

(19)



Евразийское  
патентное  
ведомство

(21) 202392512 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки  
2024.01.22

(22) Дата подачи заявки  
2022.04.04

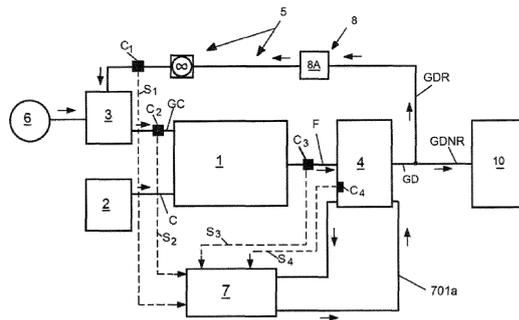
(51) Int. Cl. F23J 15/00 (2006.01)  
F23J 15/04 (2006.01)  
F23J 15/06 (2006.01)  
F23J 15/08 (2006.01)  
F23L 7/00 (2006.01)  
F23L 15/04 (2006.01)  
F23N 5/00 (2006.01)

(54) СИСТЕМА СЖИГАНИЯ, ИСПОЛЬЗУЮЩАЯ В КАЧЕСТВЕ ОКИСЛИТЕЛЯ СМЕСЬ  
МОЛЕКУЛЯРНОГО КИСЛОРОДА И ОСУШЕННОГО ГАЗА, ПОЛУЧЕННОГО ИЗ  
ТОПОЧНЫХ ГАЗОВ

(31) FR2103568  
(32) 2021.04.07  
(33) FR  
(86) PCT/EP2022/058847  
(87) WO 2022/214421 2022.10.13  
(71) Заявитель:  
КАРБОДАУН (FR)

(72) Изобретатель:  
Земмури Жауа (FR)  
(74) Представитель:  
Харин А.В., Буре Н.Н., Стойко Г.В.,  
Галухина Д.В., Алексеев В.В. (RU)

(57) Изобретение относится к системе сжигания, содержащей блок (3) для получения окисляющего газа (GC), устройство (1) сжигания, блок (4) для конденсации топочных газов (F; F'), путем приведения топочных газов (F) в контакт по меньшей мере с одной охлаждающей жидкостью, средство рециркуляции (5) и блок (6) для обеспечения молекулярного кислорода. Установка (3) для получения окисляющего газа позволяет подавать в установку сжигания (1) окисляющий газ (GC), возникающий в результате смешивания молекулярного кислорода и рециркулированной части (GDR) указанного осушенного газа (GD). Система сжигания также содержит регулирующий блок (7), имеющий функцию автоматического регулирования температуры ( $T_L$ ) охлаждающей жидкости (L) конденсаторного блока (4) и/или средство (8) для нагрева рециркулированной части (GDR) указанного осушенного газа (GD).



A1

202392512

202392512

A1

# СИСТЕМА СЖИГАНИЯ, ИСПОЛЬЗУЮЩАЯ В КАЧЕСТВЕ ОКИСЛИТЕЛЯ СМЕСЬ МОЛЕКУЛЯРНОГО КИСЛОРОДА И ОСУШЕННОГО ГАЗА, ПОЛУЧЕННОГО ИЗ ТОПОЧНЫХ ГАЗОВ

## ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ

[0001] Настоящее изобретение относится к области сжигания топлива с помощью окислителя из смеси молекулярного кислорода ( $O_2$ ) и осушенного газа, полученного из топочных газов.

## УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

[0002] Обычное сжигание заключается в смешивании воздуха (окислителя) в установке сжигания (печи, котле и т. д.) с топливом в высокотемпературных условиях для создания окисления. Реакция является экзотермической и естественной. Воздух содержит 18% молекулярного кислорода ( $O_2$ ), и объем используемого воздуха контролируется таким образом, чтобы количество молекулярного кислорода было достаточным для горения.

[0003] При обычном сжигании топочные газы в основном состоят из молекулярного азота ( $N_2$ ), водяного пара ( $H_2O$ ) и диоксида углерода ( $CO_2$ ). Если требуется улавливать  $CO_2$  из этих газов, легко удалить водяной пар путем конденсации этих топочных газов и сбора воды в жидкой форме. С другой стороны, основная трудность заключается в разделении азота и углекислого газа. Кроме того, при обычном сжигании, в зависимости от типа используемого топлива, топочные газы могут также содержать другие загрязняющие газы в большем или меньшем количестве, такие как, например,  $SO_x$  (оксиды серы),  $NO_x$  (оксиды азота),  $HCl$  (хлористый водород),  $HF$  (фтористый водород) и т. д. Следовательно, если необходимо улавливать  $CO_2$  из этих газов, также необходимо отделить  $CO_2$  от этих других загрязняющих веществ.

[0004] Было предусмотрено несколько решений для улавливания  $CO_2$  из газов от обычного сжигания, но их стоимость остается очень высокой.

[0005] Для уменьшения выброса загрязняющих веществ в топочных газах, известна замена вышеупомянутого обычного сжигания сжиганием, называемым "кислородным сжиганием", в котором воздух (окислитель) заменяется чистым молекулярным кислородом в стехиометрических пропорциях, причем количество атомов кислорода равно тому, что необходимо для окисления всех атомов топлива.

[0006] Производство молекулярного кислорода для осуществления кислородного сжигания может, например, быть получено известным способом с помощью криогеники или электролиза воды.

[0007] В случае, например, кислородного сжигания метана (CH<sub>4</sub>), образуются топочные газы, состоящие из 1/3 CO<sub>2</sub> и 2/3 воды по объему. В случае других видов топлива также будут присутствовать загрязняющие вещества, возникающие в результате сжигания, такие как HCl, SO<sub>x</sub> и т. д. Если топливо не содержит азота, предпочтительно, чтобы топочные газы естественным образом не содержали NO<sub>x</sub>.

[0008] Уравнение химической реакции кислородного сжигания метана (CH<sub>4</sub>) выглядит следующим образом:



[0009] Это означает, что каждый моль CH<sub>4</sub> будет выделять 891 кДж энергии.

[0010] Для других видов топлива реакции аналогичны, с появлением других соединений, если топливо содержит атомы, отличные от углерода и водорода.

[0011] В случае, например, кислородного сжигания метана, значительно легче улавливать CO<sub>2</sub>. Для этого достаточно конденсировать воду из топочных газов с помощью процесса охлаждения или сушки для получения CO<sub>2</sub> в газообразном состоянии.

[0012] Поэтому в настоящее время известно использование конденсаторов для конденсации топочных газов, образующихся при сжигании кислорода, для облегчения улавливания CO<sub>2</sub>.

[0013] Значительная трудность в сжигании кислорода заключается, однако, в трудности управления сжиганием, поскольку, в отличие от обычного сжигания, температура сжигания кислорода может быстро и неконтролируемо становиться очень высокой в камере сжигания до такой степени, что обычные устройства для сжигания не могут выдержать.

[0014] Чтобы преодолеть эту трудность, кислородное сжигание уже было улучшено путем рециркуляции по меньшей мере части топочных газов, содержащих CO<sub>2</sub>, путем их смешивания с чистым молекулярным кислородом с получением окисляющего газа (O<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub>), который предпочтительно снижает температуру сжигания.

[0015] Это улучшение обеспечивает более легко контролируемое сжигание на основе молекулярного кислорода по сравнению с кислородным сжиганием, при котором в качестве окислителя используется только чистый молекулярный кислород, при этом уменьшается выброс загрязняющих веществ по сравнению с обычным сжиганием и облегчается улавливание CO<sub>2</sub>.

[0016] При таком подходе к рециркуляции части топочных газов, учитывая, что топочные газы обязательно содержат водяной пар ( $H_2O$ ), необходимо вводить в аппарат сжигания влажный окисляющий газ, содержание воды в котором может быть слишком высоким и/или неконтролируемым, что пагубно сказывается на надежности и надлежащем функционировании аппарата сжигания и может дополнительно вызывать вредную коррозию аппарата сжигания с течением времени.

[0017] Кроме того, когда используемое топливо производит топочные газы, содержащие загрязняющие вещества, такие как, например,  $SO_x$  (оксиды серы),  $NO_x$  (оксиды азота),  $HCl$  (хлористый водород),  $HF$  (фтористый водород) и т. д., рециркуляция части топочных газов приводит к неблагоприятному увеличению концентрации загрязняющих веществ в топочных газах с течением времени и, следовательно, не является вариантом. Таким образом, вышеупомянутый раствор рециркулируемой части топочных газов на практике рассматривается только с топочными газами, состоящими исключительно из диоксида углерода и воды, и свободный от загрязняющих веществ, таких как топочные газы, полученные при сжигании насыщенного углеводорода алканового типа (метан, пропан и т. д.) с молекулярным кислородом.

## ЦЕЛЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[0018] Основная цель изобретения состоит в том, чтобы предложить систему сжигания, содержащую устройство для сжигания, которое позволяет сжигать топливо с помощью окислителя, полученного путем смешивания молекулярного кислорода ( $O_2$ ), и газа, полученного из по меньшей мере части топочных газов, и которое позволяет лучше контролировать качество окисляющего газа, используемого в устройстве для сжигания.

## КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[0019] Таким образом, объектом изобретения является система сжигания, содержащая блок получения окисляющего газа, устройство для сжигания, позволяющее сжигать топливо с помощью указанного окисляющего газа, конденсаторный блок, подходящий для конденсации топочных газов, образуемых устройством для сжигания, путем приведения топочных газов в контакт по меньшей мере с одной охлаждающей жидкостью, чтобы получить осушенный газ, то есть газ, имеющий абсолютную влажность ниже, чем у топочных газов на входе в конденсаторный блок, средства рециркуляции, которые позволяют подавать в блок производства окисляющего газа по меньшей мере одну рециркулированную часть осушенного газа на выходе из конденсаторного блока, блок

обеспечения молекулярным кислородом, который позволяет подавать молекулярный кислород в блок производства окисляющего газа. Блок получения окисляющего газа позволяет подавать в устройство сжигания окисляющий газ, возникающий в результате смешивания молекулярного кислорода и рециркулированной части указанного осушенного газа. Система сжигания также содержит регулирующий блок, который имеет функцию автоматического регулирования температуры охлаждающей жидкости конденсаторного блока.

[0020] Система сжигания также имеет следующие технические признаки (a) и/или (b):

(a) она также содержит по меньшей мере один датчик, позволяющий измерять абсолютную или относительную влажность в рециркулированной части (GDR) осушенного газа, и/или по меньшей мере один датчик, позволяющий измерять абсолютную или относительную влажность в окисляющем газе (GC), и/или по меньшей мере один датчик, позволяющий измерять абсолютную или относительную влажность в топочных газах, и указанный регулирующий блок имеет функцию автоматического регулирования температуры охлаждающей жидкости конденсаторного блока на основании по меньшей мере абсолютной или относительной влажности, измеренной указанным датчиком в рециркулированной части (GDR) осушенного газа, и/или на основании по меньшей мере абсолютной или относительной влажности, измеренной в окисляющем газе (GC) указанным датчиком, и/или на основании по меньшей мере абсолютной или относительной влажности, измеренной в топочных газах указанным датчиком;

и/или

(b) устройство сжигания характеризуется рабочим диапазоном, определяющим максимальную абсолютную или относительную влажность и минимальную абсолютную или относительную влажность, и регулирующий блок имеет функцию автоматического регулирования температуры охлаждающей жидкости конденсаторного блока таким образом, чтобы поддерживать абсолютную или относительную влажность окисляющего газа (GC) в пределах указанного рабочего диапазона устройства сжигания.

