

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **036459**

(13) **B1**

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

**(45)** Дата публикации и выдачи патента  
**2020.11.12**

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

**(21)** Номер заявки  
**201891034**

**(22)** Дата подачи заявки  
**2016.10.05**

---

**(54) ОПТИМИЗАЦИЯ СПОСОБА ДЕАЗОТИРОВАНИЯ ПОТОКА ПРИРОДНОГО ГАЗА**

---

**(31)** 1560529

**(56)** FR-A1-2296607

**(32)** 2015.11.03

HARVEY L. VINES: "Upgrading Natural Gas", CHEMICAL ENGINEERING PROGRESS, AMERICAN INSTITUTE OF CHEMICAL ENGINEERS, NEW YORK, NY, US, vol. 82, no. 11, 1 November 1986 (1986-11-01), pages 46-50, XP001269618, ISSN: 0360-7275, figure 4

**(33)** FR

**(43)** 2018.09.28

**(86)** PCT/FR2016/052557

**(87)** WO 2017/077205 2017.05.11

US-A1-2006032269

**(71)(73)** Заявитель и патентовладелец:

US-A1-2011067443

**ЛЬЕР ЛИКИД, СОСЬЕТЕ  
АНОНИМ ПУР ЛЬЕТИЮД Э  
ЛЬЕКСПЛОАТАСЁН ДЭ ПРОСЕДЕ  
ЖОРЖ КЛОД (FR)**

US-A-3702541

US-A1-2006005573

US-A-6116051

**(72)** Изобретатель:  
**Террьер Поль, Виктор Мари-Паскаль,  
Гранадос Людовик, Мурино Мишель,  
Демольен Берtrand (FR)**

**(74)** Представитель:  
**Харин А.В., Буре Н.Н., Стойко Г.В.  
(RU)**

---

**(57)** Предложен способ разделения компонентов подлежащей обработке смеси газов, содержащей метан, азот и по меньшей мере один углеводород, содержащий по меньшей мере два атома углерода, или смесь таких углеводородов, включающий следующие стадии: а) введение подлежащей обработке смеси газов в первую ректификационную колонну с получением в верхней части колонны обогащенного метаном первого потока газов и на уровне ниже верхней части указанной колонны другого потока газов; б) введение указанного другого потока газов, полученного на стадии а), во вторую ректификационную колонну на уровне ниже верхней части указанной второй колонны с получением в верхней части данной колонны второго потока газов с высоким содержанием метана, характеризующийся тем, что содержание азота в указанном втором потоке газов составляет по меньшей мере в 1,5 раза меньше, чем содержание азота в первом потоке газов, и при этом от 5 до 30 мол.% метана, который изначально присутствует в подлежащей обработке смеси газов, входит в состав второго потока (15') газов.

---

**B1**

**036459**

**036459**

**B1**

Настоящее изобретение относится к способу разделения компонентов смеси газов, содержащей метан, азот и углеводороды, более тяжелые, чем метан.

Следовательно, настоящее изобретение применяется к способам деазотирования природного газа с извлечением гелия или без него.

Природный газ востребован для применения в качестве топлива, предназначенного к использованию для обогрева зданий, для обеспечения тепла для промышленных способов получения электроэнергии, для применения в качестве сырья для различных синтетических способов получения олефинов, полимеров и т.п.

Природный газ находится во многих месторождениях, удаленных от пользователей природного газа. Природный газ обычно состоит из метана ( $C_1$ ), этана ( $C_2$ ) и более тяжелых соединений, таких как углеводороды, содержащие по меньшей мере три атома углерода, такие как пропан, бутан и т.д. ( $C_3+$ ).

Часто может быть выгодно отделять соединения  $C_2$  и  $C_3+$  от природного газа, чтобы продавать их в качестве отдельных побочных продуктов. Это объясняется тем, что их ценность обычно выше, чем у самого природного газа, поскольку их можно применять непосредственно для химических способов (например, изготовление этилена из этана), в качестве топлив ( $C_3/C_4$  является традиционным топливом, известным как СУГ (LPG)) или для многих других областей применения.

