

(19)



Евразийское  
патентное  
ведомство

(21) 202492300 (13) A1

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки  
2024.11.11(51) Int. Cl. C01B 3/38 (2006.01)  
C01B 3/48 (2006.01)  
C01B 3/02 (2006.01)  
C01C 1/04 (2006.01)(22) Дата подачи заявки  
2023.03.13

## (54) СПОСОБ СОВМЕСТНОГО ПРОИЗВОДСТВА АММИАКА И МЕТАНОЛА С ПОНИЖЕННЫМ ВЫБРОСОМ УГЛЕРОДА

(31) PA202200227

(72) Изобретатель:

(32) 2022.03.21

Даль Пер Юуль (DK)

(33) DK

(74) Представитель:

(86) PCT/EP2023/056309

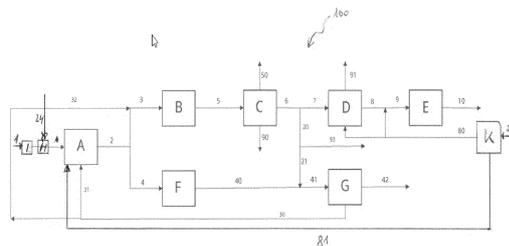
Беляев С.Б. (BY)

(87) WO 2023/180114 2023.09.28

(71) Заявитель:

ТОПСЕЭ А/С (DK)

(57) Способ совместного производства аммиака и метанола с пониженным выбросом диоксида углерода, включающий следующие этапы: (a) подачу углеводородного сырья; (b) предварительный нагрев углеводородного сырья в пламенном нагревателе и/или секции отработанного тепла установки риформинга; (c) паровой риформинг предварительно нагретого углеводородного сырья по меньшей мере в одной установке парового риформинга с получением неочищенного синтез-газа, содержащего водород и оксиды углерода, где модуль М составляет  $<2,05$ ; (d) разделение неочищенного синтез-газа на первый и второй потоки; (e) подачу первого потока неочищенного синтез-газа в секцию конверсии водяного газа, содержащую один или более реакторов конверсии для получения конвертированного синтез-газа; (f) подачу конвертированного синтез-газа в секцию удаления диоксида углерода для образования синтез-газа с низким содержанием диоксида углерода; (g) очистку синтез-газа с низким содержанием углерода в установке очистки с получением очищенного синтез-газа, содержащего водород или водород и азот, при необходимости, с добавлением азота к очищенному синтез-газу с образованием синтез-газа для производства аммиака с молярным соотношением водорода и азота от 2,9 до 3,1; (h) конверсию синтез-газа для производства аммиака в аммиак; и (i) подачу второго потока неочищенного синтез-газа в секцию охлаждения и сепарации воды с образованием синтез-газа с низким содержанием воды; (j) добавление части синтез-газа с низким содержанием углерода с этапа (f) к синтез-газу с низким содержанием воды с образованием синтез-газа для производства метанола с модулем  $M > 1,95$ ; (k) конверсию синтез-газа для производства метанола по меньшей мере в одном реакторе синтеза метанола в метанол и извлечение неочищенного метанола и потока продувочного газа, содержащего непреобразованный синтез-газ метанола; причем поток продувочного газа с этапа (k) добавляют к первому потоку неочищенного синтез-газа по ходу процесса перед этапом (e) и/или к паровому риформингу на этапе (c).



A1

202492300

202492300

A1

## **Способ совместного производства аммиака и метанола с пониженным выбросом углерода**

Настоящее изобретение относится к способу совместного производства аммиака и метанола с пониженным выбросом углерода. В частности, в изобретении используют общую секцию риформинга, в которой полученный синтез-газ разделяют и подают в секцию синтеза аммиака и секцию синтеза метанола.

Совместное производство аммиака и метанола описано, например, в заявке заявителя US 8692034. Поток отходящего газа, полученный при адсорбции  $\text{CO}_2$  при переменном давлении ( $\text{CO}_2$  АПД), повторно подают в установку первичного риформинга вместе с потоком отходящего топливного газа, полученного при синтезе аммиака. Частично конвертированный газ из установки первичного риформинга подвергают дальнейшему риформингу на стадии вторичного риформинга с продувкой воздухом.

Заявка US 8303923, также принадлежащая заявителю, описывает способ совместного производства аммиака и метанола из углеводородного газообразного сырья. Отходящий топливный газ из реактора синтеза аммиака, содержащий водород, азот и метан, подают обратно на стадию первичного риформинга.

