

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(21) 202392889 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2024.02.19

(51) Int. Cl. C01B 3/02 (2006.01)
C01B 3/38 (2006.01)
C01B 3/48 (2006.01)
C01C 1/04 (2006.01)

(22) Дата подачи заявки
2022.04.06

(54) СПОСОБ ПРОИЗВОДСТВА ГОЛУБОГО АММИАКА

(31) 21170905.0

(72) Изобретатель:
Какоти Амет, Даль Пер Юуль (DK)

(32) 2021.04.28

(33) EP

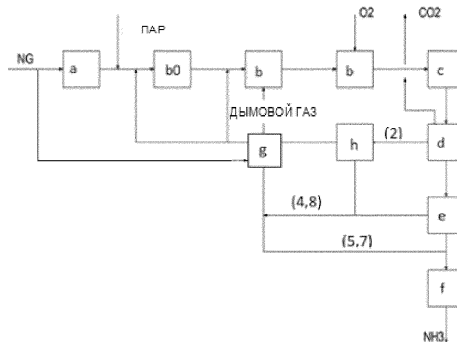
(74) Представитель:
Беляева Е.Н. (BY)

(86) PCT/EP2022/059091

(87) WO 2022/228839 2022.11.03

(71) Заявитель:
ТОПСЁЭ А/С (DK)

(57) Настоящее изобретение касается способа и системы производства голубого аммиака, которые обеспечивают более высокий процент улавливания углерода. Способ и система согласно изобретению могут использоваться на любом производстве аммиака.



202392889 A1

202392889 A1

Способ производства голубого аммиака

Область техники

Настоящее изобретение предусматривает способ и систему производства голубого аммиака, которые обеспечивают более высокий процент улавливания углерода. Способ и система изобретения могут использоваться на любом производстве аммиака.

Уровень техники

Голубой аммиак – это продукт на основе ископаемого топлива, который получают с минимальными выбросами CO_2 в атмосферу. Он рассматривается как переходный продукт между традиционным аммиаком на основе ископаемого топлива и зеленым аммиаком, производимым из экологически чистой или возобновляемой энергии и воздуха. CO_2 , образующийся в процессе производства голубого аммиака, должен храниться постоянно или преобразовываться в другие химические соединения. Основные этапы производства голубого аммиака по существу такие же, как этапы производства обычного аммиака на основе ископаемого топлива, с той лишь разницей, что улавливается больше углерода, образующегося из углеродного топлива, и это обеспечивает возможность дальнейшей переработки.

Ключевым моментом здесь является то, что голубой аммиак не выделяет углекислый газ при использовании в качестве удобрения или при сжигании. Доступные в настоящее время технологии позволяют улавливать почти весь CO_2 , который вырабатывается в процессе переработки, что делает это топливо одним из первых безуглеродных видов топлива, доступных для массового использования. Голубой аммиак считается экологически чистым продуктом, который можно использовать до тех пор, пока не появится достаточный объем возобновляемой или экологически чистой энергии для производства зеленого аммиака.

Если мы сможем и далее диверсифицировать наши методы производства электроэнергии и создавать все больше и больше возобновляемых или экологически чистых источников энергии, возрастет вероятность того, что мы сможем усовершенствовать технологию получения экологически чистой энергии, которая позволяет получать водород и аммиак в качестве побочных продуктов, что обеспечивает полностью чистый и безопасный энергетический цикл.

В документе WO2018/149641 раскрывается способ синтеза аммиака из природного газа, включающий конверсию загружаемого десульфуризированного природного газа и пара с обогащенным кислородом воздухом или кислородом в синтез-газ (11) и обработку синтез-газа (11) с реакцией сдвига и декарбонизации, причем часть CO_2 -обедненного синтез-газа, полученного после декарбонизации, отделяют и используют в качестве топливной фракции в одной или более печах секции конверсии, а оставшуюся часть газа используют для получения аммиака.

Настоящее изобретение отличается от конфигурации, предусмотренной указанным документом, тем, что настоящее изобретение позволяет извлекать мгновенно выделяющийся газ на этапе удаления CO_2 и использовать более обедненное углеродом топливо, тем самым обеспечивая более высокую степень извлечения углерода (более 99%) по сравнению с цитируемым документом.

Краткое изложение сущности изобретения

Настоящее изобретение относится к способу, системе и установке для производства аммиака с высоким процентом улавливания углерода, предпочтительно >99% улавливания углерода, по сравнению со стандартным способом, где показатель улавливания углерода оптимально составляет около 90 - 93%.

