РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(19) **RU** (11) **2 635 631** (13) **C2**

(51) МПК
*C10J 3/56* (2006.01)
*C21B 7/16* (2006.01)
*C21C 5/48* (2006.01)
*F27B 1/16* (2006.01)
*F27D 3/16* (2006.01)

# (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: **2015106191, 08.08.2013**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
**08.08.2013**

Дата регистрации:
**14.11.2017**

Приоритет(ы):
(30) Конвенционный приоритет:
**14.08.2012 DE 10 2012 016 086.0**

(43) Дата публикации заявки: **10.10.2016** Бюл. № **28**

(45) Опубликовано: **14.11.2017** Бюл. № **32**

(85) Дата начала рассмотрения заявки PCT на национальной фазе: **16.03.2015**

(86) Заявка PCT:
**EP 2013/002369 (08.08.2013)**

(87) Публикация заявки PCT:
**WO 2014/026748 (20.02.2014)**

Адрес для переписки:
**191036, Санкт-Петербург, а/я 24, "НЕВИНПАТ"**

(72) Автор(ы):
**АБРАХАМ Ральф (DE),**
**ПАВОНЕ Доменико (DE),**
**ШУЛЬЦЕ ЭККЕЛЬ Райнальд (DE),**
**ТОПОРОФ Добрин (DE),**
**ХАФНЕР Симон Борис (DE)**

(73) Патентообладатель(и):
**ТюссенКрупп Индастриал Солюшнс АГ (DE)**

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **US 5281243 A, 25.01.1994. RU 2301837 C2, 27.06.2007. RU 2106413 C1, 10.03.1998. US 4491456 A1, 01.01.1985. DE 3939404 A1, 23.05.1985. EP 2476956 A2, 18.07.2012. WO 2010/006723 A2, 21.01.2010.**

RU 2635631 C2

(54) **Устройство и способ для введения кислорода в процесс газификации в псевдоожиженом слое под давлением**

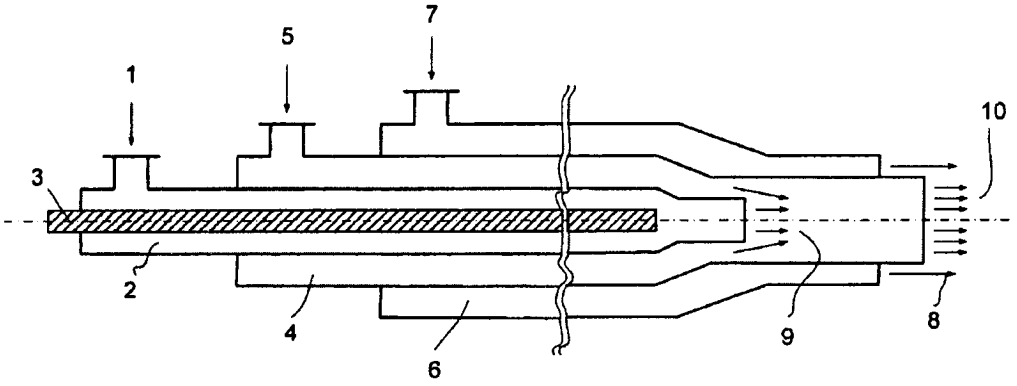
(57) Реферат:

Изобретение относится к введению кислорода в процессе газификации и может быть использовано в химической промышленности и энергетике. Кислородная фурма содержит три трубы, расположенные соосно по отношению друг к другу. Внешняя труба 6 выполнена с возможностью пропускания перегретого пара 7. Внутренняя труба 2 выходит в среднюю трубу 4, сходит на конус по типу сопла перед ее устьем и выполнена с возможностью пропускания кислорода 1 с температурой, не превышающей 180°C. Во внутренней части внутренней трубы 2 установлен датчик температуры 3, который почти достигает устья внутренней трубы 2. Устье средней трубы 4 дополнительно выступает по отношению к устью 8 внешней трубы 6. Способ введения кислорода в реактор газификации с псевдоожиженным слоем, эксплуатируемый согласно способу Винклера, посредством кислородной фурмы включает подачу влажного газа во внешнюю трубу под давлением, превышающим давление в реакторе газификации с псевдоожиженным слоем. Кислород 1 пропускают через внутреннюю трубу 2 под давлением, превышающим давление в реакторе газификации с псевдоожиженным слоем. Осуществляют выход влажного газа из устья 8 внешней трубы 6 в виде наружного потока вокруг устья средней трубы 4 и выход свободной струи 10. Скорость потока выходящего влажного газа устанавливают выше скорости выходящего газа из внутренней трубы 2. Изобретение позволяет обеспечить эффективное, безопасное и доступное введение кислорода в процесс газификации в