[0021] Автоматическое регулирование температуры охлаждающей жидкости конденсаторного блока преимущественно позволяет контролировать абсолютную влажность в рециркулированной части осушенного газа перед его подачей в блок производства окисляющего газа. Нагревание рециркулированной части указанного осушенного газа позволяет повысить температуру рециркулированной части осушенного газа перед ее подачей в блок производства окисляющего газа и, таким образом, выгодно

переместить эту температуру рециркулированной части указанного осушенного газа от ее точки конденсации.

[0022] Более конкретно, система сжигания согласно изобретению может содержать следующие дополнительные и необязательные признаки, взятые в отдельности или в комбинации друг с другом:

- Регулирующий блок имеет функцию автоматического регулирования температуры охлаждающей жидкости конденсаторного блока таким образом, чтобы поддерживать абсолютную или относительную влажность рециркулированной части осушенного газа GD в предварительно заданном рабочем диапазоне.

- Регулирующий блок имеет функцию автоматического регулирования температуры охлаждающей жидкости конденсаторного блока таким образом, чтобы поддерживать абсолютную или относительную влажность окисляющего газа в предварительно заданном рабочем диапазоне.

- Регулирующий блок имеет функцию автоматического регулирования температуры охлаждающей жидкости конденсаторного блока таким образом, чтобы поддерживать абсолютную или относительную влажность топочных газов в предварительно заданном рабочем диапазоне.

- Регулирующий блок имеет функцию автоматического регулирования температуры охлаждающей жидкости конденсаторного блока таким образом, чтобы поддерживать температуру охлаждающей жидкости конденсаторного блока при предварительно заданной температуре или в пределах предварительно заданного температурного диапазона.

- Система сжигания содержит нагревательное средство, подходящее для нагрева рециркулированной части указанного осушенного газа, предпочтительно с помощью калорий, взятых из топочных газов.

- Нагревательное средство подходит для нагрева рециркулированной части (GDR) указанного осушенного газа, так что температура окисляющего газа на входе в устройство для сжигания находится в предварительно заданном диапазоне температур и/или так, что температура окисляющего газа на входе в устройство для сжигания превышает точку конденсации окисляющего газа.

- конденсаторный блок содержит по меньшей мере одно конденсирующее устройство, содержащее ванну с охлаждающей жидкостью, и средства впрыска, позволяющие перемещать топочные газы через эту ванну с охлаждающей жидкостью, и предпочтительно, при этом средства впрыска позволяют впрыскивать топочные газы под поверхность (S) этой ванны с охлаждающей жидкостью.

- Система сжигания содержит подающее устройство, подходящее для введения одной или более обрабатываемых добавок в охлаждающую жидкость, для обработки загрязняющего вещества (веществ), потенциально захваченного в охлаждающей жидкости.

- Система сжигания содержит по меньшей мере один датчик, измеряющий pH охлаждающей жидкости или измеряющий концентрацию по меньшей мере одного загрязняющего вещества в охлаждающей жидкости, и подающее устройство, подходящее для автоматического введения одной или более обрабатываемых добавок в охлаждающую жидкость, в зависимости от измеренного pH или измеренной концентрации.

Указанная по меньшей мере одна обрабатываемая добавка представляет собой основание, и, более конкретно, NaOH, KOH, Ca(OH)<sub>2</sub>, или кислоту, и, более конкретно, серную кислоту, или пероксид водорода, или флокулирующий агент.

Система сжигания содержит блок удаления загрязнений, который расположен между конденсаторным блоком и точкой рециркуляции рециркулированной части осушенного газа, и который имеет функцию удаления по меньшей мере части загрязняющего вещества (веществ), содержащегося в осушенном газе, полученном на выходе из конденсаторного блока, таким образом, чтобы рециркулировать до входа в блок производства окисляющего газа рециркулированную часть осушенного газа, из которого была удалена по меньшей мере часть загрязнений.

Система сжигания содержит блок удаления загрязнений, который расположен между устройством сжигания и конденсаторным блоком и который имеет функцию удаления по меньшей мере части загрязняющего вещества (веществ), содержащегося в топочных газах, до того, как они пройдут через конденсаторный блок, чтобы вводить топочные газы во вход конденсаторного блока с удалением по меньшей мере части их загрязнений.

- Блок удаления загрязнений подходит для улавливания одного или нескольких загрязняющих веществ, выбранных из следующего списка: мелкие частицы, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, кислоты, тяжелые металлы, аммиак, ЛОС.

Блок удаления загрязнений содержит по меньшей мере одно промывочное устройство, подходящее для приведения осушенного газа, из которого необходимо удалить загрязнение, или топочных газов, из которых необходимо удалить загрязнение, в контакт с промывочной жидкостью.

Промывочное устройство содержит ванну промывочной жидкости и средства впрыска, позволяющие перемещать осушенный газ, из которого необходимо удалить загрязнение, или топочные газы, из которых необходимо удалить загрязнение, через эту

ванну промывочной жидкости, и предпочтительно средства впрыска позволяют впрыскивать осушенный газ, из которого необходимо удалить загрязнение, или топочные газы, из которых необходимо удалить загрязнение, под поверхность этой ванны промывочной жидкости.

- Система сжигания содержит блок для улавливания диоксида углерода ( $\text{CO}_2$ ) из рециркулированной части осушенного газа.

[0023] Изобретение также относится к способу сжигания топлива посредством вышеупомянутой системы сжигания, в которую подают топливо и окисляющий газ, образующийся в результате смешивания молекулярного кислорода ( $\text{O}_2$ ) и рециркулированной части осушенного газа, полученного из топочных газов.

[0024] Более конкретно, система сжигания согласно изобретению может содержать следующие дополнительные и необязательные признаки, взятые в отдельности или в комбинации друг с другом:

- Температура охлаждающей жидкости регулируется автоматически.

- Рециркулированная часть осушенного газа нагревается перед подачей в блок производства окисляющего газа.

- Калории берут из топочных газов и используют для нагрева рециркулированной части осушенного газа перед его подачей в блок производства окисляющего газа.

- Рециркулированную часть указанного осушенного газа нагревают таким образом, что температура окисляющего газа на входе устройства сжигания находится в предварительно заданном диапазоне температур и/или таким образом, что температура окисляющего газа на входе устройства сжигания (1) находится выше точки конденсации окисляющего газа.

- Топливо выбирают таким образом, чтобы на выходе из устройства сжигания образовывались топочные газы, которые содержат и предпочтительно состоят из диоксида углерода ( $\text{CO}_2$ ), водяного пара и, необязательно, молекулярного кислорода.

- Топливо представляет собой углеводород и предпочтительно насыщенный углеводород алканового типа ( $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ ).

- Топочные газы, образующиеся на выходе из устройства сжигания, содержат диоксид углерода ( $\text{CO}_2$ ), водяной пар, необязательно молекулярный кислород и одно или более загрязняющих веществ, и более конкретно одно или более загрязняющих веществ, выбранных из следующего списка: мелкие частицы,  $\text{SO}_x$ ,  $\text{NO}_x$ , кислоты, тяжелые металлы, аммиак, ЛОС.

- Из топочных газов полностью или частично удалено загрязнение при прохождении через конденсаторный блок.

- Из топочных газов полностью или частично удалено загрязнение до того, как они пройдут через конденсаторный блок.

- Из осушенного газа полностью или частично удалено загрязнение до того, как часть этого осушенного газа рециркулирует во вход блока получения окисляющего газа.

- Диоксид углерода ( $\text{CO}_2$ ) улавливают из не рециркулированной части осушенного газа.

### КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

[0025] Признаки и преимущества изобретения станут более очевидными при чтении подробного описания ниже нескольких конкретных альтернативных вариантов осуществления изобретения, причем эти конкретные альтернативные варианты осуществления описаны в виде неограничивающих и неисчерпывающих примеров изобретения, а также со ссылкой на прилагаемые чертежи, на которых:

- фиг. 1 представляет собой схематическое изображение первого конкретного альтернативного варианта осуществления устройства сжигания согласно изобретению;

- на фиг. 2 схематически показан конкретный альтернативный вариант осуществления теплообменника, который может быть использован в конденсирующем блоке системы сжигания с фиг. 1;

- на фиг. 3 схематически показан второй конкретный альтернативный вариант осуществления устройства сжигания согласно изобретению, реализующего рециркуляцию части топочных газов перед конденсацией;

- фиг. 4 представляет собой схематическое изображение третьего конкретного альтернативного варианта осуществления устройства сжигания согласно изобретению, реализующего удаление загрязнений из топочных газов, когда они проходят через конденсаторный блок;

- фиг. 5 представляет собой схематическое изображение четвертого конкретного альтернативного варианта осуществления устройства сжигания согласно изобретению с использованием блока для удаления загрязнений из осушенного газа на выходе из конденсаторного блока и до того, как указанный осушенный газ будет рециркулирован по направлению к блоку производства окисляющего газа;

- фиг. 6 представляет собой схематическое изображение пятого конкретного альтернативного варианта осуществления устройства сжигания согласно изобретению,

реализующего удаление загрязнения из топочных газов, перед их подачей в конденсаторный блок;

- на фиг. 7 схематически показан конкретный альтернативный вариант осуществления моечного устройства, которое может быть использовано в блоке удаления загрязнений системы сжигания согласно фиг. 5 или фиг. 6;

- фиг. 8 представляет собой схематическое изображение шестого конкретного альтернативного варианта осуществления устройства сжигания согласно изобретению с использованием рекуператора тепла для удаления некоторых калорий из топочных газов и использования этих калорий для нагрева рециркулированной части осушенного газа.

### ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[0026] На фиг. 1 схематически показан первый альтернативный вариант осуществления системы сжигания согласно изобретению, содержащей:

- устройство сжигания 1, которое в процессе работы снабжается топливом С посредством подающего средства 2;

- блок 3 производства окисляющего газа GC, позволяющий в процессе работы подавать окисляющий газ GC в аппарат 1 сжигания;

- конденсаторный блок 4, который подходит для конденсации топочных газов F, производимых устройством сжигания 1;

- средства рециркуляции 5, позволяющие подавать в блок 3 производства окисляющего газа по меньшей мере одну рециркулированную часть GDR осушенного газа GD, полученного на выходе из конденсаторного блока 4,

- блок 6 для обеспечения молекулярного кислорода, который подает молекулярный кислород в блок 3 производства окисляющего газа,

- регулирующий блок 7.

[0027] Эксплуатируемый блок получения 3 позволяет получать окисляющий газ GC, возникающий в результате смешивания чистого молекулярного кислорода (O<sub>2</sub>), обеспечиваемого блоком 6, с рециркулированной частью GDR указанного осушенного газа GD, полученной на выходе из конденсаторного блока 4.

[0028] Блок 6 для получения молекулярного кислорода может быть любого известного типа и может, например, представлять собой блок для получения молекулярного кислорода с помощью криогеники и/или блок для получения молекулярного кислорода с помощью электролиза воды. Блок 6 для обеспечения молекулярного кислорода также может не быть сконструирован для получения молекулярного кислорода *in situ*, но может

просто содержать средство для хранения молекулярного кислорода, которое было предварительно получено на другом участке.

[0029] Устройство 1 сжигания в целом обеспечивает кислородное сжигание топлива С посредством указанного окисляющего газа в камере сжигания, причем тепловая энергия, возникающая в результате этого сжигания, может использоваться взаимозаменяемо в соответствии с настоящим изобретением в любом типе применения, требующем подачи тепла, и, например, неограничивающим образом для нагрева текучей среды в нагревательном устройстве (не показано). Это устройство для сжигания может в равной степени представлять собой котел, печь и т. д. в соответствии с изобретением.

