

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(21) **202192086** (13) **A1**(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ**(43) Дата публикации заявки
2021.11.10(51) Int. Cl. *H01J 37/32* (2006.01)
F23G 5/08 (2006.01)
F23G 5/027 (2006.01)(22) Дата подачи заявки
2020.01.23(54) **УСТРОЙСТВО ГАЗИФИКАЦИИ И ПЛАЗМЕННЫЙ ЗАТВОР С СИСТЕМОЙ ЗАМЕДЛЕНИЯ МИКРОВОЛНОВОЙ ПЛАЗМЫ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ГАЗИФИКАЦИИ**

(31) 19153643.2

(32) 2019.01.25

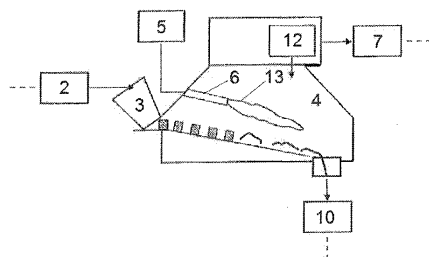
(33) EP

(86) PCT/CZ2020/050002

(87) WO 2020/151774 2020.07.30

(71) Заявитель:
ИНИНГ С.Р.О. (CZ)(72) Изобретатель:
Даниленко Антон, Фисенко Петро
(UA), Славик Збынек (CZ)(74) Представитель:
Носырева Е.Л. (RU)

(57) Система (15) замедления микроволновой плазмы для плазменного затвора (6), которая содержит передающий элемент (16) между волноводом и полосой для соединения системы с генератором (5) и впуска волн из генератора (5) в плазменный затвор (6), соединительную полосу (17), соединенную с передающим элементом (16) между волноводом и полосой, две параллельные боковые пластины (18) полосы, одним концом соединенные с соединительной полосой (17), при этом боковые пластины (18) полосы представляют собой плоские пластины, при этом одна из их сторон снабжена шипами (19), расположенными бок о бок вдоль оси боковых пластин (18) полосы, ориентированными таким образом, что шипы (19), расположенные на одной стороне первой боковой пластины (18) полосы, размещаются в промежутках между шипами (19), расположенными на одной стороне второй боковой пластины (18) полосы, при этом боковые пластины (18) полосы на другом конце снабжены взаимно отделенными блокируемыми электромагнитными осцилляторами (20), при этом положение блокируемых электромагнитных осцилляторов (20) определяет точное место отражения волн для формирования их максимальной амплитуды за счет сложения прямых и отраженных волн, причем боковые пластины (18) полосы расширяются в направлении от передающего элемента (16) между волноводом и полосой и сужаются перед блокируемыми электромагнитными осцилляторами (20), и предназначены для направления прямых волн Y от соединительной полосы (17) к блокируемым электромагнитным осцилляторам (20), причем шипы (19) взаимно отделены расстоянием $\lambda_B/2$, где λ_B является длиной волны на выходе из передающего элемента (16) между волноводом и полосой, и расположены на пути отраженных волн Z , которые направляются от блокируемого электромагнитного осциллятора (20) к соединительной полосе (17), при этом соединительная полоса (17) служит для расщепления проходящей волны на две одинаковые волны со сдвигом на 180° , при этом каждая из волн распространяется по отличной боковой пластине (18) полосы.



202192086
A1

202192086

A1

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ГАЗИФИКАЦИИ И ПЛАЗМЕННЫЙ ЗАТВОР С СИСТЕМОЙ ЗАМЕДЛЕНИЯ МИКРОВОЛНОВОЙ ПЛАЗМЫ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ГАЗИФИКАЦИИ

Предпосылки создания изобретения

[001] Настоящее изобретение относится к устройству для газификации и плазменному затвору с системой замедления микроволновой плазмы устройства для газификации.

Существующий уровень техники

[002] Микроволновая плазма, также называемая СВЧ плазмой, представляет собой совокупность разрядов в волноводных устройствах, образуемых электромагнитными волнами с частотой выше 300 МГц. Следует знать, что для промышленных, медицинских и научных целей можно использовать не каждую частоту, но лишь частоты 460, 915, 2450, 5800, 22125 МГц. Наиболее популярной частотой для мобильных телефонов является частота 915 МГц, а для микроволновых печей, сушки древесины и обработки поверхности металла — частота 2450 МГц.

[003] Для создания СВЧ разряда необходимо использовать плазменный генератор. Это устройство также называют плазмотроном, при этом оно содержит микроволновой генератор для генерирования микроволновой энергии, систему волноводов для подачи микроволновой энергии в заданное место, плазменный затвор, который представляет собой оконечное устройство для преобразования электрической энергии в электромагнитную и тепловую энергию. Все конструкции СВЧ плазмотронов можно разделить на следующие группы: плазменные генераторы на основе линий передачи СВЧ, плазменные генераторы на основе СВЧ генераторов, плазменные генераторы на основе «замедляющих структур», плазменные генераторы, в которых делится энергия, подаваемая в плазму, и т.д.

[004] Все способы генерирования СВЧ плазмы предусматривают одни и те же основные компоненты, т.е. генератор СВЧ частоты, лампу, называемую магнетроном, и волноводное устройство.

[005] Вышеупомянутые компоненты обеспечивают генератор, который в основном соединен с устройством для подачи рабочего, соответственно образующего плазму, газа для генерирования электромагнитного поля с напряженностью более 30 кВ/см^2 , которое создает напряжение разряда и лавинную ионизацию газа с образованием плазмы, посредством чего образуется область, т.е. ПЛАЗМЕННЫЙ СГУСТОК, в которой плазма разряжается. Газ представляет собой, например, воздух, пар, инертный газ и т.д.

[006] Поскольку течение рабочего газа является управляемым, плазменный сгусток преобразуется в поток плазмы, который направляется через границу плазменного затвора для обеспечения двух эффектов: предполагаемые перегрев и разрушение плазменного затвора, и создание мощного рабочего инструмента, который оказывает интенсивное и высокотемпературное воздействие на органические и неорганические вещества.

[007] СВЧ плазма характеризуется высокой степенью преобразования электрической энергии в тепловую энергию, которая составляет не менее 97–98 %.

[008] Плазменный разряд в форме непрерывного потока плазмы увлекается из плазменного затвора в реакторную камеру потоком рабочего газа, управление которым специально осуществляется из внешнего источника. Поскольку прочные электромагнитные связи в потоке плазмы направлены обратно к месту, в котором образовался разряд, плазменный сгусток не касается стенок и компонентов устройства для образования плазмы, таким образом исключают разрушение материалов конструкции. Длиной и размером потока плазмы внутри реакторной камеры управляют при помощи достаточного количества добавляемого образующего плазму, т.е. рабочего, газа.

[009] Принципиальным отличием микроволнового плазмотрона от других источников высоких температур является то, что в нем отсутствуют электроды и дополнительные горючие вещества, например газ, мазут, масло, которые загрязняют конечные продукты газификации опасными частицами. Это означает, что переработка материала при помощи микроволновой плазмы в настоящее время является самым чистым способом как с экологической точки зрения, так и с точки зрения возможности использования конечных продуктов переработки для любых технологических целей.

[0010] В микроволновом плазменном затворе используют рабочий газ под атмосферным давлением, но его можно легко приспособить для преобразования в поток газовой плазмы как при более низком, так и при более высоком давлении.

[0011] Микроволновой плазмотрон представляет собой источник низкотемпературной плазмы с температурой от 1400 °C до 4000 °C и может быть использован для разных технологических целей, которые требуют интенсивного теплового воздействия на материал, например, пиролиза, газификации материала или отходов, плавки и резки металла, обработки поверхности металла, розжига в котлах отопительных установок, получения пара и т.д.