В настоящее время продувочный газ из секции синтеза метанола пропускают через установку регенерации водорода, а богатый водородом поток используют для доведения синтеза метанола на входе в модуль до значения  $> 1,98$ , и отходящий газ используют в качестве топлива.

Целесообразно добиться снижения выбросов углерода в рамках известных специалистам способов совместного производства аммиака и метанола.

В рамках стандартного решения продувочный газ из секции синтеза метанола пропускают через установку регенерации водорода, а богатый водородом поток используют для доведения синтеза метанола на входе в модуль до значения  $> 1,98$ , и отходящий газ используют в качестве топлива.

Богатое водородом топливо для использования вместо углеводородного топлива для секции риформинга и энергоснабжения установки берут из подпиточного газа и подают в контур синтеза аммиака или из газа с низким содержанием  $\text{CO}_2$  из установки удаления  $\text{CO}_2$ . Указанные потоки можно корректировать в соответствии с допустимыми выбросами  $\text{CO}_2$  на тонну метанолового и аммиачного продукта.

Специалистами установлено, что выбросы углекислого газа можно сократить за счет подачи продувочного газа с этапа синтеза метанола на вход секции риформинга и/или на стадию конверсии в секции синтеза аммиака, и заменить углеводородное топливо, подаваемое в секцию риформинга, на богатое водородом топливо, которое выделено из синтез-газа аммиака.

Ограничение на снижение выбросов  $\text{CO}_2$  через дымовые газы рассчитывают как объем полученного аммиака, разделенный на общее произведенный объем и умноженный на выход метана из установки риформинга плюс 5%. Обязательным условием является то, чтобы объем получаемого аммиака составляет не менее 20 % от общего выхода продукции. Это позволяет задействовать менее 2 - 5 мол.% углерода от количества молей углерода в составе комбинированного сырьевого природного газа и топливного газа, используемых в технологическом процессе. Процент зависит от соотношения продуктов: высокий выход метанола дает низкий уровень выбросов углерода.

Настоящее изобретение предлагает способ совместного производства аммиака и метанола с пониженным выбросом диоксида углерода, включающий следующие этапы:

- (a) подачу углеводородного сырья;
- (b) предварительный нагрев углеводородного сырья в пламенном нагревателе и/или секции отработанного тепла установки риформинга;
- (c) паровой риформинг предварительно нагретого углеводородного сырья, по меньшей мере, в одной установке парового риформинга, с получением неочищенного синтез-газа, содержащего водород и оксиды углерода, где модуль М составляет  $<2,05$ ;
- (d) разделение неочищенного синтез-газа на первый и второй потоки;

(e) подачу первого потока неочищенного синтез-газа в секцию конверсии водяного газа, содержащую один или более реакторов конверсии для получения конвертированного синтез-газа;

(f) подачу конвертированного синтез-газа в секцию удаления диоксида углерода для образования синтез-газа с низким содержанием диоксида углерода;

(g) очистку синтез-газа с низким содержанием углерода в установке очистки, с получением очищенного синтез-газа, содержащего водород или водород и азот, при необходимости, с добавлением азота к очищенному синтез-газу, с образованием синтез-газа для производства аммиака с молярным соотношением водорода и азота от 2,9 до 3,1;

(h) конверсию синтез-газа для производства аммиака в аммиак;

и

(i) подачу второго потока неочищенного синтез-газа в секцию охлаждения и сепарации воды, с образованием синтез-газа с низким содержанием воды;

(j) добавление части синтез-газа с низким содержанием углерода с этапа (f) к синтез-газу с низким содержанием воды, с образованием синтез-газа для производства метанола с модулем  $M > 1,95$ ;

(k) конверсию синтез-газа для производства метанола, по меньшей мере, в одном реакторе синтеза метанола в метанол и извлечение неочищенного метанола и потока продувочного газа, содержащего непреобразованный синтез-газ метанола;

причем поток продувочного газа с этапа (k) добавляют к первому потоку неочищенного синтез-газа по ходу процесса перед этапом (e) и/или к паровому риформингу на этапе (c).

В варианте осуществления изобретения выбросы углерода при производстве синтез-газа дополнительно снижаются за счет использования синтез-газа с низким содержанием диоксида углерода с этапа (f) и/или части очищенного синтез-газа с этапа (g) в качестве топлива в пламенном нагревателе на этапе (b).

Для целей настоящей заявки термин «паровой риформинг» применяется в широком смысле и означает стадию риформинга, на которой происходит каталитическая реакция  $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{heat} \leftrightarrow \text{CO} + 3\text{H}_2$ ; например, традиционный паровой риформинг метана (ПРМ), автотермический риформинг (АТР) и двухстадийный риформинг.