[0030] Рециркуляция на входе в блок производства 3 рециркулированной части GDR осушенного газа GD, полученного на выходе из конденсаторного блока 4, позволяет, известным способом, лучше контролировать реакцию сжигания кислорода в устройстве 3 сжигания и значительно снижать температуру сжигания в устройстве сжигания 1 по сравнению с реакцией сжигания кислорода, проводимой исключительно из чистого молекулярного кислорода в качестве окислителя.

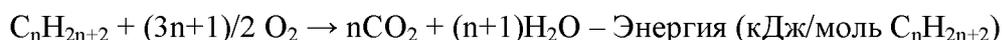
[0031] В контексте изобретения топливо С может сильно отличаться от одного применения к другому и может, в зависимости от случая, находиться в твердой, жидкой или газообразной форме.

[0032] Реакция горения топлива С посредством окисляющего газа GC приводит к образованию топочных газов F, состав которых зависит от используемого топлива.

[0033] Конкретный альтернативный вариант осуществления по фиг. 1 более конкретно подходит для работы с топливом С, производящим топочные газы F, которые состоят из диоксида углерода (CO<sub>2</sub>) и воды (H<sub>2</sub>O) в форме водяного пара и, необязательно, молекулярного кислорода и которые лишены загрязняющих веществ, например, загрязняющих веществ типа SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> или кислоты.

[0034] Таким образом, неограничивающим и неисчерпывающим образом топливо С, используемое в системе сжигания согласно фиг. 1, может, например, представлять собой углеводород любого типа и, например, обычный углеводород, полученный из нефти или природного газа, или нетрадиционный углеводород, полученный из сланцевого газа или нефти, битуминозных сланцев или песков, угольного газа, биогаза, синегаса и т. д.

[0035] Например, когда топливо С представляет собой насыщенный углеводород алканового типа (C<sub>n</sub>H<sub>2n+2</sub>), реакция горения в устройстве протекает известным образом:



[0036] конденсаторный блок 4 пригоден для конденсации топочных газов F, производимых устройством сжигания 1, путем приведения этих топочных газов F в контакт с охлаждающей жидкостью L, чтобы получить осушенный газ GD, имеющий абсолютную влажность ниже, чем влажность топочных газов F на входе в конденсаторный блок 4.

[0037] Таким образом, конденсаторный блок 4 может, как правило, содержать теплообменник любого типа, позволяющий любыми способами приводить топочные газы непосредственно в контакт с охлаждающей жидкостью L, температура которой ниже температуры топочных газов, чтобы конденсировать по меньшей мере часть воды, содержащейся в топочных газах F.

[0038] В предпочтительном альтернативном варианте осуществления, показанном на фиг. 2, этот теплообменник 40 содержит (фиг. 2) камеру 400, содержащую ванну 401 охлаждающей жидкости L и средства впрыска 403, которые подходят для введения топочных газов F под поверхность S ванны охлаждающей жидкости L.

[0039] Эти средства впрыска 403 могут, в частности, содержать вентилятор или компрессор 403f и канал 403a, содержащий впускное отверстие 403b, например, в его верхней части 403c. Нижняя часть 403d инжекционного канала 403a погружена в ванну 401 охлаждающей жидкости L и содержит выпускное отверстие 403e, погруженное в ванну 401 охлаждающей жидкости L.

[0040] Во время работы вентилятор или компрессор 403f позволяет всасывать топочные газы F на выходе из устройства сжигания 1 и вводить их в инжекционный канал 403 через впускное отверстие 403b. Эти топочные газы F выходят из инжекционного канала 403 через выпускное отверстие 403e и, следовательно, принудительно вводятся в ванну 401 охлаждающей жидкости L, под поверхность S ванны 401 охлаждающей жидкости L, поднимаются на поверхность S жидкой ванны, выходят из камеры 400 через выпускное отверстие 400a камеры 400 в виде вышеупомянутого осушенного газа GD.

[0041] Температура  $T_L$  охлаждающей жидкости L всегда меньше температуры  $T_F$  топочных газов F на входе теплообменника 40 и предпочтительно меньше температуры конденсации (точки конденсации) топочных газов.

[0042] Следует отметить, что абсолютная влажность ( $\Gamma_{\text{воды}}/\text{кг}_{\text{сухого воздуха}}$ ) газа представляет собой количество граммов водяного пара, присутствующего в данном объеме газа, относительно массы сухого газа в этом объеме, выраженной в килограммах. Его значение остается постоянным, даже если температура газа изменяется, хотя и остается больше, чем точка конденсации газа.

[0043] Следует также отметить, что относительная влажность газа (выраженная в %) представляет собой соотношение между парциальным давлением водяного пара и давлением насыщения водяного пара.

[0044] При прохождении через ванну 401 охлаждающей жидкости L топочные газы F подвергаются конденсации при контакте с охлаждающей жидкостью L, так что абсолютная влажность осушенного газа GD на выходе из конденсаторного блока 4 меньше абсолютной влажности топочных газов F на входе в конденсаторный блок 4.

[0045] Разница между абсолютной влажностью осушенного газа GD и абсолютной влажностью топочных газов F зависит, в частности, от разницы между температурой  $T_F$  топочных газов F и более низкой температурой  $T_L$  охлаждающей жидкости L. Чем больше разница температур  $\Delta T$  ( $\Delta T = T_F - T_L$ ) между температурой  $T_F$  топочных газов F и температурой  $T_L$  охлаждающей жидкости L, тем ниже абсолютная влажность осушенного газа GD по сравнению с абсолютной влажностью топочных газов F.

[0046] С другой стороны, при выходе из ванны 401 охлаждающей жидкости L относительная влажность осушенного газа GD будет выше и может в определенных рабочих условиях быть близкой или даже достигать насыщения, то есть 100% относительной влажности.

[0047] В другом варианте вентилятор или компрессор 403f может быть соединен с инжекционным каналом 403 и использован для введения паров F сжигания в этот инжекционный канал 403 путем продувки их через впускное отверстие 403b этого инжекционного канала 403.

[0048] В другом альтернативном варианте осуществления конденсаторный блок 4 может содержать множество теплообменников 40, установленных один за другим.

[0049] Изобретение не ограничивается использованием теплообменника 40 типа, показанного на фиг. 2. В других альтернативных вариантах осуществления теплообменник 40 для конденсации топочных газов F может, например, быть типа, описанного в международной патентной заявке WO 2016/071648 или в международной патентной заявке WO 2020/030419, или может быть теплообменником, работающим путем распыления охлаждающей жидкости L так, что она вступает в контакт с топочными газами F.

[0050] Независимо от типа теплообменника, используемого для конденсации топочных газов путем приведения топочных газов F в контакт с охлаждающей жидкостью L, регулирующий блок 7 пригоден для автоматического регулирования температуры  $T_L$  охлаждающей жидкости L конденсаторного блока 4.

[0051] Более конкретно, со ссылкой на фиг. 1, для выполнения этого автоматического регулирования температуры охлаждающей жидкости L, система сжигания предпочтительно содержит по меньшей мере один из следующих датчиков влажности:

- датчик C1, который подает измерительный сигнал S1, измеряющий (абсолютную или относительную) влажность в рециркулированной части осушенного газа GDR,
- датчик C2, который подает измерительный сигнал S2, измеряющий (абсолютную или относительную) влажность в газе сжигания GC, введенном в устройство сжигания 1,
- датчик C3, подающий измерительный сигнал S3, измеряющий (абсолютную или относительную) влажность в топочных газах на выходе из устройства сжигания 1.

[0052] В этом альтернативном варианте осуществления блок 7 регулирования, как правило, предназначен для автоматического регулирования температуры  $T_L$  охлаждающей жидкости L конденсаторного блока 4 на основе по меньшей мере (абсолютной или относительной) влажности, измеренной по меньшей мере одним из датчиков C1, C2 или C3.

[0053] В одном варианте блок 7 регулирования предназначен для автоматического регулирования температуры  $T_L$  охлаждающей жидкости L конденсаторного блока 4 на основании только (абсолютной или относительной) влажности, измеренной одним датчиком среди датчиков C1, C2, C3.

[0054] В другом варианте блок 7 регулирования предназначен для автоматического регулирования температуры  $T_L$  охлаждающей жидкости L конденсаторного блока 4 на основе каждой (абсолютной или относительной) влажности, измеренной по меньшей мере двумя датчиками среди датчиков C1, C2, C3.

[0055] В другом варианте блок 7 регулирования предназначен для автоматического регулирования температуры  $T_L$  охлаждающей жидкости L конденсаторного блока 4 на основе (абсолютной или относительной) влажностей, измеренных тремя датчиками C1, C2, C3.

[0056] Это автоматическое регулирование температуры охлаждающей жидкости L блоком 7 регулирования преимущественно позволяет контролировать и автоматически регулировать абсолютную влажность в рециркулированной части GDR осушенного газа GD на входе блока 3 для получения окисляющего газа GC. При повышении температуры  $T_L$  жидкого теплоносителя L повышается абсолютная влажность в рециркулированной части GDR осушенного газа GD. При снижении температуры  $T_L$  охлаждающей жидкости L снижается абсолютная влажность в рециркулированной части GDR осушенного газа GD.

[0057] Используя датчик C1, автоматическое регулирование температуры  $T_L$  охлаждающей жидкости L может, например, осуществляться таким образом, чтобы

поддерживать (абсолютную или относительную) влажность ТН рециркулированной части GDR осушенного газа GD на входе блока 3 для получения окисляющего газа GC в пределах рабочего диапазона ( $T_{H_{min}}$ ;  $T_{H_{max}}$ ), который предварительно задан ( $T_{H_{min}} < T_H < T_{H_{max}}$ ) и совместим с устройством сжигания 1. Этот рабочий диапазон определяется в каждом конкретном случае в соответствии с характеристиками устройства сжигания 1.

[0058] Используя датчик C2, автоматическое регулирование температуры  $T_L$  охлаждающей жидкости L может, например, осуществляться таким образом, чтобы поддерживать (абсолютную или относительную) влажность ТН окисляющего газа GC на входе в устройство сжигания в пределах рабочего диапазона ( $T_{H_{min}}$ ;  $T_{H_{max}}$ ), который предварительно задан ( $T_{H_{min}} < T_H < T_{H_{max}}$ ) и совместим с устройством сжигания 1. Этот рабочий диапазон определяется в каждом конкретном случае в соответствии с рабочими характеристиками устройства сжигания 1.

[0059] Используя датчик C3, автоматическое регулирование температуры  $T_L$  охлаждающей жидкости L может, например, осуществляться таким образом, чтобы поддерживать (абсолютную или относительную) влажность ТН топочных газов F на выходе из устройства сжигания 1 в пределах предварительно заданного рабочего диапазона ( $T_{H_{min}}$ ;  $T_{H_{max}}$ ) ( $T_{H_{min}} < T_H < T_{H_{max}}$ ). Этот рабочий диапазон определяется в каждом конкретном случае в соответствии с рабочими характеристиками устройства сжигания 1.

[0060] Более конкретно, (абсолютная или относительная) влажность ТН рециркулированной части GDR осушенного газа GD на входе блока 3 для получения окисляющего газа GC оказывает значительное влияние на характеристики окисляющего газа GC, продуцируемого блоком 3 получения, и, в частности, значительное влияние на (абсолютную или относительную) влажность окисляющего газа GC и на точку конденсации окисляющего газа GC.

[0061] Автоматическое регулирование температуры  $T_L$  охлаждающей жидкости L предпочтительно осуществляют таким образом, чтобы поддерживать (абсолютную или относительную) влажность GC окисляющего газа в рабочем диапазоне, совместимом с устройством сжигания 1, причем этот рабочий диапазон может быть предоставлен изготовителем устройства сжигания 1 или может быть определен пользователем устройства сжигания 1.