[0012] Плазменный способ обеспечивает высокую и эффективную температуру переработки, которая не может быть достигнута при помощи другого способа нагрева. Вследствие процесса диссоциации и ионизации, высокотемпературный поток газа является высокоэнергетическим, что обеспечивает ускорение технологического процесса переработки отходов на 20—50 % в зависимости от типа используемого продукта. Уникальным свойством плазменного способа является его высокая селективность при получении готового продукта с минимальной выработкой побочных продуктов. Например, путем газификации любых органических веществ в плазме из воздуха или водяного пара можно получить газ с более высоким содержанием воспламеняющихся веществ ($\text{CO} + \text{H}_2$), в котором отсутствуют примеси в виде фенола или полициклических углеводородов.

[0013] Так, газификация представляет собой процесс преобразования органических веществ, которые содержат углерод, в воспламеняющийся газ путем нагрева до высокой температуры, т.е. когда температура составляет от 900 °C до 2000 °C, без присутствия кислорода. Согласно краткому описанию и принципам процессов, происходящих во время газификации/пиролиза, это означает, что термическое разложение, во время которого материал нагревается выше предела термической устойчивости присутствующих в нем органических соединений, что приводит к их слиянию в устойчивые низкомолекулярные продукты и образованию твердого остатка, называется термохимическим превращением. Готовыми продуктами превращения органических веществ являются монооксид углерода (CO) и водород (H_2), т.е. основные ингредиенты воспламеняющихся компонентов газообразного продукта, который называют синтез-газом. Другие компоненты синтез-газа, которые получают во время

процесса газификации, называются балластом, и, с учетом их минимального влияния на теплотворную способность газа, их обычно не принимают во внимание.

[0014] Основным преимуществом технологии микроволновой плазменной газификации по сравнению со способом прямого сжигания является незначительное воздействие на окружающую среду. Это вызвано тем, что в окружение поступают газообразные компоненты, имеющие высокую температуру и коэффициент остаточного кислорода от 0,2 до 0,3, что вызывает разложение и дехлорирование наиболее опасных компонентов, например, диоксида, фурана, полихлорбифенила, бензпирена и других полициклических ароматических углеводородов. В отличие от способа прямого сжигания, другим преимуществом способа является образование меньшего объема газа, который необходимо очистить, и во много раз меньшего объема шлака. Кроме того, остаток шлака не содержит углерод, т.е. сажу. Вследствие этого сокращаются расходы на устройства для очистки газа перед его выпуском в атмосферу и устройство для дебактеризации твердых долговременных отходов, т.е. шлака. Для сравнения, цена такого устройства очистки как части установки для сжигания отходов может составлять до 50 % всех расходов на установку для сжигания отходов.

[0015] На практическом опыте было подтверждено, что эффективность преобразования органических веществ в топливный газ путем искусственного метанового брожения и разложения органических веществ во много раз ниже, чем при помощи способа газификации.

[0016] В настоящее время существуют способы утилизации бытовых отходов путем прямого сжигания и термического разложения с использованием электрической плазменной дуги.

[0017] В существующем уровне техники известно устройство для сжигания отходов, содержащее камеру сжигания с устройством зажигания и камеру позднего сжигания с трубкой для впуска воздуха с дефлектором и искрогасителем. Кроме того, оно содержит входные камеры для образования направленного воздушного потока, баки для дизельного топлива и дизельную горелку, соединенную с камерой сжигания. Недостатком этого устройства является использование моторного дизельного топлива, при котором образуются дополнительные продукты сгорания, которые загрязняют

окружающую среду и требуют дополнительных расходов на очистку от них перед выпуском в атмосферу.

[0018] Другим известным устройством для сжигания твердых бытовых и медицинских отходов согласно существующему уровню техники является нейтрализатор твердых бытовых отходов. Во время сжигания используется технология импульсного сжигания, которая в целом обеспечивает лучшее сжигание и более высокую степень окисления газа, чем при прямом сжигании. Недостатком способа, при помощи которого решается проблема полного сжигания отходов, является то, что в качестве продукта для очистки нефтепродуктов используется незаменимый естественный источник дизельного топлива, и позднее им загрязняется готовый продукт, что требует дополнительной обязательной фильтрации.

[0019] Еще одним известным устройством является устройство для утилизации отходов, которое содержит термореактор, вертикальную циклонную печь с камерой позднего сжигания, имеющей нагревательную камеру в верхней части горелки, в которой размещена камера для термического распада. Кроме того, устройство содержит каталитический преобразователь, т.е. камеру сгорания, теплообменник, систему для очистки газа, устройство для отсасывания газа и дымоход. Недостатком устройства также является использование невозобновляемого источника топлива и высокие эксплуатационные расходы.

[0020] Согласно существующему уровню техники известно устройство для утилизации отходов при помощи низкотемпературной плазмы. Его можно использовать в любой отрасли промышленности для удаления опасных жидких органических отходов, например, в нефтехимической промышленности. Плазмодинамический реактор для переработки органических жидких отходов имеет воздухонепроницаемую крышку с приспособлениями для впуска загрязненной воды и отверстие для выпуска очищенной воды, при этом в нем установлены катод и анод, которые соединены с источником питания. Кроме того в основной части реактора, закрытой изоляционной крышкой и соединенной с импульсным источником питания, установлен запальный электрод. Недостатком устройства является ограниченность пригодных для использования перерабатываемых материалов и сложность уплотнения реактора вследствие термической эрозии его конструкционных материалов.

[0021] В документе RU83123 представлено устройство для утилизации отходов при помощи плазмы, которое содержит камеру для разложения отходов при помощи плазмы, электрод для образования плазмы, который установлен в камере, систему для выведения газообразных продуктов, образующихся при сжигании и плавке, и систему охлаждения для охлаждения газообразных продуктов, таких как продукты сгорания и плавки. Электроды для образования плазмы регулируют в отношении возможного изменения направления или гидродинамической силы плазмы. Технической целью устройства является оптимизация процессов утилизации отходов при помощи образуемого управляемого потока плазмы и теплового поля камеры для плазменной утилизации отходов. Недостатком способа является механическое смещение электрода для образования плазмы, что усложняет конструкцию камеры для термического разложения отходов и снижает надежность и управляемость технического процесса во время использования устройства.

[0022] В документе US19840611541 представлен способ термического распада отходов при помощи факела электрической плазменной дуги, в котором проблема преодоления выброса в окружающую среду вредных веществ решается путем нейтрализации опасных соединений щелочным раствором, который добавляется в зону разложения отходов путем распыления по ее периферии. Недостатком способа является использование очень большого количества нейтрализующего средства, сложность конструирования области с равномерно распыленным средством для завершения процесса нейтрализации и увеличение нерационального использования энергии, вызванного испарением воды из раствора.

[0023] В документе US20070837384 представлен способ переработки отходов при помощи микроволнового плазменного факела, в котором микроволновое излучение используется для предварительной сушки отходов и последующего сжигания отходов в плазменном факеле. Микроволновые устройства расположены в основании блока из листового проката, и их можно извлечь с использованием тележки или других транспортных средств. Недостатком способа является количество этапов технологического процесса, в котором сушка и сжигание отходов в плазменном факеле выполняются в разных фазах способа и с использованием разных устройств. Более того, использование микроволнового излучения происходит без образования плазмы, которая является сильным поглотителем электромагнитных волн, и требует

соблюдения сложных и жестких условий, таких как непроницаемость устройства для радиоволн и непрерывный текущий контроль электромагнитного излучения в его окружении.

[0024] В документе WO2004ES00550 представлены способ и устройство для ликвидации летучих органических веществ при помощи микроволновой плазмы. В способе используется система, в которой летучие органические вещества сосредотачиваются непосредственно в плазме на оси плазменного факела и вместе с газом, который образует плазму, заполняют внутренний объем реактора, в котором выполняется процесс разложения летучих веществ. Устройство содержит область для впуска летучих органических веществ, область для образования плазмы, реактор, газовый насос для перекачивания и множество других, дополнительных компонентов. Недостатком способа является ограничение видов отходов, подходящих для переработки, и способов подачи отходов разных видов в термохимическую камеру.

