

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **018055**(13) **B1**(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2013.05.30

(21) Номер заявки
201070810

(22) Дата подачи заявки
2007.12.28

(51) Int. Cl. **B01D 47/10** (2006.01)
B01D 53/00 (2006.01)
B01D 53/24 (2006.01)
B04C 3/00 (2006.01)
C01B 31/22 (2006.01)
C10L 3/10 (2006.01)
F25J 3/06 (2006.01)

**(54) СПОСОБ УДАЛЕНИЯ И ОТВЕРЖДЕНИЯ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА ИЗ ПОТОКА
ТЕКУЧЕЙ СРЕДЫ И УСТРОЙСТВО РАЗДЕЛЕНИЯ ТЕКУЧЕЙ СРЕДЫ**

(43) **2011.02.28**

(86) **PCT/NL2007/050710**

(87) **WO 2009/084945 2009.07.09**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
ТВИСТЕР Б.В. (NL)

(56) **US-A-3236057**
WO-A-2007031476
US-A1-2002189443
WO-A-03062725
WO-A-0121286
WO-A-03055575

(72) Изобретатель:
Праст Барт, Лангерак Якоб Арие
Корнелис, Беттинг Марко, Тьенк
Виллинк Корнелис Антони (NL)

(74) Представитель:
Медведев В.Н. (RU)

(57) Изобретение предлагает способ удаления диоксида углерода из потока текучей среды с помощью устройства разделения текучей среды. Данное устройство разделения текучей среды имеет циклонный сепаратор (1) текучей среды с трубчатой суженной частью (4), расположенной между сходящейся входной (3) и расходящейся выходной (5) секциями текучей среды и создающим завихрение средством (2). Резервуар (21) разделения имеет трубчатую секцию (22), соединенную со сборным баком (23). В данном способе обеспечивают поток текучей среды с диоксидом углерода. Затем придают вихревое движение данному потоку текучей среды так, чтобы вызвать направленное наружу движение. Вихревой поток текучей среды затем расширяют так, что образуются компоненты из сжиженного диоксида углерода в метастабильном состоянии в потоке текучей среды. Затем направленный наружу поток (7) текучей среды с компонентами диоксида углерода извлекают из циклонного сепаратора (1) и подают в виде смеси в резервуар (21) разделения. Данную смесь затем направляют через трубчатую секцию (22) в направлении сборного бака (23), обеспечивая рабочие условия для образования твердого диоксида углерода. В результате использования способа удаления извлекают (26) затвердевший диоксид углерода.

B1**018055****018055****B1**

Область техники, к которой относится изобретение

Настоящее изобретение касается способа удаления диоксида углерода из потока текучей среды. В частности, варианты осуществления настоящего изобретения касаются способа удаления диоксида углерода из потока природного газа. Изобретение дополнительно касается устройства разделения текучей среды.

Уровень техники изобретения

Природный газ из источников хранения или получения обычно содержит диоксид углерода (CO_2). Такой природный газ называется "кислый" газ. Другим соединением, обозначаемым как "кислое", в потоке текучей среды является сульфид водорода (H_2S). Поток текучей среды без каких-либо вышеуказанных кислых частиц называется "нейтральной" текучей средой.

Диоксид углерода ускоряет коррозию в трубопроводах. Кроме того, в некоторых юрисдикциях могут быть в силе юридические и коммерческие требования относительно максимальной концентрации диоксида углерода в потоке текучей среды. Поэтому желательно удалять диоксид углерода из потока кислой текучей среды.

Способы нейтрализации текучей среды, например способ удаления кислых частиц, подобных диоксиду углерода, из потока текучей среды известны в технике. Такие способы обычно включают в себя по меньшей мере один процесс из химической адсорбции, физической адсорбции, низкотемпературной дистилляции, также называемой криогенным разделением, и мембранного разделения.

Применение таких способов для удаления диоксида углерода из потока текучей среды является очень сложным и дорогостоящим.

Сущность изобретения

Желательно иметь способ удаления диоксида углерода из потока текучей среды, который функционирует более эффективно, чем указанные выше известные способы.

