

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(21) 202393518 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2024.01.29

(22) Дата подачи заявки
2022.05.24

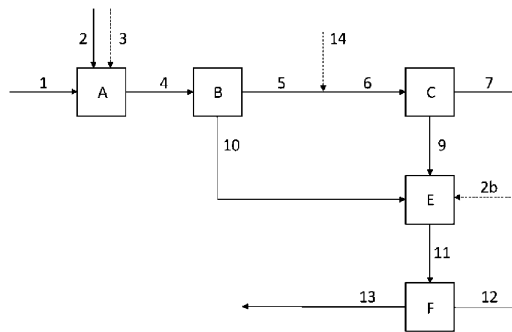
(51) Int. Cl. C01B 3/38 (2006.01)
C01B 3/48 (2006.01)
C01B 3/50 (2006.01)
C07C 29/151 (2006.01)
C07C 31/04 (2006.01)
B01J 12/00 (2006.01)

(54) ГОЛУБОЙ МЕТАНОЛ

(31) 21176582.1
(32) 2021.05.28
(33) EP
(86) PCT/EP2022/063974
(87) WO 2022/248434 2022.12.01
(71) Заявитель:
ТОПСЁЭ А/С (DK)

(72) Изобретатель:
Даль Пер Юуль, Поулсен Йеспер
Фунч, Бласкес Диас Мариа Луиза
(DK)
(74) Представитель:
Квашнин В.П. (RU)

(57) Предоставляются система и способ получения голубого метанола, где под голубым метанолом понимается метанол, полученный в условиях, ограничивающих выделение CO₂. Система включает секцию конверсии водяного газа, секцию удаления CO₂ и, в предпочтительном варианте осуществления, также секцию регенерации водорода, расположенные ниже по потоку от секции синтеза метанола.



202393518
A1

202393518
A1

ГОЛУБОЙ МЕТАНОЛ

Описание

Настоящее изобретение относится к системе и способу получения голубого метанола, где под голубым метанолом понимается метанол, полученный в условиях, ограничивающих выделение CO_2 . Система включает секцию конверсии водяного газа, секцию удаления CO_2 и, в предпочтительном варианте осуществления, также секцию регенерации водорода, расположенные ниже по потоку от секции синтеза метанола.

УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ НАСТОЯЩЕГО ИЗОБРЕТЕНИЯ

Существующие технологические схемы системы и способы производства метанола часто предполагают ограниченное использование побочных продуктов в потоке продувочного газа, выделяемого в качестве отходов производства синтетического метанола. В некоторых случаях продувочный газ разделяется на поток обогащенного водородом газа и поток отходящих газов, причем поток обогащенного водородом газа вновь вводится в производственную линию синтеза метанола, а поток отходящих газов подается в топливную систему в качестве источника энергии, причем топливная система предоставляет энергию или тепло в других местах производства.

Однако существующие технологические схемы систем и способы производства метанола приводят к выбросу дымовых газов в атмосферу, что связано с высоким уровнем выбросов CO_2 . Кроме того, существующие технологические схемы систем и способы приводят к неэффективному использованию отходящих газов, которые могут иметь значительное содержание CH_4 , CO , CO_2 и H_2 . Высокий уровень выбросов CO_2 и неэффективное использование отходящих газов противоречат интересам химической промышленности, где в последние годы основное внимание уделяется сокращению выбросов парниковых газов и повышению энергоэффективности.

Поэтому задачей вариантов осуществления изобретения является обеспечение эффективной системы и способа для получения метанола, в которых по меньшей мере часть образующегося CO_2 может быть собрана, сохранена и/или использована в других местах. В некоторых вариантах осуществления настоящая технология также обеспечивает систему и способ, в которых по меньшей мере часть потока отходящих газов повторно вводится в технологическую линию синтеза метанола и используется в качестве альтернативного или дополнительного углеводородного сырья.

СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Авторы настоящего изобретения обнаружили, что выбросы CO_2 из процессов производства метанола могут быть значительно снижены, если в технологическую схему системы производства метанола ввести секцию

конверсии водяного газа и секцию удаления CO_2 . В предпочтительном варианте авторы настоящего изобретения дополнительно обнаружили, что по меньшей мере часть газов, выделенных из продувочного газа производства метанола, можно повторно вводить в технологическую линию синтеза метанола или в соответствующую топливную систему и тем самым повысить энергоэффективность установки производства метанола.

Таким образом, в первом аспекте предоставляется система для получения метанола, причем указанная система включает:

- питающий поток углеводородов;
- питающий поток пара;
- при необходимости питающий поток кислорода;

- секцию риформинга (А), выполненную с возможностью приема указанного питающего потока углеводородов, указанного питающего потока пара и, если присутствует, указанного питающего потока кислорода, и предоставления первого потока синтез-газа;

- охлаждающую линию (В), выполненную с возможностью приема по меньшей мере части первого потока синтез-газа и предоставления второго потока синтез-газа и третьего потока синтез-газа;

- секцию синтеза метанола (С), выполненную с возможностью приема по меньшей мере части второго потока синтез-газа, при необходимости в смеси с обогащенным водородом потоком и

предоставления потока неочищенного метанола и потока продувочного газа;

- секцию конверсии водяного газа (E), выполненную с возможностью приема по меньшей мере части указанного потока продувочного газа, по меньшей мере части указанного третьего потока синтез-газа и, при необходимости, дополнительного питающего потока пара, и предоставления потока газа, подвергнутого конверсии;
- секцию удаления CO_2 (F), выполненную с возможностью приема по меньшей мере части потока газа, подвергнутого конверсии, и предоставления потока газа, обогащенного CO_2 , и первого потока газа, обедненного CO_2 .

Во втором аспекте также представляется способ получения метанола в системе, описанной в настоящем документе. Способ содержит стадии:

- подачи питающего потока углеводородов, питающего потока пара и, если присутствует, питающего потока кислорода в секцию риформинга (A) для предоставления первого потока синтез-газа;
- подачи по меньшей мере части потока первого синтез-газа в охлаждающую линию (B) для предоставления второго синтез-газа и третьего синтез-газа;

- подачи по меньшей мере части второго потока синтез-газа, при необходимости в смеси с потоком, обогащенным водородом, в секцию синтеза метанола (С) и преобразование по меньшей мере части второго потока синтез-газа в поток неочищенного метанола и поток продувочного газа;
- подачи по меньшей мере части потока продувочного газа, по меньшей мере части третьего потока синтез-газа и, при необходимости, питающего потока пара в секцию конверсии водяного газа (Е), для предоставления потока газа, подвергнутого конверсии;
- подачи по меньшей мере части потока газа, подвергнутого конверсии, в секцию удаления CO_2 для получения первого потока газа, обедненного CO_2 , и потока газа, обогащенного CO_2 .

Также предоставляется установка, которая включает систему, описанную в настоящем документе.

Дальнейшие подробности системы и способа для получения голубого метанола изложены в следующем подробном описании, на фигурах и в формуле изобретения.

СОПРОВОДИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ К ЧЕРТЕЖАМ

Фигура 1 представляет собой схематическую иллюстрацию общей технологической схемы производства метанола, которая служит примером из уровня техники.

Фигура 2 представляет собой схематическую иллюстрацию изобретения в первом варианте осуществления, где секция конверсии водяного газа и секция удаления CO_2 включены в технологическую схему системы производства метанола.

Фигура 3 представляет собой схематическую иллюстрацию изобретения во втором варианте осуществления, где секция конверсии водяного газа, секция удаления CO_2 и секция регенерации водорода включены в технологическую схему системы производства метанола.

Фигура 4 представляет собой схематическую иллюстрацию изобретения в третьем варианте осуществления, где секция конверсии водяного газа и секция удаления CO_2 включены в технологическую схему системы производства метанола.

Фигура 5 представляет собой схематическую иллюстрацию изобретения в четвертом варианте осуществления, включающую общую топливную систему Н.

ПОДРОБНОЕ РАСКРЫТИЕ НАСТОЯЩЕГО ИЗОБРЕТЕНИЯ

Если не указано иное, любые приведенные проценты для содержания газа представляют собой % по объему. Термины «синтез-газ» и «сингаз» используются в данном тексте как взаимозаменяемые.

Предоставляется система для получения метанола, которая включает размещение питающих потоков и секций. Во избежание сомнений, термин «питающий поток» относится к средствам для подачи указанного газа в соответствующую секцию, таким как канал, труба и т.д., а термин "секция" относится к одному или нескольким реакторам или блокам, в которых может происходить преобразование газа, например, реакция, изменение давления, изменение температуры и т.д.

Более конкретно предоставляется система для получения метанола. Система включает, в общих терминах, питающий поток углеводородов, питающий поток пара и, при необходимости, питающий поток кислорода, секцию риформинга (A), охлаждающую линию (B), секцию синтеза метанола (C), секцию конверсии водяного газа (E) и секцию удаления CO₂ (F). Данные питающие потоки и секции будут описаны более подробно далее.

Питающие потоки и секции расположены таким образом, что общий выброс углерода при синтезе метанола значительно снижается, в том числе потому, что системы позволяют улавливать и хранить углерод, причем углерод находится в форме CO₂ (газ).

Питающий поток углеводов

Питающий поток углеводов служит источником углерода для синтеза метанола. Питающий поток углеводов может быть питающим потоком любых углеводов, например, природным газом или питающим потоком очищенных углеводов. В одном предпочтительном варианте осуществления питающий поток углеводов является питающим потоком очищенных углеводов. Питающий поток очищенных углеводов предпочтительно является "обогащенным углеводами", что означает, что большая часть данного питающего потока представляет собой углеводороды; т.е. более 50%, например, более 75%, например, более 85%, предпочтительно более 90%, более предпочтительно более 95%, еще более предпочтительно более 99% данного питающего потока представляет собой углеводороды.

Секция риформинга

Секция риформинга (A), выполненная с возможностью приема питающего потока углеводов и, в зависимости от применяемой технологии риформинга, при необходимости также питающего потока пара и, если присутствует, питающего потока кислорода. Секция риформинга (A) преобразует питающий поток углеводов, питающий поток пара и, если присутствует, питающий поток кислорода в первый поток синтез-газа. Полученный таким образом первый поток синтез-газа содержит большое количество CO, CO₂ и H₂ и может дополнительно включать CH₄, N₂ и Ar.

Соответственно, первый поток синтез-газа предоставляет компоненты для синтеза метанола.