[0025] Другим решением является устройство для ликвидации твердых бытовых отходов с использованием электрического электрода для образования плазменной дуги. Устройство относится к утилизации твердых бытовых отходов, отходов нефтеперерабатывающей промышленности, отходов химической промышленности, медицинских отходов, отходов энергетики и т.д. Технической целью представленного устройства является оптимизация процесса плазменной переработки отходов при помощи управляемого потока плазмы и теплового поля камеры для разложения отходов при помощи плазмы. Устройство содержит камеру для разложения отходов при помощи плазмы, электроды для образования плазмы, которые расположены в камере, систему для выведения газообразных продуктов сгорания и расплавленного вещества, систему для охлаждения газообразных продуктов сгорания и расплавленного вещества. Электроды для образования плазмы выполнены с учетом возможных перемещений, которые обеспечивают изменение направления и силы потока плазмы. Электроды расположены по периферии камеры для разложения отходов при помощи плазмы на разных уровнях, а также на уровне для сбора расплавленного вещества. Недостатком устройства является то, что оптимизация тепловых градиентов камере для газификации выполняется во время механической настройки устройства для направления плазменного факела в камеру для термического разложения, что

осложняет работу устройства и не обеспечивает гибкое конфигурирование теплового поля внутри камеры.

[0026] В документе RU2153781 представлена микроволновая плазменная горелка, которая содержит магнетрон с источником питания, волноводный резонатор, устройство для подачи микроволновой энергии, коаксиальную систему для подачи микроволнового излучения, систему для подачи пригодного для использования газа. Резонатор выполнен как часть прямоугольного волновода с отверстием в его широкой стенке для направления микроволнового излучения, генерируемого магнетроном, и с отверстиями для введения контура, чтобы соединить резонатор с коаксиальным трактом для подачи микроволнового луча. Коаксиальный тракт содержит металлические внешние электроды, например выполненные из меди, в форме цилиндра и центральную трубку, выполненную из металла, например меди, соединенную с системой подачи пригодного для использования газа, при этом электрод является продолжением соединения контура. Последняя часть центральной трубки образована в виде сопла Лавалья, отделенного от внешнего электрода силиконовым вкладышем. Внешний электрод оснащен проводящим соплом для образования факела и защитой от микроволнового излучения. Полый цилиндр снабжен прорезями или отверстиями, выполненными на его боковой поверхности. Недостатком устройства является то, что такая конструкция не обеспечивает возможности создания промышленной микроволновой плазменной горелки, в которой используется микроволновой генератор энергии мощностью до 100 кВт при непрерывной эксплуатации, поскольку допустимая энергия, передаваемая коаксиальным волноводом, ограничена размером коаксиального тракта и высокими потерями тепла в диэлектрическом изолирующем уплотнении, что приводит к его разрушению.

[0027] В документе US3814983 представлена система замедления, которая содержит передающий элемент между волноводом и полосой для соединения системы с генератором и для впуска волн из генератора в плазменную систему. Кроме того, она содержит соединительную полосу, соединенную с передающим элементом между волноводом и полосой, две параллельных боковых пластины полосы, одним своим концом соединенных с соединительной полосой, при этом боковые пластины полосы представляют собой плоские пластины, при этом одна из их сторон снабжена шипами, расположенными бок о бок вдоль оси боковых пластин полосы, ориентированными

таким образом, что шипы, расположенные на одной стороне первой боковой пластины полосы, размещаются в промежутках между шипами, расположенными на одной стороне второй боковой пластины полосы.

[0028] Целью изобретения является предоставление устройства для газификации и плазменного затвора с системой замедления устройства для газификации, которые могут устранять вышеупомянутые недостатки.

Признаки изобретения

[0029] Вышеупомянутые недостатки в значительной мере исключаются при использовании системы 15 замедления микроволновой плазмы для плазменного затвора 6, которая содержит передающий элемент 16 между волноводом и полосой для соединения системы с генератором 5 и впуска волн из генератора 5 в плазменный затвор 6, соединительную полосу 17, соединенную с передающим элементом 16 между волноводом и полосой, две параллельных боковых пластины 18 полосы, одним концом соединенных с соединительной полосой 17, при этом боковые пластины 18 полосы представляют собой плоские пластины, причем одна из их сторон снабжена шипами 19, расположенными бок о бок вдоль оси боковых пластин 18 полосы, ориентированными таким образом, что шипы 19, расположенные на одной стороне первой боковой пластины 18 полосы, размещаются в промежутках между шипами 19, расположенными на одной стороне второй боковой пластины 18 полосы, причем боковые пластины 18 полосы на другом конце снабжены взаимно отделенными блокируемыми электромагнитными осцилляторами 20, при этом положение блокируемых электромагнитных осцилляторов 20 определяет точное место отражения волн для формирования их максимальной амплитуды за счет сложения прямых и отраженных волн, причем боковые пластины 18 полосы расширяются в направлении от передающего элемента 16 между волноводом и полосой и сужаются перед блокируемыми электромагнитными осцилляторами 20, и предназначены для направления прямых волн Y от соединительной полосы 17 к блокируемым электромагнитным осцилляторам 20, причем шипы 19 взаимно отделены расстоянием $\lambda_B/2$, где λ_B является длиной волны на выходе из передающего элемента 16 между волноводом и полосой, и расположены на пути отраженных волн Z , которые направляются от блокируемого электромагнитного осциллятора 20 к соединительной полосе 17, при этом соединительная полоса 17 служит для расщепления проходящей

волны на две одинаковые волны со сдвигом на 180° , при этом каждая из волн распространяется по отличной боковой пластине 18 полосы.

[0030] Вышеупомянутые недостатки в значительной мере также исключаются при использовании плазменного затвора 6, который содержит систему 15 замедления микроволновой плазмы согласно формуле изобретения.

[0031] В преимущественном варианте осуществления система 15 замедления микроволновой плазмы расположена на оси плазменного затвора 6.

[0032] В другом преимущественном варианте осуществления он дополнительно содержит от двух до двенадцати независимых соленоидов 21 для направления потока 13 плазмы, который выходит из плазменного затвора 6.

[0033] Вышеупомянутые недостатки в значительной мере также исключаются при использовании устройства для газификации, которое содержит устройство 1 для загрузки твердого вещества отдельными фракциями, соединенное с устройством 2 для измельчения твердого вещества, соединенным с бункером 3 для твердого вещества, соединенным с газификационной камерой 4 для газификации твердого вещества, с которой также соединен генератор 5 для подачи микроволновой мощности, при этом генератор 5 содержит источник питания, волновод и автоматическую систему управления для подачи микроволновой энергии, при этом выход газификационной камеры 4 содержит скруббер 7 для очистки поступающего синтез-газа от частиц механических примесей, который соединен с блоком 8 плазменной каталитической очистки отходящего газа для тонкой очистки синтез-газа, который соединен с колонной 9 для быстрого охлаждения синтез-газа с целью предотвращения рекомбинации опасных химических веществ, причем выход газификационной камеры 4 дополнительно содержит реактор 10 для гомогенизации остатков, образующихся при охлаждении расплавленного вещества, соединенный с подающим устройством 11 для сбора охлажденных коксовых остатков, которое помимо прочего содержит плазменный затвор 6 по любому из пунктов формулы изобретения.

[0034] В преимущественном варианте осуществления устройство 1 для загрузки твердых веществ представляет собой устройство для подготовки твердых веществ с магнитным сепаратором металла.

[0035] В другом преимущественном варианте осуществления устройство 2 для измельчения твердых веществ выполнено с возможностью измельчения частиц до размера от 0,80 мм до 10 мм.

[0036] В другом преимущественном варианте осуществления бункер 3 для твердых веществ содержит трубку или втягивающий канал для втягивания первичного газа.