RU 2635631 C2

псевдоожиженном слое под давлением также свыше 10 бар. 2 н. и 12 з.п. ф-лы, 2 ил., 4 пр.




**Фиг.1**

RU 2635631 C2

RU 2635631 C2

RUSSIAN FEDERATION

FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(19) **RU** (11) **2 635 631** (13) **C2**

(51) Int. Cl.
*C10J 3/56* (2006.01)
*C21B 7/16* (2006.01)
*C21C 5/48* (2006.01)
*F27B 1/16* (2006.01)
*F27D 3/16* (2006.01)

## (12) ABSTRACT OF INVENTION

(21)(22) Application: **2015106191, 08.08.2013**

(24) Effective date for property rights:
**08.08.2013**

Registration date:
**14.11.2017**

Priority:
(30) Convention priority:
**14.08.2012 DE 10 2012 016 086.0**

(43) Application published: **10.10.2016** Bull. № **28**

(45) Date of publication: **14.11.2017** Bull. № **32**

(85) Commencement of national phase: **16.03.2015**

(86) PCT application:
**EP 2013/002369 (08.08.2013)**

(87) PCT publication:
**WO 2014/026748 (20.02.2014)**

Mail address:
**191036, Sankt-Peterburg, a/ya 24, "NEVINPAT"**

(72) Inventor(s):
**ABRAHAM Ralf (DE),**
**PAVONE Domenico (DE),**
**SCHULZE ECKEL Reinald (DE),**
**TOPOROV Dobrin (DE),**
**HAFNER Simon Boris (DE)**

(73) Proprietor(s):
**TyussenKrupp Indastrial Solyushns AG (DE)**

RU 2635631 C2

### (54) DEVICE AND METHOD FOR INTRODUCING OXYGEN INTO GASIFICATION PROCESS IN FLUIDIZED FORMATION UNDER PRESSURE

(57) Abstract:

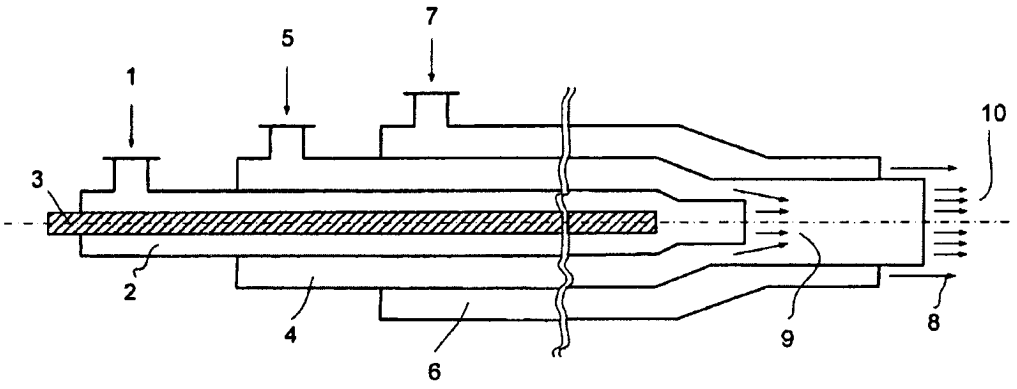
FIELD: machine engineering.