Способ по настоящему изобретению обеспечивает следующие преимущества:

- Может применяться для низовых установок и реконструируемых производств
- Использует уже доступный этап удаления CO_2 в процессе получения аммиака для полного улавливания CO_2 ;
- Обеспечивает восстановление CO_2 до >99%;
- Снижает адиабатическую температуру пламени, тем самым уменьшая образование NO_x и, соответственно, выбросы NO_x в атмосферу;

Указанные преимущества обеспечиваются за счет ряда характеристик, в том числе:

- Объем сжигания природного газа уменьшен до использования запальных горелок;
- Обедненные углеродом газы, главным образом H_2 и N_2 , используют в качестве топлива для топливных систем;
- Отходящие газы, содержащие более 60% метана и/или CO , повторно

направляют в секцию риформинга или секцию десульфуризации в качестве дополнительного газообразного сырья;

Краткое описание чертежей

На Фигуре 1 показан общий план производства аммиака согласно способу из уровня техники.

- a) Десульфуризация
- b₀) Предварительный риформинг
- b) Риформинг (ПРМ (паровой риформинг метана))
- b) Установка вторичного риформинга (АТР (автотермический риформинг) с продувкой воздухом)
- c) Секция сдвига
- d) Секция удаления CO₂
- e) Метанирование
- f) Синтез аммиака
- g) Топливная(-ые) система(-ы)
- h) Рециркуляционный компрессор отходящих газов
- i) Регенерация аммиака

Поток (10). Поток рециркуляции отходящих газов

Поток (9). Топливо с высоким содержанием водорода, содержащее азот (заменяет использование природного газа в качестве топлива)

Поток (2) Газ выветривания, образующийся в процессе удаления CO₂

На Фигуре 2 представлен обзор способа производства аммиака с использованием технологии Topsøe SynCOR ammoniaTM:

- a) Десульфуризация
- b₀) Предварительный риформинг
- b) Риформинг (АТР)
- c) Секция сдвига
- d) Удаление CO₂
- e) Промывка азотом или АПД (адсорбция при переменном давлении)
- f) Синтез аммиака
- h) Рециркуляционный компрессор отходящих газов
- g) Топливная(-ые) система(-ы)

Поток (4, 8). Поток рециркуляции отходящих газов

Поток (5, 7). Топливо с высоким содержанием водорода, содержащее азот (заменяет использование природного газа в качестве топлива)

Поток 2. Газ выветривания при удалении CO_2

На Фигуре 3 представлен обзор производства аммиака с использованием установки парового риформинга с последующей установкой автотермического риформинга в процессе производства синтез-газа:

- a) Десульфуризация
- b₀) Предварительный риформинг
- b) Риформинг (ПРМ)
- b) Риформинг (автотермический риформинг)
- c) Секция сдвига
- d) Удаление CO_2
- e) Промывка азотом или АПД
- f) Синтез аммиака
- h) Рециркуляционный компрессор отходящих газов
- g) Топливная(-ые) система(-ы)

Поток (4, 8). Поток рециркуляции отходящих газов

Поток (5, 7). Топливо с высоким содержанием водорода, содержащее азот (заменяет использование природного газа в качестве топлива)

Поток (2). Газ выветривания из удаления CO_2

Для представления различных этапов способа по настоящему изобретению используются **ссылки** на такие этапы как:

- a) Десульфуризация
- b₀) Предварительный риформинг
- b) Риформинг (ПРМ)
- b) Риформинг (АТР)
- b) Риформинг (установка вторичного риформинга с продувкой воздухом)
- c) Сдвиг
- d) Удаление CO_2
- e) Промывка азотом или АПД, или метанирование
- f) Синтез аммиака
- g) Топливная(-ые) система(-ы)

h) Рециркуляционная компрессия отходящих газов

i) Регенерация аммиака

Поток (4, 8,10): Поток рециркуляции отходящих газов

Поток (9): Топливо с высоким содержанием водорода (заменяет использование природного газа в качестве топлива)

Поток (5, 7): Топливо с высоким содержанием водорода (заменяет использование природного газа в качестве топлива)

Поток (2): Газ выветривания с этапа удаления CO_2

Термины и определения

Голубой аммиак представляет собой аммиак, который образуется в результате использования ископаемого топлива, при котором не менее 90% углерода в ископаемом топливе улавливается для использования в других продуктах и процессах, а также для хранения.

