

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **034668**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2020.03.04**

(51) Int. Cl. *F25J 3/02* (2006.01)

(21) Номер заявки  
**201690799**

(22) Дата подачи заявки  
**2014.10.14**

---

(54) **СПОСОБ ДЕАЗОТИРОВАНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА С ПОМОЩЬЮ ИЛИ БЕЗ ПОМОЩИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ГЕЛИЯ**

---

(31) **1360138**

(56) **US-A-4948405**

(32) **2013.10.18**

**US-A-4758258**

(33) **FR**

**DE-A1-10215125**

(43) **2016.08.31**

**US-A-4357153**

(86) **PCT/FR2014/052606**

**DE-U1-202009010874**

(87) **WO 2015/055938 2015.04.23**

**JP-A-S5420986**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:

**EP-A2-1426717**

**Л'ЭР ЛИКИД, СОСЬЕТЕ  
АНОНИМ ПУР Л'ЭТЮД Э  
Л'ЭКСПЛУАТАСЬОН ДЕ ПРОСЕДЕ  
ЖОРЖ КЛОД (FR)**

**US-A-2557171**

(72) Изобретатель:

**Брилья Ален (CN), Шунк Селим (FR)**

(74) Представитель:

**Медведев В.Н. (RU)**

---

(57) В способе деазотирования природного газа путем дистилляции природный газ (11, 12), охлажденный в линии обмена (1), выделяют в системе колонн, содержащей по меньшей мере одну колонну (2, 3), газ (18), обогащенный азотом, вытягивают из одной колонны (3) системы колонн, и он нагревается в линии обмена, жидкость (13), обогащенную метаном, вытягивают из одной колонны (3) системы колонн, сжимают и испаряют в линии обмена, по меньшей мере, до достижения давления испарения, а по меньшей мере одна часть охлажденного природного газа расширяется в газообразной форме в турбине (7) и направляется в колонну (2) системы колонн в газообразной форме.

---

**B1**

**034668**

**034668**

**B1**

Настоящее изобретение относится к способам деазотирования природного газа с помощью или без помощи восстановления гелия.

Используемые месторождения природного газа содержат множество азота. Это объясняется, в частности, истощением и разрежением месторождений, достаточно богатых, чтобы перед реализацией газа не требовалась никакая обогащающая обработка.

Часто бывает, что эти источники природного газа содержат также гелий. Последний может представлять собой ценность при осуществлении предварительного концентрирования, перед конечной обработкой и сжижением.

Нестандартные источники, такие как газ сланцевой породы, также являются проблематичными: чтобы их сделать пригодными для реализации, возможно придется повысить их теплопроизводительность, посредством предварительной обработки, которая состоит из деазотирования сырьевого газа.

В US-A-4778498 описана двойная колонна, используемая для деазотирования природного газа.

Из работы "Nitrogen Removal from Natural Gas", M. Streich, представленной на NCR12 в Мадриде в 1967 г., известно, как можно использовать турбину для расширения природного газа, для его выделения в двойной колонне для деазотирования.

В блоках деазотирования природного газа в основном обрабатывают газы, которые поступают непосредственно из скважин при повышенном давлении. После деазотирования обработанный газ необходимо вернуть в сеть, часто при давлении, близком к его входному давлению.

Деазотирование природного газа в большинстве случаев вызывает необходимость создания технологий криогенной дистилляции, которые имеют место при давлениях более низких, чем давления в источниках. Например, источники могут находиться при давлениях порядка 60-80 бар, тогда как криогенное разделение осуществляется при давлениях, колеблющихся от 30 бар до давления, чуть превышающего атмосферное давление. Как правило, природный газ, очищенный от азота, получают при низком давлении, и для его введения в сеть его необходимо закачивать и/или сжимать.

Для адаптации теплового и энергетического баланса и для минимизации эксплуатационных расходов блока природный газ, очищенный от азота, можно получать при различных уровнях давления на выходе из холодильной камеры. Различные потоки затем сжимают путем внешнего сжатия до достижения желаемого давления.