[0062] Более конкретно, вышеупомянутые рабочие диапазоны ( $T_{H_{min}}$ ;  $T_{H_{max}}$ ) будут определяться в каждом конкретном случае для получения вышеупомянутой стабильности (абсолютной или относительной) влажности GC окисляющего газа.

[0063] Как показано на фиг. 1, устройство для сжигания дополнительно содержит нагревательное средство 8, предпочтительно позволяющее нагревать рециркулированную часть GDR осушенного газа GD, что позволяет в процессе работы повышать температуру рециркулированной части GDR осушенного газа GD перед ее введением в блок 3 для получения окисляющего газа GC.

[0064] Это нагревательное средство 8 может, например, представлять собой нагревательное устройство 8A, питаемое источником энергии, таким как, например, электрический нагреватель.

[0065] Это увеличение температуры рециркулированной части GDR осушенного газа GD имеет целью перемещение температуры рециркулированной части GDR осушенного газа GD от ее точки конденсации до ее введения в блок 3 для получения окисляющего газа GC, в частности, чтобы уменьшить и предпочтительно избежать рисков конденсации окисляющего газа GC в устройстве сжигания 1 и ограничить с течением времени образование вредной ржавчины на стенках устройства сжигания 1.

[0066] Специалист в данной области техники должен определять в каждом конкретном случае повышение температуры, необходимое для рециркулированной части GDR осушенного газа GD, в частности, таким образом, чтобы, например, температура окисляющего газа GC на входе в устройство сжигания 1 находилась в пределах предварительно заданного температурного диапазона, и, в частности, рекомендованного для устройства сжигания 1, и/или таким образом, чтобы температура окисляющего газа GC на входе в устройство сжигания 1 была выше точки конденсации окисляющего газа GC.

[0067] Это нагревательное средство 8 особенно полезно, когда относительная влажность рециркулированной части GDR осушенного газа GD высока, и на практике более полезно, когда в конденсаторном блоке 4 используется устройство типа, показанного на фиг. 2.

[0068] На фиг. 2 в качестве неограничивающего примера изобретения показан конкретный альтернативный вариант реализации регулирующего блока 7. В этом конкретном альтернативном варианте осуществления регулирующей блок 7 содержит охлаждающее устройство 70, которое позволяет изменять температуру охлаждающей жидкости L теплообменника 40, по меньшей мере один температурный датчик S4, подающий измерительный сигнал S4, измеряющий температуру охлаждающей жидкости L в ванне 401 камеры 400 теплообменника 40, электронный блок 71 обработки, подходящий для автоматического управления охлаждающим устройством 70 из сигнала S4 измерения температуры и по меньшей мере из одного из сигналов S1, S2, S3 измерения влажности.

[0069] Электронный блок 71 обработки может быть программируемым электронным блоком обработки, например, типа программируемого автомата, который запрограммирован для выполнения автоматического регулирования температуры охлаждающей жидкости L.

[0070] Более конкретно, электронный блок 71 обработки может быть выполнен и, в частности, запрограммирован для автоматического вычисления по меньшей мере одной переменной уставки температуры  $T_{set}$  из по меньшей мере одного из сигналов измерения влажности S1, S2, S3 с помощью предварительно определенной функции  $f$  [ $T_{set} = f(S1)$ , или  $T_{set} = f(S2)$ , или  $T_{set} = f(S3)$ , или  $T_{set} = F(S1; S2)$ , или  $T_{set} = f(S1; S3)$ , или  $T_{set} = f(S2; S3)$ , или  $T_{set} = f(S1; S2; S3)$ ], и для автоматического управления охлаждающим устройством 70, так что, когда система сжигания находится в стабилизированном режиме работы (установившемся состоянии), температура, измеренная сигналом S4, по существу равна уставке температуры  $T_{set}$ .

[0071] Электронный блок 71 обработки также может быть спроектирован и, в частности, запрограммирован для автоматического вычисления диапазона температуры переменной уставки ( $T_{min}; T_{max}$ ) из по меньшей мере одного из сигналов S1, S2, S3 измерения влажности с помощью предварительно определенной функции  $f$  и для автоматического управления охлаждающим устройством 70 таким образом, что, когда система сжигания находится в стабилизированном режиме (установившемся состоянии), температура, измеренная сигналом S4, поддерживается в диапазоне температуры уставки ( $T_{min}; T_{max}$ ).

[0072] Более конкретно и неограничивающим образом, в конкретном альтернативном варианте осуществления согласно фиг. 2 охлаждающее устройство 70 содержит теплообменник 701, например, типа пластинчатого теплообменника, содержащий первый контур 701a, в котором охлаждающая жидкость L может циркулировать замкнутым образом с помощью насоса 701b, и второго контура 701c, в котором теплообменная жидкость может циркулировать замкнутым образом с помощью насоса 701d, причем средство 702 для охлаждения теплообменной жидкости дополнительно предусмотрено на втором контуре 701c. Эта теплообменная жидкость, циркулирующая во втором контуре 701c, обеспечивает возможность охлаждения охлаждающей жидкости L, циркулирующей в первом контуре, посредством бесконтактного теплообмена между двумя жидкостями.

[0073] В процессе работы ванна 401 охлаждающей жидкости L забирает калории из топочных газов F во время их прохождения через ванну 401 жидкости, что способствует повышению температуры ванны 401d жидкости L. Электронный блок 71 обработки

автоматически управляет насосами 701b и 701d по отдельности с помощью управляющих сигналов SC1 и SC2, соответственно, в соответствии с вышеупомянутой температурой уставки  $T_{set}$  или вышеупомянутым диапазоном температуры уставки ( $T_{min}$ ;  $T_{max}$ ) и температурой, измеренной в жидкой ванне L (сигнал S4), чтобы достаточно охладить охлаждающую жидкость L и поддерживать температуру, измеренную сигналом S4, на уровне, по существу равном температуре уставки  $T_{set}$ , или поддерживать температуру, измеренную сигналом S4, в пределах диапазона температуры уставки ( $T_{min}$ ;  $T_{max}$ ).

[0074] В более простом альтернативном варианте осуществления заданное значение температуры  $T_{set}$  или диапазон заданных значений температуры ( $T_{min}$ ;  $T_{max}$ ) могут быть предварительно определены в каждом конкретном случае путем адаптации к устройству сжигания и ввода в качестве параметра в блоке 7 регулирования. В этом случае датчики влажности C1, C2 и C3 не нужны.

[0075] Как показано на фиг. 1, не рециркулированную часть GDNR осушенного газа GD обрабатывают по меньшей мере одним блоком 10 улавливания  $CO_2$ , что позволяет, известным способом, улавливать  $CO_2$  путем удаления всей воды и молекулярного кислорода, содержащихся в не рециркулированной части GDNR осушенного газа GD. Захваченный молекулярный кислород также может быть введен в блок 3 для получения окисляющего газа GC, чтобы уменьшить потребление молекулярного кислорода, подаваемого блоком 6.

[0076] Когда не рециркулированная часть GDNR осушенного газа GD свободна от загрязняющих веществ, операция улавливания  $CO_2$  проще по сравнению с улавливанием  $CO_2$  в газе, содержащем загрязняющие вещества, такие как  $SO_x$ ,  $NO_x$ , кислоты и т. д.

[0077] На фиг. 3 показан второй вариант системы сжигания, который отличается от системы сжигания согласно фиг. 1 тем, что устройство содержит средства рециркуляции 5', которые позволяют рециркулировать часть FR топочных газов F на входе блока 3 для получения окисляющего газа GC, выше по потоку от конденсаторного блока 4, то есть часть FR топочных газов F, которые не были осушены в конденсаторном блоке 4.

[0078] На фиг. 4 показан третий вариант системы сжигания, который может быть использован для работы не только с топливом C, производящим топочные газы F, которые состоят только из диоксида углерода ( $CO_2$ ) и воды ( $H_2O$ ), и, необязательно, молекулярного кислорода, но который также подходит для работы с топливом C, производящим топочные газы F, которые содержат диоксид углерода ( $CO_2$ ), воду ( $H_2O$ ), необязательно молекулярный кислород, а также различные загрязняющие вещества в большей или меньшей концентрации, такие как, например, и неисчерпывающе,  $SO_x$  (оксиды серы), и/или

NO<sub>x</sub> (оксиды азота), и/или кислоты типа HCl (хлористый водород), и/или HF (фтористый водород), и/или аммиак, и/или мелкие частицы, и/или тяжелые металлы, и т. д. Это топливо С, например, получают из биомассы или твердого восстановленного топлива.

[0079] Присутствие этих загрязняющих веществ в топочных газах F усложняет улавливание CO<sub>2</sub> по сравнению с топочными газами, состоящими исключительно из углекислого газа (CO<sub>2</sub>) и воды (H<sub>2</sub>O).

[0080] Как показано на фиг. 4, система сжигания отличается от системы сжигания согласно фиг. 1 тем, что она дополнительно содержит подающее устройство 9, содержащее резервуар 90, который содержит по меньшей мере одну обрабатывающую добавку или смесь нескольких различных обрабатывающих добавок и который соединен с конденсаторным блоком 4 через подающий насос 91 или его эквивалент, управляемый регулирующим блоком 7 и, например, вышеупомянутым электронным блоком 71 обработки с помощью управляющего сигнала SC3.

[0081] Это устройство 9 позволяет в процессе работы добавлять одну или более обрабатывающих добавок в охлаждающую жидкость L конденсаторного блока 4 способом, управляемым регулирующим блоком 7.

[0082] Обрабатывающая добавка может быть в различных формах, в частности, в виде жидкости, сухого порошка или раствора, и адаптирована к типу загрязняющего вещества (веществ), потенциально содержащегося в топочных газах F.

[0083] Обрабатывающая добавка выбрана таким образом, чтобы иметь возможность реагировать при контакте с по меньшей мере одним типом загрязняющего вещества, содержащегося в охлаждающей жидкости L конденсаторного блока 4, чтобы нейтрализовать указанное загрязняющее вещество.

[0084] В качестве неограничивающих и неисчерпывающих примеров, когда топочные газы F потенциально содержат кислотные загрязняющие вещества, такие как SO<sub>x</sub> (оксиды серы), кислоты типа HCl (хлористый водород) и/или HF (фтористый водород) и т. д., добавка для обработки может представлять собой основание, такое как, в частности, NaOH, KOH, или может представлять собой гидроксид кальция Ca(OH)<sub>2</sub>.

[0085] Когда топочные газы F потенциально содержат загрязняющие вещества типа NO<sub>x</sub> (оксиды азота), добавка для обработки также может представлять собой основание, такое как, в частности, NaOH, KOH, или может представлять собой гидроксид кальция Ca(OH)<sub>2</sub> или пероксид водорода (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>).

[0086] Когда топочные газы F потенциально содержат загрязняющие вещества, такие как аммиак, которые в растворе образуют раствор, имеющий основной pH, такой как

водный раствор аммиака ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ), добавка для обработки также может представлять собой кислоту, такую как, например, серная кислота ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).

[0087] Когда топочные газы F потенциально содержат ЛОС (летучие органические соединения), добавка для обработки может представлять собой флокулирующий агент.

[0088] Предпочтительно, система сжигания содержит по меньшей мере один датчик C5 (фиг. 4), который подает измерительный сигнал S5, измеряющий pH охлаждающей жидкости L или концентрацию по меньшей мере одного типа загрязняющего агента в охлаждающей жидкости L.

