

(19)



Евразийское  
патентное  
ведомство

(21) 202391872 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки  
2023.11.30

(22) Дата подачи заявки  
2022.01.12

(51) Int. Cl. *B01D 3/00* (2006.01)  
*B01D 3/14* (2006.01)  
*B01D 53/14* (2006.01)  
*C01B 32/50* (2017.01)  
*C07C 7/04* (2006.01)  
*C07C 29/80* (2006.01)  
*C10K 1/00* (2006.01)  
*C10K 1/08* (2006.01)  
*F25J 3/02* (2006.01)

(54) СПОСОБ И СИСТЕМА РЕЦИРКУЛЯЦИИ ЭНЕРГИИ ДИСТИЛЛЯЦИИ В УСТАНОВКАХ С ИМПОРТОМ CO<sub>2</sub> ЗА СЧЕТ УЛАВЛИВАНИЯ УГЛЕРОДА

(31) 21151426.0

(32) 2021.01.13

(33) EP

(86) PCT/EP2022/050541

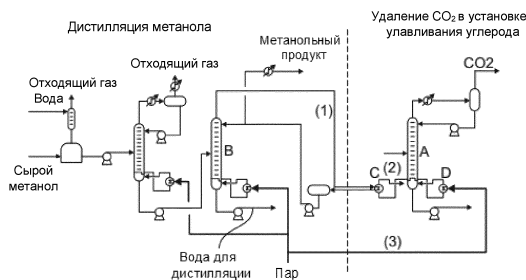
(87) WO 2022/152749 2022.07.21

(71) Заявитель:  
ТОПСЕЭ А/С (DK)

(72) Изобретатель:  
Тьернехов Эмиль Андреас (SE)

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

(57) Настоящее изобретение относится к способу, системе и установке для снижения энергопотребления, предпочтительно к экологически чистой установке по производству метанола. Настоящее изобретение обеспечивает снижение общего энергопотребления экологически чистой установки - повторное использование энергии дистилляции в стабилизационной колонне и ребойлере CO<sub>2</sub> в блоке улавливания углерода - и, таким образом, снижение потребления электроэнергии для нагревателя/котла или снижение потребления топлива при парогенерации.



A1

202391872

202391872

A1

## **Способ и система рециркуляции энергии дистилляции в установках с импортом CO<sub>2</sub> за счет улавливания углерода**

### **Область изобретения**

Настоящее изобретение относится к способу, системе и установке для снижения энергопотребления, предпочтительно к экологически чистой установке по производству метанола.

### **Предпосылки к созданию изобретения**

Известно, что продукт, который получают на установках синтеза метанола, обычно определяемый как метанол-сырец, представляет собой водный раствор метанола, содержащий побочные продукты реакции синтеза, в том числе этанол, кетоны, высшие спирты, а также некоторые растворенные газы, в том числе в основном H<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>.

Известные процессы дистилляции основаны главным образом на использовании одной или нескольких дистилляционных колонн, где, как правило, по меньшей мере, одна колонна способна отделять легкие продукты (например, газ), извлеченные в верхней части колонны, от метанола, и, по меньшей мере, одна колонна способна отделять более тяжелый продукт (например, водный раствор), извлеченный в нижней части колонны из метанола.

Конкретный метод, который широко используют, например, для перегонки метанола, включает две колонны, работающие при атмосферном или близком к атмосферному давлению. В частности, в указанном способе используют колонну предварительной обработки, которая известна как стабилизирующая колонна или колонна предварительной очистки, а также вторую дистилляционную колонну. Первая колонна в основном предназначена для отделения более летучих компонентов, содержащихся в метаноле-сырце, где в ней получают метанол-сырец, легкие компоненты отделяют в верхней части, а водный раствор в нижней. Вторая колонна, которая известна как колонна концентрирования, выполняет фактическую дистилляцию, в результате чего получают (i) очищенный метанол в верхней части, (ii) преимущественно водный поток в нижней части («нижняя вода»), (iii) боковой поток, известный как «сивушное масло», в основном содержащий воду, остаточный метанол (около 1 % от общего количества) и

большую часть побочных продуктов реакции синтеза. Указанное сивушное масло имеет определенную теплотворную способность и обычно используется в качестве топлива или сырья для получения синтез-газа.

Каждая колонна содержит ребойлер, который нагревает нижнюю часть колонны и поддерживает подачу тепла для метода дистилляции. Также каждая колонна содержит конденсатор, который конденсирует верхний продукт и возвращает его (по меньшей мере, частично) в указанную колонну. Тепло подают в колонну концентрирования (или дистилляционную колонну) паром или технологическим газом (при его наличии) с подходящим тепловым уровнем. В качестве охлаждающей среды для конденсатора обычно используют воду или воздух. Указанная конфигурация с двумя колоннами проста с точки зрения установки (например, установки по перегонке метанола), но имеет основной недостаток, заключающийся в потреблении значительного количества энергии, как за счет тепла, подводимого к нижним ребойлерам, так и за счет расхода охлаждающей воды и/или электроэнергии на верхних конденсаторах. Кроме того, колонны имеют относительно большой диаметр по отношению к производственной мощности, что приводит к высокой стоимости установки.