Другим компонентом, часто присутствующим в природном газе, является азот. Присутствие азота в природном газе может вызывать затруднения в соблюдении требований к природному газу (как правило, требуемого значения минимальной низшей теплоты сгорания). Еще более правильным является удаление углеводородов, более тяжелых, чем метан ( $C_2$  и  $C_3+$ ), поскольку они имеют более высокое значение низшей теплоты сгорания, чем метан, поэтому при их удалении значение низшей теплоты сгорания, таким образом, снижается, и затем его может быть необходимо увеличивать путем отделения азота.

Следовательно, прилагались определенные усилия для создания средств для удаления азота, присутствующего в природном газе.

Эксплуатируемые залежи природного газа содержат все увеличивающиеся количества азота. Это, в частности, объясняется выработкой и увеличением дефицита месторождений, достаточно богатых, чтобы перед выведением газа на рынок не требовалась обработка для обогащения.

Эти источники природного газа часто также содержат гелий. Последний можно вводить в коммерческое потребление путем проведения предварительного концентрирования перед конечной обработкой и сжижением.

Нетрадиционные ресурсы, такие как сланцевые газы, также имеют ту же проблему: чтобы сделать их реализуемыми на рынке, может оказаться необходимым увеличение значения их теплоты сгорания путем обработки, заключающейся в деазотировании газа.

Наиболее широко используемым способом разделения азота и углеводородов, более тяжелых, чем метан, является "криогенное разделение". Способ криогенного отделения азота, более конкретно способ с использованием двойной колонны, описан в заявке на патент US-A-4778498. На установках для деазотирования природного газа обычно осуществляют обработку газов, поступающих непосредственно из скважины при высоком давлении. После деазотирования обработанный газ должен быть возвращен в сеть, часто под давлением, близким к давлению на входе.

При эксплуатации залежей природного газа может быть предусмотрено множество стадий. Сравнительно общепринятой стадией после сушки и удаления примесей является отделение жидкостей, связанных с природным газом (NGL). У этой стадии может быть множество преимуществ, но часто они заключаются во вводе в коммерческое использование различных "тяжелых" углеводородных продуктов, содержащих по меньшей мере два атома углерода (соединений  $C_2$ ,  $C_3$  и т.д.), которые обычно продаются значительно дороже, чем продукт природного газа. Если природный газ содержит азот, существует риск снова получить природный газ со слишком низким значением теплоты сгорания вследствие полученного низкого содержания соединений  $C_2$ ,  $C_3$  и т.д. Поэтому обычно существует необходимость затем отделять азот от этого газа, чтобы сделать его пригодным для продажи.

Общепринятое решение состоит в борьбе с двумя проблемами независимо.

На первой установке осуществляют отделение NGL (далее обозначается как установка NGL), тогда как на второй установке осуществляют отделение азота от природного газа (далее обозначается как NRU). Преимуществом этого решения является эксплуатационная гибкость. Например, если установка NRU включает цикл охлаждения, связанные с этим устройства имеют ограниченную надежность, и сбой в работе компрессора цикла приведет к отключению NRU, но не приведет при этом к отключению NGL.

К сожалению, это отключение не сможет быть длительным, поскольку тогда будет необходимо сжигать продукцию (вследствие ее чрезмерно низкого значения теплоты сгорания). Кроме того, эта схема ограничена в отношении эффективности, поскольку весь газ охлаждается, а затем повторно нагревается в установке NGL, затем охлаждается и повторно нагревается в NRU.

При обработке в установке для отделения NGL значительную часть (обычно более 10%) подаваемого газа конденсируют. Во время данного конденсирования метан конденсируют с более тяжелыми углеводородами (соединениями  $C_2+$  и/или  $C_3+$ ). Затем обычно необходимо применение колонны под названием "деметанизатор" для повторного выпаривания метана и чтобы метан не был потерян в продуктах

$C_2+$  и/или  $C_3+$ . Если присутствует азот, он, с другой стороны, будет конденсирован в очень незначительном количестве и преимущественно снова перейдет в газообразную фазу, которую подают в колонну для деметанирования.

Таким образом, авторы настоящего изобретения разработали решение, которое позволяет решить указанные выше проблемы и при этом оптимизирует затраты энергии, такие как, например, связанные с потреблением электроэнергии при осуществлении данных способов.