В дополнение дистилляция при давлениях, превышающих 12 бар, как правило, плохо подходит для использования структурированных уплотнений по причине эффекта "стиральной машины", связанного со сближением плотностей газа и жидкости, проходящей через колонны, что влечет за собой использование тарелок для этих уровней давления.

Изобретение заключается в применении расширенного природного газа в различных рабочих турбинах с его использованием, в частности, для осуществления холодного сжатия. Речь может идти о сжатии продукта (обычно природного газа, очищенного от азота) и/или о сжатии внутренней технологической текучей среды. Например, сжатие газа наверху двойной колонны при высоком технологическом давлении позволяет уменьшить давление этой колонны.

Такой способ может, в частности, позволить

уменьшить эксплуатационные расходы за счет оптимизации энергопотребления;

снизить капиталовложения;

улучшить дистилляцию;

и если это приемлемо, повысить эффективность экстракции гелия.

Согласно задаче изобретения обеспечен способ деазотирования природного газа путем дистилляции, в котором:

i) природный газ, охлажденный в линии обмена, выделяют в системе колонн, содержащей по меньшей мере, одну колонну,

ii) газ, обогащенный азотом, вытягивают из одной колонны системы колонн, и он нагревается в линии обмена,

iii) жидкость, обогащенную метаном, вытягивают из одной колонны системы колонн, сжимают и испаряют в линии обмена, по меньшей мере, при давлении испарения, и по меньшей мере одна часть охлажденного природного газа расширяется в газообразной форме в турбине и направляется в колонну системы колонн в газообразной форме,

отличается тем, что жидкость, обогащенная метаном, испаряется, по меньшей мере, при двух давлениях, или даже при трех.

Согласно другим факультативным признакам одна вторая часть природного газа конденсируется, по меньшей мере, частично и направляется, по меньшей мере, частично в сконденсированном виде в колонну системы колонн.

Жидкость, обогащенную метаном, откачанную из одной колонны системы полностью или частично, закачивают при одном или нескольких уровнях давления перед ее испарением в линии обмена.

Жидкость, обогащенную метаном, предварительно закачанную, делят по меньшей мере на две фракции, из которых по меньшей мере одна фракция расширяется в клапане перед ее испарением в линии обмена.

Энергия, подаваемая турбиной, используется по меньшей мере в одном компрессоре, который сжимает технологический газ, причем компрессор имеет входную температуру, более низкую, чем температура окружающей среды, и даже более низкую, чем  $-150^{\circ}\text{C}$ .

Компрессор приводится в действие непосредственно турбиной.

Технологический газ представляет собой природный газ, предназначенный для выделения, причем газ получают путем дистилляции, например, газа, обогащенного азотом, или газа, служащего для переноса тепла из одной колонны системы к другой.

Технологический газ получают путем испарения жидкости, обогащенной метаном в линии обмена.

Технологический газ вытягивают из линии обмена для сжатия в компрессоре, а затем при необходимости отправляют на линию обмена.

Технологический газ представляет собой газ, обогащенный азотом, исходящий из одной колонны системы колонн, который сжимают в компрессоре, а затем используют для нагрева куба другой колонны системы.

Система содержит первую колонну, функционирующую при первом давлении, вторую колонну, функционирующую при втором давлении, более низком, чем первое давление, причем вторая колонна термически связана с первой колонной, причем природный газ отправляют на первую колонну, для получения кубовой жидкости и газа головки колонны, причем по меньшей мере одну часть кубовой жидкости отправляют во вторую колонну, причем по меньшей мере одна часть газа головки колонны служит для нагрева куба второй колонны, а газ, обогащенный азотом, вытягивают из головки второй колонны, а жидкость, обогащенную метаном, вытягивают из куба второй колонны, и затем газ, расширившийся в турбине, отправляют в первую колонну в газообразной форме.

Промежуточная жидкость из первой колонны расширяется, и ее отправляют во вторую колонну на промежуточный уровень или в ее головку.

При 1-80% разделяемого газа, предпочтительно при 5-5% и даже при 25-35% разделяемого газа он расширяется в газообразной форме в расширительной турбине.

