

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(21) **201891282** (13) **A1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ**

(43) Дата публикации заявки  
**2018.10.31**

(51) Int. Cl. **F25J 1/00** (2006.01)  
**F25J 1/02** (2006.01)  
**F25J 3/04** (2006.01)

(22) Дата подачи заявки  
**2016.11.08**

(54) **СПОСОБ СЖИЖЕНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА И АЗОТА**

(31) **1561923**

(32) **2015.12.07**

(33) **FR**

(86) **PCT/FR2016/052888**

(87) **WO 2017/098099 2017.06.15**

(71) Заявитель:

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

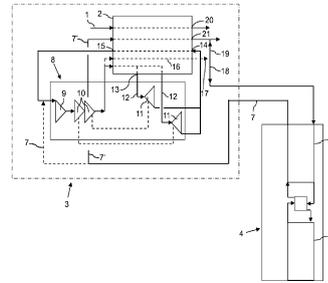
(72) Изобретатель:

**Шамброн Никола, Дубеттье-Гренье  
Ришар, Жоли Лоик, Мёнье Вианне,  
Шамлевский Кристоф (FR)**

(74) Представитель:

**Харин А.В., Котов И.О., Буре Н.Н.,  
Стойко Г.В. (RU)**

(57) Способ получения сжиженного природного газа и потока жидкого азота, включающий, по меньшей мере, следующие этапы: этап а): получение газообразного азота в блоке разделения воздуха (ASU); этап b): сжижение потока природного газа в блоке сжижения природного газа, содержащем главный теплообменник и систему для производства холода; этап с): сжижение потока азота, полученного на этапе а), в указанном главном обменнике блока сжижения природного газа параллельно со сжиженным на этапе b) природным газом; отличающийся тем, что весь холод, необходимый для сжижения потока азота и для сжижения природного газа, подается указанной системой для производства холода блока сжижения природного газа.



**A1**

**201891282**

**201891282**

**A1**

## Способ сжижения природного газа и азота

Настоящее изобретение относится к способу сжижения потока углеводородов, таких как природный газ, в частности, в способе получения сжиженного природного газа и потока жидкого азота. На стандартных установках для сжижения природного газа, использующих каскад смешанного хладагента, потоки хладагента применяют для производства холода на различных уровнях главного теплообменника путем испарения против потока углеводорода, предназначенного для сжижения (обычно природный газ).

Настоящее изобретение, в частности, подходит для применения на участке, где имеются блок разделения воздуха (ASU) и блок сжижения природного газа.

Сжижение природного газа является предпочтительным по ряду причин. Например, значительно проще природный газ хранится и транспортируется на огромные расстояния в жидком состоянии, а не в газообразной форме, поскольку он занимает меньший объем для данной массы и не требует хранения при высоком давлении.

Из предыдущего уровня техники, в частности из заявки на патент EP 1435497, известно термическое объединение блока разделения воздуха с блоком сжижения природного газа, в котором холод, необходимый для сжижения природного газа, производится блоком разделения воздуха при помощи жидкого азота.

Недостаток такой системы заключается в том, что количество азота, производимое блоком разделения воздуха, в целом недостаточно, чтобы избежать капитальных затрат на систему для производства холода (турбоагрегат, например) для блока сжижения природного газа.

Кроме того, сжижение природного газа жидким азотом является энергетически менее эффективным по сравнению с применением циклов охлаждения, таких как цикл азота, основанный на принципе обратного цикла Брайтона, или цикл, использующий смешанные хладагенты, основанный на испарении различных потоков углеводорода на

различных уровнях в обменнике, работа которого основана на процессе сжижения.

Изобретатели настоящего изобретения разработали решение описанной выше задачи, а именно: минимизировать капитальные затраты на систему для производства холода в блоке разделения воздуха и, как следствие, оптимизировать капитальные затраты, в то же время сохраняя оптимальную эффективность для сжижения природного газа в блоке сжижения.

Настоящее изобретение относится к способу получения сжиженного природного газа и потока жидкого азота, включающему по меньшей мере следующие этапы:

- этап а): получение газообразного азота в блоке разделения воздуха (ASU);

- этап b): сжижение потока природного газа в блоке сжижения природного газа, содержащем главный теплообменник и систему для производства холода;

- этап с): сжижение потока азота, полученного на этапе а), в указанном главном обменнике блока сжижения природного газа параллельно со сжиженным на этапе b) природным газом; характеризующемуся тем, что весь холод, необходимый для сжижения потока азота и для сжижения природного газа, подает указанная система для производства холода блока сжижения природного газа.