[0089] Регулирующий блок 7 выполнен с возможностью автоматического управления насосом 91 с помощью управляющего сигнала SC3, чтобы автоматически регулировать добавление обрабатывающей добавки (добавок) в охлаждающую жидкость L в зависимости от pH или концентрации обрабатывающей добавки (добавок), измеренных датчиком C5, таким образом, чтобы, например, pH охлаждающей жидкости L был ближе всего к 7, или таким образом, чтобы, например, концентрация обрабатывающей добавки (добавок) в охлаждающей жидкости L была как можно ниже и, в частности, меньше предварительно заданного максимального порога.

[0090] При работе, когда топочные газы F содержат различные загрязняющие вещества в большей или меньшей концентрации, такие как, например, и неисчерпывающим образом,  $\text{SO}_x$  (оксиды серы), и/или  $\text{NO}_x$  (оксиды азота), и/или кислоты типа HCl (хлористый водород), и/или HF (фтористый водород), и/или аммиак, и/или мелкие частицы, и/или тяжелые металлы и т. д., во время их контакта с охлаждающей жидкостью L в конденсаторном блоке 4, и, в частности, когда они проходят через ванну 401 охлаждающей жидкости L конденсаторного блока 4, показанную на фиг. 2, загрязняющее вещество (вещества) предпочтительно захватывается и нейтрализуется в охлаждающей жидкости L, если это необходимо, что позволяет получить на выходе конденсаторного блока 4 осушенный газ (GD), из которого в достаточной степени удалена по меньшей мере часть его загрязнения. Это позволяет избежать рециркуляции чрезмерно большого количества загрязняющих веществ на входе блока 3 для получения окисляющего газа GC.

[0091] В другом варианте также можно использовать множество подающих устройств 9, содержащих различные обрабатывающие добавки и управляемых параллельно регулирующим блоком 7.

[0092] На фиг. 5 показан четвертый вариант системы сжигания, который отличается от варианта на фиг. 1 тем, что он дополнительно содержит блок 9A удаления загрязнений,

который в этом альтернативном варианте осуществления расположен между конденсаторным блоком 4 и точкой рециркуляции части GDR осушенного газа GD.

[0093] Функция этого блока 9A удаления загрязнений заключается в удалении по меньшей мере части и предпочтительно достаточного количества загрязняющего вещества (веществ), содержащегося в осушенном газе GD, полученном на выходе из конденсаторного блока 4, таким образом, чтобы рециркулировать, до входа в блок 3 получения окисляющего газа, часть GDR осушенного газа, из которой удалена по меньшей мере часть загрязняющих веществ, и предпочтительно удалено достаточное количество загрязняющих веществ, и которая в основном состоит из  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  в виде водяного пара и, необязательно, молекулярного кислорода.

[0094] На фиг. 6 показан пятый вариант системы сжигания, который отличается от варианта на фиг. 1 тем, что дополнительно содержит блок 9B удаления загрязнений, который в этом альтернативном варианте осуществления расположен между устройством сжигания 1 и конденсаторным блоком 4. Функция этого блока 9B удаления загрязнений заключается в удалении по меньшей мере некоторых, и предпочтительно всех загрязняющих веществ, содержащихся в топочных газах F, прежде чем они пройдут через конденсаторный блок 4, с тем чтобы направить топочные газы F' на вход в конденсаторный блок 4, из которых удалены по меньшей мере некоторые из загрязнений и предпочтительно удалено достаточное количество загрязнений, и которые в основном состоят из  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$  в виде водяного пара и, необязательно, молекулярного кислорода.

[0095] На фиг. 7 показан конкретный пример варианта реализации блока 9A (или 9B) удаления загрязнений.

[0096] В этом конкретном варианте осуществления блок 9A или 9B удаления загрязнений содержит промывочное устройство 90, которое в основном может состоять из теплообменника любого типа, позволяющего любым способом приводить в контакт осушенный газ GD, из которого необходимо удалить загрязнение, или топочные газы F, из которых необходимо удалить загрязнение, с помощью промывочной жидкости, чтобы улавливать в промывочной жидкости по меньшей мере часть загрязняющего вещества (веществ), содержащегося в осушенном газе GD или в топочных газах F.

[0097] В предпочтительном альтернативном варианте осуществления, показанном на фиг. 7, промывочное устройство 9A (или 9B) предпочтительно представляет собой промывочное устройство типа, содержащего камеру 900, включающую ванну 901 промывочной жидкости 902 и средства впрыска 903, которые подходят для введения осушенного газа GD, из которого необходимо удалить загрязнение, или топочных газов F,

из которых необходимо удалить загрязнение, под поверхность S ванны 901 промывочной жидкости 902.

[0098] Эти средства впрыска 903 могут, в частности, содержать вентилятор или компрессор 903f и канал 903a, содержащий впускное отверстие 903b, например, в его верхней части 903c. Нижняя часть 903d инжекционного канала 903a погружена в ванну 901 промывочной жидкости 902 и содержит выпускное отверстие 903e, погруженное в ванну 901 промывочной жидкости 902.

[0099] Во время работы вентилятор или компрессор 403f позволяет всасывать и вводить в инжекционный канал 903 через впускное отверстие 903b осушенный газ GD, из которого необходимо удалить загрязнение на выходе из конденсаторного блока 4, или топочные газы F, из которых необходимо удалить загрязнение на выходе из устройства сжигания 1. Осушенный газ GD, из которого необходимо удалить загрязнение (или топочные газы F), выходит из инжекционного канала 903 через выпускное отверстие 903e и, следовательно, принудительно вводится в ванну 901 промывочной жидкости 902 под поверхность S ванны 901 промывочной жидкости 902, поднимается на поверхность S жидкой ванны, выходит из камеры 900 через выпускное отверстие 900a камеры 400 в виде осушенного газа GD, из которого удалено загрязнение (или топочных газов F, из которых удалено загрязнение).

[0100] В другом варианте осуществления вентилятор или компрессор 903f могут быть соединены с инжекционным каналом 903 и использованы для введения осушенного газа GD, из которого необходимо удалить загрязнение, или топочные газы F, из которых необходимо удалить загрязнение, путем их продувки через впускное отверстие 903b этого инжекционного канала 903.

[0101] При прохождении через промывочное устройство 90 загрязняющее вещество (вещества) улавливается в ванне 901 промывочной жидкости 902.

[0102] Ванна 901 промывочной жидкости 902 может быть одинаковой в течение всей обработки или может быть автоматически обновлена во время обработки незагрязненной промывочной жидкостью, чтобы поддерживать низкую концентрацию загрязняющего вещества (веществ), захваченного в ванне 901 промывочной жидкости 902.

[0103] Промывочная жидкость 902 может представлять собой воду или водный раствор.

[0104] Промывочная жидкость 902 также может содержать одну или более обрабатывающих добавок и может быть оснащена по меньшей мере одним устройством для подачи обрабатывающей добавки (добавок), как описано ранее для варианта на фиг. 4.

[0105] В другом альтернативном варианте осуществления блок 9А (или 9В) удаления загрязнений может содержать множество промывочных устройств 9А (или 9В), установленных одно за другим.

[0106] В другом альтернативном варианте осуществления блок 9А или 9В удаления загрязнений может быть выполнен с возможностью осуществления сухой обработки для удаления загрязнений.

[0107] На фиг. 8 показан альтернативный вариант реализации устройства сжигания, отличающийся от показанного на фиг. 1 тем, что нагревательное средство 8 содержит рекуператор 8В тепла газового/газообменного типа, содержащий энтальпийный контур 80, в котором циркулирует текучая среда для теплопередачи. Этот рекуператор 8В тепла позволяет брать по меньшей мере некоторые калории из топочных газов F и переносить их в рециркулированную часть GDR осушенного газа GD, чтобы получить желаемое повышение температуры для рециркулированной части GDR осушенного газа GD, прежде чем она будет введена в блок 3 для получения окисляющего газа GC.

[0108] Это нагревательное средство 8, содержащее рекуператор 8В тепла, также может быть использовано в дополнение или вместо нагревательного средства 8, описанного выше для вариантов с фиг. 1, 3, 4, 5 и 6.

[0109] В контексте изобретения нагревательные средства 8 на фиг. 1, 3, 4, 5, 6 и 8 могут, однако, быть необязательными, при этом устройство для сжигания потенциально не содержит их.

[0110] В другом варианте осуществления изобретения устройство сжигания может также содержать такое нагревательное средство 8 и не иметь автоматического регулирования температуры охлаждающей жидкости L.

[0111] Предпочтительно, однако, устройство для сжигания содержит как регулирующий блок 7, так и нагревательное средство 8.

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Система сжигания, содержащая блок (3) для получения окисляющего газа (GC), устройство сжигания (1), обеспечивающее сжигание топлива (C) посредством указанного окисляющего газа (GC), конденсаторный блок (4), подходящий для конденсации топочных газов (F; F'), производимых устройством сжигания (1), путем приведения топочных газов (F; F') в контакт по меньшей мере с одной охлаждающей жидкостью (L), чтобы получить осушенный газ (GD), средство рециркуляции (5) для подачи в блок (3) производства окисляющего газа с по меньшей мере одной рециркулированной частью (GDR) осушенного газа на выходе из конденсаторного блока (4), блок (6) для обеспечения молекулярного кислорода и для подачи молекулярного кислорода в блок (3) производства окисляющего газа, блок (3) производства окисляющего газа, снабжающий устройство сжигания (1) окисляющим газом (GC), возникающим в результате смешивания молекулярного кислорода и рециркулированной части (GDR) указанного осушенного газа (GD), система сжигания также содержит регулирующий блок (7), который имеет функцию автоматического регулирования температуры ( $T_L$ ) охлаждающей жидкости (L) конденсаторного блока (4), причем система сжигания также имеет следующие технические признаки (a) и/или (b):

(a) она содержит по меньшей мере один датчик (C1) для измерения абсолютной или относительной влажности в рециркулированной части (GDR) осушенного газа, и/или по меньшей мере один датчик (C2) для измерения абсолютной или относительной влажности в окисляющем газе (GC), и/или по меньшей мере один датчик (C3) для измерения абсолютной или относительной влажности в топочных газах, и регулирующий блок (7) имеет функцию автоматического регулирования температуры ( $T_L$ ) охлаждающей жидкости (L) конденсаторного блока (4) на основании по меньшей мере абсолютной или относительной влажности, измеренной указанным датчиком (C1) в рециркулированной части (GDR) осушенного газа, и/или на основании по меньшей мере абсолютной или относительной влажности, измеренной в окисляющем газе (GC) указанным датчиком (C2), и/или на основании по меньшей мере абсолютной или относительной влажности, измеренной в топочных газах указанным датчиком (C3);

и/или

(b) устройство сжигания (1) характеризуется рабочим диапазоном, определяющим максимальную абсолютную или относительную влажность и минимальную абсолютную или относительную влажность, и регулирующий блок (7) имеет функцию автоматического

регулирования температуры ( $T_L$ ) охлаждающей жидкости (L) конденсаторного блока (4) таким образом, чтобы поддерживать абсолютную или относительную влажность окисляющего газа (GC) в пределах указанного рабочего диапазона устройства сжигания (1).

2. Система сжигания по п. 1, содержащая средство (8) для нагрева рециркулированной части (GDR) указанного осушенного газа (GD).

3. Система сжигания по п. 1 или 2, в которой регулирующий блок (7) имеет функцию автоматического регулирования температуры ( $T_L$ ) охлаждающей жидкости (L) конденсаторного блока (4) таким образом, чтобы поддерживать абсолютную или относительную влажность (TH) рециркулированной части (GDR) осушенного газа GD в предварительно определенном рабочем диапазоне ( $TH_{min}$ ;  $TH_{max}$ ).