SUBSTANCE: oxygen lance comprises three pipes arranged coaxially with respect to each other. An outer pipe 6 is arranged to pass the superheated steam 7. An inner pipe 2 leads to a middle pipe 4 and comes to a nozzle type cone before its mouth and is configured for passing oxygen 1 with temperature not exceeding 180°C. There is a temperature sensor 3 in the inner part of the inner pipe 2 that almost completely reaches the mouth of the outer pipe 2. The mouth of the middle pipe 4 further extends relative to the moth 8 of the outer pipe 6. The method for introducing oxygen into the fluidized-formation gasification reactor operated according to the Winkler method comprises supplying wet gas to the outer pipe under pressure by the oxygen lance exceeding the pressure in the fluidized-formation gasification reactor. The oxygen 1 is passed through the inner pipe 2 under a pressure higher than the pressure in the fluidized-formation gasification reactor. Wet gas is discharged from the mouth 8 of the outer pipe 6 as an external flow around the mouth of the middle pipe 4, and the free jet 10 is discharged. The flow velocity of discharged wet gas is higher than the velocity of the discharged gas from the inner pipe 2.

EFFECT: invention makes it possible to provide efficient, safe and accessible introduction of oxygen into the gasification process in the fluidized formation under pressure above 10 bar as well.

14 cl, 2 dwg, 4 ex

RU 2635631 C2




Фиг.1

RU 2635631 C2

RU 2635631 C2

[0001] Настоящее изобретение относится к способу и устройству для введения кислорода в процесс газификации в псевдоожиженном слое под давлением, который обычно применяют в реакторе газификации согласно способу с применением высокого давления Винклера (способу HTW).

[0002] Способ HTW известен в течение длительного времени и является испытанной и проверенной технологией, посредством которой как твердые, так и жидкие или пастообразные углеродсодержащие топлива превращают в синтез-газ. Применяемыми топливами являются также тяжелые топлива с очень высокой зольностью, а также топлива на основе материалов биомассы и углеродсодержащих отходов. Их вводят в псевдоожиженный слой, который работает как кипящий псевдоожиженный слой, газифицируют посредством кислорода, пара и $CO_2$. В отличие от других способов газификации, способ HTW осуществляют при умеренных температурах, при которых образующаяся зола не плавится. Это характеризуется технологическим преимуществом, в частности, в случае корродирующих зол.

[0003] Добавку кислорода следует дозировать очень точно, поскольку избыточная дозировка может привести к повышенному выгоранию и, следовательно, к увеличению содержания $CO_2$ в синтез-газе, чего следует избегать. Кроме того, избыточная дозировка в непосредственном окружении точек подачи кислорода может привести к плавлению частиц золы, в результате чего может происходить спекание с материалом псевдоожиженного слоя, а это может привести к налипанию материала к кислородным фурмам. Поэтому необходима точная, быстрая и тонкая регулировка подачи кислорода, поскольку топлива частично подают периодически под давлением. Это приводит к чрезвычайно жестким требованиям, которым должны удовлетворять кислородные фурмы, обычно применяемые для введения необходимого кислорода в реактор с псевдоожиженным слоем.

[0004] Соответствующие кислородные фурмы описаны, например, в DE 3439404 C2 и DE 4407651 C1, которые соответствуют существующему до настоящего времени уровню техники. В них проблема возможного спекания решается тем, что в точке выхода кислорода предусматривают добавление пара таким образом, чтобы образовать паровую пленку, которая окружает выходящую струю кислорода. Турбулентные потоки, образуемые в это время в струе выходящего газа, характеризуются очень высоким содержанием пара, посредством которого предотвращают перегрев увлекаемых частиц псевдоожиженного слоя и, таким образом, значительно снижает тенденцию к спеканию.