[0037] В другом преимущественном варианте осуществления оно содержит как бункер 3 для подачи твердых частиц, так и распылитель 12 для подачи жидких веществ.

[0038] Вышеупомянутые недостатки в значительной мере также исключаются при использовании устройства для газификации согласно любому из пунктов формулы изобретения для термохимического превращения органических веществ.

Описание графических материалов

[0039] Настоящее изобретение будет дополнительно описано с использованием графических материалов, в которых на фиг. 1 представлена блок-схема устройства для газификации согласно изобретению, на фиг. 2 представлен подробный схематический вид газификационной камеры устройства для газификации, представленного на фиг. 1, на фиг. 3 представлен чертеж плазменного затвора с системой замедления согласно изобретению, на фиг. 4 представлен вид спереди плазменного затвора с системой замедления согласно изобретению, на фиг. 5 представлен вид сбоку плазменного затвора с системой замедления согласно изобретению, на фиг. 6 представлен вид в перспективе системы замедления плазменного затвора согласно изобретению и на фиг. 7 представлен принцип движения волн в газовом затворе с системой замедления согласно изобретению.

Предпочтительные варианты осуществления изобретения

[0040] Устройство для газификации, предназначенное для газификации и термохимической деструкции твердого вещества согласно изобретению, представленное на фиг. 1, содержит:

- устройство 1 для загрузки твердого вещества отдельными фракциями, соединенное с
- устройством 2 для измельчения твердого вещества, соединенным с

- бункером 3 для твердого вещества, соединенным с
- газификационной камерой 4 для газификации твердого вещества, с которой также соединен
- генератор 5 для подачи микроволновой мощности, при этом
- генератор 5 содержит источник питания, волновод и автоматическую систему управления.

[0041] Выход газификационной камеры 4 содержит:

- скруббер 7 для очистки поступающего синтез-газа от частиц механических примесей, таких как зола и пыль, который соединен с
- блоком 8 плазменной каталитической очистки отходящего газа для тонкой очистки синтез-газа, который соединен с
- колонной 9 для быстрого охлаждения синтез-газа с целью предотвращения рекомбинации опасных химических веществ, например диоксина, фурана и т.д., которые разлагаются во время газификации твердых веществ.

[0042] Выход газификационной камеры 4 дополнительно содержит:

- реактор 10 для гомогенизации остатков, образующихся при охлаждении расплавленного вещества, и
- подающее устройство 11 для сбора охлажденных коксовых остатков.

[0043] Газификационная камера 4, подробно представленная на фиг. 2, содержит плазменный затвор 6, предназначенный для подачи необходимого количества тепловой энергии, которая обеспечивает образование управляемого безэлектродного непрерывного потока 13 микроволновой плазмы, т.е. пучка лучей, содержит систему 15 замедления микроволновой плазмы согласно изобретению, расположенную на одной оси с плазменным затвором 6.

[0044] Преимущественно устройство 1 для загрузки твердых веществ представляет собой устройство для подготовки твердых веществ с магнитным сепаратором металла.

[0045] Преимущественно устройство 2 для измельчения твердых веществ выполнено с возможностью измельчения частиц до размера от 0,80 до 10 мм.

[0046] Преимущественно бункер 3 для твердых веществ содержит трубку, соответственно втягивающий канал, для втягивания первичного газа.

[0047] Действие плазменного затвора 6 может отличаться в соответствии со способом, которым получают напряжение электромагнитного поля, достаточное для образования свободно скользящего плазменного разряда, т.е. эффективного плазменного сгустка.

[0048] Газификация органической части твердых веществ выполняется при атмосферном давлении и в пределах температуры от 1000 °C до 1500 °C, в то же время образуется синтез-газ с пиролизической жидкостью. Термическую переработку неорганических веществ с одновременным образованием жидкого шлака проводят в температурном диапазоне от 1500 °C до 2000 °C.

[0049] Реактор 10 и подающее устройство 11 выполнены с возможностью выведения расплавленного кокса, которое выполняется после термической переработки неорганических частей твердых веществ.

[0050] Ниже представлен пример использования устройства для газификации согласно изобретению для газификации отходов. Термин «отходы» в целом означает любой материал с любым процентным содержанием твердых, жидких или текучих веществ.

[0051] На фиг. 2 представлены отходы в предварительно подготовленной форме, т.е. после их разделения, измельчения, прессования или брикетирования, которые поступают в газификационную камеру 4 через бункер 3, в то время как жидкая фракция, т.е. фильтрованная фракция, выделенная из основной массы твердой части, образующаяся во время подготовки отходов к газификации, а также выделенная из жидкого вещества самих отходов, например использованная промывочная вода, которые подаются при помощи распылителя 12 в направлении, перпендикулярном оси распространения потока 13 микроволновой плазмы. Распылитель 12 установлен на верхней стороне газификационной камеры 4 и снабжен соплом. Такой способ подачи жидких веществ отходов и промывочной воды обеспечивает полный выход синтез-газа, так как водяной пар, образующийся при достижении жидкостью зоны потока 13 микроволновой плазмы, равномерно распределяется в газификационной камере 4.

[0052] Трение газа из отходов, проходящего через вентиляционное устройство в газификационную камеру 4 во время предварительной подготовки отходов, а также газообразных отходов, используется в качестве газа для образования плазмы путем его подачи непосредственно в газификационную камеру 4 при помощи вышеупомянутого распылителя 12 так же, как первичного газа или водяного пара. Таким образом, органические молекулярные цепочки, которые присутствуют в газе, подаются непосредственно в зону ядра плазмы с температурой от 2000 °C до 4000 °C, посредством которой цепочки расщепляются на одиночные молекулы или ионы.

[0053] Метан и аммиак, содержащиеся в газообразной части отходов, а также соединения серы, патогены, питательные и другие вредные вещества, которые образуются во время их разложения, используются в качестве плазмообразующего газа газификационной камеры 4, где опасные химические вещества разлагаются с образованием простых веществ и покидают газификационную камеру 4 в форме синтез-газа, который позже используют для генерирования электрической энергии.

[0054] Ориентация плазменного затвора 6 в газификационной камере 4 такова, что температурный градиент потока 13 плазмы обеспечивает непрерывный нагрев твердых отходов и направляет их в газификационную камеру 4 в виде прямого течения потока 13 плазмы. Немеханическое направление оси потока 13 плазмы в требуемом направлении выполняется за счет движения плазмы в магнитном поле, которое является соосным в отношении указанной оси. Магнитное поле генерируется независимыми соленоидами 21 в количестве от двух до двенадцати, преимущественно трех, как изображено на фиг. 3 и 4. Это означает, что электрическую проводимость потока 13 плазмы и энергию потока 13 плазмы можно изменять в направлении потока. За счет использования магнитного изменения для направления потока 13 плазмы достигается непрерывный температурный градиент в рабочей полости газификационной камеры 4, который обеспечивает полную газификацию органических отходов. Кроме того, обеспечивается изменение температурного градиента в случае изменения характера загрузки газификационной камеры 4, т.е. объема и вида отходов, что является существенным преимуществом по сравнению с механическим способом изменения направления потока 13 плазмы, при котором обеспечивается физическое изменение положения плазменного затвора 6, которое подразумевает вмешательство в устройство в целом, его отключение и т.д.

[0055] Система 15 замедления микроволновой плазмы плазменного затвора 6 согласно изобретению, подробно представленная на фиг. 3—6, содержит:

- передающий элемент 16 между волноводом и полосой,
- соединительную полосу 17,
- боковую пластину 18 полосы,
- шипы 19,
- блокируемый электромагнитный осциллятор 20, т.е. зеркало,
- соленоиды 21, и
- выпуск 22 отраженных волн для отражения волн в циркулятор.

[0056] Передающий элемент 16 между волноводом и полосой, т.е. выходной узел волновода, предназначен для направления волны от генератора 5 к плазменному затвору 6, при этом энергия генератора 5, направляемая волноводом, одновременно делится таким образом, что образуются две одинаковые части одной волны, при этом каждая из частей волны распространяется по одной стороне боковой пластины 18 полосы.

