

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **037510**(13) **B1**(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2021.04.06

(21) Номер заявки
201792146

(22) Дата подачи заявки
2016.04.13

(51) Int. Cl. **F25J 3/06** (2006.01)
F25J 1/00 (2006.01)
F25J 1/02 (2006.01)

(54) **СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ЖИДКОГО ГЕЛИЯ**(31) **1553430**(32) **2015.04.17**(33) **FR**(43) **2018.01.31**(86) **PCT/FR2016/050846**(87) **WO 2016/166468 2016.10.20**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**ЛЬЕР ЛИКИД, СОСЬЕТЕ
АНОНИМ ПУР ЛЬЕТИЮД Э
ЛЬЕКСПЛОАТАСЁН ДЭ ПРОСЕДЕ
ЖОРЖ КЛОД (FR)**

(72) Изобретатель:
**Демольян Берtrand, Бернард Жан-
Марк, Али Саид Равья, Пишо
Дельфин, Эрнандес Антуан, Тсеверн
Жан-Марк, Пейрон Жан-Марк (FR)**

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

(56) US-A1-2004255618
US-A-4701200
FR-A1-2954973
US-A-4666481
US-A-3407614
US-A-3324626

(57) Настоящее изобретение относится к установке для получения жидкого гелия из смеси (5) на основе исходного газа, по сути, содержащей азот и гелий. Установка содержит криогенный очиститель (2), содержащий систему (9) для выделения азота из смеси на основе исходного газа с целью получения гелия при температуре, которая ниже температуры исходного газа. Установка (1) также содержит ожижитель (3) гелия, в котором гелий вовлекается в рабочий цикл, включающий последовательно: сжатие гелия; охлаждение и декомпрессию сжатого гелия; повторное нагревание охлажденного и декомпрессируемого гелия. Установка содержит линию (4) передачи гелия, соединяющую выходное отверстие очистителя (2) с входным отверстием ожижителя с целью передачи гелия, полученного с помощью очистителя (2), в рабочий цикл ожижителя (3). Установка характеризуется тем, что криогенный очиститель (2) содержит систему (8) для декомпрессии, которая содержит входное отверстие для соединения с источником (6) газообразного азота под давлением. Указанная система (8) для декомпрессии (7) газообразного азота находится в теплообмене с системой (9) выделения с целью передачи холода от декомпрессируемого газообразного азота к указанной системе (9) выделения.

037510 B1

037510 B1

Настоящее изобретение относится к установке и способу получения гелия.

Настоящее изобретение относится к очистке и сжижению гелия.

Более конкретно, настоящее изобретение относится к установке для получения жидкого гелия из смеси на основе исходного газа, по сути, содержащей азот и гелий, при этом установка содержит криогенный очиститель, содержащий контур для выделения азота из смеси на основе исходного газа с целью получения гелия при температуре, которая ниже температуры исходного газа, при этом установка дополнительно содержит ожижитель гелия, в котором гелий вовлекается в рабочий цикл, включающий последовательно: сжатие гелия, охлаждение и расширение сжатого гелия, повторное нагревание охлажденного и расширенного гелия, при этом установка содержит линию передачи гелия, которая соединяет выходное отверстие очистителя с входным отверстием ожижителя с целью передачи гелия, полученного с помощью очистителя, в рабочий цикл ожижителя.

Настоящее изобретение, в частности, относится к получению жидкого гелия на установке, которая образует смесь гелия и азота и необязательно других остатков.

Данный исходный газ, в основном образованный из азота и гелия в равных количествах, в частности, может быть доступным на заводах для получения природного газа.

В этом виде установки азот, который отделили от природного газа выше по потоку, обычно является доступным.