Объектом настоящего изобретения является способ разделения компонентов подлежащей обработке смеси газов, содержащей метан, азот и по меньшей мере один углеводород, содержащий по меньшей мере два атома углерода, или смесь таких углеводородов, включающий следующие стадии:

а) введение подлежащей обработке смеси газов в первую ректификационную колонну с получением в верхней части колонны обогащенного метаном первого потока газов и на уровне ниже верхней части указанной колонны другого потока газов;

б) введение указанного другого потока газов, полученного на стадии а), во вторую ректификационную колонну на уровне ниже верхней части указанной второй колонны с получением в верхней части данной колонны второго потока газов с высоким содержанием метана, характеризующийся тем, что содержание азота в указанном втором потоке газов составляет по меньшей мере в 1,5 раза меньше, чем содержание азота в первом потоке газов, и при этом от 5 до 30 мол.% метана, который изначально присутствует в подлежащей обработке смеси газов, входит в состав второго потока газов.

Более конкретно объект настоящего изобретения относится к следующему.

Способ, определенный выше, который характеризуется тем, что он включает дополнительную стадию:

с) введение указанного обогащенного метаном первого потока газов, полученного на стадии а), в установку для деазотирования с отделением азота от остальных компонентов данного потока газов.

Способ, определенный выше, который характеризуется тем, что второй поток газов, полученный на стадии б), не обрабатывают в установке для деазотирования.

Способ, определенный выше, который характеризуется тем, что перед стадией а) он включает следующие стадии:

по меньшей мере частичная конденсация указанной подлежащей обработке смеси газов с получением двухфазной смеси;

нагнетание жидкой фазы из указанной двухфазной смеси в указанную первую колонну для деметанирования на первой ступени нагнетания;

нагнетание паровой фазы из указанной двухфазной смеси в указанную первую колонну для деметанирования на ступени нагнетания, отличной от указанной первой ступени.

Способ, определенный выше, который характеризуется тем, что поток газов, который извлекают из первой ректификационной колонны на стадии а), содержит не более половины от количества углеводородов, содержащих более двух атомов углерода, присутствующих в подаваемом газе.

Способ, определенный выше, который характеризуется тем, что указанная подлежащая обработке смесь газов содержит по меньшей мере 70 мол.% метана, по меньшей мере 4 мол.% азота и 2 мол.% углеводородов, содержащих по меньшей мере два атома углерода.

Способ, определенный выше, который характеризуется тем, что указанный поток газов, полученный на стадии б), извлекают непосредственно из указанной второй ректификационной колонны при давлении выше 20 бар абс., и при этом он содержит 95 мол.% метана.

Способ, определенный выше, который характеризуется тем, что часть второго потока газов с высоким содержанием метана и обедненного по азоту, полученного на стадии б), на выходе из верхней части второй ректификационной колонны сжимают и затем конденсируют для введения одной части в верхнюю часть первой ректификационной колонны и другой части в верхнюю часть второй ректификационной колонны для обеспечения возврата флегмы в указанных ректификационных колоннах.

Таким образом, способ, который представляет собой объект настоящего изобретения, делает возможным то преимущество, что только газ, который подают в колонну для метанирования, содержит азот в значительном количестве.

Это вызвано тем, что предложенное решение по сравнению со способами, известными из уровня техники, заключается в разделении стандартно используемой колонны для деметанирования на две, при этом в одной (другими словами, в первой ректификационной колонне) получают продукт природного газа с низким содержанием  $C_2+$  и высоким содержанием азота и в другой (другими словами, во второй ректификационной колонне) содержится продукт природного газа с низким содержанием  $C_2+$  и деазотированный.

