в виде двухтрубной конструкции, состоящей из наружной и внутренней труб, образующих между собой кольцевой канал и зону смешивания, находящуюся перед внутренней трубой. Высокотемпературные газы поступают в устройство и в зоне смешивания смешиваются с охлаждающими газами, поступающими в эту зону в виде вихревого потока, следующего по спиральной
10 траектории сверху вниз через кольцевой канал между наружной и внутренней трубами. Смешанные газы затем выводятся снизу - вверх через внутреннюю трубу для обработки на последующих стадиях процесса.

Недостатком устройства является то, что из-за вращательного движения потока охлаждающего газа, он в зоне смешивания взаимодействует только с периферийными
15 слоями охлаждаемого газа, а основное взаимодействие между охлаждаемым и охлаждающим газами происходит уже во внутренней трубе в режиме спутных потоков, характеризующихся низкими значениями коэффициентов теплопередачи.

Другим недостатком устройства является то, что охлаждающий и частично охлажденный потоки газов двигаются в режиме противотока и, вследствие теплообмена
20 через стенку внутренней трубы, взаимно отрицательно влияют на задачу устройства - охлаждающий газ нагревается еще до прямого контакта с охлаждаемым газом.

Еще одним недостатком устройства является то, что устройство не предусматривает выделения из газа твердых включений, и частицы пыли и конденсируемые компоненты, находящиеся в охлаждаемом газе, оседают на внутренней поверхности охлаждаемой
25 снаружи внутренней трубы, постепенно изменяя гидродинамические условия движения газов.

Известно большое количество инерционных пылеотделителей для сухой очистки газов от пыли, но они не обеспечивают охлаждения газов.

Известен циклон для очистки и охлаждения высокотемпературных и запыленных
30 газов [7], содержащий корпус с тангенциальным входным патрубком, осевую выхлопную трубу, стенки которой выполнены из тепловых труб с испарительными и конденсационными зонами.

Недостатками устройства являются необходимость использования внешнего хладоагента и сравнительно низкий коэффициент теплопередачи через стенку, не
35 позволяющий осуществлять требуемое высокоскоростное охлаждение газа.

Наиболее близким к заявляемому изобретению является способ охлаждения высокотемпературного газа путем контактного взаимодействия «горячего» и «холодного» газов в устройстве, содержащем цилиндрический корпус с встречно
40 расположенными патрубками ввода газов и конический нижний участок, заканчивающийся патрубком вывода охлажденной смеси газов [8]. Основным принципом работы аппарата является смешение потока горячих продуктов сгорания с воздухом комнатной температуры и дальнейшее вихреобразное движение газоздушного потока.

Недостатком данного устройства является отсутствие возможности выделения из
45 газового потока твердых включений, например коксозольных частиц, присутствующих в продуктах сгорания.

Другим недостатком устройства является отсутствие возможности регулирования температуры образующейся смеси газов.

Техническим результатом, на достижение которого направлено данное изобретение, является высокоскоростное (до 1500°С/с) охлаждение газа с его одновременным обеспыливанием.

Технический результат достигается тем, что охлаждение запыленного высокотемпературного газа осуществляют путем его взаимодействия с потоком холодного газа, например атмосферного воздуха, в режиме вихревого взаимодействия двух встречно-смещенных закрученных потоков, в ходе которого организуют траекторию движения охлажденной смеси газов в виде сужающегося, вращающегося вихревого потока, обеспечивающего выделение из него твердых включений за счет центробежных сил.

Устройство, обеспечивающее достижение заявленного технического результата, содержит вертикальный корпус с крышкой, патрубками ввода и вывода газов и устройство вывода твердых частиц. Верхняя цилиндрическая часть корпуса снабжена двумя патрубками ввода - охлаждаемого и охлаждающего газов, введенными в одной плоскости, тангенциально с противоположных направлений. Диаметры патрубков одинаковы и равны 0,43 диаметра корпуса. Высота цилиндрической части корпуса равна 1,5-2,0 его диаметра. Нижняя часть корпуса имеет форму конуса и снабжена камерой сбора твердых частиц с шлюзовым устройством их выгрузки. Внутри цилиндрической части корпуса коаксиально расположен конфузор патрубка вывода охлажденной смеси газов, входной срез которого размещен на расстоянии 0,3-0,7 диаметра цилиндрической части корпуса по вертикали от оси входных патрубков и имеет диаметр 0,7-0,9 диаметра цилиндрической части. Патрубок охлаждающего газа снабжен регулирующим устройством с вентилятором.

Сущность предлагаемого технического решения иллюстрируется фиг. 1 и фиг. 2. Представлен чертеж устройства (фиг. 1) и график снижения температуры (фиг. 2).

Устройство содержит корпус с крышкой 1, патрубок ввода охлаждающего газа 2, патрубок ввода охлаждаемого газа 3, патрубок вывода охлажденной газовой смеси 4, камеру сбора твердых частиц 5 с шлюзовым устройством, регулятор расхода охлаждающего газа 6.

Устройство работает следующим образом.