Стандартное решение, которое показано на Фигуре 1, основано на использовании колонны концентрирования низкого давления, а образующиеся пары метанола конденсируются в водяном охладителе. Для более крупных установок колонну концентрирования разделяют на две или три дистилляционные колонны со ступенчатыми уровнями давления, что позволяет повторно использовать верхнюю тепловую энергию погона в качестве тепла для ребойлера в следующей колонне. Как правило, необходимое тепло для дистилляции метанола и удаления  $\text{CO}_2$  в основном или полностью обеспечивается паром.

При этом существует потребность в поиске более устойчивых способов производства метанола, обеспечивающих повторное использование и/или экономию энергии.

При сжигании ископаемого топлива образуется более 13 гигатонн  $\text{CO}_2$  в год. Озабоченность, связанная с влиянием  $\text{CO}_2$  на изменение климата и подкисление океана, побудила правительства и промышленные предприятия к изучению целесообразности реализации технологий улавливания образующегося  $\text{CO}_2$ , который попадает в углеродный цикл. Тем не менее, на действующих

электростанциях требуется, чтобы после сжигания  $\text{CO}_2$  отделялся от дымовых газов при помощи скруббера. В такой системе ископаемое топливо сжигают с воздухом, а  $\text{CO}_2$  избирательно удаляют из газовой смеси, также содержащей  $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{O}_2$  и следы примесей серы, азота и металлов. Хотя точные условия отделения зависят от топлива и технологии, в газовых смесях  $\text{CO}_2$  обычно присутствует в низких концентрациях (4 – 15 об./об.%) при давлении, близком к атмосферному, и при температурах примерно  $-60$  °С. Сорбенты для улавливания углерода регенерируются с использованием температуры, давления или вакуума, благодаря чему  $\text{CO}_2$  можно собирать для секвестрации или утилизации, а сорбент можно использовать повторно.

Наиболее существенным препятствием для улавливания углерода является потребность в большом количестве электроэнергии. Без политических или налоговых стимулов производство электроэнергии на таких электростанциях неконкурентоспособно по сравнению с другими источниками энергии. Самые большие эксплуатационные расходы электростанций с системами улавливания углерода связаны с уменьшением количества производимой электроэнергии,[6] поскольку энергия в виде пара отводится от производства электроэнергии в турбинах на регенерацию сорбента. Таким образом, основной целью многих исследований по улавливанию углерода является сведение к минимуму количества энергии, необходимой для регенерации сорбента.

Настоящее изобретение (Фигура 2) основано на том же принципе, что и в случае с упомянутым выше стандартным раствором, но при этом колонна концентрирования работает при более высоком давлении, предпочтительно примерно 2 - 10 бар изб., для повторного использования тепловой энергии верхнего погона. При работе колонны в режиме более высокого давления температура кипения жидкостей в различных местах колонны повышается. Целью является обеспечение более высокой температуры кипящей жидкости, примерно 110 - 190 градусов по Цельсию. В теплообменнике D, таком как ребойлер (импортируемый пар), необходима более высокая температура, но при этом температура конденсации в верхнем теплообменнике C, таком как ребойлер, также увеличивается, что позволяет использовать это тепло в другом месте, в качестве тепловой энергии для ребойлера  $\text{CO}_2$  или для централизованного теплоснабжения.

Поскольку экологически чистые установки являются небольшими, обычно в установке этого типа используют только одну колонну концентрирования, и тепловая энергия больше не может повторно использоваться во второй колонне концентрирования. Вместо этого тепловую энергию верхнего погона используют повторно, по меньшей мере, частично, в ребойлере  $\text{CO}_2$ , за счет чего происходит рециркуляция такой энергии и обеспечивается минимальное количество отходов.

### **Чертежи**

На Фиг. 1 показано стандартное решение для производства метанола на экологически чистой установке по производству метанола с отгонкой  $\text{CO}_2$ .

На Фиг. 2 показан предпочтительный вариант осуществления настоящего изобретения для производства метанола на экологически чистой установке по производству метанола с отгонкой  $\text{CO}_2$ .

### Ссылочные номера:

- (1) – горячий поток верхнего погона, содержащий пары метанола
- (2) – тепло, подаваемое из теплообменника С в установку отгонки  $\text{CO}_2$  А
- (3) – поток пара

### **Определения**

«Атмосферное давление» – 1,01325 бар, т.е. приблизительно 1 бар.