Для этой цели один вариант осуществления данного изобретения обеспечивает способ удаления диоксида углерода из потока текучей среды с помощью устройства разделения текучей среды, содержащего циклонный сепаратор текучей среды, имеющий суженную часть, расположенную между сходящейся входной секцией текучей среды и расходящейся выходной секцией текучей среды, и создающее завихрение средство для создания вихревого движения текучей среды, содержащей диоксид углерода, внутри по меньшей мере части циклонного сепаратора текучей среды, при этом сходящаяся входная секция текучей среды содержит первый вход для компонентов текучей среды, а расходящаяся выходная секция текучей среды содержит первый выход для обедненной диоксидом углерода текучей среды и второй выход для обогащенной диоксидом углерода текучей среды, резервуар разделения, имеющий первую секцию, соединенную со сборным баком и обеспеченную вторым входом, соединенным со вторым выходом циклонного сепаратора текучей среды, а сборный бак обеспечен третьим выходом для затвердевшего диоксида углерода, причем данный способ содержит следующие стадии:

- обеспечение на первом входе потока текучей среды, содержащего диоксид углерода;

- придание турбулентного движения данному потоку текучей среды для обеспечения направленного наружу движения по меньшей мере одного из конденсированных компонентов и затвердевших компонентов в потоке текучей среды ниже по ходу от создающего завихрение средства и формирование направленного наружу потока текучей среды;

- расширение вихревого потока текучей среды для формирования компонентов сжиженного диоксида углерода в метастабильном состоянии в потоке текучей среды и обеспечение направленного наружу движения данных компонентов сжиженного диоксида углерода в метастабильном состоянии под действием вихревого движения;

- извлечение направленного наружу потока текучей среды, содержащего компоненты сжиженного диоксида углерода в метастабильном состоянии, из циклонного сепаратора текучей среды через второй выход;

- подача извлеченного, направленного наружу потока текучей среды в виде смеси в резервуар разделения через второй вход;

- направление данной смеси через первую секцию резервуара разделения в направлении сборного бака, обеспечивая рабочие условия в данной первой секции для образования затвердевшего диоксида углерода из компонентов сжиженного диоксида углерода в метастабильном состоянии;

- извлечение затвердевшего диоксида углерода через третий выход.

В одном варианте осуществления данное изобретение дополнительно обеспечивает устройство разделения текучей среды для удаления диоксида углерода из потока текучей среды, содержащее циклонный сепаратор текучей среды, имеющий суженную часть, которая расположена между сходящейся входной секцией текучей среды и расходящейся выходной секцией текучей среды; и создающее завихрение средство для создания вихревого движения текучей среды, содержащей диоксид углерода, внутри по меньшей мере части данного сепаратора, причем входная секция текучей среды содержит первый вход для компонентов текучей среды, а выходная секция текучей среды содержит первый выход для обедненной диоксидом углерода текучей среды и второй выход для обогащенной диоксидом углерода текучей среды, резервуар разделения, имеющий первую секцию, соединенную со сборным баком и обеспеченную

вторым входом, соединенным со вторым выходом циклонного сепаратора текучей среды, а сборный бак обеспечен третьим выходом для затвердевшего диоксида углерода, при этом устройство разделения текучей среды приспособлено принимать поток текучей среды, содержащей диоксид углерода, у первого входа, придавать турбулентное движение данному потоку текучей среды для обеспечения направленного наружу движения по меньшей мере одного из конденсированных компонентов и затвердевших компонентов в потоке текучей среды ниже по ходу от создающего завихрение средство и формирования направленного наружу потока текучей среды, расширять вихревой поток текучей среды для формирования компонентов сжиженного диоксида углерода в метастабильном состоянии в потоке текучей среды и обеспечения направленного наружу движения данных компонентов сжиженного диоксида углерода в метастабильном состоянии под действием вихревого движения, извлекать направленный наружу поток текучей среды, содержащий компоненты сжиженного диоксида углерода в метастабильном состоянии, из циклонного сепаратора текучей среды через второй выход, подавать извлеченный, направленный наружу поток текучей среды в виде смеси в резервуар разделения через второй вход, направлять данную смесь через первую секцию резервуара разделения в направлении сборного бака, обеспечивая рабочие условия в данной первой секции для образования затвердевшего диоксида углерода из компонентов сжиженного диоксида углерода в метастабильном состоянии, и извлекать затвердевший диоксид углерода через третий выход.

В данном описании используется термин "текучая среда", обозначающий жидкость и/или газ.