[0057] Боковая пластина 18 полосы представляет собой плоскую пластину специальной формы, которая расширяется в ее начале, т.е. на выходе из передающего элемента 16 между волноводом и полосой, и сужается на ее конце, т.е. перед блокируемым электромагнитным осциллятором 20. Боковая пластина 18 полосы снабжена шипами 19, расположенными бок о бок на расстоянии $\lambda_B/2$ вдоль оси плазменного затвора 6 и ориентированными таким образом, что шипы 19, расположенные на одной стороне первой боковой пластины 18 полосы, размещаются в промежутках между шипами 19, расположенными на второй боковой пластине 18 полосы, с минимальным расстоянием между ними и с максимальным перекрытием всей или части длины шипов 19. Количество шипов 19 на одной стороне является четным числом, и количество шипов 19 на другой стороне является нечетным числом, т.е. фаза микроволновой энергии/волны на первой боковой пластине 18 полосы противоположна фазе микроволновой энергии/волны на второй боковой пластине 18 полосы. По этой

причине энергия электромагнитной волны возрастает. Результат взаимодействия складывается из связей прямых и отраженных волн и который достигается в области блокируемого электромагнитного осциллятора 20. При использовании напряженности ниже 30 кВ/см эффект от многократного усиления микроволновой энергии является достаточным для образования свободно скользящего потока 13 микроволновой плазмы. Движения волн X, приходящих из генератора 5, прямых волн Y и отраженных волн Z в плазменном затворе 6 изображены на фиг. 7.

[0058] На конце плазменного затвора 6 расположена система управления положением боковых пластин 18 полосы, т.е. блокируемый электромагнитный осциллятор 20, который обеспечивает установку точного места отражения волны, за счет чего в результате сложения прямых и отраженных волн достигается максимальная амплитуда.

[0059] Размер системы 15 замедления и ее отдельных частей определяется точным расчетом для получения минимальной стоячей волны в месте передающего элемента 16 между волноводом и полосой и максимальной стоячей волны только в области зеркала, т.е. в области блокируемого электромагнитного осциллятора 20, после сложения связей прямой и отраженной волн, которые распространяются вдоль боковой пластины 18 полосы.

[0060] Длина боковой пластины 18 полосы определяется в отношении электрической длины уникальной периодической части волны, которая равна $\ell = 3/4\lambda_B$, где λ_B является длиной волны на выходе из передающего элемента 16 между волноводом и полосой. Это определение основано на диссипативных характеристиках равновесной плазмы, которые усиливаются в области системы 15 замедления микроволновой плазмы. Фазовый сдвиг волны в ходе колебаний в боковой пластине 18 полосы должен быть равен $\lambda_B/2$, т.е. 180° , так как система 15 замедления микроволновой плазмы состоит из двух одинаковых частей, т.е. боковых пластин 18 полосы, с шипами 19 на их сторонах, при этом шипы 19 одной гребенки чередуются с шипами 19 противоположной гребенки, что усиливает взаимное разрушение отраженных волн. По этой причине быстрое умножение электромагнитных волн в заданной точке пространства в присутствии электромагнитного поля, имеющего напряженность 30 кВ/см, создает СВЧ плазму безэлектродного разряда, которая имеет форму облака свободной плазмы, которое называют плазменным сгустком. За счет взаимодействия с потоком газа облако

плазмы направляется в газификационную камеру 4, которую называют реактором, в форме потока 13 микроволновой плазмы.

[0061] Общая конструкция системы 15 замедления микроволновой плазмы состоит из двух узлов стоячей волны, т.е. точек максимума. Одна из них расположена в области блокируемого электромагнитного осциллятора 20, и вторая расположена в области источника электромагнитных волн, т.е. генератора 5. Минимум стоячей волны находится на передающем элементе 16 между волноводом и полосой.

[0062] Система 15 замедления микроволновой плазмы расположена в защитном корпусе 23 цилиндрической формы, который представляет собой основную часть плазменного затвора 6. Такое исполнение обеспечивает жесткость конструкции и содержит выходы трубок для направления/продувания воздухом или водяным паром.

[0063] Ниже описан способ газификации.

[0064] При приеме отходов, где термин «отходы» также означает лишь пример всех возможных принятых твердых веществ, используемых для газификации, осуществляют подготовку к газификации путем их разделения на отдельные фракции, например путем плавки или прессования, после чего твердые фракции проходят через бункер 3 в газификационную камеру 4, содержащую сопло плазменного затвора 6. Образование потока плазмы обеспечивается путем генерирования микроволновой энергии генератором 5 волн сверхвысокой частоты. При нагреве отходов до температуры от 1000 °C до 1500 °C органический компонент термически разлагается, и образуются синтез-газ с пиролизической текучей средой. Отделение газа от жидкого вещества начинается в момент, когда достигается температура, достаточная для отделения пара от легких фракций пиролизической жидкости в газификационной камере 4. В момент повышения температуры нагрева отходов до 1500—2000 °C неорганические компоненты отходов плавятся, и образуется расплав шлака, который удаляется из газификационной камеры 4 при помощи гомогенизатора 10 в подающее устройство 11 для шлака. Образовавшийся синтез-газ направляется в систему для очистки газа, которая содержит скруббер 7 для грубой очистки от твердых частиц, например пыли и золы, и помимо прочего она содержит блок 8 плазменной каталитической очистки отходящего газа для отделения опасных химических веществ, в частности диоксидов галогенов, веществ в виде диоксидов, фуранов и т.д. Диоксины и фураны трудно

разлагаются при низкой температуре. Необходимо достигнуть температуры по меньшей мере 750 °С. Они полностью разлагаются при температуре 1000 °С. Полное разложение диоксинов и фуранов возможно только если их подвергнуть воздействию температуры от 1200 °С до 1300 °С в течение 2–3 секунд. По причине того, что необходимо избегать рекомбинации опасных веществ, газ, имеющий температуру от 1000 до 1200 °С, направляется в колонну 9 быстрого охлаждения, где температура в течение 2–3 секунд снижается до 70–110 °С. Кроме того, образовавшийся газ, который главным образом содержит оксид углерода (CO) и водород (H₂), применим для генерирования электрической энергии или прямого сбыта в качестве топлива.

[0065] Микроволновая энергия из генератора 5 проходит через передающий элемент 16 между волноводом и полосой и вдоль боковой пластины 18 полосы, которая непрерывно сужается в направлении волны, к блокируемому электромагнитному осциллятору 20. Микроволна распространяется от генератора 5 по поверхности и краю боковой пластины 18 полосы фактически без каких-либо препятствий к блокируемому электромагнитному осциллятору 20, имеющему конструкцию, которая обеспечивает установку и фиксацию направления электромагнитных колебаний. В конечной точке электромагнитная волна отражается. По причине небольшого размера плоскости для отражения, отраженная волна имеет форму и внешний вид очень тонкого пучка, который после его отражения блокируется и замедляется шипами 19, непрерывно расположенными вдоль оси боковой пластины 18 полосы. Таким образом, путь отраженной волны обратно к началу колебаний увеличивается наряду с увеличением длины волны. Идентичная боковая пластина 18 полосы с шипами 19 расположена в противоположном направлении, и образующиеся на ней колебания являются сдвинутыми на $\lambda_B/2$, т.е. на 180°. Вследствие отражения от механических препятствий, т.е. шипов 19, и взаимной блокировки самими электромагнитными волнами волна замедляется.