Подачу в устройство охлаждаемого газа, например, дымовых газов от сжигания продуктов пиролиза, производят через входной патрубок 3 за счет перепада давления, создаваемого вентилятором, расположенным на линии входного патрубка охлаждающего газа 2 и дымососом, расположенным на линии выходного патрубка 4, через который выводится охлажденная смесь газов. Подачу охлаждающего газа, например атмосферного воздуха, осуществляют через патрубок 2 за счет давления, создаваемого вентилятором и разрежения, создаваемого дымососом. Количество поступающего воздуха регулируют устройством 6. Выгрузку из камеры сбора твердых частиц 5, расположенной в нижней части корпуса 1, производят периодически, по мере накопления через шлюзовое устройство.

Пример. На экспериментальном стенде АО «ЭНИН» проведен опыт по термическому уничтожению 17 кг смеси медицинских отходов с ПВХ, содержащей, 319 граммов хлора, входящего в состав ПВХ, методом пиролиза с последующим сжиганием образующейся парогазовой смеси. Продукты сгорания парогазовой смеси, охлаждались в вихревом охладителе от температуры 700°С до 200°С со скоростью 1500°С/с. Количество собранного зольного остатка - 165 грамм. Температура воздуха 20°С. График температурного режима охлаждения представлен на Фиг. 2. Измеренная концентрация ПХДД/ПХДФ в отходящих газах составила 0,03 нгДЭ/Нм³ при O₂ 11%, что ниже

европейского норматива ($0,1 \text{ нгДЭ/Нм}^3$) (ДЭ - диоксиновый эквивалент токсичности).

Таким образом:

Снабжение корпуса двумя, введенными тангенциально и противоположно направленными патрубками обеспечивает сложное взаимодействие «горячего» и «холодного» потоков газов - одновременно происходит частичное соударение встречно-смещенных струй и переход образующейся смеси газов во вращательное вихревое движение. При таких условиях происходит интенсивное смешивание газов с одновременной турбулизацией, что кардинально интенсифицирует процессы тепломассопереноса, и обеспечивает высокую (около $1500^\circ\text{C}/\text{с}$) скорость охлаждения газа [5]. При выбранных соотношениях размеров процесс охлаждения практически завершается на выходе из конфузора выходного патрубка охлажденных газов.

Размещение входного среза конфузора патрубка охлажденной смеси газов внутри цилиндрической части корпуса устройства на расстоянии $0,3-0,7$ диаметра цилиндрической части корпуса от оси входных патрубков газов обеспечивает траекторию движения смеси газов, в виде вихревого потока, сохраняющего скорость закручивания, способствующую наиболее полному удалению твердых частиц из потока. За счет центробежных сил происходит выбрасывание частиц пыли из потока на стенку корпуса, по которой слой пыли сползает в его нижнюю часть через кольцевой зазор между стенкой корпуса и стенкой конфузора (зазор составляет $0,05-0,15$ от диаметра цилиндрической части корпуса), что снижает вероятность возврата твердых частиц в уходящий поток.

Размещение входного среза конфузора патрубка охлажденной смеси газов внутри цилиндрической части корпуса устройства на расстоянии $0,3-0,7$ диаметра цилиндрической части корпуса от оси входных патрубков обеспечивает требуемую скорость охлаждения и, соответственно, время пребывания газа в устройстве.

Обеспечение патрубка ввода охлаждающего газа регулирующим устройством позволяет изменять количество поступающего газа и, тем самым, регулировать конечную температуру охлажденной смеси газов.

Снабжение нижней части корпуса камерой сбора твердых частиц с шлюзовым устройством обеспечивает герметичность системы при выгрузке.

Таким образом, заявленное техническое решение обеспечивает обеспыливание и высокоскоростное охлаждение потока газа.

Источники информации:

1. Hunsinger H., Jay K., Vehlow J. Formation and destruction of PCDD/F inside a grate furnace // *Organohalogen Compounds*. - 2000. - V. 46, - P. 86-89.

2. Ballschmiter K., Swerev M. // *Z. Anal. Chem.* - 1987. - V.328. - P. 125-127.

3. Петров В.Г. Термодинамические и кинетические расчеты для выбора параметров процессов обезвреживания диоксиногенных отходов методом сжигания. Институт прикладной механики УрО РАН, том 2, 2010, №1.

4. Способ сжигания хлорсодержащих отходящих газов и устройство для его осуществления//Патент RU 2506498/ Кузнецов И.П, Хайбулин Р.Г.

5. Способ получения низших олефинов, реактор для пиролиза и аппарат для закалки газов пиролиза// Патент RU 2124039 /Бушуев В.А.

6. Method and apparatus for cooling exhaust gas from bypass of kiln// EP 0927707 /Kaneko. 25.06.1998.,07.07.1999.

7. Циклон для очистки и охлаждения высокотемпературных и запыленных газов // Патент SU1144732/ Старков Л.А., Домрачев В.С. / Оpubл. 07.07.1985.

8. Зройчиков Н.А., Фадеев С.А., Бирюков Я.А., Пай А.В., Тарасов Г.А. Компьютерное

моделирование тепломассобмена в контактном вихревом газоохладителе и верификация результатов расчета на физической модели // Наука сегодня: реальность и перспективы: Международная научно-практическая конференция, г. Вологда, 2019. - с. 21-23.