Описание чертежей

Варианты осуществления данного изобретения описаны ниже, только в виде примера, со ссылкой на сопровождающие схематичные чертежи, на которых показано следующее:

фиг. 1 схематично изображает продольный вид в разрезе циклонного сепаратора текучей среды, который может быть использован в вариантах осуществления данного изобретения;

фиг. 2 схематично изображает вид в разрезе резервуара разделения, который может быть использован в вариантах осуществления данного изобретения;

фиг. 3а, 3б изображают типичную фазовую диаграмму природного газа, содержащего диоксид углерода, где схематично проиллюстрированы разные варианты осуществления способа согласно данному изобретению.

Подробное описание

Фиг. 1 схематично изображает продольный вид в разрезе циклонного сепаратора 1 текучей среды, который может быть использован в вариантах осуществления данного изобретения. Такой циклонный сепаратор текучей среды описан более подробно в публикации международной патентной заявки WO 03/029739. Следует понимать, что в вариантах осуществления данного изобретения может быть использован также циклонный сепаратор текучей среды другого типа, например циклонный сепаратор текучей среды, описанный в публикациях WO 99/01194, WO 2006/070019 и WO 00/23757.

Циклонный сепаратор 1 текучей среды содержит сходящуюся входную секцию 3 текучей среды, расходящуюся выходную секцию 5 текучей среды и трубчатую суженную часть 4, расположенную между входной секцией 3 и выходной секцией 5. Циклонный сепаратор 1 дополнительно содержит создающее вихрь средство, например несколько создающих вихрь лопастей 2 для создания вихревого движения текучей среды внутри по меньшей мере части циклонного сепаратора 1.

Входная секция 3 содержит первый вход 10. Выходная секция 5 содержит первый выход 6 и второй выход 7.

Функция различных компонентов циклонного сепаратора 1 будет теперь объяснена для случая, когда циклонный сепаратор 1 используется для отделения диоксида углерода от потока текучей среды, содержащего диоксид углерода, согласно одному варианту осуществления данного изобретения.

Поток текучей среды, содержащий диоксид углерода, подается через первый вход 10 во входную секцию 3. В одном варианте осуществления данного изобретения поток текучей среды имеет молярное содержание диоксида углерода больше чем 10%. Создающие завихрение лопасти 2 создают циркуляцию в потоке текучей среды и ориентированы под углом α относительно центральной оси циклонного сепаратора 1, т.е. оси, вокруг которой циклонный сепаратор 1 является приблизительно вращательно симметричным. Вихревой поток текучей среды затем расширяется до высоких скоростей. В некоторых вариантах осуществления данного изобретения определенное число создающих завихрение лопастей 2 расположено в суженной части 4. В других вариантах осуществления данного изобретения определенное число создающих завихрение лопастей 2 расположено во входной секции 3.

В некоторых вариантах осуществления данного изобретения вихревой поток текучей среды имеет околосвуковую скорость. В других вариантах осуществления данного изобретения вихревой поток текучей среды может достигать сверхзвуковой скорости. Расширение происходит быстро. В отношении расширения могут быть определены две временные шкалы.

Первая временная шкала касается времени массопереноса t_{eq} , т.е. времени, связанного с возвратом к равновесным условиям, которое зависит от плотности граничной области в двухфазной системе, коэффициента диффузии между двумя фазами и амплитуды отклонения от равновесия. Время массопереноса для перехода жидкость-твердое тело обычно на два порядка больше, чем для перехода пар-жидкость.

Вторая временная шкала касается времени t_{res} существования расширения текучей среды в данном устройстве, которое зависит от средней скорости текучей среды в устройстве и осевой длины устройства, вдоль которой перемещается текучая среда. Расширение называется "быстрым", когда $t_{\text{eq}}/t_{\text{res}} > 1$.

Вследствие быстрого расширения, которое вызывает высокую скорость потока текучей среды, вихревой поток текучей среды может достигать температуры ниже 200 К и давления ниже 50% от давления на первом входе 10 входной секции 3. В результате вышеуказанного расширения компоненты диоксида углерода формируются в метастабильном состоянии внутри потока текучей среды. В случае, когда поток текучей среды на входной секции 3 представляет собой газовый поток, компоненты из диоксида углерода будут формироваться в виде компонентов сжиженного диоксида углерода. В случае, когда поток текучей среды на входной секции 3 представляет собой жидкий поток, углеводородные пары будут формироваться, пока большая часть компонентов из диоксида углерода остается в жидкой форме. В трубчатой суженной части 4 поток текучей среды может дополнительно расширяться до более высокой скорости или поддерживаться, по существу, при постоянной скорости.