Улавливание углерода – метод улавливания диоксида углерода из потока, обычно дымового газа, а также из технологического газа под давлением. Этот метод предусматривает использование абсорбера, в котором жидкий сорбент контактирует с газом и избирательно поглощает  $\text{CO}_2$ . Насыщенный  $\text{CO}_2$  сорбент направляют в отгоночную секцию, где указанный  $\text{CO}_2$  отгоняют с использованием тепла, в результате чего  $\text{CO}_2$  выходит из отгоночной секции в концентрированной форме.

**Сорбент диоксида углерода** – сорбент, способный поглощать  $\text{CO}_2$ . Сорбент диоксида углерода может быть физическим, таким как пористый материал, или химическим, таким как водные растворы амина, которые образуют химическую связь.

**Блок отгонки диоксида углерода** – установка для десорбции уловленного  $\text{CO}_2$ . Обычно это колонна, в которой загруженный раствор  $\text{CO}_2$  кипятят для удаления уловленного  $\text{CO}_2$ .

**Химический сорбент** – сорбент, который поглощает  $\text{CO}_2$  и образует химическую связь с активным компонентом и  $\text{CO}_2$ .

**«Колонна концентрирования»** или «ректификационная колонна», или «колонна нижнего погона» – колонна, разделенная на ряд ступеней. Они соответствуют каскаду равновесных стадий. Жидкость стекает по колонне от ступени к ступени и вступает в контакт с поднимающимся вверх паром. Традиционно большинство колонн строилось из ряда отдельных «лотков» или «тарелок», поэтому эти термины в конечном итоге становятся взаимозаменяемыми с термином «ступени». Тарелки в дистилляционной колонне предназначены для обеспечения контакта между паром и жидкостью на определенной ступени. Перегонку можно проводить в насадочной колонне (точно так же, как абсорбцию можно проводить в тарельчатой колонне). Рабочее давление колонны обычно регулируют путем регулирования отвода тепла в теплообменнике. Основание колонны обычно используют в качестве резервуара для жидкости, выходящей из нижней тарелки. Теплообменник, т.е. ребойлер, используют для кипячения этой жидкости. Образовавшийся пар, «продукт кипения», возвращают в нижнюю часть колонны.

**Метанол-сырец** проходит дистилляцию в соответствии с показателями чистоты, которые необходимы в соответствии с требованиями на рынке. Метанол-сырец представляет собой раствор, содержащий метанол, обычно 65 - 95% метанола, воду и другие компоненты. Метанол-сырец содержит низкокипящие и высококипящие компоненты (легкие и тяжелые фракции). Легкие фракции L включают в основном растворенные газы (например,  $\text{CO}_2$ ), диметиловый эфир, метилформиат и ацетон. К тяжелым остаткам Н относятся высшие спирты, длинноцепочечные углеводороды, высшие кетоны и сложные эфиры низших спиртов с муравьиной, уксусной и пропионовой кислотами. Например, по спецификации класса АА необходима минимальная концентрация метанола 99,85 мас.%, при этом содержание этанола не должно превышать 10 мас.ч./млн.

**«Дистилляция»** – метод разделения жидких смесей на два или более парообразных или жидких продукта с различным составом. Дистилляция является операцией ступени равновесия. На каждой ступени паровая фаза контактирует с жидкой, а масса переходит из пара в жидкость и из жидкости в пар. Менее летучие, «тяжелые» или «высококипящие» компоненты концентрируются в жидкой фазе, а

более летучие, «легкие» компоненты концентрируются в паре. Используя несколько последовательных стадий с рециркуляцией, можно добиться сепарации. Исходный поток, подаваемый в дистилляционную колонну, может быть представлен жидкостью, паром или парожидкостной смесью. Он может поступать в колонну в любой ее точке. В систему может подаваться сразу несколько потоков, а выводиться из нее может сразу несколько продуктов. Перегонка в колонне концентрирования обычно происходит при минимально возможном давлении, но в настоящем изобретении давление было повышено для рекуперации тепла.

**Экологически чистая установка по производству метанола** – установка, в качестве сырья использующая возобновляемый  $H_2$ .

**«Тепловая нагрузка»** или «тепловая энергия» – количество тепла, необходимое для передачи от горячей стороны к холодной за единицу времени. Уравнение для расчета тепловой нагрузки обычно записывается двумя способами: а) способ, который можно использовать для переноса явной теплоты, в случае чего с жидкостью не происходит фазовый переход; б) другой способ, который может использоваться для передачи скрытой теплоты, в случае чего с жидкостью происходит фазовый переход, то есть она конденсируется.