Согласно другим вариантам осуществления настоящее изобретение также относится к:

- способу, как описано выше, характеризующемуся тем, что блок разделения воздуха содержит по меньшей мере одну так называемую колонну высокого давления и по меньшей мере одну так называемую колонну низкого давления, причем газообразный азот, получаемый на этапе а), получают в верхней части колонны низкого давления;

- способу, как описано выше, характеризующемуся тем, что часть сжиженного азота, полученного из этапа с), подают обратно в блок разделения воздуха на уровне верхней части колонны низкого давления;

способу, как описано выше, характеризующемуся тем, что указанная система для производства холода содержит по меньшей мере один компрессор и по меньшей мере одну турбодетандер-бустерную систему;

способу, как описано выше, характеризующемуся тем, что блок сжижения содержит цикл охлаждения с подачей потока хладагента, содержащего по меньшей мере один из компонентов, выбранных из азота, метана, этилена, этана, бутана и пентана.

Настоящее изобретение также относится к устройству для получения сжиженного природного газа и сжиженного азота, содержащему блок разделения воздуха, производящий по меньшей мере один поток газообразного азота, и блок сжижения природного газа, причем указанный блок сжижения природного газа содержит по меньшей мере один главный теплообменник и систему для производства холода, характеризующемуся тем, что система для производства холода подходит и спроектирована для сжижения как потока азота из блока разделения воздуха, так и потока природного газа, циркулирующего в блоке сжижения природного газа.

В соответствии с конкретным вариантом осуществления настоящее изобретение относится к устройству, как описано выше, характеризующемуся тем, что указанная система для производства холода содержит по меньшей мере один компрессор и по меньшей мере одну турбодетандер-бустерную систему.

Целью настоящего изобретения является термическое соединение блока для сжижения газа, богатого углеводородом, обычно природного газа, с блоком разделения воздуха (ASU).

«Термическое соединение» означает объединение средств для производства холода для обеспечения термического баланса двух блоков, обычно воздушного компрессора, компрессора цикла охлаждения и необязательно турбодетандер-бустерной системы.

«Турбодетандер-бустерная система» означает турбодетандер, механически соединенный (посредством общего вала) с одноступенчатым компрессором, причем генерируемая

турбодетандером мощность передается непосредственно на одноступенчатый компрессор.

Поскольку требования по холоду блока сжижения природного газа обычно превосходят требования по холоду блока разделения воздуха, важно воспользоваться преимуществами машин (компрессоров и/или турбодетандера/бустеров) блока сжижения природного газа для обеспечения по меньшей мере частичного соблюдения требований по холоду блока разделения воздуха, а именно для ограничения капитальных затрат на оборудование блока разделения воздуха (ASU).

В частности, постепенно возрастающие расходы на повышение производительности сжижения ожижителя углеводорода значительно меньше постепенно возрастающих расходов на повышение производительности при производстве жидкости блока разделения воздуха.

Настоящее изобретение применяют, в частности, к блоку разделения воздуха, производящему один или несколько газообразных потоков, в том числе по меньшей мере один поток газообразного азота.

Этот поток газообразного азота направляют на главный обменник блока сжижения природного газа, где его подвергают сжижению параллельно с потоком природного газа. Холод, необходимый для сжижения этого потока газообразного азота, обеспечивается с помощью средств для производства холода самого цикла сжижения природного газа, обычно компрессора цикла, необязательно с турбодетандером/бустерами.

Перед отправкой в блок для сжижения природного газа поток газообразного азота может быть необязательно сжат для облегчения его сжижения.

После сжижения поток азота возвращают, по меньшей мере, частично в блок разделения воздуха, обычно в верхнюю часть колонны низкого давления для обеспечения там баланса холода.

Одним из преимуществ этого решения является то, что оно использует холодопроизводительность ожижителя природного газа для увеличения выхода кислорода и аргона из блока ASU, при этом ограничивая капитальные затраты. Это решение также позволяет блоку

ASU, который в своей первоначальной конфигурации производит почти только газообразные потоки и только небольшое количество жидкостей, получить большее количество жидких потоков, в то же время, ограничивая чрезмерное капиталовложение.