4. Система сжигания по любому из предшествующих пунктов, в которой регулирующий блок (7) имеет функцию автоматического регулирования температуры ( $T_L$ ) охлаждающей жидкости (L) конденсаторного блока (4) таким образом, чтобы поддерживать абсолютную или относительную влажность (TH) окисляющего газа (GC) в предварительно определенном рабочем диапазоне ( $TH_{min}$ ;  $TH_{max}$ ).

5. Система сжигания по любому из предшествующих пунктов, в которой регулирующий блок (7) имеет функцию автоматического регулирования температуры ( $T_L$ ) охлаждающей жидкости (L) конденсаторного блока (4) таким образом, чтобы поддерживать абсолютную или относительную влажность (TH) топочных газов в предварительно определенном рабочем диапазоне ( $TH_{min}$ ;  $TH_{max}$ ).

6. Система сжигания по любому из предшествующих пунктов, в которой регулирующий блок (7) имеет функцию автоматического регулирования температуры ( $T_L$ ) охлаждающей жидкости (L) конденсаторного блока (4) таким образом, чтобы поддерживать температуру охлаждающей жидкости (L) конденсаторного блока (4) на предварительно заданной температуре или в пределах предварительно заданного температурного диапазона.

7. Система сжигания по любому из предшествующих пунктов, в которой нагревательное средство (8/8B) подходит для нагрева рециркулированной части (GDR) указанного осушенного газа (GD) посредством калорий, взятых из топочных газов.

8. Система сжигания по любому из предшествующих пунктов, содержащая нагревательное средство (8), которое подходит для нагрева рециркулированной части (GDR) указанного осушенного газа (GD), так что температура окисляющего газа (GC) на входе устройства сжигания (1) находится в пределах предварительно определенного температурного диапазона и/или так, что температура окисляющего газа (GC) на входе устройства сжигания (1) находится выше точки конденсации окисляющего газа (GC).

9. Система сжигания по любому из предшествующих пунктов, в которой конденсаторный блок (4) содержит по меньшей мере одно конденсационное устройство (40), содержащее ванну (401) охлаждающей жидкости (L), и средства впрыска (403), позволяющие перемещать топочные газы (F; F') через эту ванну охлаждающей жидкости (L), и предпочтительно средства впрыска (403) позволяют впрыскивать топочные газы (F; F') под поверхность (S) этой ванны (401) охлаждающей жидкости (L).

10. Система сжигания по любому из предшествующих пунктов, содержащая подающее устройство (9), подходящее для введения одной или более обрабатываемых добавок в охлаждающую жидкость (L), для обработки загрязняющего вещества (веществ), потенциально захваченного в охлаждающей жидкости (L).

11. Система сжигания по любому из предшествующих пунктов, содержащая по меньшей мере один датчик (C5), измеряющий pH охлаждающей жидкости (L) или измеряющий концентрацию по меньшей мере одного загрязняющего вещества в охлаждающей жидкости (L), и подающее устройство (9), подходящее для автоматического введения одной или более обрабатываемых добавок в охлаждающую жидкость (L), в зависимости от измеренного pH или измеренной концентрации.

12. Система по п. 10 или 11, в которой указанная по меньшей мере одна обрабатываемая добавка представляет собой основание, и, более конкретно, NaOH, KOH, Ca(OH)<sub>2</sub>, или кислоту, и, более конкретно, серную кислоту, или пероксид водорода, или флокулирующий агент.

13. Система сжигания по любому из предшествующих пунктов, содержащая блок (9A) удаления загрязнений, который расположен между конденсаторным блоком (4) и точкой рециркуляции рециркулированной части (GDR) осушенного газа, и который имеет функцию удаления по меньшей мере части загрязняющего вещества (веществ), содержащегося в осушенном газе (GD), полученном на выходе из конденсаторного блока (4), таким образом, чтобы рециркулировать до входа в блок (3) производства окисляющего газа рециркулированную часть (GDR) осушенного газа, из которого была удалена по меньшей мере часть загрязнений.

14. Система сжигания по любому из предшествующих пунктов, содержащая блок (9B) удаления загрязнений, который расположен между устройством сжигания (1) и конденсаторным блоком (4) и который имеет функцию удаления по меньшей мере части загрязняющего вещества (веществ), содержащегося в топочных газах (F), до того, как они пройдут через конденсаторный блок (4), чтобы вводить топочные газы (F') во вход конденсаторного блока (4) с удалением по меньшей мере части их загрязнений.

15. Система сжигания по п. 13 или 14, в которой блок (9A; 9B) удаления загрязнений подходит для улавливания одного или более загрязняющих веществ, выбранных из следующего списка: мелкие частицы, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, кислоты, тяжелые металлы, аммиак, ЛОС (летучие органические соединения).

16. Система сжигания по любому из пп. 13-15, в которой блок (9A; 9B) удаления загрязнений содержит по меньшей мере одно промывочное устройство (90), подходящее для приведения осушенного газа (GD), из которого необходимо удалить загрязнение, или топочных газов (F), из которых необходимо удалить загрязнение, в контакт с промывочной жидкостью (902).

17. Система сжигания по п. 16, в которой промывочное устройство содержит ванну (901) промывочной жидкости (902) и средства впрыска, позволяющие перемещать осушенный газ (GD), из которого необходимо удалить загрязнение, или топочные газы (F), из которых необходимо удалить загрязнение, через эту ванну (901) промывочной жидкости (902), и предпочтительно средства впрыска позволяют впрыскивать осушенный газ (GD),

из которого необходимо удалить загрязнение, или топочные газы (F), из которых необходимо удалить загрязнение, под поверхность этой ванны промывочной жидкости.

18. Система сжигания по любому из предшествующих пунктов, содержащая блок (10) для улавливания диоксида углерода ( $\text{CO}_2$ ) из рециркулированной части (GDNR) осушенного газа (GD).

19. Способ сжигания топлива (C) с помощью системы сжигания по любому из предшествующих пунктов, в котором в блок сжигания (1) подают топливо (C) и окисляющий газ (GC), образующийся в результате смешивания молекулярного кислорода ( $\text{O}_2$ ) и рециркулированной части (GDR) осушенного газа, полученного из топочных газов (F; F').

20. Способ по п. 19, в котором температура охлаждающей жидкости (L) регулируется автоматически.

21. Способ по п. 19 или 20, в котором рециркулированную часть (GDR) осушенного газа нагревают перед ее подачей в блок (3) для получения окисляющего газа (GC).

22. Способ по п. 21, в котором калории берут из топочных газов и используют для нагрева рециркулированной части (GDR) осушенного газа (GD) перед ее подачей в блок (3) для получения окисляющего газа (GC).

23. Способ по п. 21 или 22, в котором рециркулированную часть (GDR) указанного осушенного газа (GD) нагревают таким образом, что температура окисляющего газа (GC) на входе устройства сжигания (1) находится в предварительно определенном диапазоне температур и/или таким образом, что температура окисляющего газа (GC) на входе устройства сжигания (1) находится выше точки конденсации окисляющего газа (GC).

24. Способ по любому из пп. 19-22, в котором топливо (C) выбирают таким образом, чтобы на выходе из устройства сжигания (1) образовывались топочные газы (F), которые содержат и предпочтительно состоят из диоксида углерода ( $\text{CO}_2$ ), водяного пара и, необязательно, молекулярного кислорода.

25. Способ сжигания по п. 24, в котором топливо (С) представляет собой углеводород и предпочтительно насыщенный углеводород алканового типа ( $C_nH_{2n+2}$ ).

26. Способ по любому из пп. 19-24, в котором топочные газы (F), образующиеся на выходе из устройства сжигания (1), содержат диоксид углерода ( $CO_2$ ), водяной пар, необязательно молекулярный кислород и одно или более загрязняющих веществ, и более конкретно одно или более загрязняющих веществ, выбранных из следующего списка: мелкие частицы,  $SO_x$ ,  $NO_x$ , кислоты, тяжелые металлы, аммиак, ЛОС.

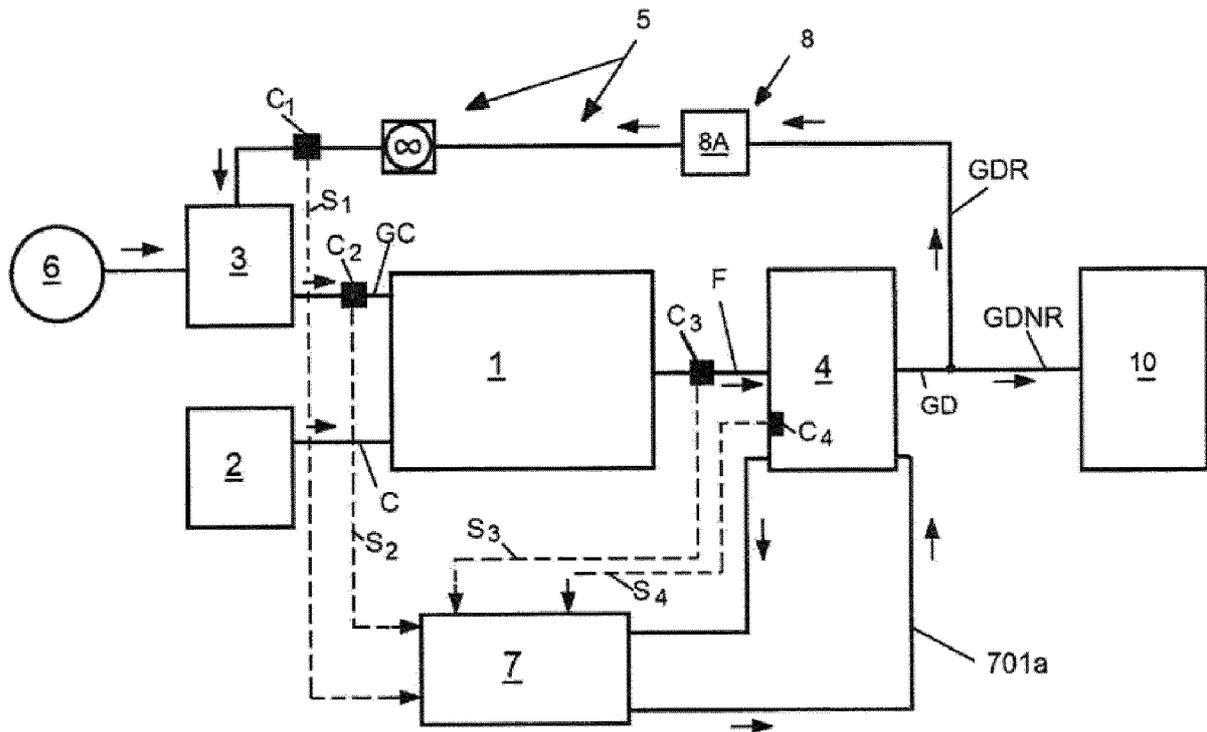
27. Способ сжигания по п.26, в котором из топочных газов полностью или частично удалено загрязнение при прохождении через конденсаторный блок (4).

28. Способ сжигания по п. 26 или 27, в котором из топочных газов полностью или частично удалено загрязнение до того, как они пройдут через конденсаторный блок (4).

29. Способ сжигания по любому из пп. 26-28, в котором из осушенного газа (GD) полностью или частично удалено загрязнение до того, как часть (GDR) этого осушенного газа (GD) рециркулирует во вход блока (3) производства окисляющего газа.