Первый поток синтез-газа предпочтительно имеет следующий состав сухого газа по объему:

60 - 70% H_2

3 - 10 % CO_2

20 - 30% CO

0,5- 4 % CH_4 и других углеводородов

Первый поток синтез-газа предпочтительно имеет следующее содержание воды по объему:

14 - 45% H_2O

Секция риформинга (А) может включать одно или несколько устройств(о) предварительного риформинга, устройств(о) парового риформинга и устройств(о) автотермического риформинга или любые две их комбинации. В одном предпочтительном варианте осуществления секция риформинга (А) включает адиабатическое устройство предварительного риформинга. В другом предпочтительном варианте осуществления изобретения секция риформинга (А) включает устройство

автотермического риформинга или трубчатое устройство риформинга, за которым следует устройство автотермического риформинга или трубчатое устройство риформинга. Специалист в данной области техники может выбрать подходящее расположение устройств риформинга в зависимости от присутствующих питающих потоков и требуемой производительности.

В наиболее предпочтительном варианте осуществления питающий поток очищенных углеводородов смешивается с питающим потоком пара с получением молярного соотношения пар/углерод между 0,35 и 2,0, предпочтительно между 0,5 и 1,5. Смесь питающего потока очищенных углеводородов и питающего потока пара направляют через реактор предварительного риформинга, в котором содержание углеводородов, за исключением CH_4 , снижают до уровня менее 0,5 % мол., предпочтительно менее 0,2 % мол., таким образом обеспечивая поток газа, подвергнутого предварительному риформингу. Поток газа, подвергнутого предварительному риформингу, при необходимости направляют через нагретую трубчатую установку риформинга для дальнейшего преобразования CH_4 в CO , CO_2 и H_2 , тем самым обеспечивая поток газа, подвергнутого риформингу в трубчатой установке. Газ, подвергнутый предварительному риформингу, или при необходимости газ, подвергнутый риформингу в трубчатой установке, направляют через установку автотермического риформинга, куда также добавляют питающий поток кислорода с чистотой выше 90 % мол., предпочтительно выше 98 % мол., для дальнейшего риформинга CH_4 . Таким образом, секция риформинга предоставляет первый поток синтез-газа.

Охлаждающая линия

Охлаждающая линия (В) выполнена с возможностью приема по меньшей мере части первого потока синтез-газа. Охлаждающая линия (В) выполнена с возможностью предоставления явного тепла для производства пара, перегрева пара, режима повторного кипячения для дистилляции и предварительного нагрева воды. Охлаждающая линия (В) постепенно охлаждает первый синтез-газ. Охлаждающая линия (В) дополнительно может быть выполнена с возможностью обеспечения отделения сконденсированной H_2O . Во всех вариантах осуществления охлаждающая линия (В) выполнена с возможностью получения второго потока синтез-газа и третьего потока синтез-газа.

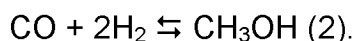
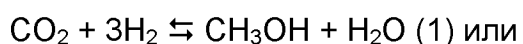
В предпочтительном аспекте охлаждающая линия (В) выполнена с возможностью получения третьего потока синтез-газа с более высокой температурой, чем второй поток синтез-газа. Температура второго потока синтез-газа обычно находится между 20 и 70°C, предпочтительно как можно ниже, в зависимости от доступной охлаждающей среды, которая обычно зависит от условий окружающего воздуха.

Температура третьего потока синтез-газа предпочтительно находится между температурой на 10°C выше точки росы третьего потока синтез-газа и 360°C. Температура третьего потока синтез-газа варьируется в зависимости от конкретной технологии, применяемой в секции конверсии водяного газа, но предпочтительно находится между 140 и 340°C, более предпочтительно между 145 и 240°C.

В наиболее предпочтительном варианте осуществления состав второго потока синтез-газа идентичен составу третьего потока синтез-газа. Однако третий поток синтез-газа может отличаться от второго потока синтез-газа только по содержанию H_2O . Во втором потоке синтез-газа содержание воды может составлять менее 1%, предпочтительно менее 0,25%. Отделенная вода будет содержать небольшое количество растворенных газов, что незначительно влияет на состав второго и третьего потоков синтез-газа.

Секция синтеза метанола

Секция синтеза метанола (С) выполнена с возможностью приема по меньшей мере части второго потока синтез-газа. Секция синтеза метанола (С) преобразует поток синтез-газа в поток неочищенного метанола и поток продувочного газа. Реакцию синтеза метанола можно описать равновесными уравнениями:



Процесс преобразования второго потока синтез-газа может происходить, например, посредством сжатия второго потока синтез-газа и направления сжатого газа через реактор с кипящей водой, где по меньшей мере часть CO , CO_2 и H_2 преобразуется в метанол с последующим отделением в секции конденсации потока продувочного газа от метанола в жидкой фазе,

причем метанол в жидкой фазе содержится в потоке неочищенного метанола.

Поток неочищенного метанола содержит основную часть метанола; т.е. более 75%, например, более 85%, предпочтительно более 90%, более предпочтительно более 95% данного потока представляет собой метанол. Другие минорные компоненты данного потока включают, но не ограничиваются только ими, высшие спирты, кетоны, альдегиды, диметиловый эфир (DME), органические кислоты и растворенные газы.

Чтобы получить оптимизированный выход при производстве метанола, необходимо учитывать стехиометрию H_2 , CO и CO_2 . В предпочтительном варианте осуществления стехиометрия H_2 , CO и CO_2 во втором потоке синтез-газа находится в пределах такого интервала, что второй поток синтез-газа имеет модуль от 1,8 до 2,2, предпочтительно от 1,9 до 2,1, где модуль определен по молярному содержанию:

$$M = (H_2 - CO_2) / (CO + CO_2).$$

Модуль второго потока синтез-газа можно регулировать посредством добавления потока, обогащенного водородом, который при необходимости предназначен для смешивания со вторым потоком синтез-газа. Поток, обогащенный водородом, может быть предоставлен посредством внешнего питающего потока водорода, однако в предпочтительном варианте осуществления поток, обогащенный водородом,

предоставляется посредством других потоков, выделенных ниже по потоку от секции синтеза метанола (С).

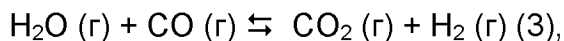
Из секции синтеза метанола (С) по меньшей мере часть потока неочищенного метанола целесообразно подавать в секцию очистки (D). Секция очистки (D) облагораживает поток сырого метанола до потока очищенного метанола (8) необходимой марки, например >95%, >98% или >99% метанола.

Поскольку процесс синтеза метанола основан на равновесии компонентов, поток продувочного газа содержит 60–70% H_2 , 2–6% CO и 2–6% CO_2 . В некоторых вариантах осуществления часть продувочного газа может быть рециркулирована в реактор с кипящей водой. Данная рециркуляция выполняется для обеспечения достаточной конверсии синтез-газа в метанол, предпочтительно более 90% H_2 , CO и CO_2 , более предпочтительно более 95%, таким образом приближаясь к заданному составу H_2 , CO и CO_2 потока продувочного газа.

Секция конверсии водяного газа

Секция конверсии водяного газа (E) выполнена с возможностью приема по меньшей мере части потока продувочного газа, по меньшей мере части третьего потока синтез-газа, предоставляемого охлаждающей линией (B) и, при необходимости, дополнительного питающего потока пара, и получения из этих потоков потока газа, подвергнутого конверсии.

Секция конверсии водяного газа (Е) преобразует СО в СО₂ в соответствии с реакцией конверсии водяного газа:



так что получаемый поток подвергнутого конверсии газа обогащен СО₂, в то время как содержание СО сведено к минимуму до предпочтительно менее 2%, более предпочтительно менее 1%, в пересчете на сухой газ.

В предпочтительном варианте осуществления молярное соотношение пара и сухого газа на входе в секцию конверсии водяного газа (Е) находится в диапазоне от 0,1 до 1,0, предпочтительно от 0,3 до 0,8. Это необходимо для оптимального преобразования СО в СО₂. В зависимости от состава газа на входе, вводят дополнительный питающий поток пара для достижения оптимального соотношения пар/сухой газ. В предпочтительном варианте осуществления питающий поток пара предназначен для смешивания с третьим потоком синтез-газа и/или потоком продувочного газа выше по потоку от секции конверсии водяного газа (Е). В другом предпочтительном варианте осуществления питающий поток пара предназначен для подачи в секцию конверсии водяного газа (Е) в виде отдельного питающего потока.

Секция конверсии водяного газа (Е) включает высокотемпературный (НТ) реактор конверсии, среднетемпературный (МТ) реактор конверсии или низкотемпературный (ЛТ) реактор конверсии, или любую комбинацию двух или более из них. В предпочтительных вариантах осуществления НТ-

реактор конверсии работает с температурой на входе от 300°C до 360°C, МТ-реактор конверсии работает с температурой на входе от 200°C до 280°C, а LT-реактор конверсии работает с температурой на входе от 180°C до 250°C.

Температура в секции конверсии водяного газа (E), по меньшей мере частично, регулируется температурой третьего потока синтез-газа, подаваемого из охлаждающей линии (B) в секцию конверсии водяного газа (E). Охлаждающая линия (B) выполнена с возможностью предоставления третьего потока синтез-газа с температурой между температурой на 10°C выше точки росы третьего потока синтез-газа и 360°C, в зависимости от реактора или комбинации реакторов, входящих в секцию конверсии водяного газа (E). Как правило, точка росы третьего потока синтез-газа находится между 130 и 180°C.

В некоторых вариантах осуществления давление третьего потока синтез-газа повышается перед секцией конверсии водяного газа. В предпочтительном варианте осуществления давление третьего потока синтез-газа повышается на 2-6 бар перед входом в секцию конверсии водяного газа (E). Там, где газ должен быть подвергнут сжатию для повышения давления, т.е. между стадией охлаждения и секцией конверсии водяного газа, температура третьего потока синтез-газа будет находиться между температурой на 10°C выше точки росы третьего потока синтез-газа и 200°C. Предпочтительно, температура третьего потока синтез-газа составляет от 150°C до 340°C.

Секция удаления CO₂

Секция удаления CO₂ (F) выполнена с возможностью приема по меньшей мере части потока газа, подвергнутого конверсии, (и при необходимости весь поток газа, подвергнутого конверсии) и получения из него потока газа, обогащенного CO₂, и первого потока газа, обедненного CO₂. Таким образом, поток газа, обогащенный CO₂, может быть отправлен на хранение или использован для других целей.