Паровой риформинг предпочтительно осуществляют в установке автотермического риформинга (АТР) при молярном отношении пар/углерод (П/У) в исходном газе менее 1, предпочтительно при соотношении около 0,6. Таким образом, в способе участвует меньшее количество пара, что позволяет, например, уменьшить габариты оборудования и снизить эксплуатационные затраты.

Соотношение П/У представляет собой молярное соотношение общего количества пара, поданного для использования в способе риформинга, т.е. пара, который мог быть добавлен для использования в способе риформинга через углеводородное сырье, газ, кислородосодержащее сырье, путем подачи для использования в АТР и углерод в углеводородах в составе углеводородного газообразного сырья (углеводородное сырье) в секцию риформинга в молярном выражении.

В варианте осуществления изобретения углеводородное сырье с этапа (а) подвергают предварительному риформингу в установке предварительного риформинга, расположенном по ходу процесса после пламенного нагревателя на этапе (b).

Проведение предварительного риформинга в установке предварительного риформинга позволяет получить некоторые существенные преимущества. В установке предварительного риформинга углеводородный сырьевой газ вместе с водяным паром и, возможно, также водородом и/или другими компонентами, такими как диоксид углерода, подвергают предварительному риформингу в температурном диапазоне около 350 - 550°C для преобразования высших углеводородов в качестве начального этапа способа. Это, в частности, позволяет избежать риска образования на катализаторе углерода из высших углеводородов на последующих этапах способа.

В одном из вариантов осуществления изобретения способ включает десульфуризацию углеводородного сырья, например, перед осуществлением этапа предварительного риформинга и/или перед осуществлением этапа парового риформинга. Соответственно, как хорошо известно специалистам в данной области техники, углеводородное сырье проходит через этап гидрогенизации, а затем десульфуризации для удаления серы и других примесей, ухудшающих работу катализаторов, расположенных ранее по ходу процесса. В конкретном варианте

осуществления водород, полученный в рамках указанного способа, может быть использован для гидрогенизации.

Синтез-газ, используемый для производства метанола, обычно описывается с использованием указанного модуля  $M$ , поскольку синтез-газ находится в равновесии применительно к реакции метанола, когда  $M=2$ . В синтез-газах, обычно используемых для производства метанола, таких как синтез-газ, получаемый паровым риформингом, синтез-газ содержит некоторое количество избыточного водорода, что дает модули немного выше 2, например 2,05 или 2,1.

Для синтеза метанола (этап  $k$ ) второй потока синтез-газа выполнен с возможностью иметь модуль  $M=(H_2-CO_2)/(CO+CO_2)$  1,8 - 2,1 или 1,9 - 2,1, предпочтительно 2. Указанное значение  $M$  (молярная основа) 2 особенно подходит для последующей конверсии метанола.

Для синтеза аммиака (этап  $h$ ) параметры потока синтез-газа аммиака, богатого водородом и азотом, изменяют, например, за счет этапа промывки азотом, таким образом, что молярное соотношение водорода и азота составляет от 2,9 до 3,1, предпочтительно 3, что необходимо для последующей конверсии аммиака.

В одном из вариантов осуществления изобретения этап (g) очистки синтез-газа с низким содержанием углерода осуществляют на установке очистки, выбранной из числа: установки адсорбции при переменном давлении (АПД) и установки криогенной сепарации, предпочтительно установки промывки азотом. На этом этапе получают очищенный газ, который практически не инертен в рамках синтеза аммиака.

В одном из вариантов осуществления изобретения часть потока с низким содержанием диоксида углерода с этапа (f) используют в качестве топлива на этапе (b).

В одном из вариантов осуществления изобретения часть потока очищенного газа с этапа (g) используют в качестве топлива на этапе (b).

В одном из вариантов осуществления изобретения количество молей углерода в дымовых газах с этапа (b) может быть уменьшено до менее чем 2% - 5 мол.% углерода, присутствующего в комбинированном сырье плюс топливный природный газ. Процент зависит от соотношения продуктов. Более высокий выход метанола приводит к снижению содержания углерода в дымовых газах.

В соответствии с вариантом осуществления азот для промывки азотом на этапе (g) очистки обеспечивается воздухоразделительной установкой (ВРУ), причем ВРУ также обеспечивает подачу газа-окислителя для АТР.

В одном из вариантов осуществления изобретения предварительный нагрев углеводородного сырья осуществляют предпочтительно в одном или нескольких пламенных нагревателях.