Способ по настоящему изобретению обеспечивает возможность выделения неочищенного газа с высоким содержанием  $C_2+$  и азота (обычно по меньшей мере 1%  $C_2+$  и по меньшей мере 2% азота). В соответствии с конкретным вариантом осуществления способ в соответствии с настоящим изобретением обычно включает следующие стадии:

предварительная обработка подлежащего обработке неочищенного газа (например, отделение воды,  $CO_2$ , метанола и тяжелых углеводородов);

охлаждение неочищенного газа до первой температуры ниже окружающей среды (обычно от  $-30$  до  $-70^{\circ}\text{C}$ ) с возможностью получения охлажденного двухфазного потока;

разделение охлажденного двухфазного потока на первый газ и первую жидкость;

понижение давления по меньшей мере части указанного первого газа в турбине и его введение после понижения давления в среднюю часть верхней колонны для деметанирования, названной выше первой ректификационной колонной;

понижение давления по меньшей мере части первой жидкости для ее нагнетания в среднюю часть верхней колонны для деметанирования, названной выше первой ректификационной колонной;

извлечение по меньшей мере части потока газов на промежуточной ступени верхней колонны для деметанирования, названной выше первой ректификационной колонной, для его нагнетания в нижнюю колонну для деметанирования, названную выше второй ректификационной колонной, по меньшей мере на одну теоретическую ступень ниже верхней части колонны;

получение в верхней части верхней колонны для деметанирования газа с низким содержанием  $\text{C}_2+$  и высоким содержанием азота (более высоким, чем в неочищенном газе);

получение в верхней части нижней колонны для деметанирования газа с низким содержанием  $\text{C}_2+$  и низким содержанием азота (обычно содержащего по меньшей мере в два раза меньше азота по сравнению с газом в верхней части верхней колонны и предпочтительно содержащего менее 5% азота).

Это также обеспечивает возможность значительного упрощения обработки листового металла колонн для деметанирования, стандартно применяемых в способах, известных из уровня техники. Это вызвано тем, что обычно верхняя часть колонны гораздо шире, чем куб колонны, что накладывает механические ограничения и, таким образом, приводит к дополнительным затратам. Разделение колонн обеспечивает возможность устранения данного ограничения.

Для истощения верхней части нижней колонны для деметанирования обеспечивают дополнительный возврат флегмы. Данный возврат флегмы должен при возможности характеризоваться очень низким содержанием азота. Возможно несколько способов обеспечения данного возврата флегмы:

применение специального конденсатора, например с жидким метаном, при давлении более низком, чем в верхней части колонны; данный жидкий метан можно получать посредством части процесса ниже по потоку (NRU);

применение повторно сжатого и повторно конденсированного газа из нижней колонны для деметанирования.

Изобретение будет описано более подробно со ссылкой на чертеж, на котором проиллюстрирован конкретный пример осуществления способа по настоящему изобретению.

На чертеже поток 1 природного газа, прошедшего предварительную обработку (обычно подвергнутого отделению части по меньшей мере одного из следующих компонентов: воды,  $\text{CO}_2$ , метанола, соединений серы, очень тяжелых углеводородов, другими словами, имеющих более шести или семи атомов углерода (например, таких как соединения  $\text{C}_8+$ )), содержащего по меньшей мере 30 мол.% метана, по меньшей мере 0,1 мол.% углеводородов тяжелее метана (другими словами, содержащих по меньшей мере два атома углерода) и по меньшей мере от 4 до 50 или даже 80 мол.% азота вводят в систему 2 с обеспечением возможности, по меньшей мере, частичной конденсации указанного потока 1.

Давление данного потока 1 составляет от 20 бар абс. (бар абсолютного давления) до 100 бар абс. (как правило, от 30 до 70 бар абс.), и температура является близкой к температуре окружающей среды, например от 0 до  $60^{\circ}\text{C}$ .

Система 2 представляет собой, например, теплообменник. Смесь 3, выходящая из этой системы 2, находится в двухфазном (газ и жидкость) состоянии. Данную смесь 3 вводят в сепаратор 4 фаз.

Рабочее давление составляет от 20 до 100 бар абс., как правило, от 30 до 70 бар абс. Температура данного сепаратора составляет от  $-100$  до  $0^{\circ}\text{C}$ , как правило, от  $-80$  до  $-20^{\circ}\text{C}$ .

По меньшей мере, в части 8' газообразной фазы 8, полученной из сепаратора 4, понижают давление с помощью турбины 9. Поток, полученный из турбины 9, вводят в первую ректификационную колонну 7 по меньшей мере на одну теоретическую ступень 10, расположенную ниже верхней части указанной колонны 7.