В предпочтительном варианте осуществления поток газа, обогащенный CO₂, содержит >90 % об. CO₂, например > 98 % об. CO₂, предпочтительно > 99 % об. CO₂. В предпочтительном варианте осуществления первый поток газа, обедненного CO₂, имеет содержание CO₂ менее 1000 объемн. ч.н.млн, предпочтительно менее 500 объемн. ч.н.млн, более предпочтительно менее 200 объемн. ч.н.млн.

Секция удаления CO₂ (F) может включать любую традиционную технологию удаления CO₂, например, но не ограничиваясь только ими, промывку аминами, Ректизол-установку или технологию низкотемпературного бокса.

Варианты осуществления предоставляют систему для синтеза метанола, в которой из питающих потоков, секций и их расположения следует, что CO₂ улавливается и может храниться. Эффектом системы является значительное сокращение выбросов CO₂ в результате производства метанола. Варианты осуществления могут гарантировать, что содержание

углерода в объединенных дымовых газах, т.е. от сжигания обогащенного водородом газа, отходящих газов и углеводородного топлива, составляет менее 5% от суммы содержания углерода в питающем потоке углеводородов, подаваемом в секцию риформинга, и углеводородном топливе, подаваемом для производства.

Конкретные варианты осуществления

В предпочтительном варианте система дополнительно включает секцию регенерации водорода (G). Секция регенерации водорода (G) выполнена с возможностью приема по меньшей мере части первого потока обедненного CO_2 газа из секции удаления CO_2 , и предоставления по меньшей мере части первого обогащенного водородом потока и по меньшей мере части первого потока отходящих газов.

В секции регенерации водорода (G) можно использовать несколько технологий разделения газов. Таким образом, секция регенерации водорода может включать блок адсорбции при переменном давлении, компрессор отходящих газов, мембрану для отделения водорода и компрессор обогащенного водородом газа. Независимо от применяемой технологии полученный первый обогащенный водородом поток содержит в основном водород, предпочтительно более 80%, более предпочтительно более 90%.

Первый поток отходящих газов из данной секции регенерации водорода содержит от 15 до 45% CH_4 , от 0 до 20% N_2 и от 0 до 4% Ar.

В данном варианте осуществления, включающем секцию регенерации водорода, система может быть выполнена с возможностью предоставления по меньшей мере части первого потока отходящих газов в секцию риформинга (А) в качестве дополнительного питающего потока углеводородов. Такая компоновка обеспечивает эффективное использование углеводородсодержащих потоков в системе.

Альтернативно, или в качестве дополнения, в данном варианте осуществления секция регенерации водорода может быть выполнена с возможностью предоставления по меньшей мере части обогащенного водородом потока в секцию синтеза метанола (С), предпочтительно в смеси (б) со вторым потоком синтез-газа. Такая компоновка обеспечивает эффективное использование водород-содержащих потоков и ограничивает необходимость во внешней подаче водорода для регулирования модуля второго потока синтез-газа.

В качестве дополнительной компоновки данного варианта осуществления система может быть выполнена таким образом, что по меньшей мере часть потока обогащенного водородом газа и/или потока отходящих газов из секции регенерации водорода (G) предназначена для подачи в качестве топлива в секцию риформинга (А) и/или во вспомогательный паровой котел, и/или в газовую турбину. Таким образом, продувочный газ от производства синтеза метанола представляет собой источник энергии, необходимый для процесса синтеза метанола, и потребность во внешних источниках топлива может быть уменьшена.

В альтернативном предпочтительном варианте принцип изобретения может быть использован для достижения меньшего снижения выбросов CO_2 . Это может быть актуально, например, при реконструкции существующих установок.

В данном варианте осуществления изобретение может быть выполнено без секции регенерации водорода (G). Таким образом, по меньшей мере часть первого потока газа, обедненного CO_2 , поступающего из секции удаления CO_2 (F), предназначена для разделения по меньшей мере на второй поток газа, обедненного CO_2 , и по меньшей мере третий поток газа, обедненного CO_2 . Второй и третий газовые потоки, обедненные CO_2 , обогащены CH_4 и H_2 и содержат N_2 и Ar.

В данном альтернативном варианте осуществления по меньшей мере часть второго потока газа, обедненного CO_2 , может быть предназначена для подачи в секцию синтеза метанола (C), предпочтительно в смеси со вторым потоком синтез-газа.

При такой компоновке второй поток газа, обедненного CO_2 , может представлять собой источник H_2 , используемый для регулирования равновесия компонентов, т.е. модуля в потоке синтез-газа перед секцией синтеза метанола. Таким образом, второй поток газа, обедненного CO_2 , является альтернативой потоку, обогащенному водородом, который использовался в предыдущих вариантах осуществления. Третий поток газа, обедненного CO_2 , используется в качестве топлива.

Содержание углерода в третьем потоке газа, обедненного CO_2 , может в меньшей степени регулироваться расходом третьего потока синтез-газа, при этом лимит определяется содержанием CH_4 в первом потоке синтез-газа, так как весь CH_4 , все еще присутствующий в третьем потоке газа, обедненного CO_2 , будет использован в качестве топлива. Это отличается от других конкретных вариантов осуществления изобретения, в которых часть CH_4 , все еще присутствующего во втором потоке газа, обедненного CO_2 , используется в качестве альтернативного углеводородного сырья в секции риформинга (A).

В другом предпочтительном варианте система дополнительно включает секцию регенерации водорода (G, как описано выше) и топливную систему (H). В данном варианте осуществления секция регенерации водорода (G) предоставляет по меньшей мере первый и второй потоки, обогащенные водородом, и по меньшей мере первый и второй потоки отходящих газов. По меньшей мере часть второго обогащенного водородом потока и по меньшей мере часть второго потока отходящих газов из секции регенерации водорода (G) может быть предназначена для подачи в топливную систему (H). Кроме того, в топливную систему подается питающий поток углеводородов. Топливная система обеспечивает энергию, необходимую для производства метанола. В данном варианте осуществления поток подвергнутого горению газа из топливной системы выбрасывается в атмосферу в виде дымового газа.

Также предоставляется способ получения метанола в системе, описанной в настоящем документе. Способ включает стадии:

- подачи питающего потока углеводородов, питающего потока пара и, если присутствует, питающего потока кислорода в секцию риформинга (А) для предоставления первого потока синтез-газа;
- подачи по меньшей мере части потока первого синтез-газа в охлаждающую линию (В) для предоставления второго синтез-газа и третьего синтез-газа;
- подачи по меньшей мере части второго потока синтез-газа, при необходимости в смеси с потоком, обогащенным водородом, в секцию синтеза метанола (С) и преобразование по меньшей мере части второго потока синтез-газа в поток неочищенного метанола и поток продувочного газа;
- подачи по меньшей мере части потока продувочного газа, по меньшей мере части третьего потока синтез-газа и, при необходимости, питающего потока пара в секцию конверсии водяного газа (Е), для получения потока газа, подвергнутого конверсии;
- подачи по меньшей мере части потока газа, подвергнутого конверсии, в секцию удаления CO_2 (F) для получения первого потока газа, обедненного CO_2 и потока газа, обогащенного CO_2 .

Все аспекты, относящиеся к системе, изложенные выше, в равной степени применимы к способу, использующему указанную систему.

В частности, если система дополнительно включает секцию регенерации водорода (G), указанный способ может дополнительно включать: подачу первого потока газа, обедненного CO_2 , в секцию регенерации водорода (G) и разделение первого потока газа, обедненного CO_2 , на по меньшей мере первый поток, обогащенный водородом, и по меньшей мере первый поток отходящих газов. Также способ может дополнительно включать подачу по меньшей мере части первого потока отходящих газов в секцию риформинга (A) в качестве дополнительного питающего потока углеводородов. Также способ может дополнительно включать предоставление по меньшей мере части обогащенного водородом потока в секцию синтеза метанола (C), предпочтительно в смеси со вторым потоком синтез-газа.

Как и в описанной выше системе, по меньшей мере часть первого потока газа, обедненного CO_2 , может быть разделена по меньшей мере на второй поток газа, обедненного CO_2 , и по меньшей мере третий поток газа, обедненного CO_2 , и причем при необходимости по меньшей мере часть указанного второго потока газа, обедненного CO_2 , предоставляется в секцию синтеза метанола (C), предпочтительно в смеси со вторым потоком синтез-газа. По меньшей мере часть потока обогащенного водородом газа и/или потока отходящих газов из секции регенерации водорода (G) может быть подана в качестве топлива в секцию риформинга (A) и/или во вспомогательный паровой котел, и/или в газовую турбину. Производство первого синтез-газа в способе согласно изобретению может включать стадию адиабатического предварительного риформинга.

Способ может дополнительно включать стадию: предоставления третьего потока синтез-газа из указанной охлаждающей линии (В) при более высокой температуре, чем второй поток синтез-газа, причем предпочтительно температура третьего потока синтез-газа находится между температурой на 10°C выше точки росы третьего потока синтез-газа и 360°C.

Давление третьего потока синтез-газа может быть повышено на 2-6 бар перед входом в секцию конверсии водяного газа (Е). Кроме того, питающий поток пара может быть смешан с потоком продувочного газа и/или третьим потоком синтез-газа перед введением в секцию конверсии водяного газа (Е).

Предпочтительно молярное соотношение пар / сухой газ на входе в секцию конверсии водяного газа (Е) находится в диапазоне от 0,1 до 1,0, предпочтительно от 0,3 до 0,8. Также поток газа, обедненного CO₂, может иметь содержание CO₂ менее 1000 объемн. ч.н.млн, предпочтительно менее 500 объемн. ч.н.млн, более предпочтительно менее 20 объемн. ч.н.млн. Поток газа, обогащенный CO₂, может содержать >90 % об. CO₂, например > 98 % об. CO₂, предпочтительно > 99 % об. CO₂.

Предпочтительно способ предусматривает, что второй поток синтез-газа смешивается с потоком, обогащенным водородом, в таком соотношении, что полученный смешанный поток синтез-газа имеет модуль от 1,8 до 2,2, предпочтительно от 1,9 до 2,1. Содержание углерода в объединенных дымовых газах от сжигания обогащенного водородом газа, отходящих

газов и углеводородного топлива, поступающих в систему составляет обычно менее 5% от суммы содержания углерода в питающем потоке углеводородов и углеводородном топливе.