Каталитический яд означает вещество, снижающее эффективность применения катализатора химической реакции. Теоретически, ввиду того что катализаторы в химических реакциях не расходуются, их можно использовать повторно в течение неопределенного времени. Однако на практике яды, образующиеся из реагирующих соединений или продуктов самой реакции, накапливаются на поверхности твердых катализаторов и приводят к снижению их эффективности. По этой причине, в случаях, когда эффективность катализатора достигает определенного низкого уровня, предпринимаются меры по удалению яда или пополнению активного компонента катализатора, который мог прореагировать с ядом. К часто встречающимся ядам относится углерод на алюмосиликатном катализаторе при крекинге нефти; сера, мышьяк или свинец на металлических катализаторах в реакциях гидрирования или дегидрирования; а также кислород и вода на железных катализаторах, используемых в синтезе аммиака.

Загрязнитель означает любые нежелательные вещества или элементы. В контексте настоящего изобретения загрязняющие вещества включают в себя каталитические яды.

Газ выветривания означает промежуточный газовый поток, полученный при десорбции CO_2 в CO на этапе основе удаления CO_2 с использованием растворителя.

Зеленый аммиак представляет собой аммиак, который производится с использованием экологически чистой электроэнергии, воды и воздуха.

Зеленая электроэнергия представляет собой электроэнергию, которая производится из возобновляемых ресурсов, таких как энергия ветра, солнца, гидроэнергии или геотермальная энергия.

Катализаторы синтеза аммиака в контексте настоящего изобретения означают любые катализаторы, подходящие для синтеза аммиака, а также подходящие для крекинга аммиака. Это катализаторы предпочтительно на основе железа (Fe), при этом они также могут включать другие катализаторы, подходящие для той же цели и используемые в аналогичных условиях.

Электролиз воды означает разложение воды на кислород и водород в результате прохождения электрического тока.

Топливные системы включают топливные системы для подачи топлива в секцию сгорания трубчатых установок риформинга и/или огневых нагревателей, и/или вспомогательных котлов, и/или газовых турбин. Такие системы содержат одну или более горелок, в которых поступающие потоки топлива сжигаются вместе с воздухом при переменной температуре и давлении.

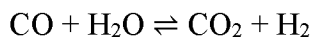
Электролиз высокого давления (ЭВД) представляет собой электролиз воды путем разложения воды (H_2O) в кислород (O_2) и газообразный водород (H_2) из-за прохождения электрического тока через воду под повышенным давлением, как правило, более 10 бар.

Подпиточный аммиак или **коммерческий аммиак** включает аммиак (NH_3) и воду (H_2O), предпочтительно от 0,2 до 0,5% содержания воды. Обычно он поставляется в виде жидкости, но может также представлять собой раствор, находящийся в различных физических состояниях. Влияние воды, содержащейся в аммиачном сырье, на процесс разложения аммиака заключается, прежде всего, в отравлении процесса, который обычно протекает при высоких температурах. Это приводит к увеличению стоимости процесса разложения аммиака, а также стоимости строительных материалов на производстве. Согласно требованиям Национального бюро стандартов, аммиак должен обладать следующими свойствами: минимальная чистота 99,98 мас.%, не более 0,0005 мас.% масла и не более 0,02 мас.% влаги.

Азотирование означает образование соединений азота под действием аммиака.

АПД означает адсорбцию при переменном давлении.

Сдвиг означает реакцию водогазового сдвига (РВГС) или реакцию сдвига, реакцию монооксида углерода и водяного пара с образованием углекислого газа и водорода:



РВГС – важная промышленная реакция, которая используется в получении аммиака, углеводородов, метанола и водорода. Ее также часто применяют в сочетании с паровым риформингом метана и других углеводородов. В процессе Фишера-Тропша РВГС является одной из важнейших реакций, используемых для «выравнивания» соотношения H_2/CO . Реакция водогазового сдвига является умеренно экзотермической обратимой реакцией. Таким образом, с повышением температуры скорость реакции увеличивается, однако, производство углекислого газа становится менее выгодным. Из-за своей экзотермической природы высокий процент монооксида углерода термодинамически предпочтителен при низких температурах. Несмотря на термодинамическую целесообразность использования при низких температурах, реакция протекает быстрее при высоких температурах.

Блок или секция сдвига означает этап способа, на котором осуществляют реакцию сдвига.

Описание изобретения

Сокращение выбросов CO_2 стало первоочередной задачей химической промышленности. Производство аммиака с использованием углеводородов в качестве сырья неизбежно приводит к образованию CO_2 , которое, как правило, приводит к получению, по меньшей мере, двух технологических потоков, содержащих CO_2 , один почти чистый CO_2 поток (1), получаемый из секции очистки синтез-газа, и один или более потоков (2) дымовых газов. Поток (1) CO_2 можно использовать для дальнейшей химической переработки или хранения. В потоке (2) дымовых газов необходимо регенерировать CO_2 , прежде чем он получит аналогичное применение. Процесс регенерации дымовых газов предполагает высокие эксплуатационные и капитальные затраты. Соответственно, преимуществом является ограничение содержания CO_2 в дымовых газах.