Жидкий азот можно применять в устройствах для сжижения гелия. Это позволяет уменьшить длительность рабочего цикла гелия, поскольку в этом случае гелий из цикла сжижения можно охлаждать примерно от 80 до 4 К (вместо охлаждения от температуры окружающей среды до 4 К). Тем не менее для этого решения требуется добавление дополнительного теплообменника в установку и сосуд для испарения жидкого азота в вакуумной камере с целью рекуперации холода из жидкого азота.

Вакуумная камера охлаждения ожижителя также обычно содержит адсорберы с целью отделения гелия от следовых количеств атмосферного газа с целью предотвращения их замерзания на этапе ниже по потоку способа. Эти следовые количества атмосферного газа могут определять размеры вакуумной камеры.

Одна из целей настоящего изобретения состоит в преодолении всех или некоторых недостатков предыдущего уровня техники, приведенного выше.

В связи с этим установка по настоящему изобретению, более того в соответствии с общим определением, приведенным выше во вводной части, по сути, характеризуется тем, что криогенный очиститель содержит контур расширения, содержащий входное отверстие, предназначенное для соединения с источником газообразного азота под давлением, при этом указанный контур для расширения газообразного азота находится в теплообмене с контуром выделения с переносом фригорий от расширенного газообразного азота к указанному контуру выделения.

Кроме того, варианты осуществления настоящего изобретения могут включать один или несколько из следующих признаков:

контур выделения очистителя содержит по меньшей мере один теплообменник, находящийся в теплообмене со смесью на основе исходного газа с целью ее охлаждения, и по меньшей мере один сосуд для выделения, при этом контур (8) для расширения газообразного азота под давлением находится в теплообмене с по меньшей мере одним теплообменником контура выделения;

контур (8) для расширения газообразного азота под давлением содержит по меньшей мере две турбины для расширения газообразного азота и две отдельные части, находящиеся в теплообмене с по меньшей мере одним теплообменником контура выделения, при этом две отдельные части расположены соответственно ниже по потоку относительно двух турбин расширения;

контур выделения содержит по меньшей мере одно устройство очистки адсорбционного типа для выделения азота из смеси;

ожижитель гелия содержит компрессорную станцию, предназначенную для осуществления сжатия гелия в ходе рабочего цикла, и камеру охлаждения, предназначенную для осуществления охлаждения и расширения гелия, сжатого в ходе рабочего цикла, устройство для охлаждения гелия в цикле, выходящее из компрессорной станции, встроено в криогенный очиститель в теплоизолированном общем корпусе, при этом камера охлаждения ожижителя расположена в отдельном теплоизолированном корпусе, который предусматривает вакуумную изоляцию;

по меньшей мере одна часть компрессорной станции встроена в криогенный очиститель (3) в теплоизолированном общем корпусе, который расположен отдельно от корпуса, включающего камеру охлаждения ожижителя;

камера охлаждения ожижителя гелия содержит четыре турбины для расширения газообразного гелия в ходе рабочего цикла, и компрессорная станция содержит ступень компрессора рабочего газа в рабочем цикле.

Настоящее изобретение также относится к способу получения жидкого гелия из смеси на основе исходного газа, по сути, содержащей азот и гелий, с применением установки в соответствии с любым из указанных выше или ниже признаков, при этом смесь на основе исходного газа содержит азот и гелий в молярных концентрациях от 50 до 65% (например, от 55 до 60%, в частности 57%) и от 35 до 50% соот-

ветственно (например, от 40 до 45%, в частности 42%), при этом смесь на основе исходного газа необязательно в остаточных количествах содержит по меньшей мере один из элементов, перечисленных ниже: аргон, кислород, неон в долях, составляющих, например, от 0,15 до 0,5%, в частности 0,22%, при этом данная смесь на основе исходного газа характеризуется давлением от 15 до 35 бар и температурой от 273 до 323 К, например 300 К.