[0005] Однако данная технология предусматривает проблемы при давлениях выше 8-10 бар. Перед добавлением в кислородные фурмы кислород обычно подвергают предварительному нагреву. Однако с целью безопасности может быть предпочтительным отсутствие проведения нагревания выше 180°C, поскольку в этом случае детали оборудования, в частности уплотнения, являющиеся стандартными в промышленности, корродируют. Выше 200°C существуют нормативные лицензионные ограничения при использовании материала. Если предварительно нагретый кислород вводят в кислородную фурму при 180°C и если перегретый пар подают в окружающую трубу под давлением выше 8-10 бар, на стороне пара подводящей кислород трубы образуются конденсаты. Эти конденсаты изменяют режим течения выхода газа в настолько значительной степени, что окружающая паровая пленка уже не образуется вокруг кислородной фурмы. Это приводит к выходу из строя кислородных фурм.

[0006] Поэтому целью настоящего изобретения является обеспечение доступного устройства и способа для введения кислорода в процесс газификации в псевдоожиженном

слое под давлением, который также применим для рабочих давлений выше 10 бар и, наряду с высокой безопасностью и доступностью, является эффективным.

[0007] Цель достигается посредством кислородной фурмы, содержащей по меньшей мере три трубы, расположенные соосно по отношению друг к другу и по меньшей мере в каждом случае ограничивающие кольцевое пространство, причем

- внешняя труба выполнена с возможностью пропускания перегретого пара и содержит точку подачи пара,
- средняя труба выполнена с обеспечением кольцевого пространства,
- внутренняя труба выполнена с возможностью пропускания кислорода с температурой, не превышающей 180°C, и содержит точку подачи кислорода,
- внутри внутренней трубы установлен датчик температуры, который почти достигает устья внутренней трубы,
- внутренняя труба сходит на конус по типу сопла перед ее устьем,
- внутренняя труба выходит в среднюю трубу, и
- устье средней трубы дополнительно выступает по отношению к устью внешней трубы.

[0008] В одном варианте осуществления средняя труба может быть выполнена в виде заглушенной трубы, закрытой с обеих сторон, и в этом случае выражение "устье", применяемое в предыдущем абзаце, подразумевается в этом ограничивающем случае относящимся только к концу трубы вблизи устья внешней трубы. В другом варианте осуществления средняя труба открыта со стороны устья кислородной фурмы. В дополнительном варианте осуществления средняя труба выполнена с возможностью пропускания сухого газа и содержит точку введения газа. В этом случае, в дополнительном варианте осуществления, возможно условие, при котором средняя труба сходит на конус по типу сопла перед устьем внутренней трубы, выходящей в среднюю трубу.

[0009] Под сухим газом в данном документе понимают, как это принято в технологии сжигания в отличие от технологии получения пара, промышленный газ без фракций пара. Напротив, ниже под влажным газом понимают промышленный газ, содержащий также фракции пара, хотя это и не подразумевает, что образована многофазная смесь. Поэтому перегретый пар должен рассматриваться как влажный газ даже несмотря на то, что он является сухим в том смысле, что не произошло образование влажного пара.

[0010] Цель также достигается, как описано выше, с помощью способа для введения кислорода в реактор газификации с псевдоожиженным слоем, эксплуатируемый согласно способу HTW, посредством кислородной фурмы, при котором

- подают влажный газ во внешнюю трубу под давлением, превышающим давление в реакторе газификации с псевдоожиженным слоем,
- подают кислород во внутреннюю трубу при температуре, не превышающей 180°C, и под давлением, превышающим давление в реакторе газификации с псевдоожиженным слоем,
- происходит выход влажного газа из устья внешней трубы в виде наружного потока вокруг устья средней трубы и выход свободной струи, при этом скорость потока выходящего влажного газа устанавливают выше скорости выходящего газа из внутренней трубы.

[0011] В вариантах осуществления способа возможно условие, при котором сухой газ вводят в среднюю трубу под давлением, превышающим давление в реакторе газификации с псевдоожиженным слоем, и тем самым кислород и сухой газ смешивают перед устьем средней трубы.

[0012] В дополнительных вариантах осуществления способа предусмотрено условие, при котором влажный газ представляет собой перегретый пар или смесь диоксида углерода и перегретого пара.