Хорошо известно, что образования CO_2 в дымовых газах можно избежать, используя безуглеродное топливо. Обычно в качестве топлива используют углеводороды, такие как природный газ и углеродсодержащие отходящие газы, образующиеся в результате технологического процесса. Преимущество этого изобретения заключается в том, что основную часть указанных видов топлива заменяют внутренним потоком с высоким содержанием водорода, и в том, что неизбежные отходящие газы регенерируются в рамках технологического процесса. Путем применения настоящего изобретения можно снизить содержание CO_2 в потоках дымовых газов более чем на 90%. Полученный аммиак считается голубым при условии использования или хранения потока (1) чистого CO_2 .

Пример 1

В Таблице 1 показаны преимущества предлагаемой конфигурации по настоящему изобретению с точки зрения регенерации (%) углерода.

Традиционная технология производства аммиака предполагает использование отходящих газов на этапах восстановления аммиака и подготовки синтез-газа в качестве дополнения к природному газу в качестве основного топлива для нагревателей/технологических печей. Это приводит к выбросам углерода из дымовых газов, которые можно частично восстановить с помощью технологии улавливания углерода на основе растворов. Степень регенерации для такой установки, включая регенерацию углерода из дымовых газов, не превышает 90% и является капиталоемким процессом. Предлагаемая конфигурация, включающая сжигание топлива с высоким содержанием водорода и утилизацию отходящих газов в основном процессе, приводит к значительному сокращению выбросов углекислого газа, а степень регенерации составляет более 99%. Данный процесс значительно дешевле, предполагает минимум этапов и требует меньшую площадь при реализации на производстве.

Таблица 1

	Syncor Ammonia (существующий процесс)	Предлагаемая конфигурация: голубой аммиак
Производство аммиака, метрических тонн/сутки	3500	3500
CO ₂ в дымовых газах, Нм ³ /ч	26,205	1160
CO ₂ как 100%, улавливание для целей хранения/ использования, Нм ³ /ч	97,995	131,448
Регенерация углерода, приблизительный %	80%	>99%

Предпочтительные варианты осуществления

1. Способ производства аммиака, включающий следующие этапы:
 - a) Удаление серы и других загрязнителей из углеводородного сырья;
 - b) Риформинг углеводородного потока с этапа a) и получение синтез-газа, содержащего CO, CO₂, H₂, H₂O и CH₄;
 - c) Направление газа с этапа b) через этап реакции сдвига с уменьшением содержания CO;
 - d) Направление газа с этапа c) на этап удаления CO₂, на котором его разделяют, по меньшей мере, на 2 потока: (1) поток с высоким содержанием CO₂; и (3) поток с высоким содержанием водорода;
 - e) Направление потока (3) с высоким содержанием водорода с этапа d) через:
 - i) очистку водорода и промывку азотом, где H₂O, CO, CO₂, CH₄ удаляют в потоке (4) отходящих газов, и N₂ добавляют для получения потока (5) синтез-газа, содержащего N₂ и H₂; или
 - ii) АПД, в результате которой получают поток (6) водорода, содержащий более 99,5% водорода, к которому добавляют азот с получением потока (7) синтез-газа, содержащего N₂ и H₂, и потока (8) отходящих газов; или

- iii) метанирование, преобразование CO и CO₂ вместе с H₂ в CH₄ и H₂O с получением потока (9) синтез-газа, содержащего N₂, H₂ и инертные соединения, содержащие CH₄;
- e) направление части потока (5, 7, 9) синтез-газа с этапа e) через секцию синтеза аммиака, где его преобразуют в NH₃, и другую часть потока (5, 7, 9) синтез-газа направляют в топливные системы,

Причем, по меньшей мере, часть отходящего газа (4, 8), удаленного на этапе e) i) и e) ii), или, по меньшей мере, часть регенерированного CH₄ (10), полученного из синтез-газа на этапе e) iii), сжимают и направляют на этап a) или b).

1.1 Установка риформинга, используемая на этапе b), предпочтительно представляет собой установку автотермического риформинга (АТР), но может представлять собой любую другую подходящую установку риформинга.

1.2 Газ с этапа b) подвергают реакции сдвига, причем содержание CO предпочтительно снижается до уровня менее 4%.