В соответствии с другими возможными отличительными признаками во входное отверстие очистителя для газообразного азота подают газообразный азот под давлением от 15 до 50 бар, например 40 бар, при температуре от 273 до 323 К;

гелий, полученный с помощью очистителя, выходящий через его выходное отверстие, характеризуется давлением от 15 до 35 бар и температурой, например, от 77 до 90 К и, например, от 80 до 85 К, в частности 82 К;

ожижитель гелия выполнен с возможностью только охлаждать гелий в ходе рабочего цикла от значения температуры у выходного отверстия очистителя до температуры 4 К.

Настоящее изобретение также может относиться к любому альтернативному устройству или способу, которые содержат любую комбинацию признаков, изложенных выше или ниже.

Другие отличительные признаки и преимущества станут очевидными после прочтения описания, приведенного ниже со ссылкой на фигуры, где

фиг. 1 представляет собой схематическую и частичную фигуру, иллюстрирующую структуру и работу установки по настоящему изобретению;

на фиг. 2 и 3 схематически и частично проиллюстрированы структура и работа двух примеров возможного осуществления настоящего изобретения.

Установка 1 для получения жидкого гелия, представленная схематически на фиг. 1, содержит криогенный очиститель 2 (криогенная установка для обогащения). В данный очиститель 2 подают смесь 5 на основе исходного газа (гелий и азот) с целью получения после очистки (криогенного разделения) чистого или практически чистого гелия, а именно гелия, пригодного для подачи в ожижитель 3 гелия.

Например, азот и гелий присутствуют в данной смеси на основе исходного газа в молярных концентрациях от 50 до 65% (например, от 55 до 60%, в частности 57%) и от 35 до 50% соответственно (например, от 40 до 45%, в частности 42%). Смесь на основе исходного газа необязательно в остаточных количествах содержит по меньшей мере один из элементов, указанных ниже (аргон, кислород, неон) в долях, составляющих, например, от 0,15 до 0,5% (в частности, 0,22%). Данная смесь на основе исходного газа может характеризоваться давлением от 15 до 35 бар и температурой от 273 до 323 К, например 300 К.

Очиститель 2 обычно содержит контур 9 для выделения азота из смеси на основе исходного газа с целью получения гелия при температуре, которая ниже температуры исходного газа. Контур 9 выделения обычно предусматривает стадии охлаждения (в частности, путем теплообмена с охлаждающим теплообменником 10) и один или несколько проходов через сосуд 11, 12 для выделения, и расширения (клапан 20). Более того, смесь могут подвергать одной или нескольким стадиям очистки посредством адсорбции (посредством одного или нескольких устройств 14, 15, в частности "PSA"-типа - короткоциклового безнагревной адсорбции) с целью отделения смеси от содержащегося в ней азота.

Как видно на фиг. 2, контур 9 выделения очистителя 2 может содержать по меньшей мере один теплообменник 10, находящийся в теплообмене со смесью на основе исходного газа с целью ее охлаждения, и два сосуда 11, 12 для выделения. Азот извлекают, в частности полученный сжиженный азот 21 можно извлечь в баке для извлечения (не представлен на фигурах).

Контур 8 для расширения газообразного азота под давлением может находиться в теплообмене с по меньшей мере одним теплообменником 10 контура 9 выделения.

Очиститель может, в частности, не содержать ректификационной колонны.

Установка 1 дополнительно содержит ожижитель 3 гелия, который обычно направляет гелий в рабочий цикл, включающий последовательно: сжатие гелия (на компрессорной станции), охлаждение и расширение сжатого гелия (в камере охлаждения), повторное нагревание охлажденного и расширенного гелия с целью вернуть его на компрессорную станцию для повторения цикла.

Установка 1 содержит линию 4 передачи гелия, которая соединяет выходное отверстие очистителя 2 с входным отверстием ожижителя 3. Данная линия 4 передачи предусмотрена для передачи гелия, полученного с помощью очистителя 2, в рабочий цикл ожижителя 3.