Подробное описание чертежей

Фигура 1 представляет собой схематическую иллюстрацию типичной системы для производства метанола уровня техники.

В данном варианте осуществления изобретения углеводородный поток 1 направляется в секцию риформинга А. А питающий поток пара 2 и/или питающий поток кислорода 3 добавляется в секцию риформинга А в соответствии с требованиями выбранной технологии риформинга. Секция риформинга А может включать одно или несколько устройств(о) предварительного риформинга, устройств(о) парового риформинга и устройств(о) автотермического риформинга или любые их комбинации. Секция риформинга А предоставляет поток первого синтез-газа 4.

Первый поток синтез-газа 4 направляется в охлаждающую линию В, где охлаждающая линия В предоставляет явное тепло для производства пара, перегрева пара, режима повторного кипячения для дистилляции и предварительного нагрева воды.

Большая часть воды в газе на стадии охлаждения В конденсируется и отделяется перед тем, как второй поток синтез-газа 5 смешивается с обогащенным водородом потоком 14 и направляется в секцию синтеза

метанола С. Обогащенный водородом поток 14 регулируется для обеспечения модуля М выше 1,8 в смешанном потоке 6.

Секция синтеза метанола С может быть выполнена с возможностью осуществлять любой синтез метанола, известный в данной области техники, для преобразования части второго синтез-газа 5 или 6 в поток неочищенного метанола 7 и продувочный газ 9. Данное преобразование может быть достигнуто, например, посредством сжатия второго синтез-газа и направления его через реактор с кипящей водой, где часть CO, CO₂ и H₂ преобразуется в метанол с последующим отделением в секции конденсации метанола в жидкую фазу. Часть продувочного газа 9 может быть рециркулирована в реактор с кипящей водой (не показан). Поток неочищенного метанола 7 направляется в секцию очистки D, где можно получить метанол любого желаемого качества в потоке продукта 8.

Продувочный газ 9 направляется в секцию регенерации водорода G. В секции регенерации водорода G продувочный газ 9 преобразуется в обогащенный водородом поток 14 и поток отходящих газов 17. Преобразование достигается либо с помощью PSA, либо с помощью мембраны. Обогащенный водородом поток 14 используется для регулировки модуля М второго потока синтез-газа 6. Поток отходящих газов 17 используется в качестве топлива в системе H.

Если модуль М во втором потоке синтез-газа 5 выше 2, то добавление обогащенного водородом потока 14 не требуется. В этом случае секция

регенерации водорода G может быть удалена, а продувочный газ 9 направляется непосредственно в топливную систему H (не показана).

Фигура 2 представляет собой схематическую иллюстрацию конкретного варианта осуществления настоящего изобретения.

В данном варианте осуществления поток очищенных углеводородов 1 смешивается с питающим потоком пара 2 таким образом, что молярное соотношение пар/углерод находится между 0,35 и 2,0, предпочтительно между 0,5 и 1,5. Смесь потока очищенных углеводородов 1 и питающего потока пара 2 подают в секцию риформинга A. Питающие потоки 1 и 2 направляют через реактор предварительного риформинга, в котором содержание углеводородов, за исключением CH_4 , снижают до уровня менее 0,5 % мол., предпочтительно менее 0,2 % мол. Поток газа из устройства предварительного риформинга, при необходимости направляют через нагретую трубчатую установку риформинга для дальнейшего преобразования CH_4 в CO , CO_2 и H_2 . Газ из устройства предварительного риформинга или - если присутствует - газ из трубчатой установки риформинга направляют через установку автотермического риформинга, куда также добавляют питающий поток кислорода с чистотой выше 90 % мол., предпочтительно выше 98 % мол. Секция риформинга A предоставляет поток первого синтез-газа 4.

Первый поток синтез-газа 4 направляется в охлаждающую линию B, где охлаждающая линия B предоставляет явное тепло для производства пара, перегрева пара, режима повторного кипячения для дистилляции и

предварительного нагрева воды. Охлаждающая линия В преобразует первый синтез-газ 4 во второй поток синтез-газа 5 и третий поток синтез-газа 10 преимущественно посредством конденсации воды в первом синтез-газе и отделения воды от второго потока синтез-газа 5. Третий поток синтез-газа 10 направляется в секцию конверсии водяного газа Е.

Второй поток синтез-газа 5, подаваемый из охлаждающей линии В, при необходимости смешивается с обогащенным водородом потоком 14 и направляется в секцию синтеза метанола С. Обогащенный водородом поток 14 регулируют для обеспечения модуля М выше 1,8, предпочтительно 2,05, в смешанном потоке 6. Поток, обогащенный водородом, может быть предоставлен посредством внешнего питающего потока водорода или посредством других потоков, выделенных ниже по потоку от секции синтеза метанола С (не показаны). Смешанный поток 6 подвергают сжатию до 70 - 100 бар изб., предпочтительно 80 - 90 бар изб., выше по потоку от входа в секцию синтеза метанола С.

Секция синтеза метанола С может быть выполнена с возможностью осуществлять любой синтез метанола, известный в данной области техники, для преобразования части второго синтез-газа 5 или 6 в поток неочищенного метанола 7 и продувочный газ 9. Это может быть достигнуто, например, посредством сжатия второго синтез-газа 5 или 6 и направления сжатого второго синтез-газа 5 или 6 через реактор с кипящей водой. В реакторе с кипящей водой по меньшей мере часть CO, CO₂ и H₂ преобразуется в метанол, а тепло реакции отводится посредством охлаждения кипящей водой. Выходящий газ из реактора с кипящей водой

охлаждается для конденсации по меньшей мере части метанола и тем самым получения потока жидкого неочищенного метанола 7.

При необходимости, часть продувочного газа 9 может быть рециркулирована, так что часть продувочного газа 9 повторно вводят в секцию синтеза метанола (не показано). Более конкретно, рециркулируемый продувочный газ 9 сжимается до того же давления, что и второй поток синтез-газа 5 или 6, перед добавлением к нему. В качестве альтернативы, сжатый рециркулируемый продувочный газ 9 может быть добавлен непосредственно в реактор с кипящей водой.

По меньшей мере часть продувочного газа 9 смешивается с третьим синтез-газом 10 и, при необходимости, с питающим потоком пара 2b, при необходимости перед направлением объединенного смешанного газа в секцию конверсии водяного газа E. Давление третьего потока синтез-газа 10 предпочтительно повышается на 2 - 6 бар перед входом в реактор конверсии водяного газа E или перед смешиванием с другими питающими потоками. Добавление пара регулируется таким образом, чтобы молярное соотношение пар/сухой газ в объединенном потоке составляло между 0,1 и 1,0, предпочтительно между 0,3 и 0,8. Объединенный поток направляется через МТ-реактор конверсии водяного газа с температурой на входе от 200°C до 250°C, предпочтительно 210°C. В МТ-реакторе конверсии водяного газа CO и H₂O преобразуются в CO₂ и H₂ в соответствии с равновесной реакцией конверсии водяного газа. Реакция протекает в адиабатических условиях. Поэтому преобразование

ограничено температурой адиабатического равновесия. Секция конверсии водяного газа E предоставляет поток газа, подвергнутого конверсии 11.

По меньшей мере часть потока газа, подвергнутого конверсии, 11 направляется в секцию удаления CO_2 F, которая предоставляет поток газа, обогащенного CO_2 , 12 и первого потока газа, обедненного CO_2 13. Поток газа, обедненного CO_2 , 13 предпочтительно имеет содержание CO_2 менее 1%, более предпочтительно менее 0,1%. Может быть использован любой CO_2 -процесс, известный в данной области. Поток газа, обогащенный CO_2 , может быть отправлен на хранение и/или использован для других целей.

Фигура 3 представляет собой схематическую иллюстрацию конкретного варианта осуществления настоящего изобретения.

Данный вариант осуществления включает все элементы с фигуры 2, т.е. питающие потоки и секции, однако, кроме того, данный вариант осуществления включает секцию регенерации водорода G, выполненную с возможностью приема потока газа, обедненного CO_2 , 13 из секции удаления CO_2 F.

Секция регенерации водорода G преобразует по меньшей мере часть потока газа, обедненного CO_2 , 13 в по меньшей мере первый обогащенный водородом поток 14 и по меньшей мере первый поток отходящих газов 15. Предпочтительно это достигается посредством использования блока адсорбции при переменном давлении. Первый обогащенный водородом

поток 14 может быть предназначен для предоставления в секцию синтеза метанола (С) в качестве обогащенного водородом потока 14b, предпочтительно в смеси 6 со вторым потоком синтез-газа 5. Часть первого потока отходящих газов 15 может быть предназначена для предоставления в секцию риформинга А в качестве альтернативного питающего потока углеводородов.

Фигура 4 представляет собой схематическую иллюстрацию конкретного варианта осуществления настоящего изобретения.

Данный вариант осуществления включает все элементы с фигуры 2, т.е. питающие потоки и секции, однако в данном альтернативном варианте осуществления первый поток газа, обедненного CO_2 , 13 разделяется по меньшей мере на второй 28 и третий 29 потоки газа, обедненного CO_2 . Второй поток газа, обедненного CO_2 , 28 предназначен для предоставления в секцию синтеза метанола С предпочтительно в смеси со вторым потоком синтез-газа 5. Таким образом, второй поток газа, обедненного CO_2 , 28 служит источником H_2 для синтеза метанола, и поток газа, обедненного CO_2 , 28 является альтернативой обогащенному водородом потоку 14а, который поступает из внешнего источника H_2 в варианте осуществления, показанном на фигуре 3, и первому обогащенному водородом потоку 14b, который поступает из самой системы в том же варианте осуществления.

Третий поток газа, обедненного CO_2 , 29 может быть использован в качестве топлива.

Фигура 5 представляет собой схематическую иллюстрацию конкретного варианта осуществления настоящего изобретения. Данный вариант осуществления включает все элементы фигуры 3, т.е. питающие потоки и секции, а также топливную систему Н.