В жидкой фазе 5, полученной из сепаратора 4, понижают давление с помощью клапана 6 и затем при давлении от 10 до 40 бар абс. и температуре, например, от  $-110$  до  $-30^{\circ}\text{C}$  нагнетают ее в указанную колонну 7 для деметанирования. Жидкую фазу 5 вводят на теоретическую ступень 10' ниже верхней части указанной колонны 7 и ниже ступени 10 для введения потока 9 газов.

В верхней части 14 первой ректификационной колонны 7 (верхняя часть = самый верхний выход колонны) извлекают обогащенный метаном поток 15 газов, как правило, содержащий менее 0,5 мол.% углеводородов, содержащих более двух атомов углерода (содержащий не более половины от количества тяжелых углеводородов, содержащих более 2 атомов углерода, присутствующих в подаваемом газе). Температура потока 15 газов составляет менее  $-80^{\circ}\text{C}$ .

На промежуточной ступени 38 (другими словами, по меньшей мере на одну ступень ниже верхней части 14 колонны 7) первой ректификационной колонны 7 поток 39 газов извлекают для введения в ко-

лонну 7' для деметанирования, также названную ниже второй ректификационной колонной 7', на ступень 10", расположенную ниже верхней части 14' колонны 7'.

Данный поток 39 газов, полученный из первой ректификационной колонны 7, обеднен по азоту (обычно содержит менее 10%, предпочтительно менее 5%) так же, как жидкая фаза 5, полученная из сепаратора 4. Под газом, обедненным по азоту, подразумевается поток газов с содержанием азота ниже половины содержания азота в изначальном подлежащем обработке потоке 1 газов и предпочтительно ниже четверти данного содержания. В результате во вторую ректификационную колонну 7' вводят очень малое количество азота. Следовательно, поток газов, который будут извлекать из данной второй ректификационной колонны, не нужно будет вводить в установку NRU, что значительно уменьшит нагрузку на данную установку NRU, в которой будут обрабатывать поток 15 газов, полученный из первой ректификационной колонны 7. Обычно от 10 до 20% метана, который изначально присутствует в подлежащем обработке потоке 1 газов, снова перейдет в данный жидкий поток 39, который вводят во вторую ректификационную колонну 7', и, таким образом, его не нужно будет вводить в установку NRU.

Жидкий поток 39', полученный в кубе 14" указанной второй ректификационной колонны 7', извлекают для введения в нижнюю часть 50 первой ректификационной колонны 7.

Жидкий поток 12 более тяжелых углеводородов, чем метан, извлекают в нижней части 16 колонны 7.

Ребойлер 11 размещают на уровне, который обеспечивает возможность повторного кипячения кубовой жидкости из колонны 7 для повторного нагрева части жидкости из указанной колонны с целью регулирования максимального предела метана, содержащегося в потоке 12 тяжелых углеводородов.

По меньшей мере 50 мол.% (как правило, по меньшей мере 85 мол.%) тяжелых углеводородов, присутствующих в подлежащей обработке смеси 1 газов, извлекаются в данном потоке 12. Предпочтительно извлекается по меньшей мере 90%.

Предпочтительно жидкий поток 12 углеводородов не содержит более 1 мол.% метана.

Для повторного нагрева нижней части колонны 7 (нижняя часть=ниже ввода жидкости, выходящей из сепаратора 4) может быть установлен теплообменник 13. В данный теплообменник подают подаваемый поток 1 газов. Данное повторное нагревание улучшает равновесие между поиском максимального выхода и чистоты выходящего потока из колонны 7 для деметанирования.

Под колонной для деметанирования подразумевается ректификационная колонна, предназначенная для получения по меньшей мере двух потоков разной композиции, исходя из подаваемого потока, подлежащего обработке в соответствии со способом по настоящему изобретению. По меньшей мере два потока представляют собой следующее: один из них, газообразный, в верхней части колонны, обедненный углеводородами, содержащими по меньшей мере два атома углерода, другими словами, содержащий менее половины "тяжелых" углеводородов, присутствующих в подаваемом газе (этан, пропан, бутан и т.д.), и другой в кубе колонны, в жидкой форме, обедненный по метану, который присутствует в подаваемом подлежащем обработке потоке.