**«Теплообменник»** – система, используемая для передачи тепла между двумя или более жидкостями. Теплообменники используются как в процессах охлаждения, так и в процессах нагрева. Жидкости могут быть разделены сплошной стенкой, что позволяет предотвратить смешивание, или же они могут находиться в непосредственном контакте. В частности, «теплообменник» – это ребойлер/конденсатор, такой как кожухотрубный теплообменник, например, с испарением раствора в межтрубном пространстве и конденсацией дистиллята в трубной зоне (или наоборот). Также можно использовать пластинчатый теплообменник с размещением теплообменных пластин внутри кожуха.

**«Тяжелые побочные продукты»** или «боковой погон», Н, означает поток, содержащий высшие спирты и другие второстепенные побочные продукты, извлекаемые из последней колонны концентрирования, которые обычно выводятся между питающей тарелкой и низом колонны. Он также известен как «сивушное масло» и включает воду, остаточный метанол (около 1% от общего количества) и большую часть побочных продуктов реакции синтеза. Указанное сивушное масло имеет определенную теплотворную способность и обычно используют в качестве

топлива или сырья в секции получения синтез-газа. Боковой погон сивушных масел, если это целесообразно, также может извлекаться на промежуточных стадиях перегонки.

**Дистилляция под высоким давлением** – метод дистилляции, который работает при давлении выше нормального рабочего давления. Обычно перегонку метанола проводят при низком давлении, чтобы облегчить разделение компонентов, но при этом перегонку под высоким давлением осуществляют при повышенном уровне давления, например выше 2 бар изб.

**Насыщенный сорбент диоксида углерода** – раствор, содержащий уловленный  $\text{CO}_2$ .

**Синтез-газ метанола (MeOH)** – синтез-газ, содержащий компоненты для синтеза MeOH, смесь  $\text{H}_2$ , CO и  $\text{CO}_2$  (альтернативно, только  $\text{H}_2$  и  $\text{CO}_2$ ).

**Тепловая энергия верхнего погона** – передаваемое тепло, которое обеспечивается за счет конденсации паров метанола в верху колонны, например, колонны концентрирования.

**«Частичный ребойлер»** – ребойлер, в котором испаряется только часть жидкости в основании колонны. Образовавшийся пар возвращают в колонну, а поток жидкости удаляют в виде продукта или сырья для дополнительной колонны. Эти три потока имеют разные составы. Частичные ребойлеры также обеспечивают идеальную стадию сепарации. Могут использоваться ребойлеры с боковым погоном, которые отбирают жидкость с тарелки, нагревают ее, а затем возвращают парожидкостную смесь на те же или аналогичные тарелки.

**Физический сорбент** – сорбент, который поглощает  $\text{CO}_2$  без образования химической связи с активным компонентом и  $\text{CO}_2$ .

**«Давление»** или P – манометрическое давление, измеряют в барах (изб.). Манометрическое давление – давление относительно атмосферного давления, которое имеет положительное значение для давлений выше атмосферного и отрицательное для давлений ниже него. Разница между бар и бар(изб.) – это разница в рассматриваемом эталоне. Измерение давления всегда выполняют относительно эталона и соответствует значению, полученному на приборе для измерения давления. Если эталоном при измерении давления является вакуум, то



мы получаем абсолютное давление и измеряем его только в барах. Если эталоном является атмосферное давление, то давление указывается в барах (изб.).

**Сырой метанольный продукт** – жидкий продукт непосредственно из синтеза на этапе (d) в способе по настоящему изобретению, в основном метанол, но также вода, побочные продукты и растворенные газы.

**«Ребойлер»** – теплообменник, обычно используемый для нагрева низа промышленных дистилляционных колонн. Ребойлеры кипятят жидкость с низа дистилляционной колонны с образованием паров, которые возвращаются в колонну для проведения дистилляционной сепарации. Тепло, подаваемое в колонну ребойлером в низу колонны, отводится конденсатором в верху колонны. Большинство ребойлеров относится к типу кожухотрубных теплообменников, и обычно в таких ребойлерах в качестве источника тепла используют пар. При этом можно использовать и другие теплоносители, такие как горячий синтез-газ, масло или Dowtherm (TM). В некоторых случаях в качестве ребойлеров также могут использоваться топливные печи.

**«Стабилизирующая колонна»** или колонна отбензинивания, или колонна предварительной очистки предназначена для отделения более летучих от более тяжелых компонентов, содержащихся в неочищенном продукте, таком как метанол-сырец.

**«Летучие компоненты»** или «летучие вещества» – компоненты или вещества, которые легко испаряются при низких температурах. Летучесть также может описывать склонность пара конденсироваться в жидкость или твердое вещество: менее летучие вещества легче конденсируются из пара, чем легколетучие. *Давление пара* – показатель того, насколько легко конденсированная фаза образует пар при данной температуре. Вещество, заключенное в герметичный сосуд, изначально находящийся в вакууме (без воздуха внутри), быстро заполнит любое пустое пространство паром. После того, как система достигает равновесия, и пар больше не образуется, это давление пара можно измерить. Повышение температуры приводит к увеличению количества образующегося пара и, следовательно, к росту давления пара. В рамках смеси каждое вещество вносит свой вклад в общее давление паров смеси, причем более значимый вклад вносят более летучие соединения. *Температура кипения* – это температура, при которой давление паров жидкости равно давлению окружающей

среды, в результате чего жидкость быстро испаряется или кипит. Она тесно связана с давлением пара, но зависит от давления. Нормальная точка кипения – это точка кипения при атмосферном давлении, но ее также можно указывать при более высоких и более низких давлениях.