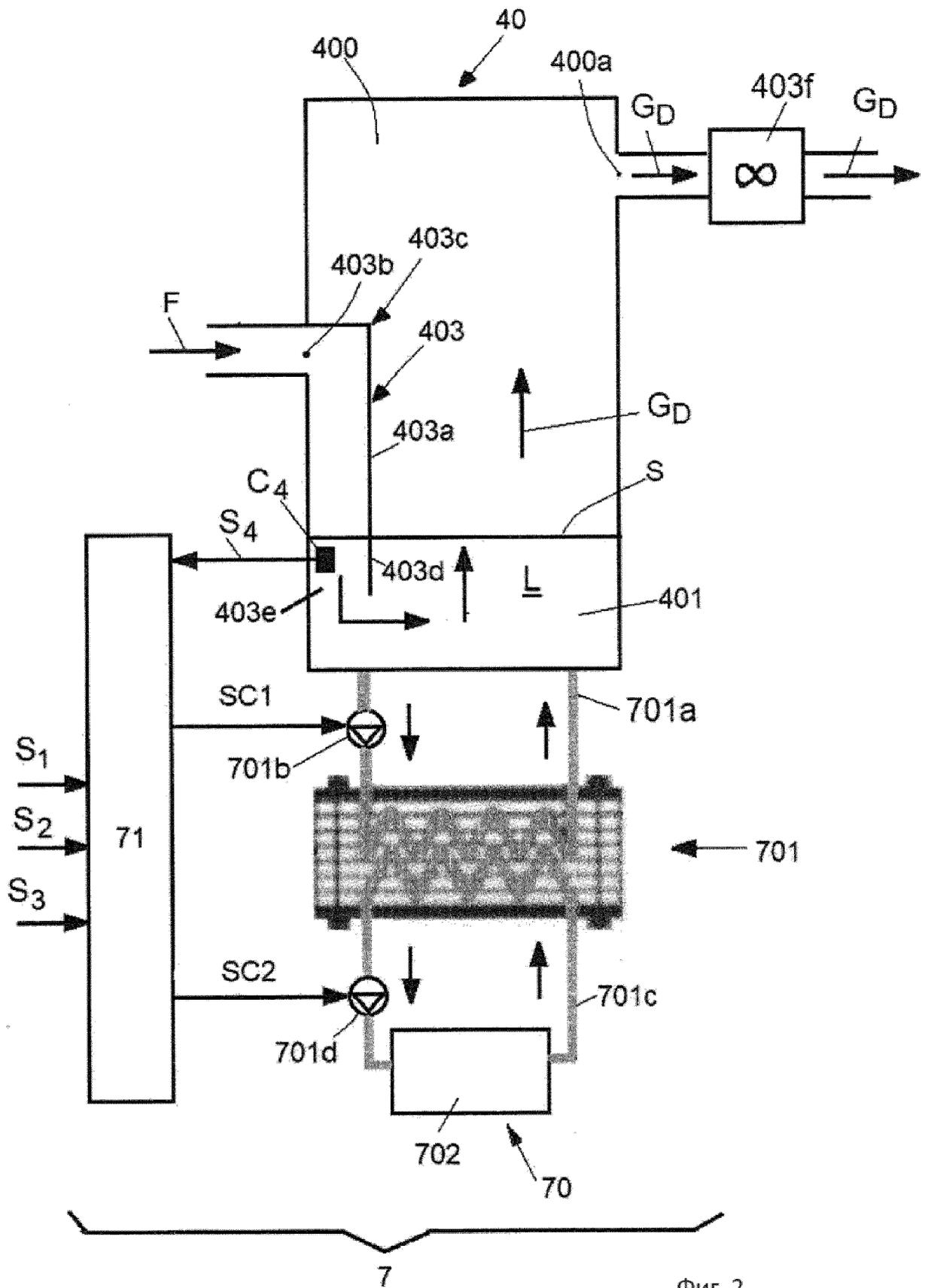
30. Способ сжигания по любому из пп. 19-29, в котором диоксид углерода ( $CO_2$ ) улавливают из нерезциркулированной части (GDNR) осушенного газа (GD).

Система сжигания, использующая в качестве окислителя смесь молекулярного кислорода и осушенного газа, полученного из топочных газов

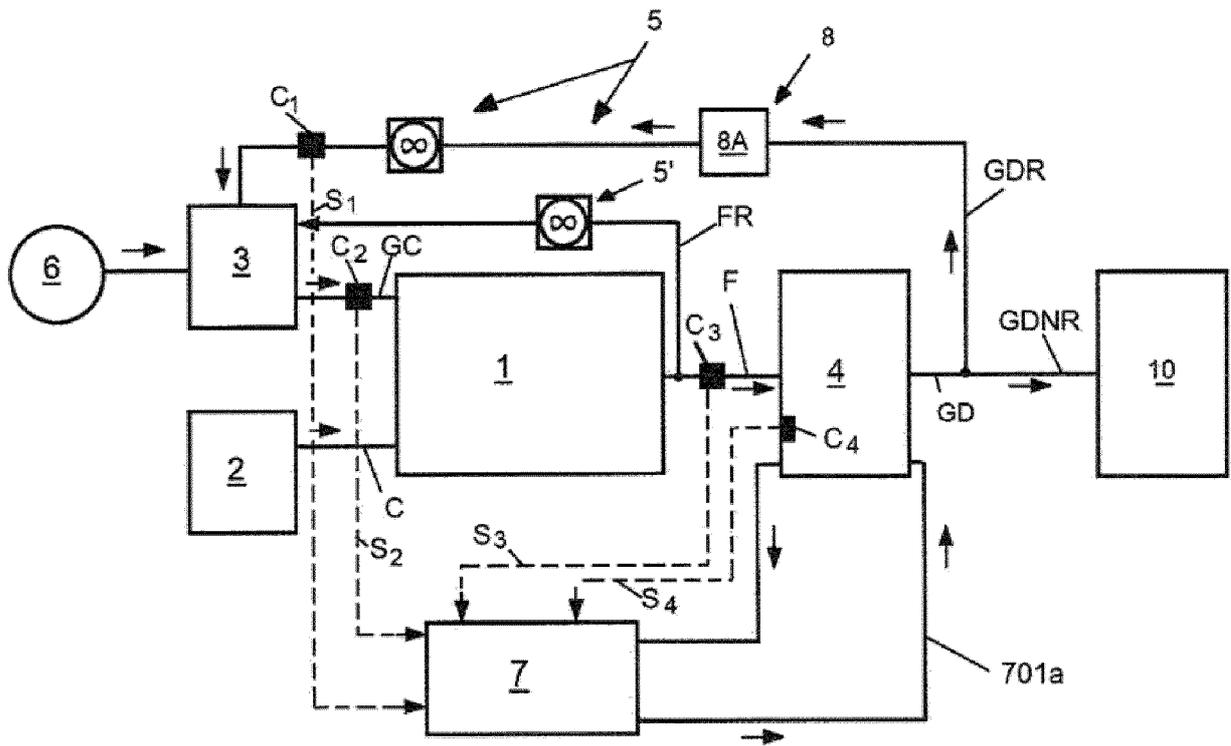


Фиг. 1

Система сжигания, использующая в качестве окислителя смесь молекулярного кислорода и осушенного газа, полученного из топочных газов

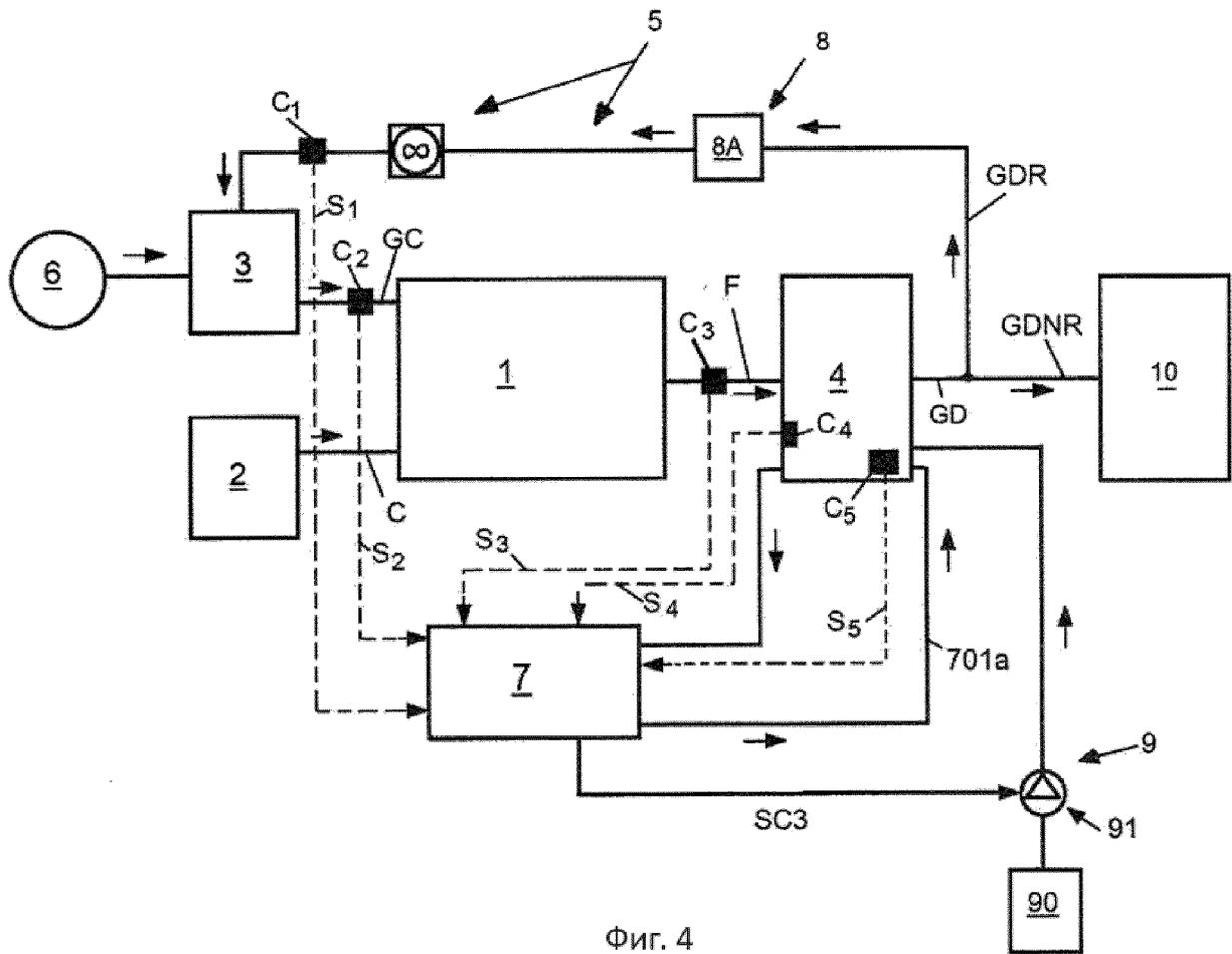


Система сжигания, использующая в качестве окислителя смесь молекулярного кислорода и осушенного газа, полученного из топочных газов