Реакция сдвига на этапе c) представляет собой $CO + H_2O = CO_2 + H_2$.

1.3 Поток (1) с высоким содержанием CO₂, полученный на этапе d), предпочтительно содержит более 97% CO₂ и может храниться или использоваться для производства других химических соединений, таких как мочевины.

1.4 Поток (3) с высоким содержанием водорода, полученный на этапе d), предпочтительно содержит более 93% H₂ в пересчете на сухое вещество.

2. Способ по варианту осуществления 1, отличающийся тем, что этап b) риформинга выполняют в установке автотермического риформинга или в трубчатой установке риформинга, за которой следует этап в установке автотермического риформинга или в трубчатой установке риформинга, за которым следует этап в установке вторичного риформинга с продувкой воздухом. Трубчатая установка риформинга также известна как установка парового риформинга.

3. Способ по любому из предыдущих вариантов осуществления, в котором на этапе d) газ с этапа c) направляют на этап удаления CO₂, на котором его разделяют на 3 потока: (1) поток с высоким содержанием CO₂, (2) газ выветривания и (3) поток с высоким содержанием водорода, причем газ выветривания сжимают вместе с потоками (4, 8, 10) и подают на этап a) или b).

4. Способ по любому из предыдущих вариантов осуществления, отличающийся тем, что углеводородное топливо, газ выветривания (2) с этапа d), отходящий газ (4, 8) с этапа e) и часть потоков (5, 7, 9) синтез-газа с этапа e) либо предварительно смешивают, либо подают в топливные системы отдельно.

5. Способ согласно любому из предыдущих вариантов осуществления, включающий этап b₀) адиабатического предварительного риформинга углеводородного потока с этапа a), перед этапом b), причем получают синтез-газ, содержащий CH₄, CO, CO₂, H₂ и H₂O.

6. Способ по любому из предыдущих вариантов осуществления, отличающийся тем, что этап e) выполняют путем подачи потока (3) с высоким содержанием водорода с этапа d) через сушильную установку для удаления CO₂ и H₂O до приемлемого уровня перед его подачей в установку азотной промывки, где поток (4) отходящих газов удаляют и, по меньшей мере, его часть направляют в топливную систему g), и добавляют азот.

7. Способ по любому из предыдущих вариантов осуществления, отличающийся тем, что на этапе e) i) очистку водорода и добавление азота выполняют путем направления потока (3) с высоким содержанием водорода в АПД, после чего к полученному потоку водорода добавляют азот и, по меньшей мере, часть образующегося потока (8) отходящих газов направляют в топливную систему g).

8. Способ по любому из предыдущих вариантов осуществления, отличающийся тем, что на этапе e) iii) метанирования CO, CO₂ и водород преобразуют в CH₄ + H₂O, причем требуется поток продувочного газа, содержащий CH₄, полученный в результате синтеза аммиака, причем, по меньшей мере, часть CH₄ в продувочном газе из секции синтеза аммиака подают в качестве сырья на этап b) риформинга.

9. Способ согласно варианту осуществления 8, отличающийся тем, что CH₄ улавливают из потока непрореагировавших компонентов из секции синтеза аммиака в установке регенерации водорода, в результате чего образуется поток, содержащий более 99% водорода, который направляют в секцию f) синтеза аммиака и/или топливную систему g), и отходящий газ с содержанием CH₄ более 95% в потоке синтез-газа направляют в секцию f)

синтеза аммиака, который подают на этап b) риформинга и/или в топливную систему g).

10. Способ согласно варианту осуществления 8, отличающийся тем, что количество воздуха, подаваемого в установку вторичного риформинга с продувкой воздухом, регулируют для получения определенного соотношения N_2 и H_2 в диапазоне от 1 - 2,5 до 1 - 3,5 в потоке из реактора метанирования.

11. Способ по варианту осуществления 10, отличающийся тем, что поток синтез-газа, полученный на этапе e), содержит N_2 и H_2 в соотношении от 1 до 2,9 - 3,1.

12. Способ согласно варианту осуществления 10, отличающийся тем, что поток, полученный на этапе e), содержит N_2 и H_2 в соотношении 1 к 3,0.

13. Способ по любому из предыдущих вариантов осуществления, отличающийся тем, что поток (3) с высоким содержанием водорода с этапа d) направляют через реактор метанирования, преобразующий CO , CO_2 и H_2 в CH_4 и H_2O , и первую часть потока продукта направляют на этап f), а вторую часть потока продукта направляют в качестве топлива для предварительного нагрева потоков на этапы a, b и c, а также используется в качестве топлива в топливных системах g).