**«Верхний погон»** или «верхний поток» – поток, полученный или извлеченный из верхней секции колонны.

### **Описание**

Настоящее изобретение обеспечивает снижение общего энергопотребления экологически чистой установки (повторное использование энергии дистилляции в стабилизационной колонне и ребойлере  $\text{CO}_2$  в блоке улавливания углерода) и, таким образом, снижение потребления электроэнергии для нагревателя/котла (или снижение потребления топлива при парогенерации).

В настоящем изобретении для дистилляции используют одну или несколько колонн, при этом колонна с самым высоким давлением соединена по меньшей мере с одним блоком отгонки  $\text{CO}_2$ . В состав указанных одной или нескольких колонн входит стабилизирующая колонна  $V_0$  при давлении  $P_0$ , последовательно соединенная с по меньшей мере одной дистилляционной колонной  $V_1$  при давлении  $P_1$ , при этом все колонны связаны с теплообменником  $E_0$  и  $E_1$ , а указанный теплообменник представляет собой ребойлер для этой колонны, отличающийся тем, что

- a)  $E_1$  имеет входящий тепловой поток, который является внешним по отношению к указанному аппарату;
- d)  $P_1 > 2$  бар изб.

Одной из целей настоящего изобретения является снижение энергопотребления для экологически чистых установок по производству метанола. Разработана типовая схема, в которой установка состоит из электролизера, системы улавливания углерода, синтеза метанола и дистилляции метанола. Как для традиционной установки улавливания углерода, так и для установки дистилляции метанола необходимо тепло для проведения отгонки  $\text{CO}_2$  (например, в установке улавливания углерода) и дистилляции метанола-сырца. Обычно тепло подают паром, и, поскольку на типичной экологически чистой установке по производству метанола нет избыточного пара, этот пар должен производиться за счет

электричества (если необходимо свести к минимуму выбросы  $\text{CO}_2$ ) или, в качестве альтернативы, путем сжигания топлива для производства пара.

При переходе на стадию дистилляции под высоким давлением тепловую энергию, полученную от потока верха колонны (1) в колонне концентрирования, можно использовать в качестве тепловой энергии для ребойлера в процессе отгонки  $\text{CO}_2$  (в блоке улавливания углерода) а также, в качестве альтернативы, в стабилизационной колонне внутри колонны дистилляции метанола или при подаче в систему центрального теплоснабжения. Предпочтительно рабочее давление в колонне концентрирования выше или приблизительно равно 2 бар изб.

Основное преимущество настоящего изобретения заключается в общем снижении энергопотребления, т.е. примерно такое же количество тепла, подаваемое в колонну концентрирования, может повторно использоваться в ребойлере  $\text{CO}_2$ .

## **Примеры**

### **Пример 1**

#### **Потребление энергии в отгоночной секции $\text{CO}_2$ и дистилляция метанола**

Таблица 1. Энергопотребление в отгоночной секции  $\text{CO}_2$  и дистилляция метанола для традиционной схемы по сравнению с новым изобретением, в котором предусмотрено повторное использование энергии паров  $\text{MeOH}$  верхнего погона колонны концентрирования. Общий импорт пара снижен до показателя в 61% от объема по стандартному решению. В этом случае повторное используемое тепло направляют в ребойлер отгоночной секции  $\text{CO}_2$ , в качестве альтернативы он также может заменить пар в стабилизирующем ребойлере или, альтернативно, использоваться в качестве централизованного теплоснабжения.

	Источник теплоты	Единица	Стандартное решение	Изобретение
Тепловая энергия отгоночной секции CO <sub>2</sub> (пар)	Пар	MW	8,7	0,6
Тепловая энергия отгоночной секции CO <sub>2</sub> (MeOH)	MeOH	MW	0,0	8,1
Тепловая энергия ребойлера стабилизатора	Пар	MW	1,2	1,2
Тепловая энергия колонны концентрирования	Пар	MW	6,9	8,5
<b>Общее потребление пара</b>		<b>MW</b>	<b>16,8</b>	<b>10,3</b>
<b>Общее потребление пара</b>		<b>%</b>	<b>100</b>	<b>61</b>

Таким образом, при использовании способа, системы и установки по настоящему изобретению общее потребление пара значительно снижается, в данном конкретном случае приблизительно на 39%, по сравнению со стандартным решением.