В соответствии с одним предпочтительным признаком криогенный очиститель 2 содержит входное отверстие для газообразного азота, предназначенное для соединения с источником 6 газообразного азота под давлением, доступного в установке.

Как показано на фиг. 2, с данной целью очиститель 2 содержит контур 8 для расширения 7 газообразного азота под давлением. Данный контур 8 расширения находится в теплообмене с контуром 9 выделения для обеспечения переноса фрегорий от расширенного газообразного азота к указанному контуру 9 выделения. Другими словами, энергия от газообразного азота переносится в способе очистки и охлаждения исходной смеси.

Более конкретно, контур 8 для расширения 7 газообразного азота под давлением может находиться в теплообмене с теплообменником 10 контура 9 выделения с целью обеспечения фрегорий, которые

применяются в криогенном разделении азота и исходной смеси.

Контур 8 для расширения 7 газообразного азота под давлением может содержать одну или предпочтительно по меньшей мере две турбины 13 для расширения газообразного азота и две отдельные части, находящиеся в теплообмене с теплообменником 10 контура 9 выделения. Две отдельные части, находящиеся в теплообмене с теплообменником 10, расположены, например, соответственно ниже по потоку относительно двух турбин 13 для расширения азота.

Данный газообразный азот под давлением доступен, например, с давлением от 15 до 50 бар (например, 40 бар) и температурой от 273 до 323 К.

Гелий, полученный с помощью очистителя 3, выходящий через его выходное отверстие, характеризуется давлением, например, от 15 до 35 бар и температурой, например, от 77 до 90 К и, например, от 80 до 85 К (как правило, составляющую 82 К).

В соответствии с данной конструкцией гелий, полученный с помощью очистителя 2, возвращают холодным непосредственно в рабочий цикл ожижителя 3. Это обеспечивает возможность уменьшения холодопроизводительности ожижителя 3, поскольку ему только необходимо охладить гелий от 80 К (температура гелия, полученного с помощью очистителя 2) до 4 К (целевая температура сжижения).

В соответствии с известными способами данный гелий необходимо охладить от температуры окружающей среды (примерно 300 К) до 4 К.

Настоящее изобретение обеспечивает возможность уменьшить размер и мощность ожижителя 3 установки 1.

Таким образом, ожижитель 3 может работать в режиме "рефрижератора" на участке цикла от 300 до 80 К (другими словами, на этом участке рабочего цикла на выходном отверстии из компрессорной станции охлаждается/расширяется столько же гелия, сколько гелия повторно нагревается и возвращается на компрессорную станцию). С другой стороны, от 80 до 4 К ожижитель может работать в режиме "ожижителя" (другими словами, на фазе расширения/охлаждения находится больше гелия, чем на фазе повторного нагрева и возвращения на компрессорную станцию).

Данный рабочий режим "рефрижератора" на участке цикла от 300 до 80 К является гораздо более энергоэффективным, чем рабочий режим "ожижителя", поскольку значения расхода жидкости в рабочем цикле сбалансированы (в обоих направлениях).

Конкретно данное решение обеспечивает возможность "переноса" холодопроизводительности от 300 до 80 К из компрессорной станции ожижителя 3 в компрессор азота очистителя 2.

Сжатие азота (в частности, центробежным(ми) компрессором(и)) является намного более энергоэффективным, чем сжатие гелия (в частности, винтовым(ми) компрессором(и) с впрыскиванием масла). Кроме того, эффективность двигателя компрессора для азота (который обладает большей мощностью) будет больше, чем у винтового компрессора. Конкретно эффективность двигателя компрессора возрастает с увеличением его размера.

Таким образом, данное изменение улучшит энергоэффективность установки 1.

Получение холодного (80 К) гелия через выходное отверстие очистителя 2 также обеспечивает возможность исключить две турбины горячего расширения в ожижителе 3. Данные две турбины можно заменить двумя турбинами для азота на стороне очистителя 2.