14. Система для получения аммиака в соответствии со способом по вариантам осуществления 1 - 13, содержащая:

a) установку десульфуризации;

b) установку риформинга;

c) секцию сдвига;

d) секцию удаления CO_2 ;

e) установку промывки азотом, или установку адсорбции при переменном давлении, или установку метанирования,

f) секцию синтеза аммиака; и

g) топливные системы,

причем потоки (5, 7, 9) направляют в топливные системы g), и причем потоки (4, 8, 10) направляют в установку a) десульфуризации и/или установку b) риформинга.

15. Система получения аммиака по варианту осуществления 14, отличающаяся тем, что содержание углерода в объединенных дымовых газах из

топливных систем составляет менее 5%, предпочтительно менее 1% от общего содержания углерода в углеводородном сырье и углеводородном топливе.

16. Система по любому из предыдущих вариантов осуществления, отличающаяся тем, что дополнительная установка b₀) предварительного риформинга находится по ходу процесса перед установкой b) риформинга.

17. Система по любому из предыдущих вариантов осуществления, отличающаяся тем, что установка b) риформинга содержит установку автотермического риформинга или трубчатую установку риформинга, за которой следует установка автотермического риформинга или трубчатая установка риформинга, за которой следует установка вторичного риформинга с продувкой воздухом.

18. Система по варианту осуществления 17, отличающаяся тем, что установка риформинга содержит установку автотермического риформинга, и установка d) удаления CO₂ представляет собой сушилку CO₂ и H₂O с последующей промывкой азотом.

19. Система по варианту осуществления 17, отличающаяся тем, что установка b) риформинга содержит установку автотермического риформинга, и установка d) удаления CO₂ представляет собой АПД.

20. Система по варианту осуществления 17, отличающаяся тем, что установка b) риформинга содержит трубчатую установку риформинга или установку парового риформинга, за которой следует установка автотермического риформинга, и установка d) удаления CO₂ представляет собой сушилку CO₂ и H₂O с последующей промывкой азотом.

21. Система по варианту осуществления 17, отличающаяся тем, что установка b) риформинга содержит трубчатую установку риформинга или установку парового риформинга, за которой следует установка автотермического риформинга, и установка d) удаления CO₂ представляет собой АПД.

22. Система по варианту осуществления 17, отличающаяся тем, что установка b) риформинга содержит трубчатую установку риформинга или установку парового риформинга, за которой следует установка вторичного риформинга с продувкой воздухом, и установка d) удаления CO₂ представляет собой установку метанирования.

23. Система по любому из вариантов осуществления 14 - 22, отличающаяся тем, что секция с) сдвига содержит высокотемпературный (ВТ) реактор, или среднетемпературный (СТ) реактор, или низкотемпературный (НТ) реактор, или любую комбинацию, по меньшей мере, двух из указанных реакторов.

24. Система по варианту осуществления 23, отличающаяся тем, что два из i) ВТ реактора; ii) СТ реактора; и/или iii) НТ реактора последовательно соединены.

25. Система по любому из вариантов осуществления 14 - 24, отличающаяся тем, что топливные системы g) подают топливо в трубчатые установки риформинга и/или нагреватели, и/или вспомогательные котлы, и/или газовые турбины.

26. Система по варианту осуществления 25, отличающаяся тем, что топливные системы g) содержат одну или более горелок.

27. Применение CO_2 , полученного на этапе d) варианта осуществления 1, для хранения CO_2 .

28. Применение CO_2 , полученного на этапе d) варианта осуществления 1, для производства химических соединений.

29. Применение CO_2 по варианту осуществления 28, где CO_2 , полученный на этапе d), используют для производства мочевины.