В данном варианте осуществления секция регенерации водорода G преобразует по меньшей мере часть потока газа, обедненного CO_2 , 13 в первый и второй обогащенные водородом потоки 14 и 16 и первый и второй потоки отходящих газов 15 и 17. Преобразование достигается либо с помощью PSA, либо с помощью мембраны, один из которых находится в секции регенерации водорода G. Первый обогащенный водородом поток 14 может быть использован для регулировки модуля М второго потока синтез-газа 5 или 6, в качестве потока 14b. Второй обогащенный водородом поток 16 используется в качестве топлива в топливной системе Н. Первый поток отходящих газов 15 может быть направлен в качестве альтернативного питающего потока углеводородов в секцию риформинга А. Второй поток отходящих газов 17 используется в качестве топлива в топливной системе Н. Расход второго потока отходящих газов 17 регулируется для обеспечения достаточной продувки от инертных веществ (в основном N_2 и Ar). В зависимости от выбранной технологии в секции регенерации водорода G, т.е. PSA или мембраны, потребуется сжать первый обогащенный водородом поток 14b и/или первый поток отходящих газов 15 перед подачей первого обогащенного водородом потока 14b в секцию синтеза метанола С и первого потока отходящих газов 15 в секцию риформинга А.

Внешнее углеводородное топливо 18 используется для работы пилотных горелок и в качестве резервного топлива в топливной системе Н. Топливная система Н снабжает необходимым топливом элементы установки, например, трубчатую установку риформинга, пламенный нагреватель, вспомогательный котел или газовую турбину. Полученный поток дымовых газов 19 может быть выведен в атмосферу.

Расход третьего потока синтез-газа 10 регулируется таким образом, чтобы содержание углерода в потоке дымовых газов 19 составляло менее 5% от суммарного содержания углерода в потоке углеводородов 1 и углеводородном топливе 18.

Изобретение также может быть реализовано на установках, в которых уже предусмотрена стадия регенерации водорода на потоке продувочного газа (9). В этом случае поток (9) разделяется на обогащенный водородом поток (14), используемый для регулирования модуля М на входе стадии синтеза метанола С, и потока отходящего газа. Газовый поток (10) отбирается со стадии при соответствующей температуре, смешивается с потоком отходящих газов и паром (2b) для получения молярного соотношения пар/сухой газ между 0,1 и 1,0 в смешанном газе перед направлением его на стадию конверсии водяного газа Е. Выходящий газ 11 из Е направляется на стадию удаления CO_2 F. Обедненный CO_2 газ 13 может быть направлен на стадию регенерации водорода G согласно изобретению, в этом случае поток 16 будет содержать весь обогащенный водородом газ. Данная альтернатива также может обеспечить низкий уровень выбросов углерода, как и изобретение.

ПРИМЕР 1

Данные, приведенные в таблице 1, иллюстрируют влияние изобретения на две существующие технологические схемы синтеза метанола.

В эксперименте 1 производство метанола обеспечивалось по схеме системы, в которой секция риформинга включает установку предварительного риформинга и трубчатую установку парового риформинга, за которой следует автотермическая установка риформинга.

Эксперимент 2 показывает результат изобретения, использованного в эксперименте 1.

В эксперименте 3 производство метанола обеспечивалось по схеме, в которой секция риформинга включает предварительный риформинг с последующим автотермическим риформингом.

Эксперимент 4 показывает результат изобретения, использованного в эксперименте 3.

Производительность установки синтеза метанола во всех случаях составляет 5000 тонн метанола в день (в пересчете на 100 % метанол).

Таблица 1

Эксперимент	Углерод в потоке 1+18 Нм/ч	Углерод в потоке 19 Нм/ч	Углерод в потоке 12 Нм/ч	Выбросы углерода %
1	176692	30445	0	17,2
2	184398	6063	31954	3,3
3	175231	29043	0	16,6
4	180297	4984	29073	2,8

Результаты в таблице 1 показывают, что изобретение оказывает значительное влияние на выбросы CO₂. Улавливание CO₂ требует затрат энергии, что увеличивает общее количество углерода. Поэтому выбросы углерода в экспериментах 2 и 4 также следует сравнивать с выбросами в экспериментах 1 и 3. Оба сравнения показывают значительное улучшение при использовании изобретения. Также представляется, что имеет большое значение выбор технологии риформинга, причем автотермический имеет преимущество. Наиболее эффективной технологией автотермического риформинга на рынке является технология SynCOR, при которой автотермический риформинг осуществляется при соотношении пар/углерод 0,6.

ПРЕДПОЧТИТЕЛЬНЫЕ ВАРИАНТЫ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

1. Система (100) для получения метанола, причем указанная система (100) включает:
 - питающий поток углеводородов (1);

- питающий поток пара (2);
- при необходимости питающий поток кислорода (3);
- секцию риформинга (А), выполненную с возможностью приема указанного питающего потока углеводородов (1), указанного питающего потока пара (2) и, если присутствует, указанного питающего потока кислорода (3), и предоставления первого потока синтез-газа(4);
- охлаждающую линию (В), выполненную с возможностью приема по меньшей мере части первого потока синтез-газа (4) и предоставления второго потока синтез-газа (5) и третьего потока синтез-газа (10);
- секцию синтеза метанола (С), выполненную с возможностью приема по меньшей мере части второго потока синтез-газа (5), при необходимости в смеси с потоком, обогащенным водородом,(14) и предоставления потока неочищенного метанола (7) и потока продувочного газа (9);
- секцию конверсии водяного газа (Е), выполненную с возможностью приема по меньшей мере части указанного потока продувочного газа (9), по меньшей мере части указанного третьего потока синтез-газа (10) и, при необходимости, питающего потока пара (2b), и предоставления потока газа, подвергнутого конверсии (11);

- секцию удаления CO_2 (F), выполненную с возможностью приема по меньшей мере части потока газа, подвергнутого конверсии, (11) и предоставления потока газа, обогащенного CO_2 , (12) и первого потока газа, обедненного CO_2 (13).
- 2. Система согласно варианту осуществления 1, дополнительно включающая секцию регенерации водорода (G), указанная секция регенерации водорода (G) выполнена с возможностью приема по меньшей мере части первого потока газа, обедненного CO_2 , (13) и предоставления по меньшей мере первого обогащенного водородом потока (14) и по меньшей мере первого потока отходящих газов (15).
- 3. Система согласно варианту осуществления 2, причем система выполнена с возможностью предоставления по меньшей мере части первого потока отходящих газов (15) в секцию риформинга (A) в качестве дополнительного питающего потока углеводородов.
- 4. Система согласно одному из вариантов осуществления 2 или 3, причем система выполнена с возможностью предоставления по меньшей мере части обогащенного водородом потока (14) в секцию синтеза метанола (C), предпочтительно в смеси (6) со вторым потоком синтез-газа (5).
- 5. Система согласно одному из вариантов осуществления 2 - 4, причем секция регенерации водорода (G) включает по меньшей мере одно из: блока адсорбции при переменном давлении, компрессора

отходящих газов, мембраны для отделения водорода и компрессора обогащенного водородом газа.

6. Система согласно варианту осуществления 1, причем по меньшей мере часть первого потока газа, обедненного CO_2 , (13) предназначена для разделения по меньшей мере на второй поток газа, обедненного CO_2 , (28) и по меньшей мере третий поток газа, обедненного CO_2 , (29) и причем при необходимости по меньшей мере часть указанного второго потока газа, обедненного CO_2 , (28) предназначена для предоставления в секцию синтеза метанола (С), предпочтительно в смеси (6) со вторым потоком синтез-газа (5).
7. Система согласно одному из вариантов осуществления 1 - 6, причем по меньшей мере часть потока обогащенного водородом газа (16) и/или потока отходящих газов (17) из секции регенерации водорода (G) предназначена для подачи в качестве топлива в секцию риформинга (А) и/или во вспомогательный паровой котел, и/или в газовую турбину.
8. Система согласно любому из предшествующих вариантов осуществления, причем секция риформинга (А) включает установку предварительного риформинга.
9. Система согласно любому из предшествующих вариантов осуществления, причем секция риформинга (А) включает устройство автотермического риформинга или трубчатое устройство

рифформинга, за которым следует устройство автотермического рифформинга или трубчатое устройство рифформинга.

10. Система согласно любому из предшествующих вариантов осуществления, причем охлаждающая линия (B) выполнена с возможностью предоставления явного тепла для производства пара, перегрева пара, режима повторного кипячения для дистилляции и предварительного нагрева воды и/или обеспечения отделения сконденсированной H_2O .
11. Система согласно любому из предшествующих вариантов осуществления, причем охлаждающая линия (B) выполнена с возможностью предоставления третьего потока синтез-газа (10) при более высокой температуре, чем второй поток синтез-газа (5,6), причем предпочтительно температура третьего потока синтез-газа (10) находится между температурой на $10^{\circ}C$ выше точки росы третьего потока синтез-газа (10) и $360^{\circ}C$.
12. Система согласно любому из предшествующих вариантов осуществления, причем второй поток синтез-газа (5, 6) имеет модуль между 1,8 и 2,2, предпочтительно между 1,9 и 2,1.
13. Система согласно любому из предшествующих вариантов осуществления, причем секция конверсии водяного газа (E) включает НТ-реактор конверсии или МТ-реактор конверсии или LT-реактор конверсии или любую комбинацию двух таких реакторов.

14. Система согласно любому из предшествующих вариантов осуществления, причем указанный питающий поток (2b) предназначен для смешивания с потоком продувочного газа (9) и/или третьим потоком синтез-газа (10) перед введением в секцию конверсии водяного газа (E).
15. Способ получения метанола в системе (100) согласно любому из предшествующих вариантов осуществления, причем указанный способ включает стадии:
- подачи питающего потока углеводородов (1), питающего потока пара (2) и, если присутствует, питающего потока кислорода (3) в секцию риформинга (A) для предоставления первого потока синтез-газа (4);
 - подачи по меньшей мере части потока первого синтез-газа (4) в охлаждающую линию (B) для предоставления второго синтез-газа (5) и третьего синтез-газа (10);
 - подачи по меньшей мере части второго потока синтез-газа (5), при необходимости в смеси (6) с обогащенным водородом потоком (14) в секцию синтеза метанола (C) и преобразование по меньшей мере части второго потока синтез-газа (5, 6) в поток неочищенного метанола (7) и поток продувочного газа (9);

- подачи по меньшей мере части потока продувочного газа (9), по меньшей мере части третьего потока синтез-газа (10) и, при необходимости, питающего потока пара (2b) в секцию конверсии водяного газа (E), для предоставления потока газа, подвергнутого конверсии(11);
 - подачи по меньшей мере части потока газа, подвергнутого конверсии, (11) в секцию удаления CO₂ (F) для предоставления первого потока газа, обедненного CO₂, (13) и потока газа, обогащенного CO₂ (12).
16. Способ согласно варианту осуществления 15, причем если система дополнительно включает секцию регенерации водорода (G), указанный способ дополнительно включает: подачу первого потока газа, обедненного CO₂, (13) в секцию регенерации водорода (G) и разделение первого потока газа, обедненного CO₂, (13) на по меньшей мере первый поток, обогащенный водородом, (14) и по меньшей мере первый поток отходящих газов (15).
17. Способ согласно варианту осуществления 16, причем указанный способ дополнительно включает: подачу по меньшей мере части первого потока отходящих газов (15) в секцию риформинга (A) в качестве дополнительного питающего потока углеводородов.
18. Способ согласно любому из вариантов осуществления 16 - 17, причем указанный способ включает предоставление по меньшей мере

мере части обогащенного водородом потока (14) в секцию синтеза метанола (С), предпочтительно в смеси (6) со вторым потоком синтез-газа (5).