В нагревателе обычно в качестве топлива для горения используют природный газ, в результате чего получают энергию, необходимую для предварительного нагрева.

Как уже указывалось выше, при циклической подаче продувочного газа, получаемого в рамках способа синтеза метанола на этапе (k), в способ парового риформинга на этапе (с) и/или для получения неочищенного синтез-газа по ходу процесса после этапа (е), выбросы углекислого газа значительно сокращаются, поскольку избыток углерода и метана во втором потоке переходит в качестве сырья на этап риформинга (с) или в первый поток, где содержание СО позволит получить больше  $H_2$  и, соответственно, уменьшить количество углеводородного сырья, в результате чего, в конечном счете, улавливается весь  $CO_2$ , что приводит к снижению выбросов  $CO_2$  через дымовые газы.

Кроме того, дополнительные потоки отходящих газов, образующиеся на этапе (f) удаления диоксида углерода, и/или часть очищенного синтез-газа аммиака могут использоваться в качестве топлива в пламенном нагревателе(-ях) на этапе (b), что позволяет дополнительно снизить выбросы углекислого газа, образующиеся в ходе процесса.

Резюмируя, можно отметить, что предпочтительными вариантами осуществления изобретения являются:

1. Способ совместного производства аммиака и метанола с пониженным выбросом диоксида углерода, включающий следующие этапы:

- (a) подачу углеводородного сырья;
- (b) предварительный нагрев углеводородного сырья в пламенном нагревателе и/или секции отработанного тепла установки риформинга;
- (c) паровой риформинг предварительно нагретого углеводородного сырья, по меньшей мере, в одной установке парового риформинга, с получением

неочищенного синтез-газа, содержащего водород и оксиды углерода, где модуль  $M$  составляет  $<2,05$ ;

(d) разделение неочищенного синтез-газа на первый и второй потоки;

(e) подачу первого потока неочищенного синтез-газа в секцию конверсии водяного газа, содержащую один или более реакторов конверсии для получения конвертированного синтез-газа;

(f) подачу конвертированного синтез-газа в секцию удаления диоксида углерода для образования синтез-газа с низким содержанием диоксида углерода;

(g) очистку синтез-газа с низким содержанием углерода в установке очистки, с получением очищенного синтез-газа, содержащего водород или водород и азот, при необходимости, с добавлением азота к очищенному синтез-газу, с образованием синтез-газа для производства аммиака с молярным соотношением водорода и азота от 2,9 до 3,1;

(h) конверсию синтез-газа для производства аммиака в аммиак;

и

(i) подачу второго потока неочищенного синтез-газа в секцию охлаждения и сепарации воды, с образованием синтез-газа с низким содержанием воды;

(j) добавление части синтез-газа с низким содержанием углерода с этапа (f) к синтез-газу с низким содержанием воды, с образованием синтез-газа для производства метанола с модулем  $M > 1,95$ ;

(k) конверсию синтез-газа для производства метанола, по меньшей мере, в одном реакторе синтеза метанола в метанол и извлечение неочищенного метанола и потока продувочного газа, содержащего непреобразованный синтез-газ метанола;

причем поток продувочного газа с этапа (k) добавляют к первому потоку неочищенного синтез-газа по ходу процесса перед этапом (e) и/или к паровому риформингу на этапе (c).

2. Способ согласно варианту осуществления 1, отличающийся тем, что паровой риформинг на этапе (c) осуществляют в автотермическом реакторе.

3. Способ согласно варианту осуществления 2, отличающийся тем, что автотермический реактор работает на чистом кислороде.

4. Способ согласно любому из предшествующих вариантов осуществления, отличающийся тем, что второй поток синтез-газа выполнен с возможностью иметь модуль  $M = (H_2 - CO_2) / (CO + CO_2)$  1,8-2,1, 1,9-2,1, например, 2.

5. Способ согласно любому из предшествующих вариантов осуществления, отличающийся тем, что этап (g) очистки синтез-газа с низким содержанием углерода осуществляют в установке очистки, выбранной из числа: установки адсорбции при переменном давлении (АПД) и установки криогенной сепарации.

6. Способ согласно любому из предшествующих вариантов осуществления, отличающийся тем, что этап (g) очистки синтез-газа с низким содержанием углерода осуществляют в установке для промывки азотом.

7. Способ согласно любому из предшествующих вариантов осуществления, отличающийся тем, что часть потока с низким содержанием диоксида углерода с этапа (f) используют в качестве топлива на этапе (b).