Формула изобретения

1. Способ производства аммиака, включающий следующие этапы:
 - a) Удаление серы и других загрязнителей из углеводородного сырья;
 - b) Риформинг углеводородного потока с этапа a) и получение синтез-газа, содержащего CO, CO₂, H₂, H₂O и CH₄;
 - c) Направление газа с этапа b) через этап реакции сдвига с уменьшением содержания CO;
 - d) Направление газа с этапа c) на этап удаления CO₂, на котором его разделяют, по меньшей мере, на 2 потока: (1) поток с высоким содержанием CO₂; и (3) поток с высоким содержанием водорода;
 - e) Направление потока (3) с высоким содержанием водорода с этапа d) через:
 - i) очистку водорода и промывку азотом, где H₂O, CO, CO₂, CH₄ удаляют в потоке (4) отходящих газов, и N₂ добавляют для получения потока (5) синтез-газа, содержащего N₂ и H₂; или
 - ii) АПД, в результате которой получают поток (6) водорода, содержащий более 99,5% водорода, к которому добавляют азот с получением потока (7) синтез-газа, содержащего N₂ и H₂, и потока (8) отходящих газов; или
 - iii) этап метанирования, преобразование CO и CO₂ вместе с H₂ в CH₄ и H₂O с получением потока (9) синтез-газа, N₂, H₂ и инертные соединения, содержащие CH₄;
 - e) направление части потока (5, 7, 9) синтез-газа с этапа e) через секцию синтеза аммиака, где его преобразуют в NH₃, и другую часть потока (5, 7, 9) синтез-газа направляют в топливные системы,
причем, по меньшей мере, часть отходящего газа (4, 8), удаленного на этапе e) i) и e) ii), или, по меньшей мере, часть регенерированного CH₄ (10), полученного из синтез-газа на этапе e) iii), сжимают и направляют на этап a) или b).
2. Способ по п. 1, **отличающийся тем**, что на этапе d) газ с этапа c) направляют на этап удаления CO₂, на котором его разделяют на 3 потока: (1) поток с высоким содержанием CO₂, (2) газ выветривания и (3) поток с высоким

содержанием водорода, причем газ выветривания сжимают вместе с потоками (4, 8, 10) и подают на этап а) или б).

3. Способ по любому из предыдущих пунктов, **отличающийся тем**, что углеводородное топливо, газ выветривания (2) с этапа d), отходящий газ (4, 8) с этапа e) и часть потоков (5, 7, 9) синтез-газа с этапа e) либо предварительно смешивают, либо подают в топливные системы g) отдельно.

4. Способ по любому из предыдущих пунктов, включающий этап b₀) адиабатического предварительного риформинга углеводородного потока с этапа а), перед этапом б), причем получают синтез-газ, содержащий CH₄, CO, CO₂, H₂ и H₂O.

5. Способ по любому из предыдущих пунктов, **отличающийся тем**, что количество воздуха, подаваемого в установку вторичного риформинга с продувкой воздухом, регулируют для получения определенного соотношения N₂ и H₂ в диапазоне от 1 - 2,5 до 1 - 3,5 в потоке из реактора метанирования.

6. Способ по п. 5, **отличающийся тем**, что поток, полученный на этапе e), содержит N₂ и H₂ в соотношении 1 к 3,0.

7. Система для получения аммиака в соответствии со способом по пп. 1 - 6, содержащая:

а) установку десульфуризации;

б) установку риформинга;

с) секцию сдвига;

д) секцию удаления CO₂;

е) установку промывки азотом, или установку адсорбции с переменным давлением, или установку метанирования,

ф) секцию синтеза аммиака; и

г) топливные системы,

причем потоки (5, 7, 9) направляют в топливные системы г), и причем потоки (4, 8, 10) направляют в установку а) десульфуризации и/или установку б) риформинга.

8. Система получения аммиака по п. 7, **отличающаяся тем**, что содержание углерода в объединенных дымовых газах из топливных систем составляет менее

5%, предпочтительно менее 1% от общего содержания углерода в углеводородном сырье и углеводородном топливе.

9. Система по любому из пп. 7 или 8, **отличающаяся тем**, что дополнительная установка b₀) предварительного риформинга находится по ходу процесса перед установкой b) риформинга.

10. Система по любому из пп. 7 - 9, **отличающаяся тем**, что установка b) риформинга содержит установку автотермического риформинга или трубчатую установку риформинга, за которой следует установка вторичного риформинга с продувкой воздухом.

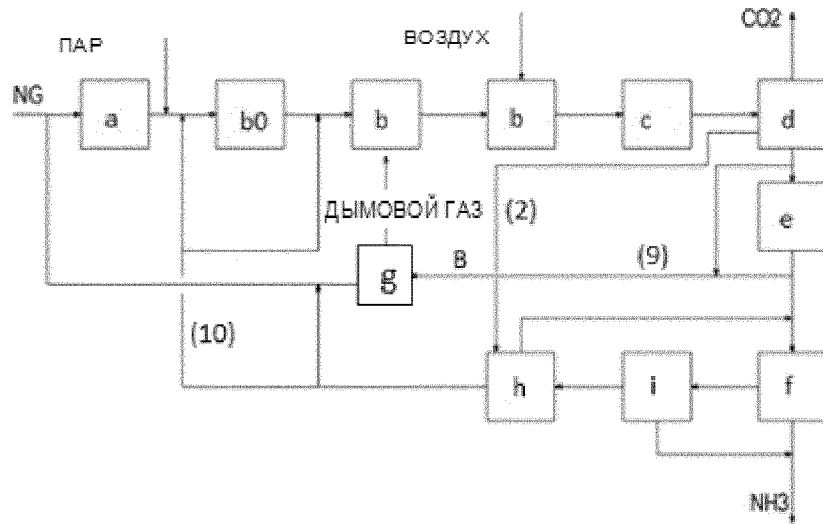
11. Система по любому из пп. 7 - 10, **отличающаяся тем**, что секция с) сдвига содержит высокотемпературный (ВТ) реактор, или среднетемпературный (СТ) реактор, или низкотемпературный (НТ) реактор, или любую комбинацию, по меньшей мере, двух из указанных реакторов.