[0013] В дополнительных вариантах осуществления способа предусмотрено условие, при котором сухой газ представляет собой диоксид углерода, азот или смесь диоксида углерода и воздуха, или смесь диоксида углерода и азота. Также предусмотрено условие, при котором во время эксплуатации не происходит перемещение сухого газа. Кроме того, насколько это необходимо в процессе газификации, возможна эксплуатация без сухого газа, при этом положительные эффекты при температуре влажного газа сохраняются. Минимальная температура подачи сухого газа в среднюю трубу обусловлена точкой росы влажного газа, используемого во внешней трубе, в случае чистого пара она соответствует температуре насыщенного пара.

[0014] Стало очевидно, что настоящее техническое решение особенно выгодно экономически, поскольку линии подачи диоксида углерода могут применяться вследствие потребности обеспечения инертизации кислородных фурм при резких остановках, а введение дополнительной трубы в кислородные фурмы ведет лишь к небольшим затратам. Выбор сухого газа с высокой удельной теплоемкостью и дополнительное экранирование горячего влажного газа от более холодного кислорода предотвращает заметное снижение температуры в несущей пар внешней трубе и, следовательно, конденсацию пара во внешней трубе.

[0015] Настоящее изобретение поясняется более подробно ниже с помощью 2 схем. На фиг. 1 в этом случае схематически показан разрез через кислородную фурму, устье которой выходит в псевдоожиженный слой реактора газификации HTW, не показанного, а на фиг. 2 показана принципиальная схема линий подачи кислорода, диоксида углерода и пара.

[0016] Кислород 1 направляют во внутреннюю трубу 2, в которой установлено устройство 3 для измерения температуры. Температура составляет до 180°C, а давление на входе составляет до примерно 28 бар. Точное значение давления определяют с помощью регулятора расхода, с помощью которого в реактор подают точное количество кислорода, необходимое в данный момент для газификации. Диоксид 5 углерода при 230°C добавляют в среднюю трубу 4. Перегретый пар 7 с давлением примерно 29 бар и температурой 410°C вводят во внешнюю трубу 6. Посредством данного пара нагревается диоксид углерода до температуры примерно 270°C, при этом кислород аналогично немного нагревается. Поскольку точка росы пара в этом случае не достигается, пар не конденсируется и не образуются капли в устье 8 внешней трубы таким образом, что вокруг конца кислородной фурмы может образовываться однородная пленка пара.

[0017] Кислород внутренней трубы и диоксид углерода средней трубы соединяют в точке 9 смешивания в общий газовый поток, при этом точка подачи уже находится внутри псевдоожиженного слоя в реакторе газификации HTW. Смесь направляют в виде свободной струи 10 в псевдоожиженный слой, при этом пленка пара защищает кислород от образования завихрений вокруг конца сопла и тем самым предотвращает возможный локальный перегрев, приводящий к размягчению и спеканию золы на конце сопла. Поэтому реактор с псевдоожиженным слоем может работать под давлением 28 бар.

[0018] На фиг. 2 показана принципиальная схема с линиями подачи кислорода 11, диоксида 12 углерода и перегретого пара 13, а также с наиболее важными клапанами отключения и регулировки. В случае аварии диоксид углерода может быть подан в

линию кислорода через продувочный клапан 14 и в линию пара через регулировочный клапан 15. Как правило, оба клапана закрыты. В зависимости от необходимого количества кислорода регулировочный клапан 16 служит для подачи кислорода, регулировочный клапан 17 служит для регулировки количества диоксида углерода, а регулировочный клапан 18 служит для введения пара. Кислород 11 также может быть распределен на другие уровни сопла посредством распределителя 19 кислорода.

[0019] Настоящее изобретение иллюстрируют следующие расчеты и примеры конструкций:

- в примере 1 во внешнюю трубу подают пар, а в среднюю трубу подают азот;
- в примере 2 во внешнюю трубу подают пар, а в среднюю трубу подают диоксид углерода;
- в примере 3 во внешнюю трубу подают смесь, состоящую из равных частей по массе диоксида углерода и пара, а в среднюю трубу подают диоксид углерода;
- в примере 4 во внешнюю трубу подают пар, а среднюю трубу оставляют без какого-либо потока.