В конкретном случае цикла сжижения природного газа с помощью азота для производства холода предусмотрен компрессор цикла, а также по меньшей мере одна турбодетандер-бустерная система, причем поток газообразного азота из блока ASU предпочтительно вводят перед компрессором цикла для его сжатия там перед сжижением в главном обменнике блока сжижения природного газа.

Хотя способ согласно настоящему изобретению применим к различным потокам углеводородного сырья, он особенно подходит для сжижения потоков природного газа. Кроме того, специалист в этой области легко поймет, что после сжижения при необходимости сжиженный природный газ может быть подвергнут последующей обработке. В качестве примера, в полученном сжиженном природном газе давление может быть понижено с помощью клапана Джоуля-Томсона или с помощью турбодетандера.

Кроме того, могут быть осуществлены другие промежуточные этапы обработки между этапами разделения и охлаждения газа/жидкости. Поток углеводорода, подлежащий сжижению, обычно представляет поток природного газа, полученный из месторождений природного газа или нефтяных коллекторов. В качестве альтернативы поток природного газа может быть также получен из другого источника, в том числе синтетического источника, например, с помощью процесса Фишера-Тропша.

Обычно поток природного газа состоит в основном из метана. Предпочтительно подаваемый поток содержит по меньшей мере 60 мол. % метана, предпочтительно по меньшей мере 80 мол. % метана. В зависимости от источника природный газ может содержать некоторое количество углеводородов тяжелее метана, таких как этан, пропан, бутан и пентан, а также определенных ароматических углеводородов. Поток

природного газа может также содержать не углеводородные продукты, такие как  $H_2O$ ,  $N_2$ ,  $CO_2$ ,  $H_2S$  и другие соединения серы и т. д.

Подаваемый поток, содержащий природный газ, может быть предварительно обработан перед его подачей в теплообменник. Эта предварительная обработка может включать уменьшение содержания и/или удаление нежелательных компонентов, таких как  $CO_2$  и  $H_2S$ , или другие этапы, такие как предварительное охлаждение и/или повышение давления. Поскольку эти меры хорошо известны специалисту в данной области техники, они не описаны более подробно здесь.

Выражение «природный газ», как применяется в настоящей заявке, относится к любой композиции, содержащей углеводороды, в том числе метан. Это включает «сырую» композицию (перед любой обработкой, такой как очистка или промывка), а также любую композицию, которая частично, значительно или полностью обрабатывалась для уменьшения содержания и/или удаления одного или нескольких соединений, включая, но без ограничений, серу, диоксид углерода, воду и углеводороды, имеющие два или более атомов углерода.

Теплообменником может быть любая колонна, блок или другая система, подходящая для прохождения определенного количества потоков, и, следовательно, позволяющая осуществить прямой или непрямой теплообмен между одной или несколькими линиями хладагента и одним или несколькими подаваемыми потоками.

Изобретение будет описано более подробно со ссылкой на фигуру, на которой проиллюстрирована схема конкретного варианта осуществления способа по настоящему изобретению.

На фигуре поток 1 природного газа подают в главный теплообменник 2 блока 3 сжижения природного газа для сжижения. Поток 20 жидкого природного газа отбирают из блока 3 сжижения. Поток хладагента циркулирует в замкнутом цикле в этом главном теплообменнике 2 для подачи холода, необходимого для сжижения указанного потока 1 природного газа.

В частности, на представленной фигуре показан цикл сжижения с применением азота.

Однако могут быть применены другие типы циклов сжижения природного газа, например, обратный цикл Брайтона (в частности с подачей азота, но его также можно применять для самого цикла природного газа) или цикл, основанный на применении одного или нескольких смешанных хладагентов.