### Предпочтительные варианты осуществления

1. Способ производства метанола, включающий следующие этапы:
  - (a) улавливание диоксида углерода с помощью сорбента диоксида углерода и образование насыщенного сорбента диоксида углерода;
  - (b) направление насыщенного сорбента диоксида углерода в блок А отгонки диоксида углерода;
  - (c) получение синтез-газа для производства метанола, содержащего водород и диоксид углерода;
  - (d) направление синтез-газ для производства метанола, полученного на этапе (c), на синтез метанола и образование сырого метанольного продукта;
  - (e) очистку сырого метанольного продукта в блоке В дистилляции, содержащей, по меньшей мере, одну дистилляционную колонну, с получением горячего верхнего погона (1) из указанной, по меньшей мере, одной дистилляционной колонны, отличающийся тем, что указанный горячий верхний погон (1) обеспечивает подачу тепла в блок С теплообменника, и, по меньшей мере, часть указанного тепла (2) подают, по меньшей мере, в один блок А отгонки диоксида углерода для отгонки диоксида углерода из насыщенного сорбента диоксида углерода, за счет чего поток (1) конденсируется в жидкий метанол.

Весь верхний погон (1) желательно использовать повторно. Все 100 % в блок А отгонки или менее 100 %, а оставшуюся часть повторно используют в другом месте (например, либо в качестве тепловой энергии ребойлера стабилизатора либо в централизованном теплоснабжении). Также есть возможность использовать 100% тепла или тепловой энергии верхнего погона (1) в блоке отгонки CO<sub>2</sub>, но при этом используют и дополнительный пар.

2. Способ по варианту осуществления 1, отличающийся тем, что синтез-газ для производства метанола на этапе (c) содержит водород, частично или полностью полученный в результате электролиза.

3. Способ по варианту осуществления 1, отличающийся тем, что синтез-газ для производства метанола на этапе (c) содержит водород, полученный из источников, отличных от электролиза.

4. Способ по варианту осуществления 1, отличающийся тем, что указанное тепло (2), подводимое, по меньшей мере, к одному блоку А отгонки диоксида углерода, составляет примерно 20 - 100%, предпочтительно 45% - 100% от потребности в энергии указанного блока отгонки.

5. Способ по варианту осуществления 1, отличающийся тем, что тепло (2), подводимое к блоку А отгонки диоксида углерода, дополнительно обеспечивается паром (3).

Поток (1), необходимый для отгоночной секции  $\text{CO}_2$ , является фиксированным. При направлении указанного потока (1) от дистилляции соответственно уменьшается и необходимость в использовании импортируемого пара.

6. Способ по варианту осуществления 1, отличающийся тем, что сорбент диоксида углерода на этапе (а) представляет собой физический или химический сорбент.

7. Способ по варианту осуществления 1, отличающийся тем, что синтез-газ для производства метанола дополнительно содержит монооксид углерода.

8. Способ по варианту осуществления 1, отличающийся тем, что диоксид углерода на этапе (а) получают из отработанного газа и/или синтез-газа.

9. Способ по варианту осуществления 1, отличающийся тем, что часть или весь горячий верхний погон (1) направляют в систему теплоснабжения.

10. Способ по вариантам осуществления 1 или 9, отличающийся тем, что часть горячего верхнего погона (1) направляют в стабилизирующий ребойлер.

11. Система для производства метанола способом по любому из вариантов осуществления 1 - 10, содержащая, по меньшей мере, один блок А отгонки  $\text{CO}_2$ , по меньшей мере, один блок В дистилляции метанола, по меньшей мере, один блок С теплообменника верха колонны, гидравлически соединенный, по меньшей мере, с одним блоком D теплообменника, при этом указанные блоки А, В, С и D расположены таким образом, что сырой метанольный продукт проходит очистку в блоке В дистилляции, содержащем, по меньшей мере, одну дистилляционную колонну, с получением горячего верхнего погона (1) из указанной, по меньшей мере, одной дистилляционной колонны, причем указанный горячий верхний погон

(1) обеспечивает подачу тепла в блок С теплообменника, и, по меньшей мере, часть указанного тепла (2) подают, по меньшей мере, в один блок А отгонки диоксида углерода для отгонки диоксида углерода из насыщенного сорбента диоксида углерода, за счет чего поток (1) конденсируется в жидкий метанол.

12. Система по варианту осуществления 11, отличающаяся тем, что указанные блоки А, В, С и D расположены таким образом, что часть или весь горячий верхний погон (1) направляют в систему теплоснабжения.

13. Система по любому из вариантов осуществления 11 или 12, отличающаяся тем, что указанные блоки А, В, С и D расположены таким образом, часть горячего верхнего погона (1) направляют в стабилизирующий ребойлер.