8. Способ согласно любому из предшествующих вариантов осуществления, отличающийся тем, что часть потока очищенного газа с этапа (g) используют в качестве топлива на этапе (b).

9. Способ согласно любому из предшествующих вариантов осуществления, отличающийся тем, что азот для промывки азотом на этапе (g) очистки и/или азот для регулирования молярного соотношения азота и водорода на входе потока на этап (h) синтеза аммиака получают из воздухоразделительной установки.

10. Способ согласно п.9, отличающийся тем, что молярное соотношение азота и водорода в потоке, подаваемом на этап (h) синтеза аммиака, находится в диапазоне от 2,9 до 3,1.

11. Способ согласно варианту осуществления 3, отличающийся тем, что подача чистого кислорода обеспечивается воздухоразделительной установкой.

12. Способ по пункту, отличающийся тем, что часть синтез-газа с низким содержанием диоксида углерода с этапа (f) и/или часть очищенного синтез-газа с этапа (g) используют в качестве топлива в пламенном нагревателе и/или установке риформинга на этапе (b).

#### КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ГРАФИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

На Фиг. 1 показана технологическая схема по конкретному варианту осуществления изобретения для производства метанола и аммиака.

### Этапы способа

- А: Установка автотермического риформинга
- В: Секция конверсии, содержащая один или более реакторов конверсии.
- С: Установка удаления CO<sub>2</sub>, при необходимости, с выпуском отходящих газов
- D: Установка очистки синтез-газа, производящая либо поток чистого водорода, либо чистого водорода плюс азот.
- E: Синтез аммиака
- F: Секция охлаждения и сепарации воды
- G: Синтез метанола
- H: Пламенный нагреватель
- I: Установка предварительного риформинга
- K: Воздухоразделительная установка

### Технологические потоки

- 1: Углеводородное сырье
- 2, 3 и 4: Конвертированный газ
- 5: Синтез-газ, конвертированный в результате сдвига
- 6, 7, 20 и 21: Синтез-газ с низким содержанием CO<sub>2</sub>
- 8 и 9: Чистый водород или чистый водород и газообразный азот
- 10: Аммиак
- 22 и 23: Газ, богатый водородом
- 50 и 51: CO<sub>2</sub>
- 80: Азот
- 40: Синтез-газ с низким содержанием воды
- 41: Синтез-газ метанола с модулем  $M > 1,95$
- 42: Метанол
- 30, 31, 32: Непреобразованный газ, полученный в результате синтеза метанола, т.е. продувочный газ, направляемый в А и/или В
- 35: Продувочный газ с низким содержанием CO<sub>2</sub>
- 90, 91 и 94: Отходящие газы, которые предполагаются к использованию в качестве топлива

- 92, 93 и 95: Богатые водородом газы, которые предполагаются к использованию в качестве топлива

## ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

На Фиг. 1 показан способ/установка 100, включающие этап риформинга, этап синтеза метанола и этап синтеза аммиака. На этапе риформинга углеводородное сырье 1, такое как природный газ, предварительно нагревают в пламенном нагревателе Н перед предварительным риформингом в установке I предварительного риформинга с добавлением пара (не показано). Из установки I предварительного риформинга прошедший предварительный риформинг газ повторно предварительно нагревают в пламенном нагревателе Н перед подачей на автотермический риформинг (АТР) с подачей кислорода в установке А АТР. Пламенный нагреватель Н вырабатывает тепло в результате сжигания углеводородного топлива 60, такого как природный газ и топливный газ 24, который объединяет топливные газы отходящих газов (90, 91, 93) из установок, расположенных ранее по ходу процесса, таких как установка D очистки синтез-газа и установка (С) удаления CO<sub>2</sub>, или которые являются частью синтез-газа с низким содержанием диоксида углерода из установки (С) удаления CO<sub>2</sub>. Воздухоразделительная установка (К) получает поток 25 воздуха и вырабатывает поток 81 кислорода, который используют в установке А АТР, а также поток 80 азота, который, при необходимости, разделяют на потоки 81 и 82 азота, причем поток 81 направляют на установку D очистки газа, если предусмотрена промывка азотом, а поток 82 используют для регулирования ранее по ходу процесса соотношения H<sub>2</sub>/N<sub>2</sub> в потоке 9 синтез-газа аммиака. Установка D очистки газа может содержать либо установку адсорбции при переменном давлении, либо установку промывки азотом. В случае установки адсорбции при переменном давлении весь поток 80 азота смешивают в расположенной ранее по ходу процесса установке D.