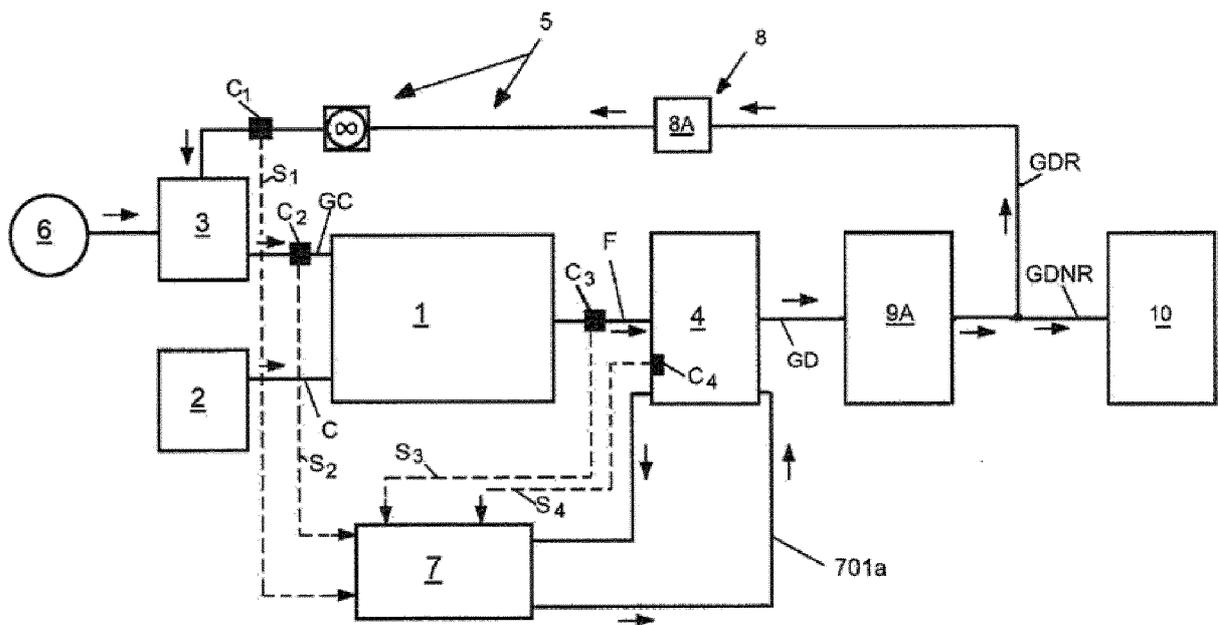


Фиг. 3

Система сжигания, использующая в качестве окислителя смесь молекулярного кислорода и осушенного газа, полученного из топочных газов

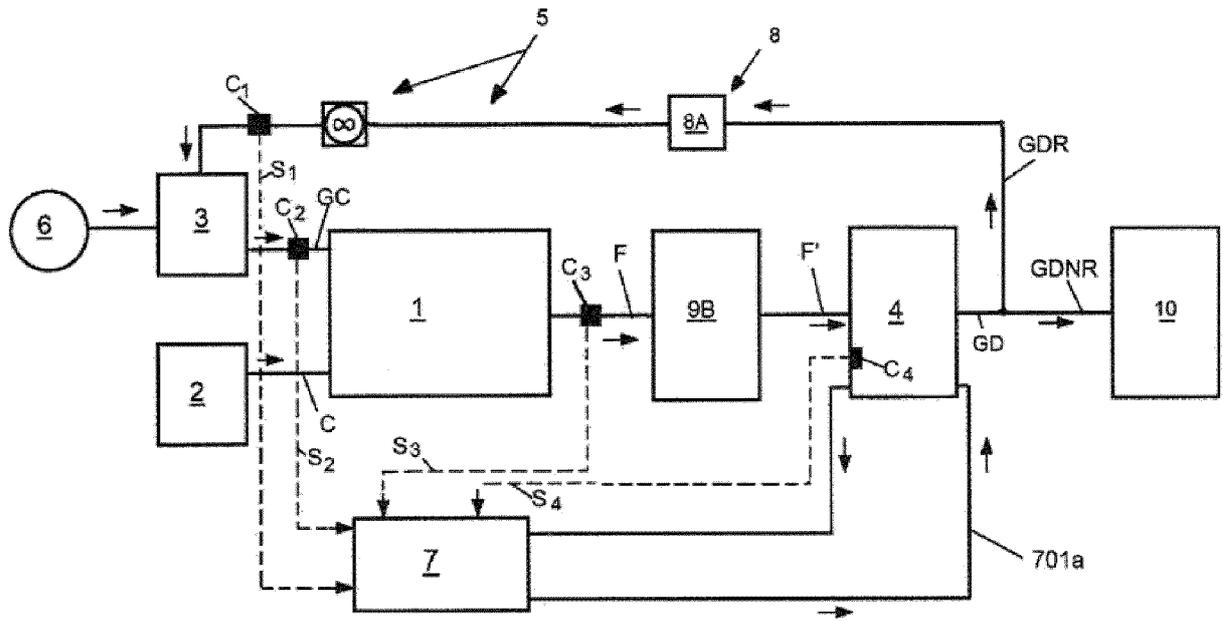


Фиг. 4



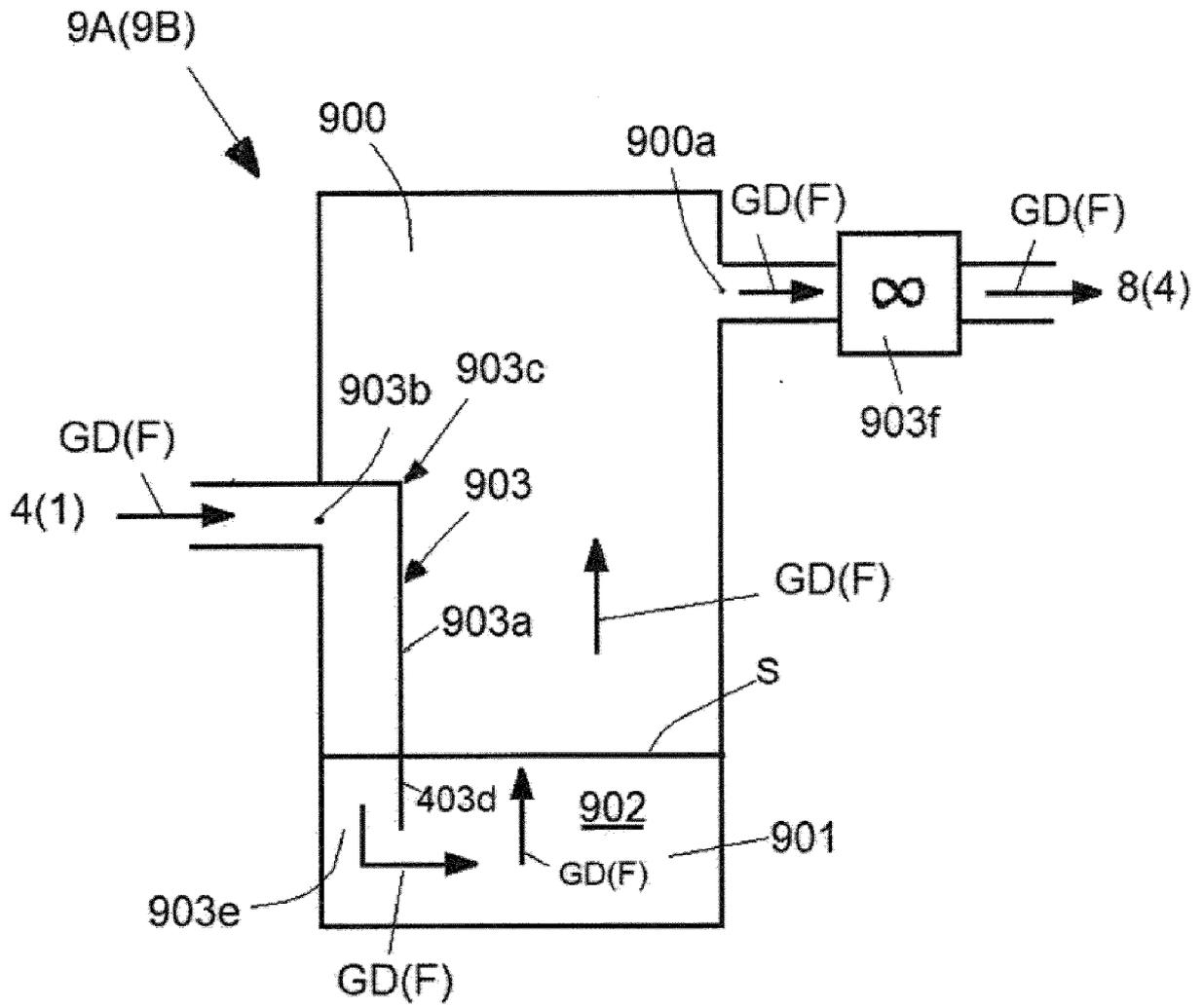
Фиг. 5

Система сжигания, использующая в качестве окислителя смесь молекулярного кислорода и осушенного газа, полученного из топочных газов



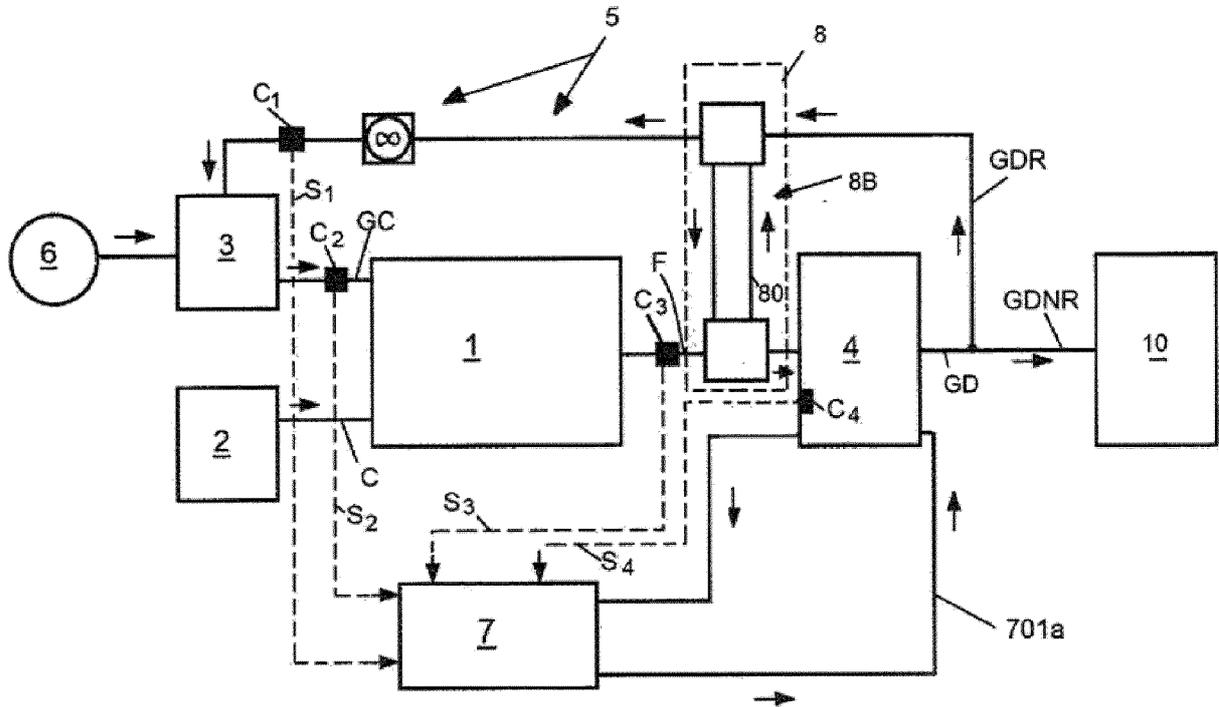
Фиг. 6

Система сжигания, использующая в качестве окислителя смесь молекулярного кислорода и осушенного газа, полученного из топочных газов



Фиг. 7

Система сжигания, использующая в качестве окислителя смесь молекулярного кислорода и осушенного газа, полученного из топочных газов



Фиг. 8