В таблице ниже приведены молярные концентрации различных компонентов потоков на различных стадиях способа, изображенного на чертеже. Таким образом, можно видеть, что поток 39 представляет собой жидкость, содержащую в основном метан и в меньшей степени этан и пропан, и практически не содержит азота.

°	1	39	15	12	15'
Метан	88,6 %	93,5 %	93,9 %	1,4 %	97,4 %
Этан	4,8 %	5,7 %	0,4 %	69,9 %	0,4 %
Пропан	1,3 %	0,2 %	0,0 %	19,7 %	0,0 %
Изобутан	0,2 %	0,0 %	0,0 %	2,8 %	0,0 %
н-Бутан	0,3 %	0,0 %	0,0 %	4,5 %	0,0 %
Изопентан	0,1 %	0,0 %	0,0 %	1,0 %	0,0 %
н-Пентан	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,6 %	0,0 %
Гелий	0,1 %	0,0 %	0,2 %	0,0 %	0,1 %
Азот	4,5 %	0,6 %	5,5 %	0,0 %	2,1 %

Под установкой для деметанирования подразумевается любая система, включающая по меньшей мере одну ректификационную колонну для обогащения метаном газа из верхней части и обеднения по метану кубовой жидкости.

Можно конденсировать обогащенный метаном газ под давлением для улучшения его характеристик. Данное конденсирование проводят с помощью теплообменника 17, в который подают как часть 8" потока 8 газов, полученного из сепаратора 4, так и обогащенный метаном поток 15 газов, полученный из верхней части 14 ректификационной колонны 7. Здесь рассматривается только иллюстративный вариант осуществления способа, который представляет собой объект настоящего изобретения. Однако в соответ-

ствии с конкретным вариантом осуществления настоящего изобретения в данный теплообменник можно вводить третий поток, подлежащий конденсации. В соответствии с еще одним вариантом осуществления настоящего изобретения только один из двух описанных потоков необходимо будет конденсировать.

Под обогащенным метаном газом 15 подразумевается смесь газов, содержащая метан, азот и обычно менее 0,5% углеводородов, содержащих более двух атомов углерода (содержащая не более половины от количества тяжелых углеводородов, которые содержат более двух атомов углерода, присутствующих в подаваемом газе).

В потоке или потоках 18 (18a и 18b), который(которые) охлаждали в теплообменнике 17, понижают давление, например с помощью по меньшей мере одного клапана 19 (19a, 19b), и затем вводят в верхнюю часть 42 (верхняя часть = выше подачи 10, выходящей из турбины 9) колонны 7.

Поток 15' газов извлекают в верхней части 14' второй ректификационной колонны 7' при температуре от -80 до -120°C и при давлении выше 10 бар абс. (обычно от 15 до 30 бар абс). Данный поток 15' газов вводят в теплообменник 17, 27 или 2 с получением в конце процесса в виде природного газа под давлением (перед возможным последующим сжатием), близким к рабочему давлению колонны 7' (обычно от 10 до 30 бар абс), и при температуре, близкой к температуре окружающей среды (обычно от 0 до 60°C).

Обеспечивают возврат флегмы во второй ректификационной колонне 7' так же, как и возврат флегмы в первой ректификационной колонне 7, путем введения в ее верхнюю часть 41 по меньшей мере одного потока (на чертеже показано два) 18c и 18d, которые охлаждали в теплообменнике 17 и уменьшали их давление, например с помощью по меньшей мере одного клапана (19c, 19d).

В качестве альтернативы можно обеспечивать возврат флегмы в двух ректификационных колоннах 7 и 7', по меньшей мере частично, путем извлечения части потока 15' газов в верхней части второй колонны 7' и затем охлаждения в теплообменнике с последующим обеспечением указанного возврата частей флегмы.

Данные стадии обеспечения возврата флегмы являются необходимыми для подачи в две колонны 7 и 7' холодной жидкости с низким содержанием C<sub>2</sub>+.

Поток 20, повторно нагретый в теплообменнике 17, содержит не более половины от количества тяжелых углеводородов, содержащих более двух атомов углерода, присутствующих в подаваемом газе 1.