Данные две турбины 13 для азота (как правило, турбины с масляным подшипником) являются более эффективными и менее сложными в производстве, чем турбины с газовым подшипником для гелия в ожижителе 3.

Путем удаления двух первых турбин 18 в ожижителе 3 становится возможным значительно уменьшить обратный поток до среднего давления в рабочем цикле гелия ожижителя 3.

Другая оптимизация ожижителя 3 обеспечивает возможность исключить возвращение гелия к среднему давлению в рабочем цикле ожижителя 3. Это может позволить ожижителю 3 работать с одним компрессором в цикле, который будет работать, например, от 1 до 15 бар. Данный компрессор 19 в цикле также может состоять из одного винта с впрыскиванием масла.

Таким образом, данные улучшения обеспечивают возможность значительно уменьшить требования к компрессору в цикле в ожижителе 3. Таким образом, давление в цикле также отделено от давления подачи. Это обеспечивает возможность получить дополнительный параметр с целью полной оптимизации завода, включающего данную установку.

Адсорберы 15 очистителя 2 (например, при температуре 80 К) можно включить в теплоизолированную камеру охлаждения (обычно изолированную перлитом, на практике оболочку предпочтительно изолируют минеральной ватой с целью сохранения возможности обслуживания). Это обеспечивает возможность уменьшить размер вакуумной камеры охлаждения.

Регенерацию данных адсорберов можно проводить с помощью газа у выходного отверстия PSA 14 при температуре окружающей среды. Повторное охлаждение цилиндра очистки, содержащего адсорбер после регенерации, можно проводить с помощью гелия у выходного отверстия (или у входного отверстия) указанного цилиндра на линии.

Часть полученного жидкого азота 21 можно выводить из установки 1. Данный жидкий азот можно израсходовать для других потребностей на заводе (цистерны и т.д.).

На фиг. 3 представлен вариант осуществления, который отличается от представленного на фиг. 2 только тем, что начальное охлаждение гелия в цикле, выходящего из компрессорной станции 16 ожижителя 3, включено в криогенный очиститель 2 в теплоизолированном общем корпусе, тогда как камера 17 охлаждения ожижителя 3 расположена в теплоизолированном отдельном корпусе, который предусматривает вакуумную изоляцию.

Другими словами, все жидкости с температурой выше 80 К заключены в одну или несколько наполненных перлитом (изолированных) камер охлаждения, тогда как жидкости с температурой ниже 80 К заключены в камеру охлаждения с вакуумной изоляцией. Это также обеспечивает возможность уменьшить размер камеры охлаждения с вакуумной изоляцией в установке.

Камеру охлаждения, содержащую все части оборудования, можно изолировать с помощью перлита, тогда как камеру охлаждения, содержащую криогенные адсорберы, можно изолировать с помощью минеральной ваты.

В соответствии с одним отличительным признаком ожижитель и очиститель могут иметь общие части оборудования, за счет которых происходит регенерация холодных адсорберов. Адсорбер можно повторно охладить после регенерации с помощью газа на входном отверстии, а не только газом на выходном отверстии.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ получения жидкого гелия из смеси (5) исходных газов, содержащей азот и гелий в молярных концентрациях от 50 до 65% и от 35 до 50% соответственно, и характеризующейся давлением от 15 до 35 бар и температурой от 273 до 323 К, с применением установки (1), содержащей

криогенный очиститель (2), содержащий контур (9) для выделения азота из упомянутой исходной смеси с целью получения гелия при температуре, которая ниже температуры исходного газа, и выполненный с возможностью получения гелия, выходящего через его выходное отверстие, характеризующегося давлением от 15 до 35 бар и температурой от 77 до 90 К;

при этом установка (1) дополнительно содержит ожижитель (3) гелия, в котором гелий вовлекается в рабочий цикл, включающий последовательно

сжатие гелия, охлаждение и расширение сжатого гелия и повторное нагревание охлажденного, расширенного гелия;