Из установки А АТР получают общий поток 2 прошедшего риформинг газа, который разделяют на первый поток 3 прошедшего риформинг газа и второй поток 4 прошедшего риформинг газа.

Первый поток 3 прошедшего риформинг газа подвергают высокотемпературному, а затем низкотемпературному сдвигу в секции В конверсии. Прошедший риформинг синтез-газ 5 подают в установку С для

удаления  $\text{CO}_2$ , такую как установка аминной промывки. Из указанной установки богатый  $\text{CO}_2$  поток 50 направляют для использования или хранения за пределы установки 100, при необходимости, отходящий газ 90 используют в качестве частичного топлива в пламенном нагревателе Н, а синтез-газ 6 с низким содержанием  $\text{CO}_2$  разделяют на первый синтез-газ 7 с пониженным содержанием  $\text{CO}_2$  и второй газ 20 с пониженным содержанием  $\text{CO}_2$ . Первый синтез-газ 7 с пониженным содержанием  $\text{CO}_2$  подают в установку D очистки для получения потока 8 практически чистого водорода или водорода с азотом. Поток 91 отходящих газов из установки D используют в качестве топлива для установки Н. Если установка D очистки предусматривает возможность азотной промывки, подачу азота 82 к ней осуществляют из К АСУ. Поток 8 чистого водорода или водорода и азота смешивают с потоком 81 азота и в составе потока 9 подают в установку E синтеза аммиака. Молярное соотношение водорода и азота в потоке 9 регулируют таким образом, что оно находится в диапазоне от 2,9 до 3,1, как это необходимо для установки E синтеза аммиака. Часть потока 9 может быть разделена на богатое водородом топливо, поток 94, который используют в установке Н. После этого необязательного разделения оставшийся поток направляют в установку E. Аммиак извлекают из установки E синтеза в потоке 10.

Второй поток 4 синтез-газа подают в установку F охлаждения и сепарации воды. Охлажденный поток 40 синтез-газа с низким содержанием воды извлекают из установки F. Второй газ 20 с низким содержанием  $\text{CO}_2$ , при необходимости, может разделяться на поток 93, который используют в качестве богатого водородом топлива на установке Н и поток 21. Поток 21 добавляют к синтез-газу 40 с низким содержанием воды в количестве, позволяющем получить модуль М, т.е.  $(\text{CO}-\text{CO}_2)/(\text{H}_2-\text{CO}_2) > 1,95$  в полученном потоке 41 синтез-газа метанола. Синтез-газ 41 метанола направляют на установку G синтеза метанола. Поток 42 неочищенного метанола извлекают из установки G и направляют на дальнейшую очистку, как известно специалистам в данной области техники. Непреобразованный синтез-газ, оставшийся в результате синтеза метанола, подают в потоке 30 продувочного газа в установку А автотермического риформинга через разделенный поток 31 или в секцию В конверсии через разделенный поток 32, либо и в А, и В.

### Пример

SynCOR™ – название наиболее эффективной в плане эксплуатационных и капитальных затрат установки для образования синтез-газа, включающей предварительный нагрев сырья в пламенном нагревателе, предварительный риформинг, автотермический риформинг с подачей кислорода при молярном соотношении пар/углерод менее 1,0, предпочтительно 0,6, котел-утилизатор и подключенный паросборник. SynCOR™ может быть выполнен для больших крупномасштабных мощностей одной линии, которые существенно превышают показатели трубчатых реакторов реформинга. Из-за этого SynCOR™ может использоваться в качестве концентратора синтез-газа, обеспечивая подачу синтез-газа для различных продуктов, таких как продукты ГЖК на основе процесса Фишера-Тропша, бензин, метанол, аммиак, водород, монооксид углерода и т.д.

SynCOR™ плюс – это название способа совместного производства аммиака и метанола, в котором SynCOR™ выступает в качестве общего генератора синтез-газа.

В Таблице 1 сравнивают основные параметры стандартной компоновки SynCOR™ плюс, позволяющей производить 5000 тонн метанола и 3000 тонн аммиака в сутки.

В случае с «продувочным газом для обеспечения конверсии» весь продувочный газ из секции G синтеза метанола добавляют к конвертированному газу 3 на входе в установку В конверсии через потоки 30 и 31. Только отходящий газ из установок С и D, потоки 90 и 91 используют в качестве топлива на установке Н, оставшееся топливо для установки Н представляет собой природный газ 60.

