



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ(21), (22) Заявка: **2007122345/06**, **24.02.2005**(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
24.02.2005(30) Конвенционный приоритет:
15.11.2004 JP 2004-330160(43) Дата публикации заявки: **20.12.2008**(45) Опубликовано: **20.07.2009** Бюл. № 20(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: **JP 10238889 A, 08.09.1998. RU 2180082 C1,
27.02.2002. SU 119539 A1, 01.01.1959. JP
8261643 A, 11.10.1996. JP 10245208 A,
14.09.1998.**(85) Дата перевода заявки РСТ на национальную
фазу: **15.06.2007**(86) Заявка РСТ:
JP 2005/003001 (24.02.2005)(87) Публикация РСТ:
WO 2006/051622 (18.05.2006)Адрес для переписки:
**129090, Москва, ул. Б.Спасская, 25, стр.3,
ООО "Юридическая фирма Городисский и
Партнеры", пат.пов. А.В.Мишу**

(72) Автор(ы):

**ИНО Нобуми (JP),
КИСИ Такаюки (JP),
НИСИО Тосио (JP),
МАТИДА Акито (JP),
СЕКИЯ Йосимицу (JP),
КОХАМА Масами (JP),
НОГУТИ Масато (JP)**

(73) Патентообладатель(и):

МАЙЕКАВА МФГ. КО., ЛТД. (JP)**(54) СПОСОБ КРИОГЕННОГО СЖИЖЕНИЯ/ОХЛАЖДЕНИЯ И СИСТЕМА ДЛЯ
ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ СПОСОБА**

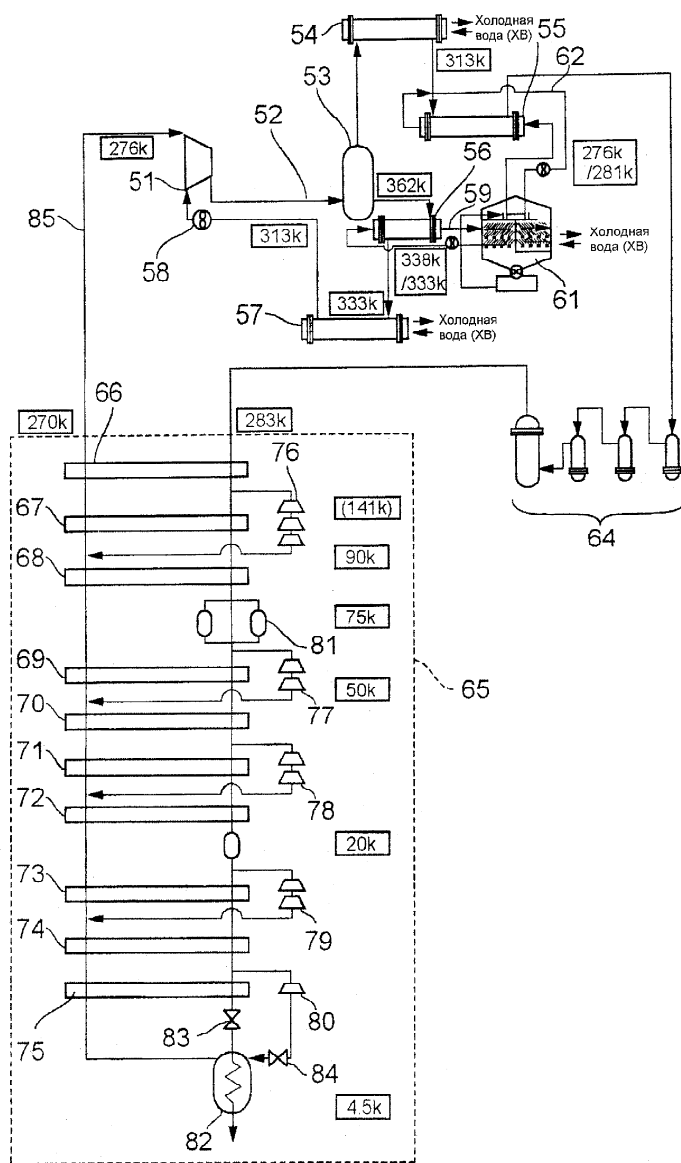
(57) Реферат:

Предложены способ криогенного сжижения/охлаждения и система для осуществления способа, предусматривающие, что температуру газа, подлежащего сжижению, на входе компрессора для сжатия газа понижают путем охлаждения газа, выпущенного из компрессора, с использованием высокоэффективной холодильной машины и паровой компрессионной холодильной машины перед тем, как этот газ вводят в многокаскадный теплообменник. Газ, подлежащий сжижению, сжатый компрессором, охлаждают с помощью охладителя и дополнительно охлаждают с помощью адсорбционной холодильной машины, в которой используется отходящее

тепло, генерируемое в компрессоре, и с помощью аммиачной холодильной машины, после чего находящийся под высоким давлением газ вводят в многоступенчатый теплообменник, где этот газ охлаждают находящимся под низким давлением низкотемпературным газом, выделенным из смеси жидкости и газа, образовавшейся за счет адиабатического расширения находящегося под высоким давлением газа посредством расширительного клапана, и возвращают в компрессор, а часть находящегося под высоким давлением газа подвергают адиабатическому расширению с помощью турбодетандеров в середине пути протекания находящегося под высоким давлением газа через ступени теплообменника для

объединения с находящимся под низким давлением низкотемпературным газом, возвращающимся в компрессор. Использование изобретения позволит

уменьшить потребляемую мощность и увеличить холодильный коэффициент. 2 н. и 4 з.п. ф-лы, 5 ил.