установка содержит линию (4) передачи гелия, которая соединяет выходное отверстие очистителя (2) с входным отверстием ожижителя с целью передачи гелия, полученного с помощью очистителя (2), в рабочий цикл ожижителя (3);

криогенный очиститель (2) также содержит контур (8) расширения, содержащий входное отверстие, соединенное с источником (6) газообразного азота под давлением;

при этом указанный контур (8) для расширения (7) газообразного азота находится в теплообмене с контуром (9) выделения с целью переноса фреоний от расширенного газообразного азота к указанному контуру (9) выделения;

контур (9) выделения содержит по меньшей мере одно устройство (14, 15) очистки адсорбционного типа для выделения азота из исходной смеси.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что исходная смесь (5) содержит азот и гелий в молярных концентрациях от 55 до 60%, в частности составляющих 57%, и от 40 до 45%, в частности составляющих 42%, соответственно.

3. Способ по п.1 или 2, отличающийся тем, что во входное отверстие для газообразного азота очистителя (2) подают газообразный азот под давлением от 15 до 50 бар, например составляющим 40 бар, и при температуре от 273 до 323 К.

4. Способ по любому из пп.1-3, отличающийся тем, что ожижитель (3) гелия выполнен с возможностью только охлаждения гелия в ходе рабочего цикла от значения температуры у выходного отверстия очистителя (2) до температуры 4 К.

5. Способ по п.1, отличающийся тем, что исходная смесь содержит в остаточных количествах по меньшей мере один из элементов, указанных ниже: аргон, кислород, неон в долях, составляющих от 0,15 до 0,5%.

6. Способ по п.5, отличающийся тем, что по меньшей мере один из указанных элементов присутствует в исходной смеси в концентрации 0,22%.

7. Способ по п.1, отличающийся тем, что исходная смесь характеризуется температурой 300 К.

8. Способ по п.1, отличающийся тем, что гелий, полученный с помощью очистителя (2), выходящий через его выходное отверстие, характеризуется температурой от 80 до 85 К.

9. Способ по п.1, отличающийся тем, что гелий, полученный с помощью очистителя (2), выходящий через его выходное отверстие, характеризуется температурой 82 К.

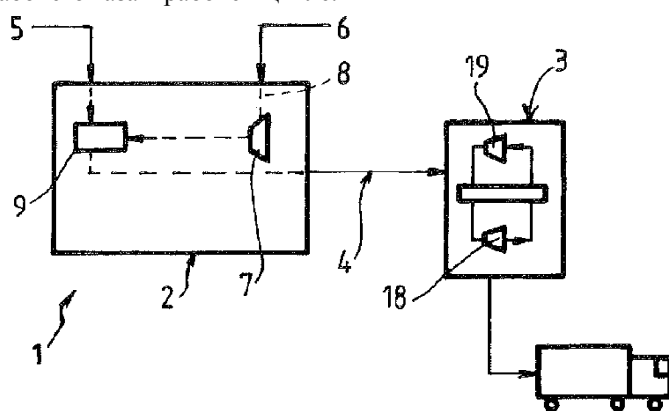
10. Способ по любому из пп.1-9, в котором контур (9) выделения очистителя (2) содержит по меньшей мере один теплообменник (10) для охлаждения исходной смеси и по меньшей мере один сосуд (11, 12) для выделения, и при этом контур (8) для расширения (7) газообразного азота под давлением выпол-

нен с возможностью теплообмена с по меньшей мере одним теплообменником (10) контура (9) выделения.