Поток 20 газов, повторно нагретый в теплообменнике 17 при температуре от -40 до -70°C, предпочтительно порядка -60°C, затем частично конденсируют посредством, например, теплообменника 21. На выходе из этого теплообменника 21 образуется двухфазный (газ/жидкость) поток 22 (содержащий от 20 до 80 мол.% газа).

В качестве альтернативы можно обойтись без предыдущей стадии, другими словами, без прохождения потока 15, который извлекали из верхней части колонны 7 для дегетанирования, в теплообменник 17. Таким образом, можно поддерживать температуру потока 15 ниже -80°C (или даже ниже -100°C) и вводить указанный поток 15 непосредственно в теплообменник 21 с получением потока 22.

Затем поток 22 передают в систему А для деазотирования. В системе А для деазотирования двухфазный поток 22 после необязательного понижения давления в клапане или турбине 23 (поток 24) вводят в сепаратор 25 фаз.

Жидкую фазу 29, полученную из сепаратора 25 фаз, после необязательного снижения давления в по меньшей мере одном клапане 42' (на чертеже показаны два клапана 42" и 42') повторно нагревают с помощью теплообменников 27, затем 21 и наконец 2 для последующего объединения с выходящим потоком 30 (на чертеже показаны два выходящих потока 30 и 30', поскольку в результате двух предыдущих понижений давления 42" и 42' получают поток 30' при среднем давлении и поток 30 при низком давлении) газа с высоким содержанием метана, полученного на выходе из процесса.

Под средним давлением подразумевается давление от 13 до 18 бар абс, обычно 15,5 бар абс. Под низким давлением подразумевается давление от 2 до 7 бар абс, обычно 5,7 бар абс.

Выходящие потоки 30, 30' и 40 содержат менее 5 мол.% азота.

Газообразную фазу 26, полученную из сепаратора 25, частично конденсируют в теплообменнике 27 и затем понижают ее давление на выходе из указанного теплообменника 27 с помощью турбины или клапана 28, после чего вводят в ректификационную колонну 31.

Ректификационная колонна 31 представляет собой колонну для отгонки азота, назначением которой является отделение азота от обогащенной метаном жидкости на выходе, также называемую колонной для деазотирования. Обогащенная метаном жидкость содержит менее 5 мол.% азота. В данном случае рассматривается ректификационная колонна, объединенная с ребойлером 32, но без связанной системы конденсации.

Поток 33 с высоким содержанием метана в жидкой форме извлекают в кубе колонны 31 при температуре ниже -100°C, предпочтительно ниже -110°C. Данный поток 33 содержит менее 5 мол.% азота, предпочтительно менее 4%. Затем жидкий поток 33 смешивают с жидкой фазой 29 из сепаратора 25 фаз и передают тем же путем к выходящим потокам 30, 30'.

Получают поток 36 газов с высоким содержанием азота при температуре ниже -110°C в верхней части 35 колонны 31. Указанный поток 36 с высоким содержанием азота содержит по меньшей мере

20 мол.% азота.

Поток 36 с высоким содержанием азота повторно нагревают с помощью последовательно расположенных теплообменников 27, 21, затем 2. Это также может быть один и тот же теплообменник в соответствии с конкретным вариантом осуществления настоящего изобретения. Более того, в соответствии с другим конкретным вариантом осуществления настоящего изобретения можно использовать более трех теплообменников.

Затем в результате образуется поток 37 при температуре, близкой к температуре окружающей среды (обычно выше  $-10$  и ниже  $50^{\circ}\text{C}$ ), который передают в дополнительную систему В для деазотирования. Назначение системы В для деазотирования заключается в получении потока газов с еще большим содержанием азота, чем в потоке 37. Данная система В может, например, включать по меньшей мере один сепаратор и одну колонну для деазотирования. Если требования к азоту на выходе из системы В являются строгими (обычно  $<100$  ppm), может оказаться необходимым добавление компрессора цикла, например компрессора азота или метана, в систему В для обеспечения возврата необходимой части флегмы с получением чистоты азота в верхней части колонны для деазотирования системы В.