12. Система по любому из пп. 7 - 11, **отличающаяся тем**, что топливные системы g) включают трубчатые установки риформинга, нагреватели, вспомогательные котлы и газовые турбины.

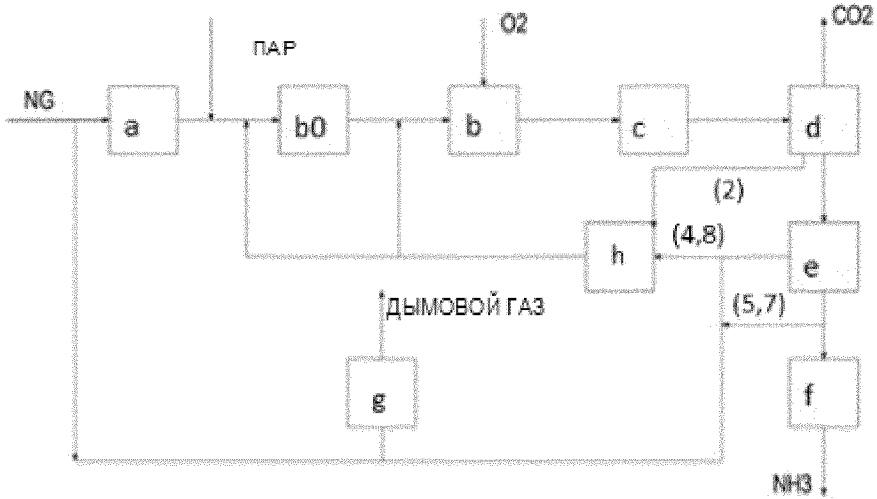
13. Система по п. 12, **отличающаяся тем**, что топливные системы g) содержат одну или более горелок.

14. Применение CO₂, полученного на этапе d) п. 1, для хранения CO₂.

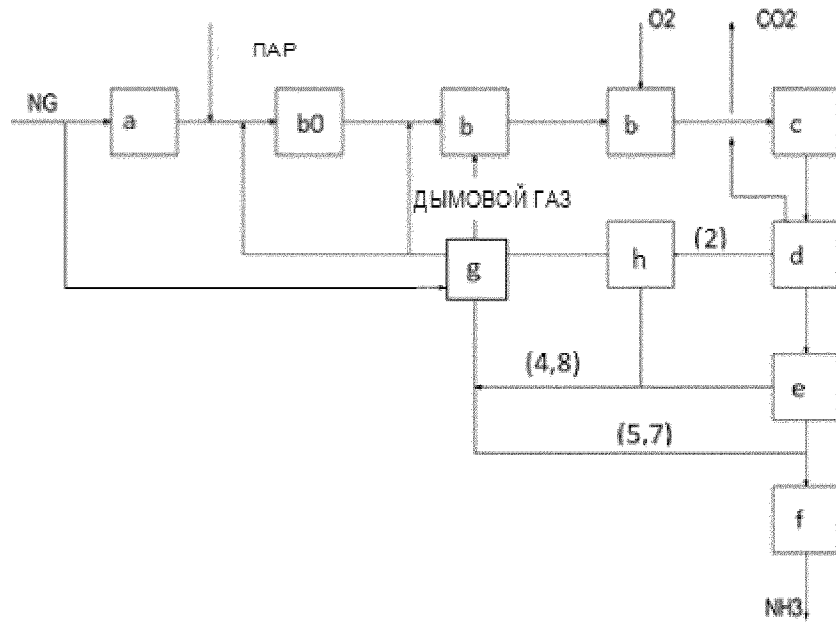
15. Применение CO₂, полученного на этапе d) п. 1, для производства химических соединений, таких как мочевины или другое подходящее химическое соединение.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3