[0066] Благодаря системе 15 замедления микроволновой плазмы согласно изобретению, используемой в плазменном затворе 6, в комбинации с газификационной камерой 4, выполненной с возможностью подачи разных фракций, т.е. твердых фракций, жидких фракций и газообразной фракции, достигаются следующие положительные эффекты:

- подача твердых веществ в форме брикетов обеспечивает полную газификацию их органической части,

- способ подачи жидкой фракции и промывочной воды в форме водяного пара повышает степень разложения и ускоряет разложение органической части твердых веществ,
- вследствие использования газообразной фракции для совместного образования плазмы больше нет необходимости в извлечении фракций при помощи вентиляционного устройства и нет необходимости в их очистке перед их поступлением в атмосферу,
- эффективность преобразования электрической энергии в тепловую энергию составляет до 98 %,
- его можно использовать локально в форме контейнерного устройства предварительно определенного размера в зависимости от размера и типа перерабатываемых твердых веществ,
- обеспечивается разложение твердых веществ и неорганических остатков при температурах от 700 °C до 2000 °C,
- что касается технологического применения, поток микроволновой плазмы может быть сконфигурирован посредством регулировки его направления в форме очень узкого пучка, аналогичного факелу, или сконфигурирован в форме свободно скользящего разряда, т.е. плазменного тумана, внутри газификационной камеры,
- переработка твердых веществ, например отходов или изношенных полимеров, возможна при использовании энергии от 100 кВт, тогда как современные микроволновые плазменные устройства резонаторного типа согласно существующему уровню техники обеспечивают возможность использования энергии в диапазоне от 5 кВт до 10 кВт,
- отсутствуют электроды и дополнительные горючие вещества, например газ, мазут, дизельное топливо, которые загрязняют опасными веществами готовые продукты газификации. Это означает, что устройство согласно изобретению предоставляет наиболее чистый способ переработки материала как с экологической точки зрения, так и в виду возможного дальнейшего использования получаемого синтез-газа.

[0067] При помощи устройства согласно изобретению при использовании лишь одной тонны сухой разделенной массы можно получить до 2500 м^3 синтез-газа с энергией 8440 кВт. 40 % энергии можно использовать для генерирования электрической энергии для потребителей и для распределения и до 60 % – для получения тепла. Кроме того, способ микроволновой плазменной газификации обеспечивает получение синтез-газа с отношением водорода к монооксиду более 1, которое не является возможным в любой другой известной технологии согласно существующему уровню техники. Присутствие большого количества водорода в реакционном объеме замедляет образование газообразных компонентов, содержащих серу, фосфор, хлор и азот. Это обеспечивает получение отопительного синтез-газа с теплотворной способностью до 20000 кДж/м^3 и минимальным процентным содержанием балласта. Преимуществом изобретения является возможность использования этого газа не только для производства электроэнергии, но также для транспортировки, хранения и для производства синтетического топлива для двигателей. Кроме того, отношение количества твердого остатка, т.е. шлака, после газификации к объему исходного материала равно 1:400. Средний энергетический баланс главным образом зависит от морфологического состава материала и содержания углерода, который является основой газифицированного материала. Например, содержание углерода в древесине составляет приблизительно 40 %, в торфе составляет приблизительно 55 %, в аспидном сланце составляет приблизительно 60 %, в буром угле составляет приблизительно 65 %, в каменном угле составляет приблизительно 80 %, в полимерах составляет приблизительно 85 %, в мазуте и в пряже составляет приблизительно 90 % и в антраците составляет приблизительно 95 %.

[0068] Следует учитывать, что основными компонентами топлива, т.е. газифицированными твердыми веществами, которые представляют собой носители энергии, являются углерод (C) и водород (H_2). При сгорании 1 кг углерода выделяется приблизительно 34000 кДж энергии, а при сгорании 1 кг водорода выделяется приблизительно 125000 кДж энергии. Другие компоненты топлива, например, сера (S), кислород (O_2), азот (N_2), диоксид серы (SO_2), диоксид углерода (CO_2), оксиды азота (NO_x), минеральные частицы, влага (H_2O) представляют собой негорючий балласт топлива, который значительно снижает используемую теплотворную способность топлива. По причине того, что компоненты необходимо расплавить, и испарить

содержащуюся в них влагу, потребление топлива для их нагрева возрастает. Для преобразования 1 кг влаги в форму пара необходимо приблизительно 2500–3000 кДж.

[0069] Если использовать для прямого сжигания углеродсодержащего материала технологию согласно существующему уровню техники, например паровой котел или парогенератор, при сжигании одной тонны древесины генерируется лишь приблизительно 40 кВт электрической энергии и 60 кВт тепловой энергии, т.е. в сумме приблизительно 100 кВт энергии, или при сжигании одной тонны угля генерируется лишь приблизительно 120 кВт электрической энергии и 180 кВт тепловой энергии, т.е. в сумме приблизительно 300 кВт энергии, так как все содержимое продуктов сгорания представляет собой негорючий балласт, доставляемый постоянно добавляемым в котел воздухом, который сам по себе является производителем другого балласта.

[0070] Устройство для газификации согласно изобретению применимо для термохимической деструкции, т.е. газификации, углеводородов, содержащихся в различных органических веществах, например низкокачественном энергетическом угле, веществах отработанного масла, например моторного и технического масла, больничных отходах и опасных отходах, которые содержат углеродные компоненты, твердых бытовых отходах и изношенных полимерах, для производства горючего синтез-газа, другими словами, для генерирования чистой энергии.

Формула изобретения

1. Система (15) замедления микроволновой плазмы для плазменного затвора (6), содержащая:

- передающий элемент (16) между волноводом и полосой для соединения системы с генератором (5) и впуска волн из генератора (5) в плазменный затвор (6),
- соединительную полосу (17), соединенную с передающим элементом (16) между волноводом и полосой,
- две параллельных боковых пластины (18) полосы, одним концом соединенные с соединительной полосой (17),
- при этом боковые пластины (18) полосы представляют собой плоские пластины, при этом одна из их сторон снабжена

шипами (19), расположенными бок о бок вдоль оси боковых пластин (18) полосы, ориентированными таким образом, что шипы (19), расположенные на одной стороне первой боковой пластины (18) полосы, размещаются в промежутках между шипами (19), расположенными на одной стороне второй боковой пластины (18) полосы,

отличающаяся тем, что

- боковые пластины (18) полосы на другом конце снабжены взаимно отделенными блокируемыми электромагнитными осцилляторами (20), при этом положение блокируемых электромагнитных осцилляторов (20) определяет точное место отражения волн для формирования их максимальной амплитуды за счет сложения прямых и отраженных волн,
- боковые пластины (18) полосы расширяются в направлении от передающего элемента (16) между волноводом и полосой и сужаются перед блокируемыми электромагнитными осцилляторами (20),
- и предназначены для направления прямых волн Y от соединительной полосы (17) к блокируемым электромагнитным осцилляторам (20),

- шипы (19) взаимно отделены расстоянием $\lambda_B/2$, где λ_B является длиной волны на выходе из передающего элемента (16) между волноводом и полосой,

- и расположены на пути отраженных волн Z , которые направляются от блокируемых электромагнитных осцилляторов (20) к соединительной полосе (17),

- соединительная полоса (17) служит для расщепления приходящей волны на две одинаковые волны со сдвигом на 180° , при этом каждая из волн распространяется по отличной боковой пластине (18) полосы.

2. Плазменный затвор (6), **отличающийся тем, что** содержит систему (15) замедления микроволновой плазмы по п. 1.

3. Плазменный затвор (6) по п. 2, **отличающийся тем, что** система (15) замедления микроволновой плазмы расположена на оси плазменного затвора (6).

4. Плазменный затвор (6) по любому из пп. 2, 3, **отличающийся тем, что** дополнительно содержит от двух до двенадцати независимых соленоидов (21) для направления потока (13) плазмы, который выходит из плазменного затвора (6).