На данном чертеже изображена конкретная установка NRU, но способ, который является объектом настоящего изобретения, применяется к любому типу установки NRU ниже по потоку относительно установки "NGL".

Способ, который является объектом настоящего изобретения, обеспечивает возможность экономии затрат в отношении, например, потребления электроэнергии. Это вызвано тем, что только часть метана, который содержится в подлежащем обработке газе, передают в установку NRU, в то время как другая часть, которая находится в кубе первой ректификационной установки в жидкой форме, не содержит азота, так что установка NRU ниже по потоку относительно установки NGL гораздо меньше загружена.

Более того, если обратиться к чертежу, на котором изображен вариант осуществления настоящего изобретения, можно видеть, что выходящий поток 40 уже находится под высоким давлением, так что конечному пользователю не нужно использовать компрессор для увеличения давления данного потока 40 (или, возможно, есть очень ограниченная необходимость в сжатии), только для потоков 30 и 30' потребуются значительное сжатие: это соответствует снижению затрат на потребление электричества порядка от 10 до 30%.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ разделения компонентов подлежащей обработке смеси (1) газов, содержащей метан, азот и по меньшей мере один углеводород, который содержит по меньшей мере два атома углерода, или смесь таких углеводородов, включающий следующие стадии:

а) введение подлежащей обработке смеси (1) газов в первую ректификационную колонну (7) с получением в верхней части (14) колонны (7) обогащенного метаном первого потока (15) газов и на уровне (38) ниже верхней части (14) указанной колонны (7) другого потока (39) газов;

б) введение указанного другого потока (39) газов, полученного на стадии а), во вторую ректификационную колонну (7') на уровне (10'') ниже верхней части (14') указанной второй колонны (7') с получением в верхней части (14') данной колонны (7') второго потока (15') газов с высоким содержанием метана,

отличающийся тем, что содержание азота в указанном втором потоке (15') газов составляет по меньшей мере в 1,5 раза меньше, чем содержание азота в первом потоке (15) газов, и при этом от 5 до 30 мол.% метана, который изначально присутствует в подлежащей обработке смеси (1) газов, входит в состав второго потока (15') газов; и

часть второго потока (15') газов с высоким содержанием метана и обедненного по азоту, полученного на стадии б), на выходе из верхней части (14') второй ректификационной колонны (7') сжимают и затем конденсируют для введения одной части (18а) в верхнюю часть (42) первой ректификационной колонны (7) и другой части (18с) в верхнюю часть (41) второй ректификационной колонны (7') для обеспечения возврата флегмы в указанных ректификационных колоннах (7 и 7').

2. Способ по предыдущему пункту, отличающийся тем, что он включает дополнительную стадию:

с) введение указанного обогащенного метаном первого потока (15) газов, полученного на стадии а), в установку (А) для деазотирования для отделения азота от остальных компонентов данного потока (15) газов.

3. Способ по предыдущему пункту, отличающийся тем, что второй поток (15') газов, полученный на стадии б), не обрабатывают в установке (А) для деазотирования.

4. Способ по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что перед стадией а) он включает следующие стадии:

по меньшей мере, частичная конденсация указанной подлежащей обработке смеси (1) газов с получением двухфазной смеси (3);

нагнетание жидкой фазы (5) из указанной двухфазной смеси (3) в указанную первую колонну (7) для деметанирования на первой ступени (10') нагнетания;

нагнетание паровой фазы (8) из указанной двухфазной смеси (3) в указанную первую колонну (7)

для деметанирования на ступени (10) нагнетания, отличной от указанной первой ступени (10').

5. Способ по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что поток (15) газов, который извлекают из первой ректификационной колонны (7) на стадии а), содержит не более половины от количества углеводородов, содержащих более двух атомов углерода, присутствующих в подаваемом газе (1).

6. Способ по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что указанная подлежащая обработке смесь (1) газов содержит 70 мол.% метана, по меньшей мере 4 мол.% азота и 2 мол.% углеводородов, содержащих по меньшей мере два атома углерода.

7. Способ по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что указанный поток (15') газов, полученный на стадии б), извлекают непосредственно из указанной второй ректификационной колонны (7') при давлении выше 20 бар абс., и при этом он содержит 95 мол.% метана.