14. Установка с импортом  $\text{CO}_2$  за счет улавливания углерода, содержащая систему по любому из вариантов осуществления 11 - 13 для получения метанола способом по любому из вариантов осуществления 1 - 10.

## Формула изобретения

1. Способ производства метанола, включающий следующие этапы:
  - (a) улавливание диоксида углерода с помощью сорбента диоксида углерода и образование насыщенного сорбента диоксида углерода;
  - (b) направление насыщенного сорбента диоксида углерода в блок А отгонки диоксида углерода;
  - (c) получение синтез-газа для производства метанола, содержащего водород и диоксид углерода;
  - (d) направление синтез-газ для производства метанола, полученного на этапе (c), на синтез метанола и образование сырого метанольного продукта;
  - (e) очистку сырого метанольного продукта в блоке В дистилляции, содержащей, по меньшей мере, одну дистилляционную колонну, с получением горячего верхнего погона (1) из указанной, по меньшей мере, одной дистилляционной колонны, **отличающийся тем**, что указанный горячий верхний погон (1) обеспечивает подачу тепла в блок С теплообменника, и, по меньшей мере, часть указанного тепла (2) подают, по меньшей мере, в один блок А отгонки диоксида углерода для отгонки диоксида углерода из насыщенного сорбента диоксида углерода, за счет чего поток (1) конденсируется в жидкий метанол.
2. Способ по п. 1, **отличающийся тем**, что синтез-газ для производства метанола на этапе (c) содержит водород, частично или полностью полученный в результате электролиза.
3. Способ по п. 1, **отличающийся тем**, что синтез-газ для производства метанола на этапе (c) содержит водород, полученный из источников, отличных от электролиза.
4. Способ по п. 1, **отличающийся тем**, что указанное тепло (2), подводимое, по меньшей мере, к одному блоку А отгонки диоксида углерода,



составляет примерно 20 - 100%, предпочтительно 45% - 100% от потребности в энергии указанного блока отгонки.

5. Способ по п. 1, **отличающийся тем**, что тепло (2), подводимое к блоку А отгонки диоксида углерода, дополнительно обеспечивается паром (3).

6. Способ по п. 1, **отличающийся тем**, что сорбент диоксида углерода на этапе (а) представляет собой физический или химический сорбент.

7. Способ по п. 1, **отличающийся тем**, что синтез-газ для производства метанола дополнительно содержит монооксид углерода.

8. Способ по п. 1, **отличающийся тем**, что диоксид углерода на этапе (а) получают из отработанного газа и/или синтез-газа.

9. Способ по п. 1, **отличающийся тем**, что часть или весь горячий верхний погон (1) направляют в систему теплоснабжения.

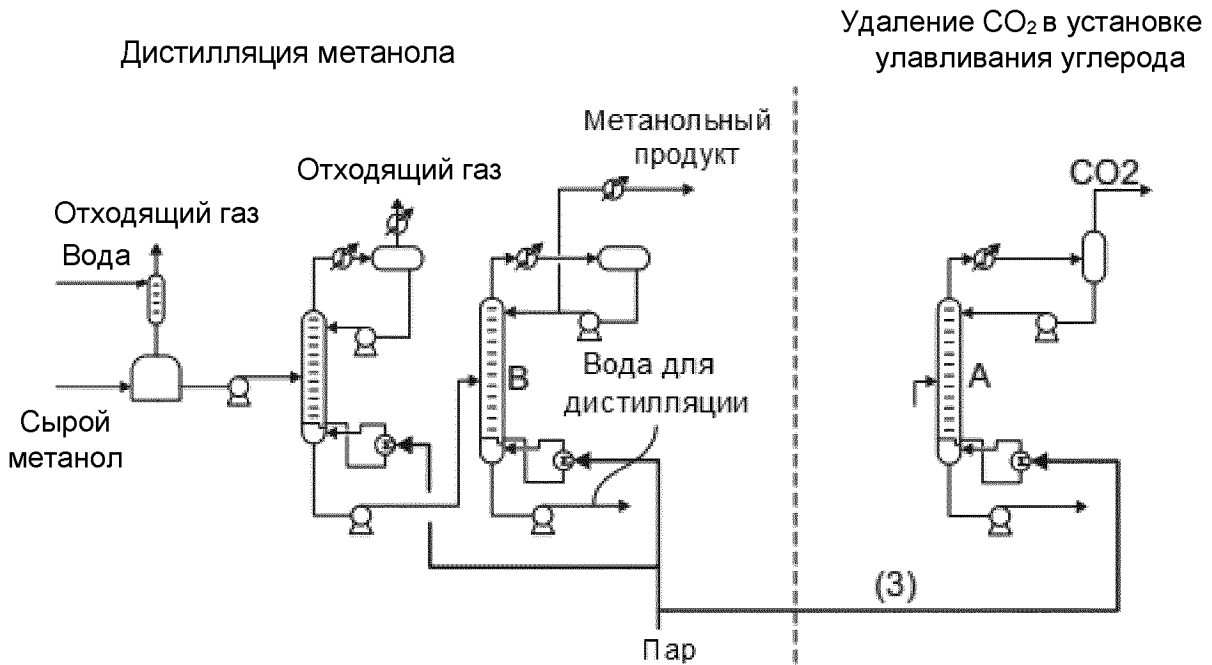
10. Способ по пп. 1 или 9, **отличающийся тем**, что часть горячего верхнего погона (1) направляют в стабилизирующий ребойлер.