В первом случае, т.е. при расширении потока текучей среды до более высокой скорости, вышеуказанное образование компонентов диоксида углерода является непрерывным, и частицы будут набирать массу. Предпочтительно расширение распространяется до области сосуществования твердого вещества (область IVa или IVb на фиг. 3a, 3b). Однако затвердевание будет запаздывать относительно равновесия, так как фазовый переход от жидкости к твердому веществу связан с барьером свободной энергии образования. Как будет дополнительно обсуждаться в отношении фиг. 3a, 3b, часть диоксида углерода может затвердевать.

В случае, когда поток текучей среды поддерживается, по существу, при постоянной скорости, образование компонента диоксида углерода почти останавливается после заданного времени релаксации. В обоих случаях, т.е. при расширении потока текучей среды до более высокой скорости и сохранении потока текучей среды, по существу, при постоянной скорости, центробежное действие заставляет частицы диоксида углерода смещаться к внешней окружности области потока, соседней с внутренней стенкой корпуса циклонного сепаратора 1, образуя направленный наружу поток текучей среды. В этом случае направленный наружу поток текучей среды представляет собой поток обогащенной диоксидом углерода текучей среды, компоненты диоксида углерода в котором являются сжиженными и/или частично затвердевшими.

Ниже по ходу от трубчатой суженной части 4 направленный наружу поток текучей среды, содержащий компоненты диоксида углерода в вышеуказанном метастабильном состоянии, извлекается из циклонного сепаратора 1 через его второй выход 7. Другие компоненты внутри потока текучей среды, не являющиеся частью вышеуказанного, направленного наружу потока текучей среды, извлекаются из циклонного сепаратора 1 через его первый выход 6.

Фиг. 2 схематично изображает вид в разрезе резервуара 21 разделения, который может быть использован в некоторых вариантах осуществления данного изобретения. Резервуар 21 разделения имеет первую секцию, далее называемую трубчатой секцией 22, при использовании устанавливаемую, по существу, в вертикальной ориентации и соединенную со сборным баком 23. Сборный бак 23 обеспечен третьим выходом 26 и четвертым выходом 28. Трубчатая секция 22 обеспечена вторым входом 25 и пятым выходом 29. Второй вход 25 соединен со вторым выходом 7 циклонного сепаратора 1. В одном варианте осуществления второй вход 25 обеспечивает тангенциальный поток текучей среды в резервуар 21 разделения, например второй вход 25 расположен по касательной к окружности резервуара 21 разделения. Резервуар 21 разделения дополнительно содержит охлаждающее приспособление 31, схематично показанное на фиг. 2, и приспособление разделения 33.

Функции различных компонентов резервуара 21 разделения будут теперь объяснены для случая, когда он используется в способе удаления диоксида углерода из потока текучей среды согласно одному варианту осуществления данного изобретения.

Охлаждающее приспособление 31 обеспечивает заданные температурные условия в резервуаре 21 разделения, которые обеспечивают затвердевание обогащенной диоксидом углерода текучей среды, которая входит в резервуар 21 разделения через второй вход 25 в виде смеси. Другими словами, температура внутри резервуара 21 разделения должна оставаться ниже температуры затвердевания диоксида углерода, которая зависит от условий давления в резервуаре 21 разделения.

Внутри резервуара 21 разделения смесь, содержащая диоксид углерода, поступившая из второго выхода 7 циклонного сепаратора 1, разделяется по меньшей мере на три фракции. Эти фракции представляют собой первую фракцию газовых компонентов, вторую фракцию углеводорода, преимущественно в жидком состоянии, и третью фракцию диоксида углерода, преимущественно в твердом состоянии.

Первая фракция образуется из газовых компонентов, которые затягиваются вместе с жидкостями, выходящими из второго выхода 7. Охлаждающее приспособление 31 способно сохранять температуру внутри резервуара 21 разделения ниже температуры затвердевания текучей среды. Газовые компоненты не содержат много диоксида углерода, так как большая часть диоксида углерода будет растворена в жидкой смеси, как будет объясняться более подробно со ссылкой на фиг. 3. Обедненные диоксидом углерода газовые компоненты могут покидать резервуар 21 разделения через пятый выход 29.