19. Способ согласно варианту осуществления 15, причем по меньшей мере часть первого потока газа, обедненного CO_2 , (13) разделяют на по меньшей мере второй поток газа, обедненного CO_2 , (28) и по меньшей мере третий поток газа, обедненного CO_2 , (29) и причем при необходимости по меньшей мере часть указанного второго потока газа, обедненного CO_2 , (28) предоставляют в секцию синтеза метанола (С), предпочтительно в смеси (6) со вторым потоком синтез-газа (5).
20. Способ согласно любому из вариантов осуществления 15 - 19, причем по меньшей мере часть потока обогащенного водородом газа (16) и/или потока отходящих газов (17) из секции регенерации водорода (G) подают в качестве топлива в секцию риформинга (A) и/или во вспомогательный паровой котел, и/или в газовую турбину.
21. Способ согласно любому из вариантов осуществления 15 - 20, причем получение первого синтез-газа (4) включает стадию адиабатического предварительного риформинга.
22. Способ согласно любому из вариантов осуществления 15 - 21, включающий стадию: предоставления третьего потока синтез-газа (10) из указанной охлаждающей линии (B) при более высокой

температуре, чем второй поток синтез-газа (5, 6), причем предпочтительно температура третьего потока синтез-газа (10) находится между температурой на 10°C выше точки росы третьего потока синтез-газа (10) и 360°C .

23. Способ согласно любому из вариантам осуществления 15 - 22, причем давление третьего потока синтез-газа (10) повышают на 2 - 6 бар перед входом в секцию конверсии водяного газа (E).
24. Способ согласно любому из вариантов осуществления 15 - 23, причем указанный питающий поток (2b) смешивают с потоком продувочного газа (9) и/или третьим потоком синтез-газа (10) перед введением в секцию конверсии водяного газа (E).
25. Способ согласно любому из вариантов осуществления 15 - 24, причем молярное соотношение пар/сухой газ на входе в секцию конверсии водяного газа (E) находится в диапазоне от 0,1 до 1,0, предпочтительно от 0,3 до 0,8.
26. Способ согласно любому из вариантов осуществления 15 - 25, причем поток газа, обедненного CO_2 , (13) имеет содержание CO_2 менее 1000 объемн. ч.н.млн, предпочтительно менее 500 объемн. ч.н.млн, более предпочтительно менее 20 объемн. ч.н.млн.

27. Способ согласно любому из вариантов осуществления 15 - 26, причем поток газа, обогащенный CO_2 , (12) содержит >90 % об. CO_2 , например > 98 % об. CO_2 , предпочтительно > 99 % об. CO_2 .
28. Способ согласно любому из вариантов осуществления 15 - 27, причем второй поток синтез-газа (5) смешивают с потоком, обогащенным водородом (14) в таком соотношении, что полученный смешанный поток синтез-газа (6) имеет модуль между 1,9 и 2,2, предпочтительно между 1,95 и 2,1.
29. Способ согласно любому из вариантов осуществления 15 - 28, причем содержание углерода в объединенных дымовых газах (19) от сжигания обогащенного водородом газа (16), отходящих газов (17) и углеводородного топлива (18), поступающего в систему, составляет менее 5% от суммы содержания углерода в питающем потоке углеводородов (1) и углеводородном топливе(18).
30. Установка, включающая систему согласно любому из вариантов осуществления 1 - 14.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Система (100) для получения метанола, причем указанная система (100) включает:
 - питающий поток углеводородов (1);
 - питающий поток пара (2);
 - при необходимости, питающий поток кислорода (3);

 - секцию риформинга (А), выполненную с возможностью приема указанного питающего потока углеводородов (1), указанного питающего потока пара (2) и, если присутствует, указанного питающего потока кислорода (3), и предоставления первого потока синтез-газа (4);

 - охлаждающую линию (В), выполненную с возможностью приема по меньшей мере части первого потока синтез-газа (4) и предоставления второго потока синтез-газа (5) и третьего потока синтез-газа (10);

 - секцию синтеза метанола (С), выполненную с возможностью приема по меньшей мере части второго потока синтез-газа (5), при необходимости в смеси (6) с обогащенным водородом потоком (14) и предоставления потока неочищенного метанола (7) и потока продувочного газа (9);

- секцию конверсии водяного газа (E), выполненную с возможностью приема по меньшей мере части указанного потока продувочного газа (9), по меньшей мере части указанного третьего потока синтез-газа (10) и, при необходимости, питающего потока пара (2b), и предоставления потока газа, подвергнутого конверсии (11);
 - секцию удаления CO₂ (F), выполненную с возможностью приема по меньшей мере части потока газа, подвергнутого конверсии, (11) и предоставления потока газа, обогащенного CO₂, (12) и первого потока газа, обедненного CO₂ (13).
2. Система по п. 1, дополнительно включающая секцию регенерации водорода (G), указанная секция регенерации водорода (G) выполнена с возможностью приема по меньшей мере части первого потока газа, обедненного CO₂, (13) и предоставления по меньшей мере первого обогащенного водородом потока (14) и по меньшей мере первого потока отходящих газов (15).
 3. Система по п. 2, причем указанная система выполнена с возможностью предоставления по меньшей мере части первого потока отходящих газов (15) в секцию риформинга (A) в качестве дополнительного питающего потока углеводородов.
 4. Система по любому из п.п. 2 или 3, причем система выполнена с возможностью предоставления по меньшей мере части обогащенного

водородом потока (14) в секцию синтеза метанола (С), предпочтительно в смеси (6) со вторым потоком синтез-газа (5).

5. Система по п. 1, причем по меньшей мере часть первого потока газа, обедненного CO_2 , (13) предназначена для разделения на по меньшей мере второй поток газа, обедненного CO_2 , (28) и по меньшей мере третий поток газа, обедненного CO_2 , (29) и причем при необходимости по меньшей мере часть указанного второго потока газа, обедненного CO_2 , (28) предназначена для предоставления в секцию синтеза метанола (С), предпочтительно в смеси (6) со вторым потоком синтез-газа (5).
6. Система по любому из п.п. 1 - 4, причем по меньшей мере часть потока обогащенного водородом газа (16) и/или потока отходящих газов (17) из секции регенерации водорода (G) предназначена для подачи в качестве топлива в секцию риформинга (А) и/или во вспомогательный паровой котел, и/или в газовую турбину.
7. Система по любому из предшествующих пунктов, причем охлаждающая линия (В) выполнена с возможностью предоставления явного тепла для производства пара, перегрева пара, режима повторного кипячения для дистилляции и предварительного нагрева воды и/или обеспечения отделения сконденсированной H_2O .
8. Система по любому из предшествующих пунктов, причем охлаждающая линия (В) выполнена с возможностью предоставления

третьего потока синтез-газа (10) при более высокой температуре, чем второй поток синтез-газа (5, 6), причем предпочтительно температура третьего потока синтез-газа (10) находится между температурой на 10°C выше точки росы третьего потока синтез-газа (10) и 360°C .

9. Система по любому из предшествующих пунктов, причем второй поток синтез-газа (5, 6) имеет модуль между 1,8 и 2,2, предпочтительно между 1,9 и 2,1.
10. Система по любому из предшествующих пунктов, причем указанный питающий поток (2b) предназначен для смешивания с потоком продувочного газа (9) и/или третьим потоком синтез-газа (10) перед введением в секцию конверсии водяного газа (E).
11. Способ получения метанола в системе (100) по любому из предшествующих пунктов, причем указанный способ включает стадии:
 - подачи питающего потока углеводородов (1), питающего потока пара (2) и, если присутствует, питающего потока кислорода (3) в секцию риформинга (A) для предоставления первого потока синтез-газа (4);
 - подачи по меньшей мере части потока первого синтез-газа (4) в охлаждающую линию (B) для предоставления второго синтез-газа (5) и третьего синтез-газа (10);