На том же участке блок 4 разделения воздуха (ASU), содержащий по меньшей мере одну так называемую колонну 6 высокого давления и так называемую колонну 5 низкого давления, производит поток 7 газообразного азота. Этот поток 7 азота подают в систему 8 для производства холода блока 3 сжижения с помощью компрессора 9. На выходе из компрессора поток азота подается по меньшей мере в один бустер 10, расположенный последовательно за компрессором 9. По меньшей мере часть потока из этого по меньшей мере одного бустера 10 сообщается по меньшей мере с одним турбодетандером 11, причем турбодетандер 11, соединенный с бустером 10, образует то, что в настоящей заявке называется турбодетандер-бустерной системой. На выходе из бустера 10 поток азота подается в главный теплообменник 2 для охлаждения параллельно с потоком 1 сжиженного природного газа в этом обменнике 2. Часть 12 газообразного потока, охлажденного таким образом, отбирают из обменника 2 на промежуточном уровне 13 с целью подачи в турбодетандер 11, соединенный с бустером 10, из которого получают газообразный поток, ранее поданный в обменник 2. На выходе из турбодетандера 11 поток азота подают обратно в теплообменник 2 на его самом холодном конце (т. е. на входе 14, где уровень температуры является самым низким уровнем температуры в обменнике 2). Поток азота, таким образом поданный в обменник, затем нагревается, поскольку на выходе 15 обменника 2 самый высокий уровень температуры, и затем направляют в компрессор 9 для прохождения в тот же канал, что и поток 7.

Другую часть 16 потока азота на выходе из бустера 10, поданную в теплообменник 2, которую не отобрали на промежуточном уровне 13, сжижают параллельно с потоком 1 природного газа. После сжижения поток 17 жидкого азота разделяется по меньшей мере на два потока 18 и 19. Поток 18 жидкого азота подают обратно в блок 4 разделения воздуха

путем подачи в верхнюю часть колонны 5 низкого давления блока 4. В свою очередь поток 19 жидкого азота предназначен для производства.

Вариант способа согласно настоящему изобретению заключается в подаче по меньшей мере одной части 7' потока 7 газообразного азота, отобранного из блока 4 разделения воздуха, непосредственно в главный теплообменник 2 для сжижения параллельно с потоком 1 природного газа и для отбора в жидкой форме на выходе 21 обменника, уровень температуры которого является самым низким и, таким образом, последующего объединения с потоком 19, предназначенным для производства.

### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ получения сжиженного природного газа и потока жидкого азота, включающий по меньшей мере следующие этапы:

- этап а): получение газообразного азота (7) в блоке (4) разделения воздуха (ASU);

- этап б): сжижение потока (1) природного газа в блоке (3) сжижения природного газа, содержащем главный теплообменник (2) и систему (8) для производства холода;

- этап с): сжижение потока (7) азота, полученного на этапе а), в указанном главном теплообменнике (2) блока (3) сжижения природного газа параллельно со сжиженным на этапе б) природным газом (20); отличающийся тем, что весь холод, необходимый для сжижения потока азота и для сжижения природного газа, подает указанная система (8) для производства холода блока (3) сжижения природного газа.

2. Способ по предыдущему пункту, отличающийся тем, что блок (4) разделения воздуха содержит по меньшей мере одну так называемую колонну (6) высокого давления и по меньшей мере одну так называемую колонну (5) низкого давления, причем газообразный азот, получаемый на этапе а), получают в верхней части колонны (5) низкого давления.

3. Способ по предыдущему пункту, отличающийся тем, что часть сжиженного азота, полученного на этапе с), подают обратно в блок (4) разделения воздуха на уровне верхней части колонны (5) низкого давления.

4. Способ по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что указанная система (8) для производства холода содержит по меньшей мере один компрессор (9) и по меньшей мере одну турбодетандер-бустерную систему (10, 11).

5. Способ по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что блок (3) сжижения содержит контур охлаждения с подачей потока

хладагента, содержащего по меньшей мере один из компонентов, выбранных из азота, метана, этилена, этана, бутана и пентана.

6. Устройство для получения сжиженного природного газа и сжиженного азота, содержащее блок (4) разделения воздуха, производящий по меньшей мере один поток (7) газообразного азота, и блок сжижения (3) природного газа, причем указанный блок (3) сжижения природного газа содержит по меньшей мере один главный теплообменник (2) и систему (8) для производства холода, отличающееся тем, что система (8) для производства холода подходит и спроектирована для сжижения как потока (7) азота, полученного из блока (4) разделения воздуха, так и потока (1) природного газа, циркулирующего в блоке (3) сжижения природного газа.

7. Устройство по предыдущему пункту, отличающееся тем, что указанная система (8) для производства холода содержит по меньшей мере один компрессор (9) и по меньшей мере одну турбодетандер-бустерную систему (10, 11).