По меньшей мере одна часть природного газа, охлажденная в теплообменнике и отправленная в турбину, остается газообразной в ходе ее охлаждения выше по потоку относительно турбины.

Часть природного газа, предназначенную для турбины, вытягивают на промежуточном уровне теплообменника.

Вторая часть природного газа охлаждается настолько, насколько охлаждается холодный конец теплообменника.

Изобретение будет более подробно описано со ссылкой на чертежи, которые иллюстрируют способы согласно изобретению.

Во всех случаях способ осуществляют в изолированной холодильной камере, которая содержит линию обмена 1 и двойную колонну 2, 3, содержащую первую колонну 2, функционирующую при 10-30 бар, и вторую колонну 3, функционирующую при 0,8-3 бар. Первая колонна 2 термически связана со второй колонной 3 посредством испарителя-конденсатора 5. Линия обмена содержит по меньшей мере один теплообменник, предпочтительно с тарелками и ребрами, изготовленными из омедненного алюминия.

На всех чертежах природный газ 10, который, как правило, подается под давлением, превышающим 35 бар, охлаждается в линии обмена 1. При промежуточной температуре последней одну часть 11 природного газа, представляющую собой 1-80% разделяемого газа, предпочтительно 5-55%, и даже 25-35% разделяемого газа, вытягивают из линии обмена 1, и он расширяется в газообразной форме в расширительной турбине 7, которая производит текучую среду, которую отправляют в куб первой колонны, для ее разделения. Остаток природного газа 12 претерпевает охлаждение в линии обмена, где он конденсируется, а затем расширяется в расширительном клапане перед отправлением в форме жидкости в первую колонну. Снабженная этими двумя текучими средами колонна 2 разделяет природный газ на жидкость, обогащенную метаном 21 в кубе колонны, и на газ, обогащенный азотом в головке колонны. Газ используют для нагрева в испарителе-конденсаторе 5, где он конденсируется и обеспечивает отток в головку колонны 2. Кубовая жидкость охлаждается в переохладителе 4 и расширяется для ее отправки на промежуточный уровень второй колонны 3. Промежуточная жидкость 23 из первой колонны 2 дополнительно охлаждается, расширяется и отправляется в головку второй колонны 23.

Остаток азота 18 вытягивается в головку колонны и нагревается в теплообменниках 4, 1.

Несконденсированные газы, обогащенные гелием и азотом 17, покидают испаритель 5 и нагреваются в теплообменниках 4, 1.

На фиг. 1 жидкость 13, обогащенную метаном, поступающую из второй колонны 3, вытягивают в ее куб, прокачивают при высоком давлении посредством насоса 6, дополнительно охлаждают, а затем разделяют, как поток 14, на три фракции. Одна фракция 15А испаряется в линии обмена 1 при выходном давлении насоса 6. Фракции 15, 15В расширяют при отличных друг от друга давлениях с помощью клапанов, и каждая из них испаряется в линии обмена при различных давлениях испарения.

Фракция 15 покидает линию обмена в виде газового потока 16.

На фиг. 2 жидкость 14 делят таким же образом, но жидкость 15 испаряется в линии обмена 1, поки-

дает последнюю, сжимается под действием холода во вспомогательном компрессоре СВР перед тем, как направляется назад в линию обмена 1, для ее последующего нагрева. Этот вспомогательный компрессор СВР использует энергию турбины 7.

На фиг. 3 жидкости, полученные путем деления жидкости 14, испаряются тем же образом, что и на фиг. 1. Напротив, газ 25, обогащенный азотом, из головки первой колонны 2 сжимают до достижения давления 17-30 бар в холодном вспомогательном компрессоре, СВІ, который имеет входную температуру, как правило, более низкую, чем  $-150^{\circ}\text{C}$ . Сжатый азот используют для нагрева испарителя 5, где он конденсируется в виде текучей среды 27, расширяющейся в клапане и направляющейся назад в головку колонны 2.

Первая и вторая колонны могут быть заменены одной простой колонной.