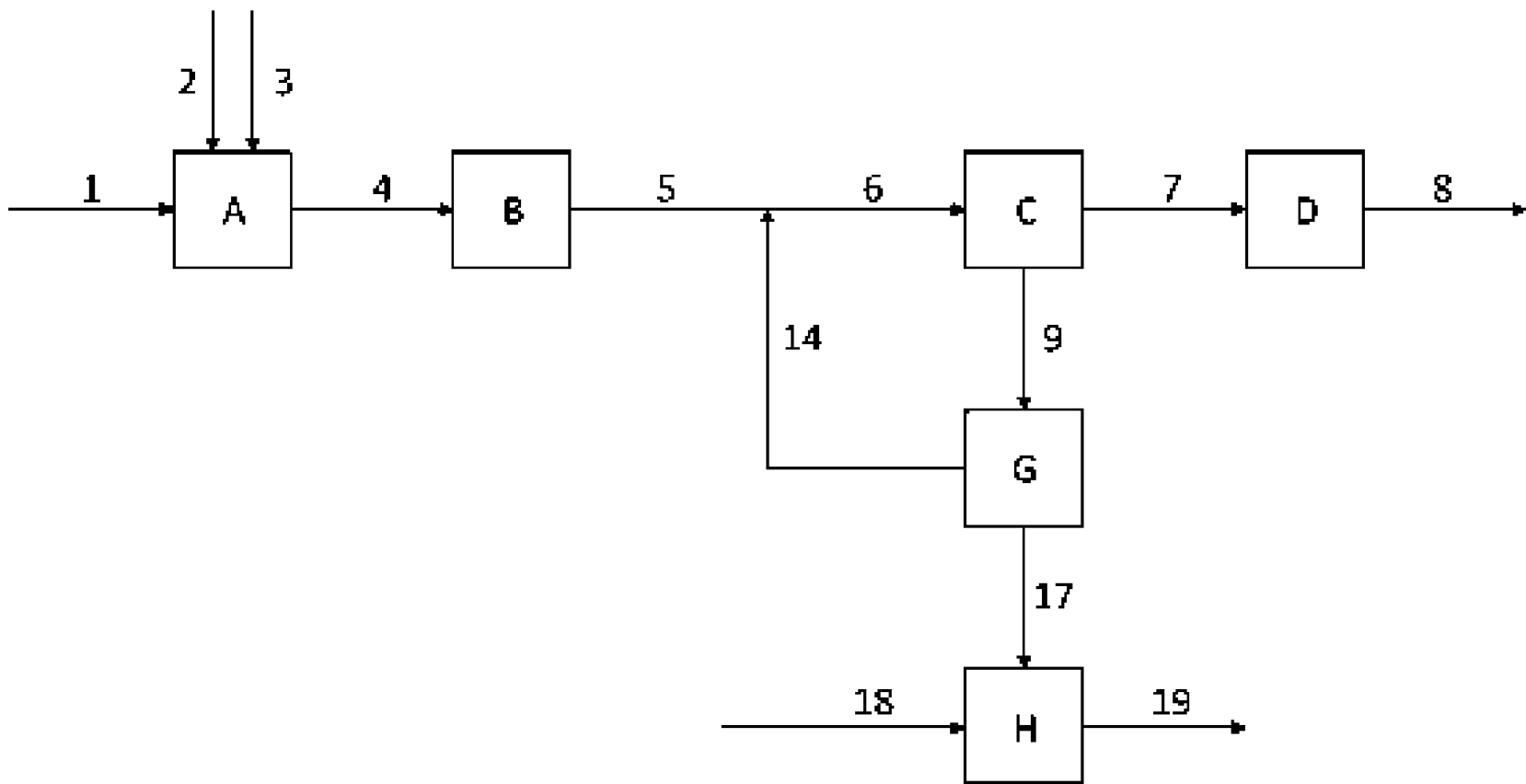
- подачи по меньшей мере части второго потока синтез-газа (5), при необходимости в смеси (6) с обогащенным водородом потоком (14) в секцию синтеза метанола (С) и преобразование по меньшей мере части второго потока синтез-газа (5, 6) в поток неочищенного метанола (7) и поток продувочного газа (9);
- подачи по меньшей мере части потока продувочного газа (9), по меньшей мере части третьего потока синтез-газа (10) и, при необходимости, питающего потока пара (2b) в секцию конверсии водяного газа (Е), для предоставления потока газа, подвергнутого конверсии (11);
- подачи по меньшей мере части потока газа, подвергнутого конверсии, (11) в секцию удаления CO_2 (F) для предоставления первого потока газа, обедненного CO_2 (13) и потока газа, обогащенного CO_2 (12).

12. Способ по п. 11, причем если система дополнительно включает секцию регенерации водорода (G), указанный способ дополнительно включает: подачу первого потока газа, обедненного CO_2 , (13) в секцию регенерации водорода (G) и разделение первого потока газа, обедненного CO_2 , (13) на по меньшей мере первый обогащенный водородом поток (14) и по меньшей мере первый поток отходящих газов (15).

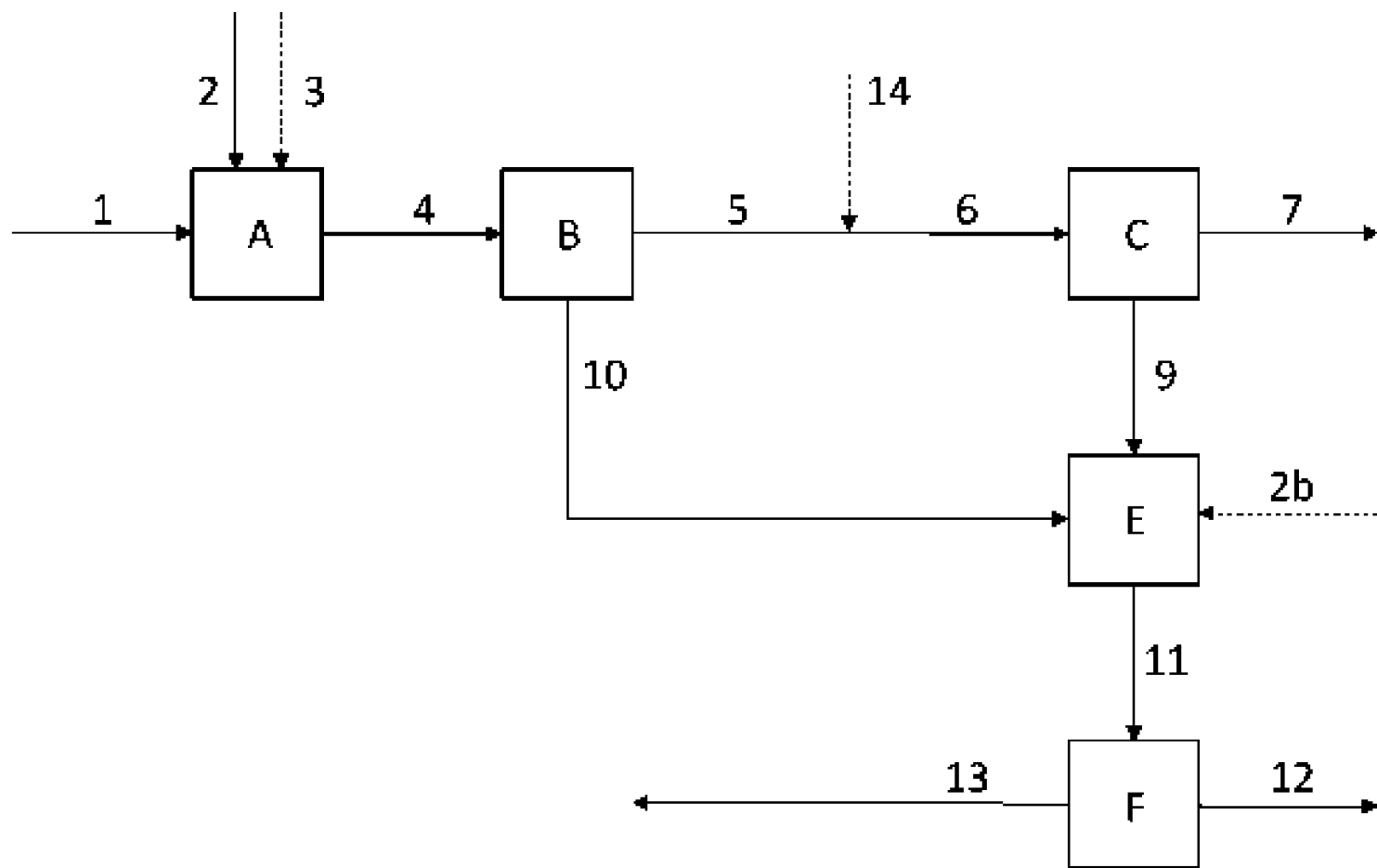
13. Способ по любому из п.п. 11 или 12, причем указанный способ дополнительно включает: подачу по меньшей мере части первого потока отходящих газов (15) в секцию риформинга (А) в качестве дополнительного питающего потока углеводородов.
14. Способ по любому из п.п. 11 - 13, причем указанный способ включает предоставление по меньшей мере части обогащенного водородом потока (14) в секцию синтеза метанола (С), предпочтительно в смеси (6) со вторым потоком синтез-газа (5).
15. Способ по п. 11, причем по меньшей мере часть первого потока газа, обедненного CO_2 , (13) разделяют на по меньшей мере второй поток газа, обедненного CO_2 , (28) и по меньшей мере третий поток газа, обедненного CO_2 , (29) и причем при необходимости по меньшей мере часть указанного второго потока газа, обедненного CO_2 , (28) предоставляют в секцию синтеза метанола (С), предпочтительно в смеси (6) со вторым потоком синтез-газа (5).
16. Способ по любому из п.п. 11 - 14, причем по меньшей мере часть потока обогащенного водородом газа (16) и/или потока отходящих газов (17) из секции регенерации водорода (G) подают в качестве топлива в секцию риформинга (А) и/или во вспомогательный паровой котел, и/или в газовую турбину.
17. Способ по любому из п.п. 11 - 16, включающий стадию: предоставления третьего потока синтез-газа (10) из указанной

охлаждающей линии (В) при более высокой температуре, чем второй поток синтез-газа (5, 6), причем предпочтительно температура третьего потока синтез-газа (10) находится между температурой на 10°С выше точки росы третьего потока синтез-газа (10) и 360°С.