5. Устройство для газификации, содержащее

- устройство (1) для загрузки твердого вещества отдельными фракциями, соединенное с

- устройством (2) для измельчения твердого вещества, соединенным с

- бункером (3) для твердого вещества, соединенным с

- газификационной камерой (4) для газификации твердого вещества, с которой также соединен

- генератор (5) для подачи микроволновой мощности, при этом

- генератор (5) содержит источник питания, волновод и автоматическую систему управления для подачи микроволновой энергии, при этом

- выход газификационной камеры (4) содержит:

- скруббер (7) для очистки поступающего синтез-газа от частиц механических примесей, который соединен с

- блоком (8) плазменной каталитической очистки отходящего газа для тонкой очистки синтез-газа, который соединен с
- колонной (9) для быстрого охлаждения синтез-газа с целью предотвращения рекомбинации опасных химических веществ,
- при этом выход газификационной камеры (4) дополнительно содержит:
- реактор (10) для гомогенизации остатков, образующихся при охлаждении расплавленного вещества, соединенный с
- подающим устройством (11) для сбора охлажденных коксовых остатков,

отличающееся тем, что

- дополнительно содержит плазменный затвор (6) по любому из пп. 2–4.

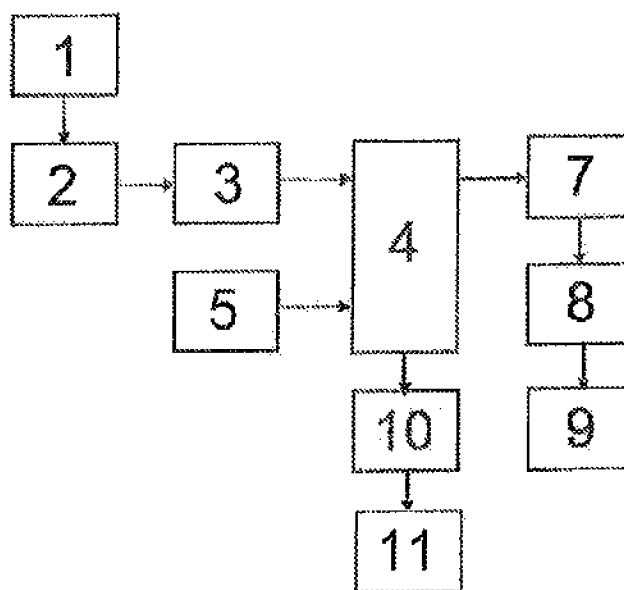
6. Устройство для газификации по п. 5, **отличающееся тем, что** устройство (1) для загрузки твердых веществ представляет собой устройство для подготовки твердых веществ с магнитным сепаратором металла.

7. Устройство для газификации по любому из пп. 5–6, **отличающееся тем, что** устройство (2) для измельчения твердых веществ выполнено с возможностью измельчения частиц до размера от 0,80 мм до 10 мм.

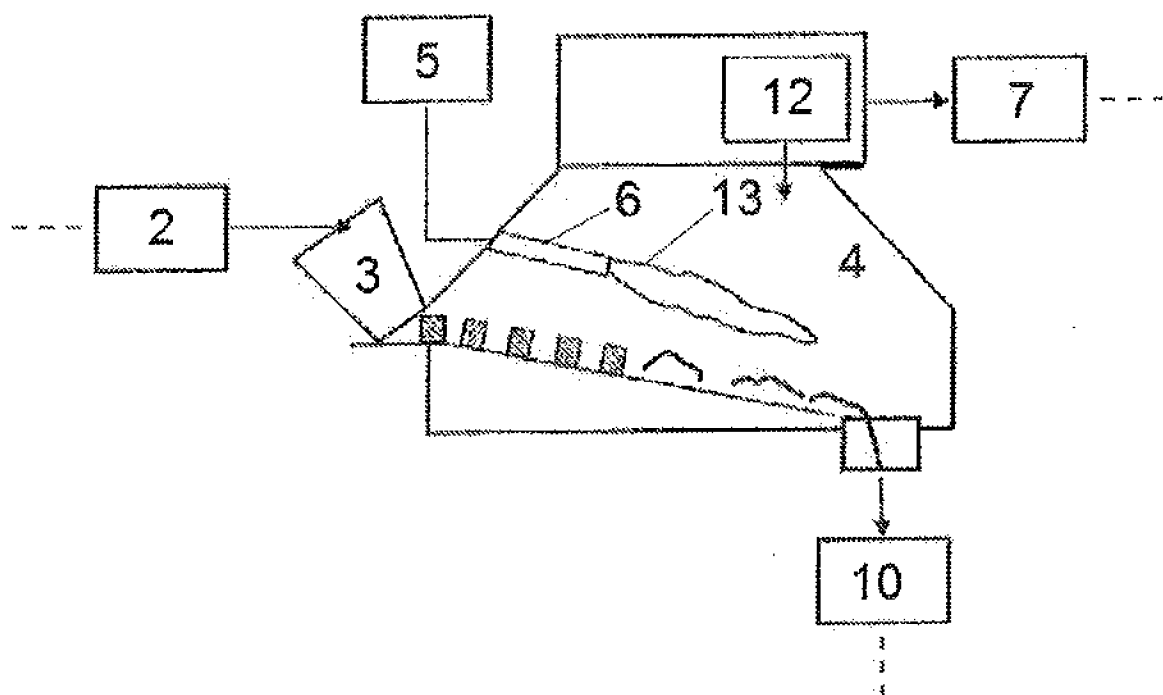
8. Устройство для газификации по любому из пп. 5–7, **отличающееся тем, что** бункер (3) для твердых веществ содержит трубку или втягивающий канал для втягивания первичного газа.

9. Устройство для газификации по любому из пп. 5–8, **отличающееся тем, что** содержит как бункер (3) для подачи твердых частиц, так и распылитель (12) для подачи жидких веществ.

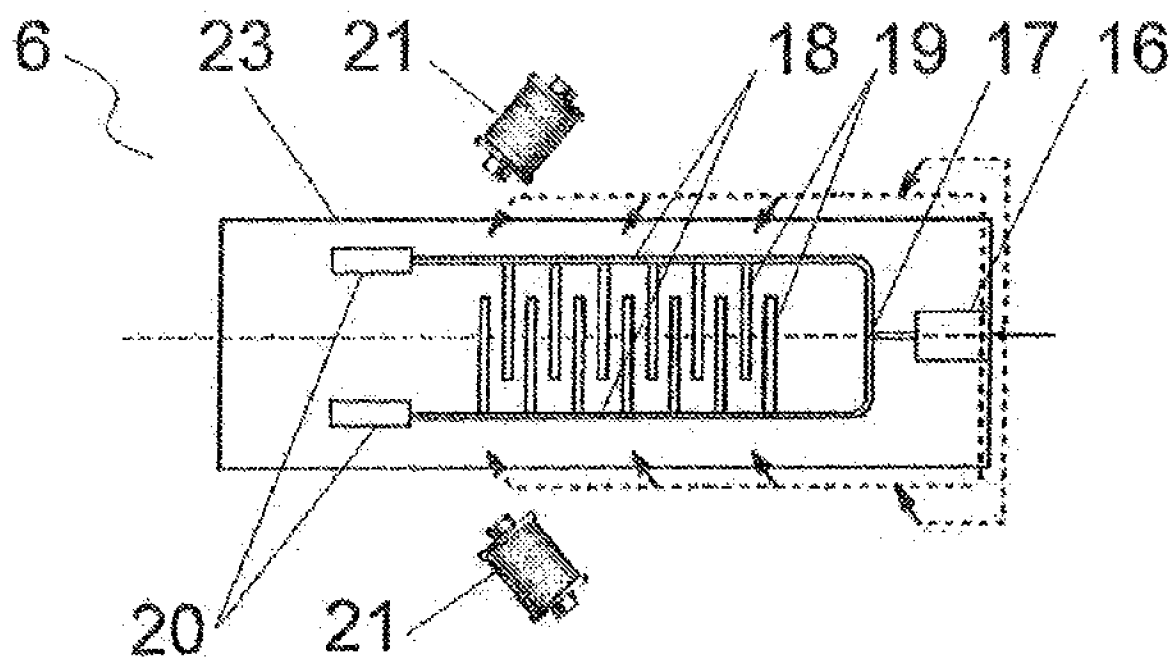
10. Применение устройства для газификации по любому из пп. 5–9 для термохимического превращения органических веществ.