Оборудование: 1 - главная линия обмена, 2 - первая колонна высокого давления, 3 - вторая колонна низкого давления, 4 - переохладитель, 5 - испарительный конденсатор, 6 - насос для метана, 7 - расширительная турбина, СВР - рабочий холодный вспомогательный компрессор, СВІ - холодный вспомогательный компрессор для внутренней текучей среды.

Текущие среды: 10 - обрабатываемый природный газ, 11 - природный газ, обрабатываемый для турбины, 12 - природный газ, обрабатываемый для расширения, 13 - жидкий метан низкого давления, 14 - жидкий метан высокого давления, 15 - жидкий метан среднего давления, 16 - газообразный метан среднего давления, 17 - смесь азота и гелия, 18 - остаточный азот.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ деазотирования природного газа путем дистилляции, в котором:

i) природный газ (11, 12), охлажденный в линии теплообмена (1), разделяют в системе колонн, содержащей первую колонну (2) и вторую колонну (3),

ii) газ (18), обогащенный азотом, отводят из второй колонны (3) системы колонн и нагревают в переохладителе (4),

iii) жидкость (13), обогащенную метаном, отводят из второй колонны (3) системы колонн, сжимают и испаряют в переохладителе (4), по меньшей мере, при давлении испарения и по меньшей мере одну часть упомянутого охлажденного природного газа расширяют в турбине (7) и направляют в первую колонну (2) системы колонн в газообразной форме,

отличающийся тем, что жидкость (14), обогащенную метаном, полученную после испарения в переохладителе (4), дополнительно испаряют в упомянутой линии теплообмена (1) при давлении, превышающем вышеуказанное давление испарения в два или три раза, с получением при этом деазотированного природного газа, при этом

энергию, генерируемую турбиной (7), используют в компрессоре, в котором сжимают технологический газ, причем компрессор имеет входную температуру ниже  $-150^{\circ}\text{C}$ ;

компрессор приводят в действие непосредственно турбиной (7), причем упомянутый технологический газ представляет собой полученный деазотированный природный газ (15).

2. Способ по п.1, в котором одну вторую часть (12) природного газа конденсируют, по меньшей мере частично, и направляют, по меньшей мере частично, в сконденсированном виде в колонну (2) системы колонн.

3. Способ по любому из пп.1 или 2, в котором жидкость, обогащенную метаном (13), откачанную из одной колонны (3) системы, полностью или частично закачивают при одном или нескольких уровнях давления в линию теплообмена (1) до ее испарения.

4. Способ по п.3, в котором упомянутую жидкость, обогащенную метаном (14), предварительно закачанную, делят по меньшей мере на две фракции (15, 15А, 15В), из которых по меньшей мере одну расширяют в клапане перед ее испарением в линии обмена.

5. Способ по любому из пп.1-4, в котором первая колонна функционирует при первом давлении (2), вторая колонна (3) функционирует при одном втором давлении, более низком, чем первое давление, причем вторая колонна термически связана с первой колонной, причем природный газ (11, 12) отправляют на первую колонну для получения кубовой жидкости (13) и газа (18) головки колонны, причем по меньшей мере одну часть обогащенной кубовой жидкости отправляют во вторую колонну, по меньшей мере одну часть газа головки колонны используют для нагрева куба второй колонны, газ (18), обогащенный азотом, отводят из головки второй колонны, а жидкость, обогащенную метаном, отводят из куба второй колонны, и указанный газ, расширенный в турбине (7), отправляют в первую колонну в газообразной форме.

6. Способ по п.5, в котором промежуточная жидкость (23) из первой колонны (2) расширяется, и ее отправляют во вторую колонну (3) на ее промежуточный уровень или в головку.

7. Способ по любому из пп.1-6, в котором по меньшей мере одна часть природного газа, охлажденного в линии теплообмена (1) и отправленного на турбину (7), в ходе его охлаждения выше по потоку относительно турбины (7) остается газообразной.

8. Способ по любому из пп.1-7, в котором часть природного газа (11), предназначенную для турби-