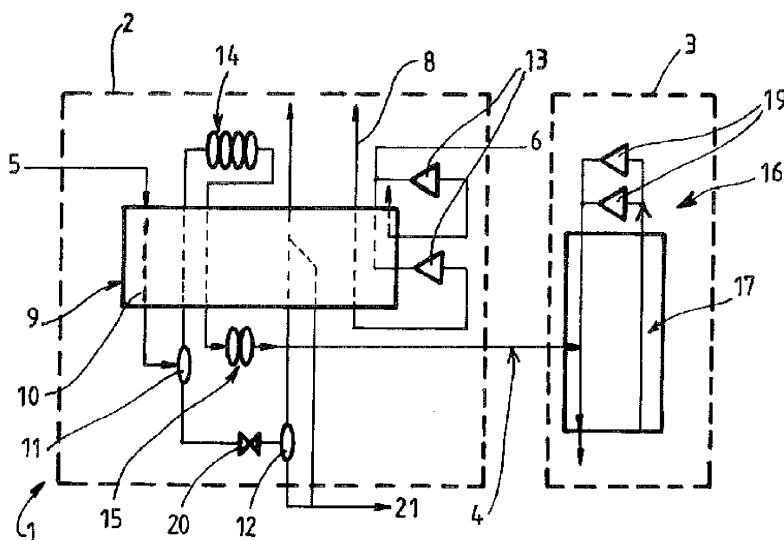
11. Способ по любому из пп.1-10, в котором в контуре (8) для расширения (7) газообразного азота под давлением расположены по меньшей мере две турбины (13) для расширения газообразного азота и контур содержит две отдельные части, выполненные с возможностью теплообмена с контуром (9) выделения, при этом две отдельные части расположены соответственно ниже по потоку относительно двух турбин (13) для расширения.

12. Способ по любому из пп.1-11, где ожижитель (3) гелия содержит компрессорную станцию (16), предназначенную для осуществления сжатия гелия в ходе рабочего цикла, устройство для охлаждения в рабочем цикле гелия, выходящего из компрессорной станции, и камеру (17) охлаждения, предназначенную для осуществления охлаждения и расширения гелия, сжатого в ходе рабочего цикла, причем устройство для охлаждения в рабочем цикле гелия, выходящего из компрессорной станции (16), встроено в криогенный очиститель (3) в теплоизолированном общем корпусе, и при этом камера (17) охлаждения ожижителя (3) расположена в теплоизолированном отдельном корпусе, который содержит вакуумную изоляцию.

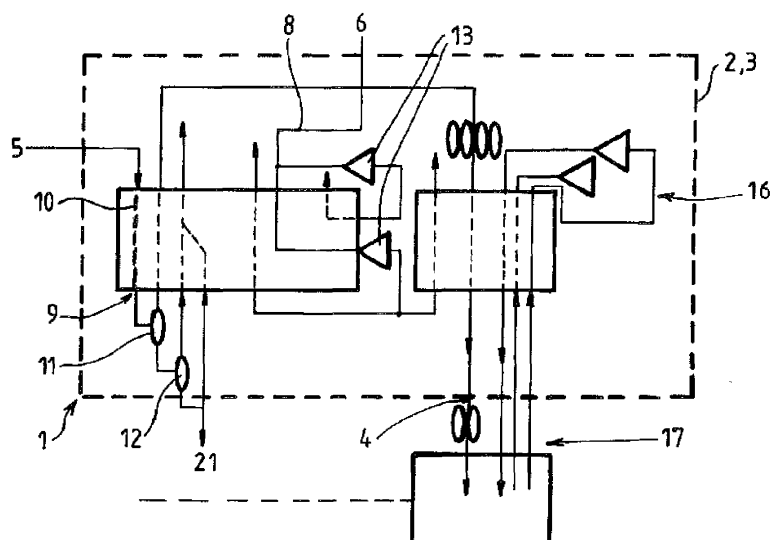
13. Способ по п.12, где камера (17) охлаждения ожижителя (3) гелия содержит четыре турбины (18) для расширения газообразного гелия в ходе рабочего цикла и компрессорная станция содержит ступень (19) компрессора для рабочего газа в рабочем цикле.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Евразийская патентная организация, ЕАПВ

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