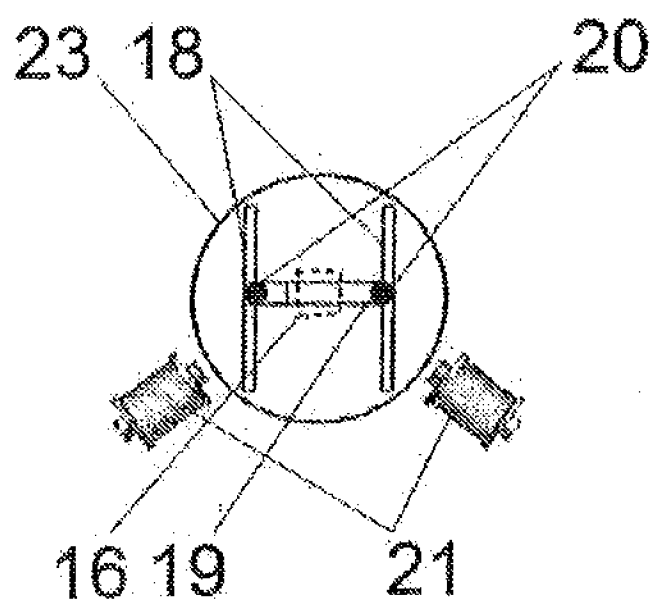
Фиг. 1



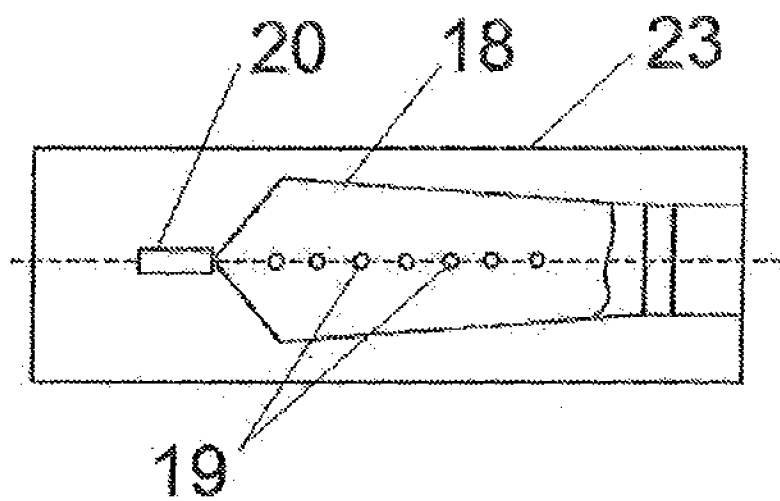
Фиг. 2



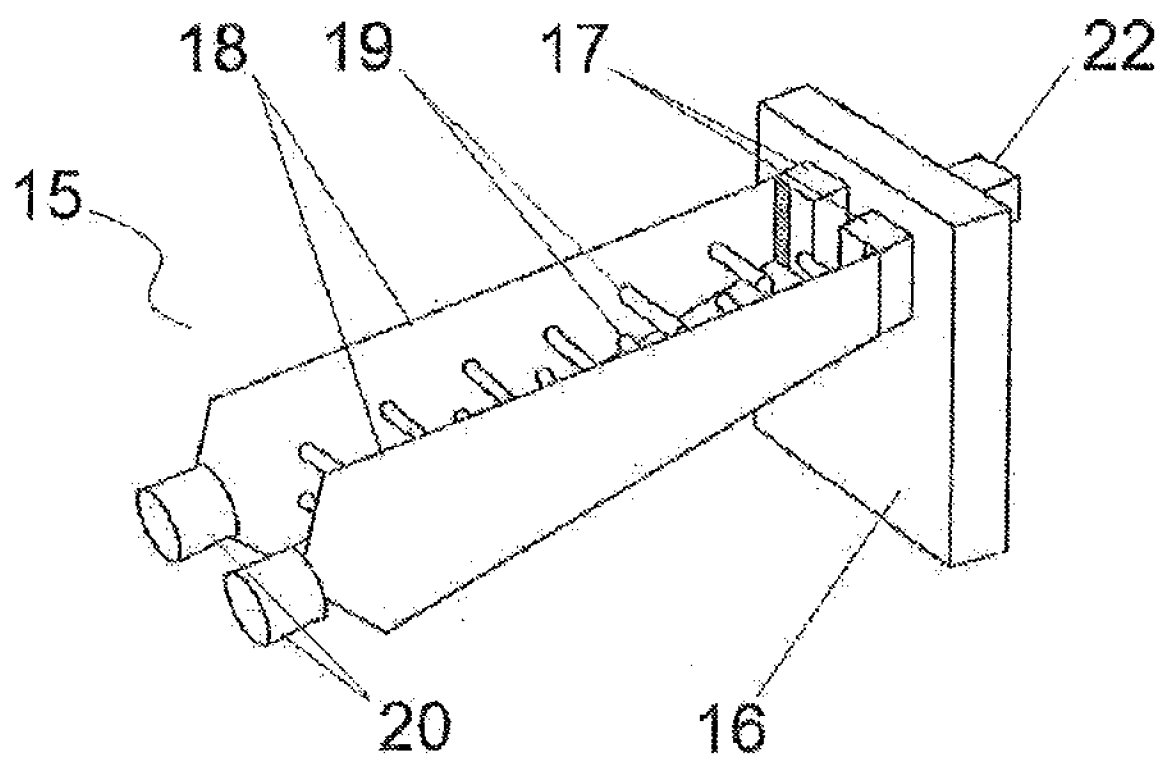
Фиг. 3



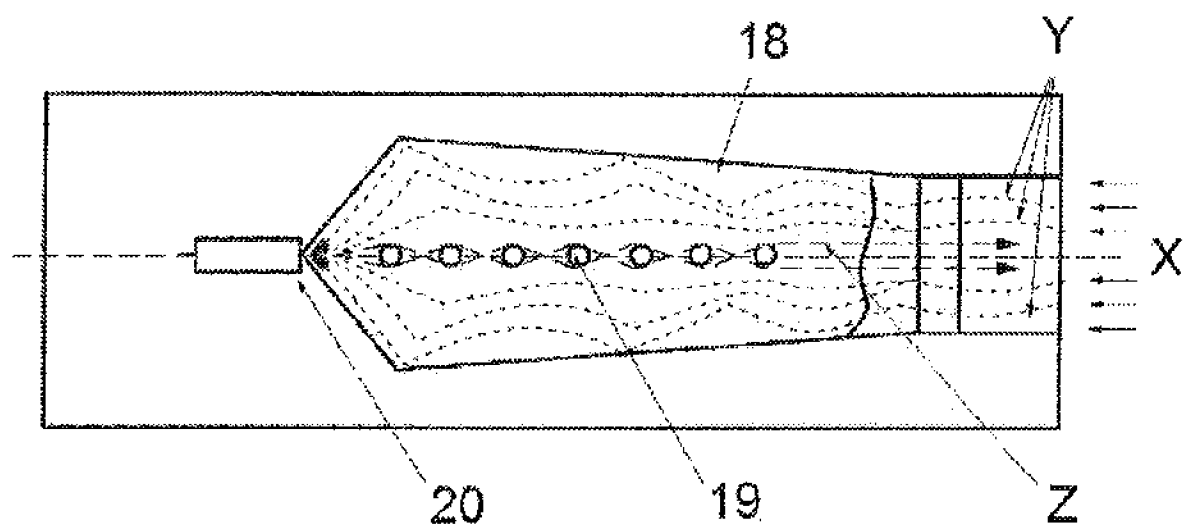
Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7