Очевидно, что в случае «продувочного газа для обеспечения конверсии» снижается общее потребление природного газа, а выбросы CO<sub>2</sub> в составе дымовых газов снижаются более чем на 15%. Внедрение изобретенного нового способа применения продувочного газа в рамках синтеза метанола имеет большое значение и, соответственно, является гораздо лучшей отправной точкой для производства голубой продукции.

В случае SynCOR™ плюс 90% Blue, весь объем продувочного газа 30 подают на выход установки В для приема потока 3, а часть богатого водородом газа 95 используют в качестве топлива на установке Н, заменяя часть топлива в виде

природного газа, соответственно образующиеся дымовые газы содержат только 10% углерода, содержащегося в сумме исходного природного газа, поток 1, и топлива в виде природного газа, поток 60.

SynCOR™ плюс 90% Blue свидетельствует о том, что данную концепцию можно эффективно применять для получения голубой продукции. Обратите внимание, что компоновка не оптимизирована для голубой продукции, а просто показывает, что произойдет, если изобретение будет использовано непосредственно в выбранном конкретном стандартном варианте SynCOR™ плюс.

В данном конкретном случае изобретение обеспечивает возможность снижения содержания CO<sub>2</sub> в дымовых газах до уровня менее 6000 Нм<sup>3</sup>/ч. Для этого необходимо только, чтобы продувочный газ вместо конверсии подавался в АТР, а также, чтобы в качестве топлива на установке Н использовали больше водорода в качестве топлива, поток 93 или 94.

Таблица 1

5000 метр. т/сут. метанола	Стандартный вариант SynCOR плюс	SynCOR плюс Продув. газ для конверсии	SynCOR плюс 90% Blue Продув. газ для конверсии
3000 метр. т/сут. аммиака			
Всего ПГ, Нм <sup>3</sup> /ч	267,200	266,300	271206
Кислород, Нм <sup>3</sup> /ч	143250	140,150	151708
Улавливаемый CO <sub>2</sub> Нм <sup>3</sup> /ч	82486	89427	109269
Дымовой газ CO <sub>2</sub> Нм <sup>3</sup> /ч	50826	43026	28290
Отводимый пар кг/ч	81,000	79,000	92400

## Формула изобретения

1. Способ совместного производства аммиака и метанола с пониженным выбросом диоксида углерода, включающий следующие этапы:

- (a) подачу углеводородного сырья;
  - (b) предварительный нагрев углеводородного сырья в пламенном нагревателе и/или секции отработанного тепла установки риформинга;
  - (c) паровой риформинг предварительно нагретого углеводородного сырья, по меньшей мере, в одной установке парового риформинга, с получением неочищенного синтез-газа, содержащего водород и оксиды углерода, где модуль  $M$  составляет  $<2,05$ ;
  - (d) разделение неочищенного синтез-газа на первый и второй потоки;
  - (e) подачу первого потока неочищенного синтез-газа в секцию конверсии водяного газа, содержащую один или более реакторов конверсии для получения конвертированного синтез-газа;
  - (f) подачу конвертированного синтез-газа в секцию удаления диоксида углерода для образования синтез-газа с низким содержанием диоксида углерода;
  - (g) очистку синтез-газа с низким содержанием углерода в установке очистки, с получением очищенного синтез-газа, содержащего водород или водород и азот, при необходимости, с добавлением азота к очищенному синтез-газу, с образованием синтез-газа для производства аммиака с молярным соотношением водорода и азота от 2,9 до 3,1;
  - (h) конверсию синтез-газа для производства аммиака в аммиак;
- и
- (i) подачу второго потока неочищенного синтез-газа в секцию охлаждения и сепарации воды, с образованием синтез-газа с низким содержанием воды;
  - (j) добавление части синтез-газа с низким содержанием углерода с этапа (f) к синтез-газу с низким содержанием воды, с образованием синтез-газа для производства метанола с модулем  $M >1,95$ ;
  - (k) конверсию синтез-газа для производства метанола, по меньшей мере, в одном реакторе синтеза метанола в метанол и извлечение неочищенного метанола и потока продувочного газа, содержащего непреобразованный синтез-газ метанола;

причем поток продувочного газа с этапа (к) добавляют к первому потоку неочищенного синтез-газа по ходу процесса перед этапом (е) и/или к паровому риформингу на этапе (с).

2. Способ по п. 1, **отличающийся тем**, что паровой риформинг на этапе (с) осуществляют в автотермическом реакторе.

3. Способ по п. 2, **отличающийся тем**, что автотермический реактор работает на кислороде.