В результате затвердевания диоксида углерода из жидкости в смеси, которое будет объяснено более подробно со ссылкой на фиг. 3, данная смесь, которая больше не содержит газовых компонентов, может разделяться на жидкий компонент, содержащий углеводород, и твердый компонент диоксида углерода с помощью приспособления 33 разделения. Возможные приспособления 33 разделения включают в себя гравитационный сепаратор, центрифугу и гидроциклон. В случае использования гравитационного сепаратора он предпочтительно содержит некоторое число сложенных пластин. В случае использования центрифуги она предпочтительно содержит установленный дисковый барабан. Приспособление 33 разделения в резервуаре 21 разделения сконструировано так, что углеводородные жидкие компоненты могут покидать резервуар 21 разделения через четвертый выход 28, и затвердевший диоксид углерода может покидать резервуар 21 разделения через третий выход 29.

В одном варианте осуществления устройство разделения текучей среды дополнительно содержит винтовой конвейер или спиральное разгрузочное устройство 35 в соединении с третьим выходом 29. Разгрузочное устройство 35 способно извлекать затвердевший диоксид углерода из резервуара 21 разделения.

В еще одном варианте осуществления внутренние поверхности элементов устройства разделения текучей среды, контактирующие с текучей средой, т.е. циклонный сепаратор 1, резервуар 21 разделения и одна или несколько труб или подобное, соединяющих второй выход 7 циклонного сепаратора 1 и второй вход 25 резервуара 21 разделения, снабжены неадгезивным покрытием. Неадгезивное покрытие предотвращает прилипание затвердевших компонентов текучей среды, т.е. диоксида углерода, к вышеуказанным внутренним поверхностям. Такое прилипание будет снижать эффективность устройства разделения текучей среды.

Фиг. 3а, 3б показывают типичную фазовую диаграмму природного газа, содержащего диоксид углерода, в которой схематично изображены различные варианты осуществления способа согласно данному изобретению. Данные фазы представлены как функция давления в барах и температуры в градусах Цельсия. В данном конкретном случае природный газ содержит 71 мол.% CO_2 . Дополнительно природный газ содержит 0,5 мол.% азота (N_2), 0,5 мол.% сероводорода (H_2S), 27 мол.% C_1 , т.е. углеводородов с одним атомом углерода в них, и 1 мол.% C_2 , т.е. углеводородов с двумя атомами углерода в них. Фазы обозначены следующим образом: V - пар, L - жидкость, С - твердый CO_2 . Области разных сосуществующих фаз разделяются посредством вычисленных межфазных границ.

На фиг. 3а условия потока текучей среды на первом входе 10 циклонного сепаратора 1, показанного на фиг. 1, соответствуют координатам 80 бар и -40°C , обозначенным как [НАЧАЛО] на диаграмме на фиг. 3а. Изотропная траектория вдоль стрелки А находится в жидкой области (II), тогда как изотропная траектория вдоль стрелки В находится в области (III) сосуществования пар/жидкость. В результате расширения в области (III) сосуществования может быть достигнуто метастабильное состояние в режиме жидкость/пар, следуя стрелке В, пока фазовый переход не происходит в определенных пересыщенных условиях. Результирующий процесс испарения будет затем восстанавливать равновесные условия. Дополнительно расширение потока текучей среды вдоль стрелки С может приводить в текучей среде к достижению метастабильного состояния в области (IVb) сосуществования пара/жидкости/твердого вещества или области (IVa) сосуществования пара/твердого вещества. Даже хотя вдоль траектории расширения, обозначенной стрелкой С, фазовый переход с образованием твердого диоксида углерода не будет происходить мгновенно, фракция диоксида углерода в паре будет истощаться, тогда как больше диоксида углерода растворяется в жидкости. В вариантах осуществления данного изобретения поток текучей среды может разделяться с помощью циклонного сепаратора текучей среды, например циклонного сепаратора текучей среды, описанного в публикации международной патентной заявки WO 2006/070019, на поток обогащенной диоксидом углерода текучей среды и поток обедненной диоксидом углерода текучей среды в конце траектории расширения, обозначенной стрелкой С. Отделенная, обогащенная диоксидом углерода текучая среда находится в неравновесном состоянии, которое будет оставаться только в течение ограниченного периода времени, порядка 10 мс. Поэтому обогащенная диоксидом углерода текучая среда подвергается рекомпрессии во втором выходе 7 выходной секции 5 циклонного сепаратора 1 и выпускается через второй выход 7 в резервуар 21 разделения, предпочтительно в упомянутом периоде времени, когда существует данное метастабильное состояние. Распад упомянутого метастабильного состояния приводит к образованию твердого вещества, что на практике означает, что растворенный в жидкости диоксид углерода затвердевает. В результате затвердевания диоксида углерода выделяется скрытая теплота, заставляющая расти температуру текучей среды. Поэтому отделенная, обогащенная диоксидом углерода текучая среда, входящая в резервуар 21 разделения, может охлаждаться, чтобы гарантировать, что текучая среда остается в области сосуществования пар/твердое вещество или пар/жидкость/твердое вещество. Упомянутый процесс охлаждения и рекомпрессии обогащенной диоксидом углерода текучей среды обозначается стрелкой D. В некоторых вариантах осуществления данного изобретения процесс дальнейшего затвердевания происходит в резервуаре 21 разделения. Состояние текучей среды в заново достигнутом равновесии внутри резервуара 21 разделения обозначается как [КОНЕЦ]. Затвердевший диоксид углерода удаляется через третий выход 26, как описано выше.