5

(57) Формула изобретения

1. Способ закалки и очистки от пыли высокотемпературных газов, состоящий в том, что охлаждение запыленного высокотемпературного газа осуществляют путем его прямого контакта с потоком атмосферного воздуха в режиме вихревого взаимодействия двух встречно-смещенных потоков, а траекторию движения охлажденной смеси организуют в виде сужающегося, вращающегося вихревого потока, обеспечивающего выделение из него твердых включений за счет центробежных сил.

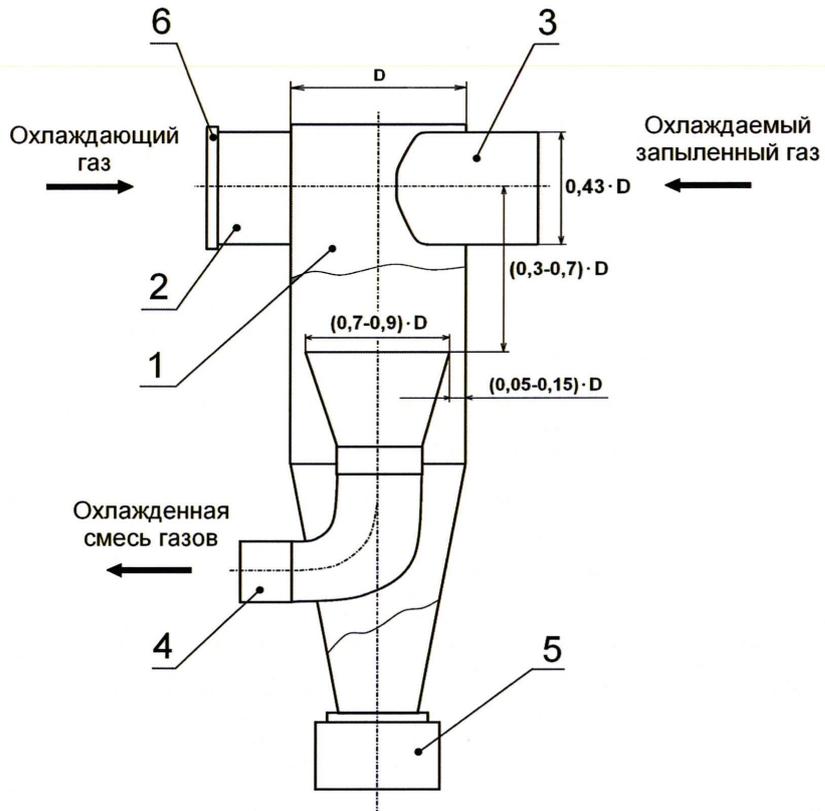
2. Устройство для закалки и очистки высокотемпературных газов от твердых частиц, содержащее вертикальный цилиндрический корпус с крышкой, патрубки ввода и вывода газов и нижнюю часть корпуса, имеющую форму усеченного конуса, отличающееся тем, что верхняя цилиндрическая часть корпуса снабжена двумя патрубками ввода охлаждаемого и охлаждающего газов, имеющими одинаковые диаметры, равные 0,43 диаметра цилиндрической части корпуса, и введенными в его верхнюю часть в одной плоскости, тангенциально с противоположных направлений, а нижняя часть корпуса имеет форму усеченного конуса и снабжена коаксиально расположенным по оси конуса конфузоров патрубком вывода охлажденной и обеспыленной смеси газов, входной срез которого размещен на расстоянии 0,3-0,7 диаметра цилиндрической части корпуса по вертикали от оси входных патрубков и имеет диаметр 0,7-0,9 диаметра цилиндрической части корпуса, нижняя конусная часть устройства снабжена камерой сбора твердых частиц с шлюзовым устройством для вывода пыли, а патрубок ввода охлаждающего газа снабжен регулирующим устройством.

30

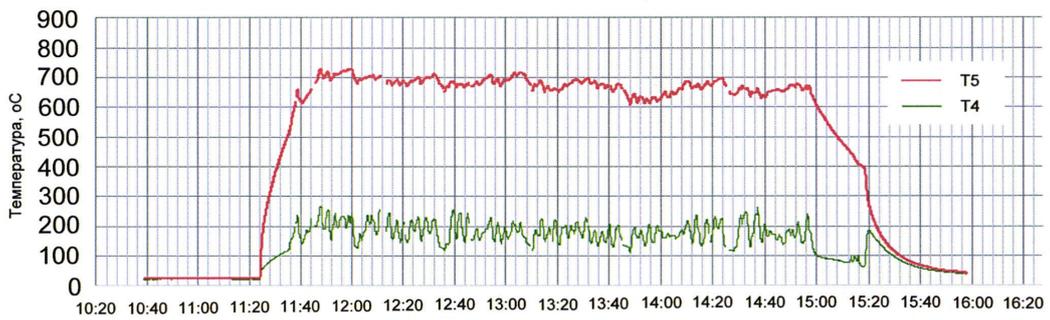
35

40

45



Фиг. 1



Фиг. 2