11. Система для производства метанола способом по любому из пп. 1 - 10, содержащая, по меньшей мере, один блок А отгонки  $\text{CO}_2$ , по меньшей мере, один блок В дистилляции метанола, по меньшей мере, один блок С теплообменника верха колонны, гидравлически соединенный, по меньшей мере, с одним блоком D теплообменника, при этом указанные блоки А, В, С и D расположены таким образом, что сырой метанольный продукт проходит очистку в блоке В дистилляции, содержащем, по меньшей мере, одну дистилляционную колонну, с получением горячего верхнего погона (1) из указанной, по меньшей мере, одной дистилляционной колонны, причем указанный горячий верхний погон (1) обеспечивает подачу тепла в блок С теплообменника, и, по меньшей мере, часть указанного тепла (2) подают, по меньшей мере, в один блок А отгонки диоксида углерода для отгонки диоксида углерода из насыщенного сорбента диоксида углерода, за счет чего поток (1) конденсируется в жидкий метанол.

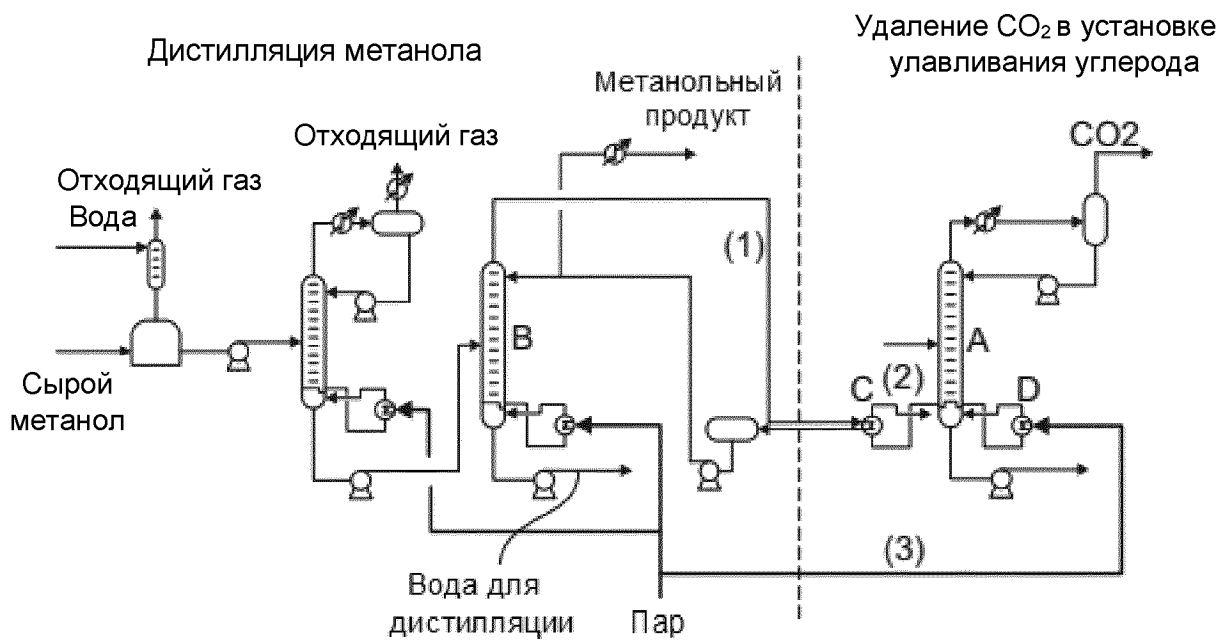
12. Система по п. 11, **отличающаяся тем**, что указанные блоки А, В, С и D расположены таким образом, что часть или весь горячий верхний погон (1) направляют в систему теплоснабжения.

13. Система по любому из пп. 11 или 12, **отличающаяся тем**, что указанные блоки А, В, С и D расположены таким образом, часть горячего верхнего погона (1) направляют в стабилизирующий ребойлер.

14. Установка с импортом  $\text{CO}_2$  за счет улавливания углерода, содержащая систему по любому из пп. 11 - 13 для получения метанола способом по любому из пп. 1 - 10.



Фиг. 1



Фиг. 2