На фиг. 3б условия потока текучей среды на первом входе 10 циклонного сепаратора 1, показанного

на фиг. 1, соответствуют координатам приблизительно 85 бар и приблизительно 18°C, обозначенным как [НАЧАЛО] на диаграмме на фиг. 3b. Изотропная траектория вдоль стрелки A' находится в области (I) пара, тогда как изотропная траектория вдоль стрелки B' находится в области (III) сосуществования пар/жидкость. В результате расширения в области (III) сосуществования может быть достигнуто метастабильное состояние в режиме жидкость/пар, следуя стрелке B, пока фазовый переход не происходит в определенных условиях переохлаждения. Результирующий процесс конденсации будет затем восстанавливать равновесные условия. Дополнительно расширение потока текучей среды вдоль стрелки C' может приводить в текучей среде к достижению метастабильного состояния в области (IVb) сосуществования пара/жидкости/твердого вещества или области (IVa) сосуществования пара/твердого вещества. Даже вдоль траектории расширения, обозначенной стрелкой C', фазовый переход с образованием твердого диоксида углерода не будет происходить мгновенно. В вариантах осуществления данного изобретения поток текучей среды разделяется с помощью циклонного сепаратора 1 на поток обогащенной диоксидом углерода текучей среды и поток обедненной диоксидом углерода текучей среды в конце траектории расширения, обозначенной стрелкой C', процесс, описанный выше со ссылкой на фиг. 1. Кроме того, дополнительные подробности в отношении этого процесса могут быть найдены в публикации международной заявки WO 03/029739. Отделенная, обогащенная диоксидом углерода текучая среда находится в неравновесном состоянии, которое будет оставаться только в течение ограниченного периода времени, порядка 10 мс. Поэтому обогащенная диоксидом углерода текучая среда подвергается рекомпрессии в расходящейся выходной секции 5 циклонного сепаратора 1 и выпускается через второй выход 7 в резервуар 21 разделения, предпочтительно в упомянутом периоде времени, когда существует данное метастабильное состояние. Распад упомянутого метастабильного состояния приводит к образованию твердого диоксида углерода из сжиженной части данного потока текучей среды. В результате затвердевания диоксида углерода выделяется скрытая теплота, заставляющая расти температуру текучей среды. Поэтому отделенная, обогащенная диоксидом углерода текучая среда, входящая в резервуар 21 разделения, может охлаждаться, чтобы гарантировать, что текучая среда остается в области сосуществования пар/твердое вещество или пар/жидкость/твердое вещество. Упомянутый процесс охлаждения и рекомпрессии обогащенной диоксидом углерода текучей среды обозначается стрелкой D'.

В некоторых вариантах осуществления данного изобретения процесс затвердевания происходит в резервуаре 21 разделения. Состояние текучей среды в заново достигнутом равновесии внутри резервуара 21 разделения обозначается как [КОНЕЦ]. Опять, затвердевший диоксид углерода удаляется через третий выход 26, как описано выше.