[0020] Во всех примерах во внутреннюю трубу подают кислород, при этом ее внутренний диаметр составляет примерно 25 мм и внутри нее установлена термопара толщиной 11 мм. Все указания размеров являются приблизительными показателями,

полученными из конструктивных расчетов.

| | Пример 1 | Пример 2 | Пример 3 | Пример 4 |
|---|---|---|---|---|
| Просвет внешней трубы [мм] | 9 | 15 | 15 | 15 |
| Просвет средней трубы [мм] | 10 | 4 | 4 | 4 |
| Массовый расход через внешнюю трубу [кг/с] | 0,039 | 0,039 | 0,039 | 0,039 |
| Массовый расход через среднюю трубу [кг/с] | 0,0039 | 0,0039 | 0,0039 | - |
| Массовый расход через внутреннюю трубу [кг/с] | 0,225 | 0,225 | 0,225 | 0,225 |
| Температура на входе во внешнюю трубу [°C] | 410 | 410 | 410 | 410 |
| Температура на входе в среднюю трубу [°C] | 230 | 230 | 230 | - |
| Температура на входе во внутреннюю трубу [°C] | 180 | 180 | 180 | 180 |
| Температура на выходе из внешней трубы [°C] | 400 | 390 | 390 | 390 |
| Температура на выходе из средней трубы [°C] | 270 | 270 | 270 | - |
| Температура на выходе из внутренней трубы [°C] | 182 | 182 | 182 | 182 |

Во всех случаях температура насыщенного пара влажного газа внешней трубы ни в какой точке не достигается в средней трубе, и поэтому конденсация происходить не может.

[0021] Настоящее изобретение не ограничено иллюстрированными примерами, а

также, кроме того, в случае различных ситуаций загрузки или рабочих ситуаций возможна гибкая адаптация соответствующих потоков к требованиям.

Перечень условных обозначений:

1 кислород
2 внутренняя труба
3 устройство для измерения температуры
4 средняя труба
5 диоксид углерода
6 внешняя труба
7 пар
8 устье внешней трубы
9 точка смешивания
10 свободная струя
11 кислород
12 диоксид углерода
13 пар
14 продувочный клапан
15 регулировочный клапан
16 регулировочный клапан
17 регулировочный клапан
18 регулировочный клапан
19 распределитель кислорода

## (57) Формула изобретения

1. Кислородная фурма, содержащая три трубы, расположенные соосно по отношению друг к другу и по меньшей мере в каждом случае ограничивающие кольцевое пространство, причем

- внешняя труба выполнена с возможностью пропускания перегретого пара и содержит точку подачи пара,
- средняя труба выполнена с обеспечением кольцевого пространства,
- внутренняя труба выполнена с возможностью пропускания кислорода с температурой, не превышающей 180°C, и содержит точку подачи кислорода,
- во внутренней части внутренней трубы установлен датчик температуры, который почти достигает устья внутренней трубы,
- внутренняя труба сходит на конус по типу сопла перед ее устьем,
- внутренняя труба выходит в среднюю трубу, и
- устье средней трубы дополнительно выступает по отношению к устью внешней трубы.

2. Кислородная фурма по п. 1, отличающаяся тем, что средняя труба выполнена в виде заглушенной трубы, закрытой с обеих сторон.

3. Кислородная фурма по п. 1, отличающаяся тем, что средняя труба выполнена открытой со стороны устья кислородной фурмы.

4. Кислородная фурма по п. 1, отличающаяся тем, что средняя труба выполнена с возможностью пропускания сухого газа и содержит точку введения газа.

5. Кислородная фурма по п. 4, отличающаяся тем, что средняя труба сходит на конус по типу сопла перед устьем внутренней трубы, выходящей в среднюю трубу.