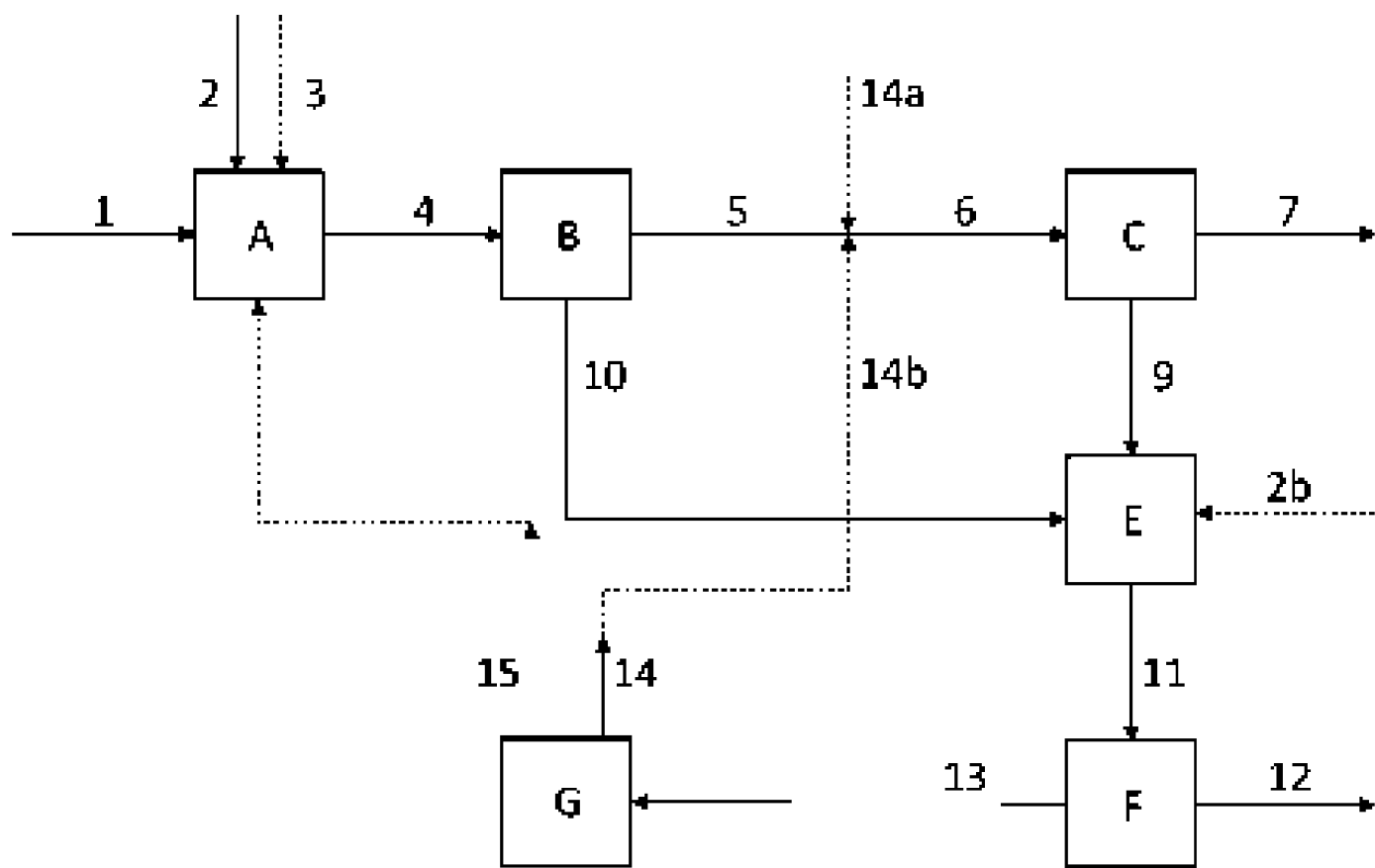
18. Способ по любому из п.п. 11 - 17, причем указанный питающий поток (2b) смешивают с потоком продувочного газа (9) и/или третьим потоком синтез-газа (10) перед введением в секцию конверсии водяного газа (E).
19. Способ по любому из п.п. 11 - 18, причем содержание углерода в объединенных дымовых газах (19) от сжигания обогащенного водородом газа (16), отходящих газов (17) и углеводородного топлива (18), поступающего в систему, составляет менее 5% от суммы содержания углерода в питающем потоке углеводородов (1) и углеводородном топливе (18).
20. Установка, включающая систему по любому из п.п. 1 - 10.



Фиг. 1

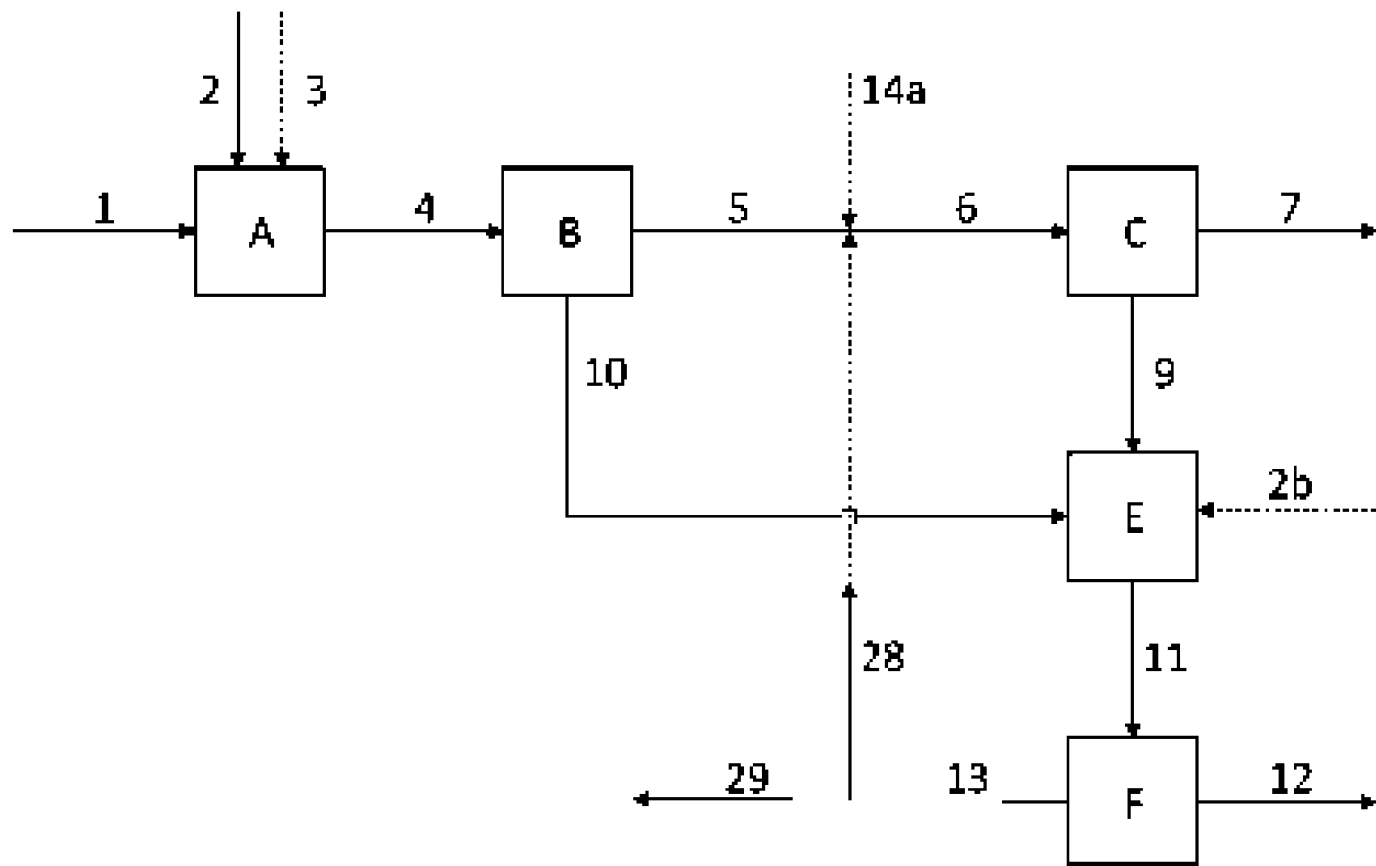


Фиг. 2

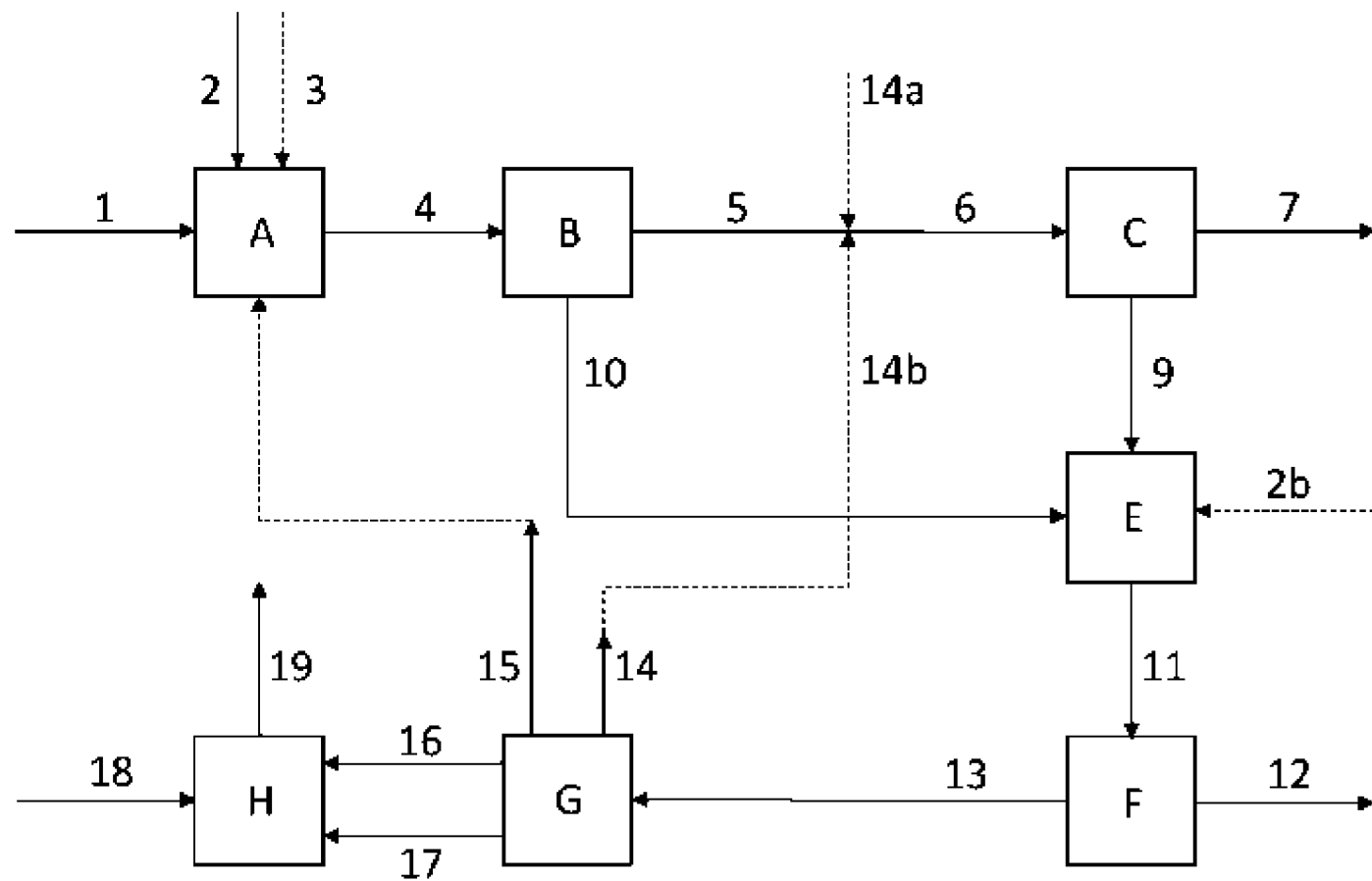


3/5

Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5