Хотя выше были описаны конкретные варианты осуществления данного изобретения, будет понятно, что данное изобретение может быть реализовано иным путем, чем описано. Описание выше предназначено быть иллюстративным, не ограничивающим. Таким образом, специалисту в данной области техники будет понятно, что к описанным вариантам осуществления данного изобретения могут быть сделаны модификации без отклонения от объема формулы изобретения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Устройство разделения текучей среды для удаления диоксида углерода из потока текучей среды, содержащее циклонный сепаратор текучей среды, имеющий суженную часть, расположенную между сходящейся входной секцией для текучей среды и расходящейся выходной секцией для текучей среды; и расположенное во входной секции для текучей среды и создающее завихрение средство для создания турбулентного движения текучей среды, содержащей диоксид углерода, при этом сходящаяся входная секция текучей среды содержит вход для компонентов текучей среды, а расходящаяся выходная секция текучей среды содержит первый выход для обедненной диоксидом углерода текучей среды и второй выход для обогащенной диоксидом углерода текучей среды, резервуар разделения, имеющий трубчатую секцию, соединенную со сборным баком и имеющую вход, соединенный со вторым выходом циклонного сепаратора и расположенный по касательной к периферии резервуара разделения, а сборный бак имеет выход для затвердевшего диоксида углерода.

2. Устройство разделения текучей среды по п.1, в котором трубчатая секция резервуара разделения дополнительно снабжена выходом для извлечения обедненных диоксидом углерода газовых компонентов.

3. Устройство разделения текучей среды по п.1 или 2, в котором сборный бак снабжен дополнительным выходом для извлечения углеводородных жидких компонентов.

4. Устройство разделения текучей среды по любому из пп.1-3, в котором резервуар разделения дополнительно содержит охлаждающее приспособление для обеспечения в нем заданных температурных условий для затвердевания обогащенного диоксидом углерода текучей среды.

5. Устройство разделения текучей среды по любому из пп.1-4, которое дополнительно содержит спиральное разгрузочное средство, соединенное с выходом сборного бака и обеспечивающее извлечение затвердевшего диоксида углерода через указанный выход путем перемещения.

6. Устройство разделения текучей среды по любому из пп.1-5, в котором создающее завихрение

средство содержит несколько создающих завихрение лопастей.

7. Устройство разделения текучей среды по п.6, в котором создающие завихрение лопасти расположены в суженной части циклонного сепаратора.

8. Устройство разделения текучей среды по любому из пп.1-7, в котором внутренние поверхности элементов указанного устройства, контактирующие с текучей средой, снабжены неадгезивным покрытием.

9. Способ удаления диоксида углерода из потока текучей среды с использованием устройства разделения текучей среды по одному из пп.1-8, содержащий следующие стадии:

подача на вход циклонного сепаратора потока текучей среды, содержащего диоксид углерода при его мольном содержании более 10%;

придание турбулентного движения потоку текучей среды для обеспечения направленного наружу движения по меньшей мере одного из конденсированных компонентов и затвердевших компонентов в потоке текучей среды ниже по ходу от создающего завихрения средства и формирования направленного наружу потока текучей среды, при этом созданный вихревой поток достигает околосвуковой и сверхзвуковой скорости;

расширение вихревого потока текучей среды для формирования компонентов сжиженного диоксида углерода в метастабильном состоянии в потоке текучей среды и обеспечения направленного наружу движения компонентов сжиженного диоксида углерода в метастабильном состоянии под действием турбулентного движения;

извлечение направленного наружу потока текучей среды, содержащего компоненты сжиженного диоксида углерода в метастабильном состоянии, из циклонного сепаратора текучей среды через второй выход;

подача извлеченного, направленного наружу потока текучей среды в виде смеси в резервуар разделения через его вход;

направление смеси через трубчатую секцию резервуара разделения в направлении сборного бака, обеспечивая рабочие условия для образования в трубчатой секции затвердевшего диоксида углерода из компонентов сжиженного диоксида углерода в метастабильном состоянии;

извлечение затвердевшего диоксида углерода через выход сборного бака.

10. Способ по п.9, дополнительно содержащий этап извлечения обедненных диоксидом углерода газовых компонентов через дополнительный выход.

11. Способ по п.9 или 10, дополнительно содержащий этап извлечения углеводородных жидких компонентов через другой дополнительный выход.

12. Способ по любому из пп.9-11, дополнительно содержащий поддержание в резервуаре посредством охлаждающего приспособления заданных температурных условий для затвердевания обогащенной диоксидом углерода текучей среды.