6. Способ введения кислорода в реактор газификации с псевдоожиженным слоем, эксплуатируемый согласно способу Винклера, посредством кислородной фурмы по

одному из пп. 1-5, при котором

- подают влажный газ во внешнюю трубу под давлением, превышающим давление в реакторе газификации с псевдоожиженным слоем,

- пропускают кислород через внутреннюю трубу при температуре, не превышающей 180°C, и под давлением, превышающим давление в реакторе газификации с псевдоожиженным слоем,

- происходит выход влажного газа из устья внешней трубы в виде наружного потока вокруг устья средней трубы и выход свободной струи, при этом скорость потока выходящего влажного газа устанавливают выше скорости выходящего газа из внутренней трубы.

7. Способ по п. 6, отличающийся тем, что

- в среднюю трубу подают сухой газ,

- смешивают кислород и сухой газ перед устьем средней трубы,

- происходит выход влажного газа из устья внешней трубы в виде наружного потока вокруг устья средней трубы и выход свободной струи, при этом скорость потока выходящего влажного газа устанавливают выше скорости выходящей смеси сухого газа и кислорода.

8. Способ по любому из пп. 6 или 7, отличающийся тем, что влажный газ представляет собой перегретый пар.

9. Способ по любому из пп. 6 или 7, отличающийся тем, что влажный газ представляет собой смесь диоксида углерода и перегретого пара.

10. Способ по п. 7, отличающийся тем, что сухой газ представляет собой диоксид углерода.

11. Способ по п. 7, отличающийся тем, что сухой газ представляет собой азот.

12. Способ по п. 7, отличающийся тем, что сухой газ представляет собой смесь диоксида углерода и воздуха.

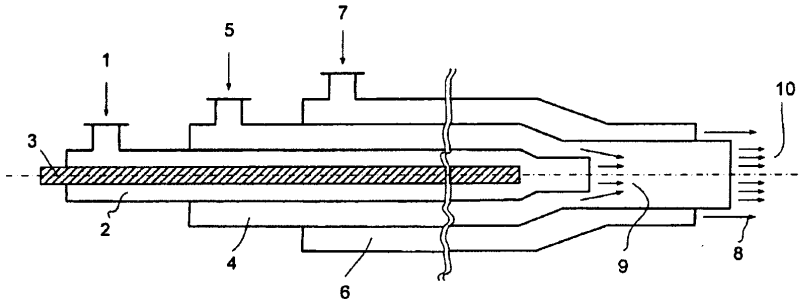
13. Способ по п. 7, отличающийся тем, что сухой газ представляет собой смесь диоксида углерода и азота.

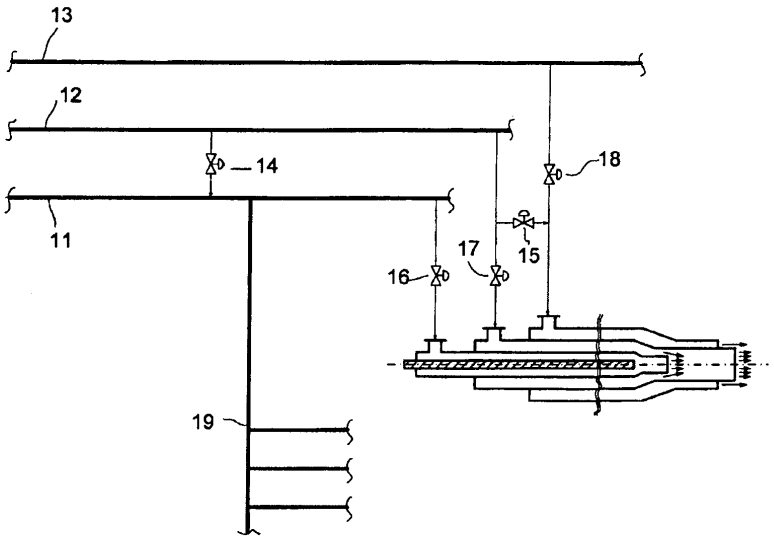
14. Способ по п. 6, отличающийся тем, что во время эксплуатации не происходит перемещение сухого газа.

1



**Фигура 1**




2

**Фигура 2**