4. Способ по любому из предшествующих пунктов, **отличающийся тем**, что второй поток синтез-газа выполнен с возможностью иметь модуль  $M = (H_2 - CO_2) / (CO + CO_2)$  1,8 - 2,1, 1,9 - 2,1, например, 2.

5. Способ по любому из предшествующих пунктов, **отличающийся тем**, что этап (g) очистки синтез-газа с низким содержанием углерода осуществляют в установке очистки, выбранной из: установки адсорбции при переменном давлении (АПД) и установки криогенной сепарации.

6. Способ по любому из предшествующих пунктов, **отличающийся тем**, что этап (g) очистки синтез-газа с низким содержанием углерода осуществляют в установке для промывки азотом.

7. Способ по любому из предшествующих пунктов, **отличающийся тем**, что часть потока с низким содержанием диоксида углерода с этапа (f) используют в качестве топлива на этапе (b).

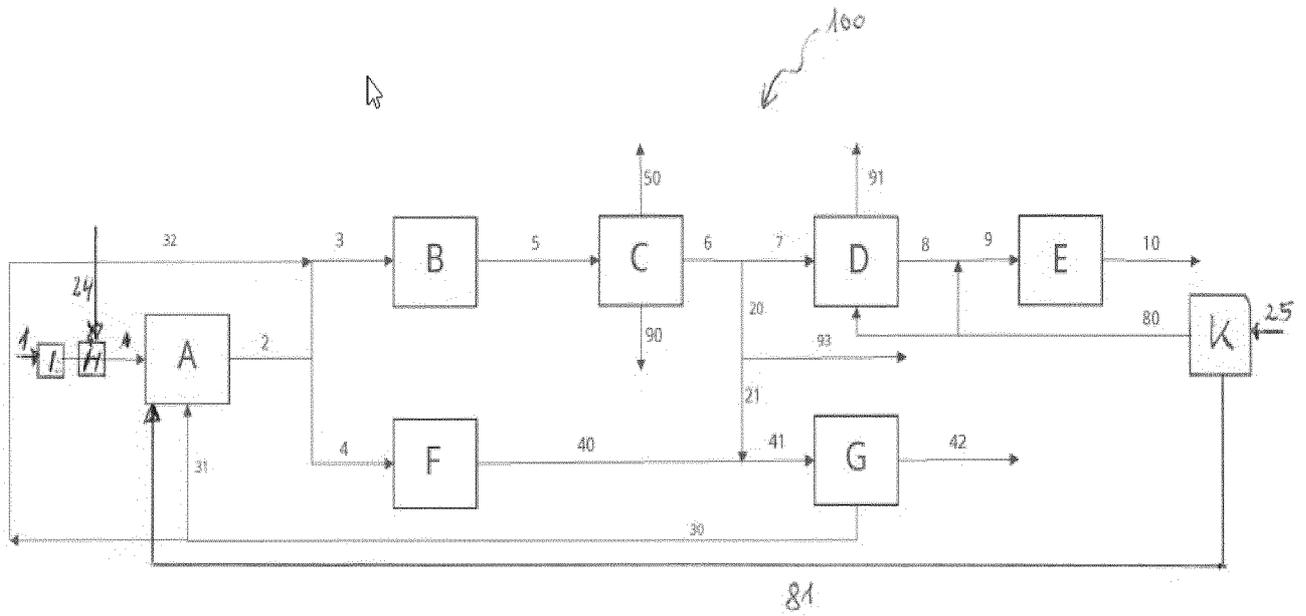
8. Способ по любому из предшествующих пунктов, **отличающийся тем**, что часть потока очищенного газа с этапа (g) используют в качестве топлива на этапе (b).

9. Способ по любому из предшествующих пунктов, **отличающийся тем**, что азот для промывки азотом на этапе (g) очистки и/или азот для регулирования молярного соотношения азота и водорода на входе потока на этап (h) синтеза аммиака получают из воздухоразделительной установки.

10. Способ по п. 9, **отличающийся тем**, что молярное соотношение азота и водорода в потоке, подаваемом на этап (h) синтеза аммиака, находится в диапазоне от 2,9 до 3,1.

11. Способ по п. 3, **отличающийся тем**, что подача кислорода обеспечивается воздухоразделительной установкой

12. Способ по любому из предшествующих пунктов, **отличающийся тем**, что часть потока с низким содержанием диоксида углерода с этапа (f) и/или часть очищенного синтез-газа с этапа (g) используют в качестве топлива в пламенном нагревателе и/или установке риформинга на этапе (b).



Фиг. 1