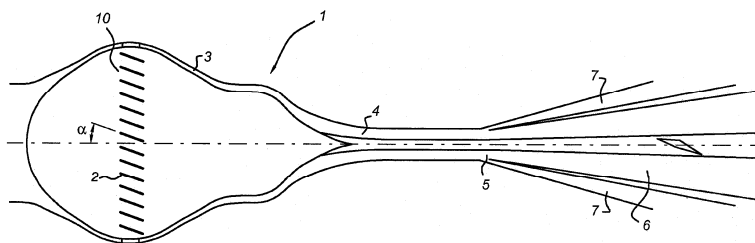
13. Способ по любому из пп.9-12, в котором извлечение затвердевшего диоксида углерода выполняется посредством перемещения спирального разгрузочного устройства.

14. Способ по любому из пп.11-13, в котором расширение вихревого потока текучей среды обеспечивает достижение вихревым потоком текучей среды сверхзвуковой скорости.

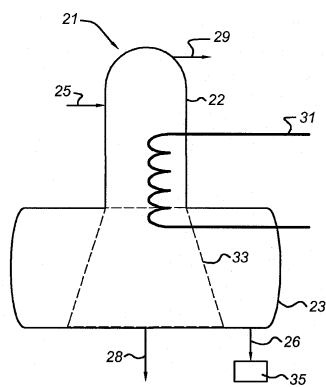
15. Способ по п.14, в котором расширение вихревого потока текучей среды дополнительно обеспечивает достижение температуры ниже 200 К.

16. Способ по п.14 или 15, в котором расширение вихревого потока текучей среды дополнительно обеспечивает достижение давления ниже 50% от давления на входе циклонного сепаратора.

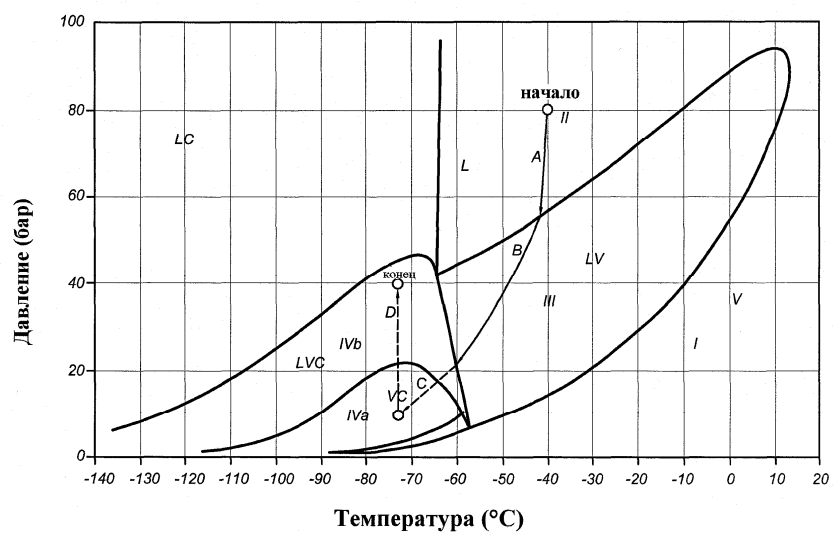
17. Способ по любому из пп.11-16, в котором подача направленного наружу потока текучей среды в виде смеси в резервуар разделения через вход обеспечивает тангенциальный поток текучей среды.



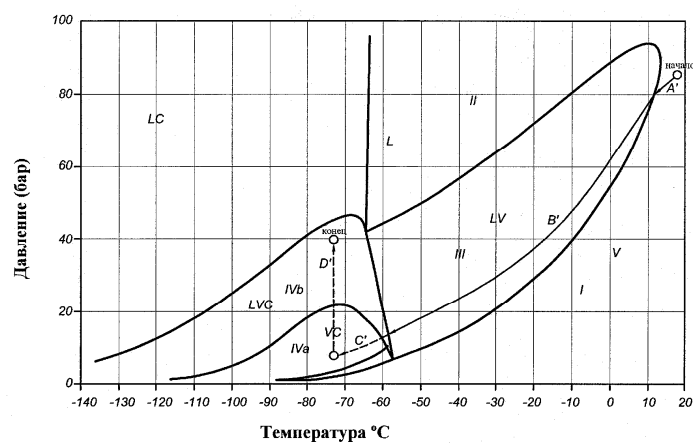
Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3а



Фиг. 3б



Евразийская патентная организация, ЕАПВ

Россия, 109012, Москва, Малый Черкасский пер., 2