Фиг. 2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(51) Int. Cl.

F25J 1/02 (2006.01)*F25B 25/00* (2006.01)**(12) ABSTRACT OF INVENTION**(21), (22) Application: **2007122345/06, 24.02.2005**(24) Effective date for property rights:
24.02.2005(30) Priority:
15.11.2004 JP 2004-330160(43) Application published: **20.12.2008**(45) Date of publication: **20.07.2009 Bull. 20**(85) Commencement of national phase: **15.06.2007**(86) PCT application:
JP 2005/003001 (24.02.2005)(87) PCT publication:
WO 2006/051622 (18.05.2006)

Mail address:
**129090, Moskva, ul. B.Spasskaja, 25, str.3, OOO
"Juridicheskaja firma Gorodisskij i Partnery",
pat.pov. A.V.Mitsu**

(72) Inventor(s):

**INO Nobumi (JP),
KISI Takajuki (JP),
NISIO Tosio (JP),
MATIDA Akito (JP),
SEKIJa Josimitsu (JP),
KOKhAMA Masami (JP),
NOGUTI Masato (JP)**

(73) Proprietor(s):

MAJEKAVA MFG. KO., LTD. (JP)**(54) METHOD FOR CRYOGENIC LIQUEFACTION/COOLING AND SYSTEM FOR METHOD REALISATION**

(57) Abstract:

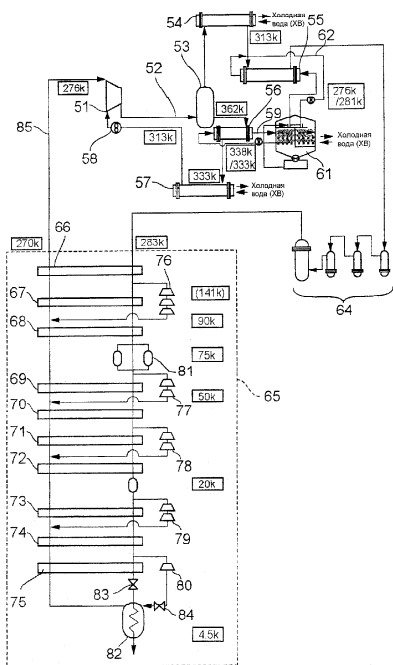
FIELD: technological processes.

SUBSTANCE: method for cryogenic liquefaction/cooling and system for method realisation are suggested, which provide for the following: temperature of gas subject to liquefaction, at the inlet of compressor for gas compression, is lowered by cooling of gas exhausted from compressor, with application of highly efficient refrigerating machine and steam compression refrigerating machine prior to introduction of this gas into multi-cascade heat exchanger. Gas subject to liquefaction and compressed with compressor is cooled with the help of coolant and is additionally cooled with the help of adsorption refrigerating machine, in which waste heat is used, which is generated in compressor, and

with the help of ammonia refrigerating machine, afterwards highly pressurised gas is supplied to multi-stage heat exchanger, where this gas is cooled with low temperature and low pressure gas extracted from mixture of liquid and gas produced due to adiabatic expansion of high pressure gas by means of expansion valve, and is returned to compressor, and part of high pressure gas is exposed to adiabatic expansion with the help of turbine expansion engines in the middle of high pressure gas flowing path via heat exchanger stages for combination with low pressure and low temperature gas returned to compressor.

EFFECT: application of invention will make it possible to reduce consumed power and increase refrigerating coefficient.

6 cl, 7 dwg



Фиг. 2

Область техники, к которой относится изобретение

Это изобретение относится к способу и системе для эффективного снижения мощности привода компрессора и минимизации суммарной потребляемой мощности для работы такой системы криогенного сжижения/охлаждения, как система для сжижения/охлаждения гелия и система для повторного сжижения природного газа, за счет эффективного применения, которого не было в прошлом, отходящего тепла газа, выпущенного из компрессора, с помощью холодильной машины и паровой компрессионной холодильной машины с целью получения холодильного агента для предварительного охлаждения газа, выпущенного из компрессора, перед тем, как этот газ вводят в теплообменник в холодильном шкафу.

Предшествующий уровень техники

В известном аппарате для криогенного сжижения и/или охлаждения компрессор находится в среде, имеющей комнатную температуру, а газ, подлежащий сжижению, следует охлаждать до его температуры сжижения, т.е. температуры кипения (например, около -269°C в случае гелия) в секции охлаждения, вследствие чего разность температур очень велика, а холодильный коэффициент этого аппарата заметно ниже по сравнению с обычными холодильными машинами. Поэтому снаружи системы вводят холодильный агент (дополнительный холодильный агент), чтобы увеличить холодильный коэффициент. В случае систем для сжижения и/или охлаждения гелия в качестве дополнительного холодильного агента широко применяется жидкий азот.

Известно, что цикл сжижения гелия является замкнутым циклом, в котором в качестве хладагента используется гелий, а система, выполненная с возможностью осуществления этого цикла, описана в патентной литературе 1 (японская выложенная патентная заявка №60-44775).

На фиг.5 представлена принципиальная схема системы, описанной в патентной литературе 1. На этом чертеже позиция 01 обозначает теплоизолированный холодильный шкаф, в котором поддерживается вакуум, позиции 02-06 обозначают ступенчатые теплообменники с первого по пятый, расположенные в холодильном шкафу 01, позиции 07 и 08 обозначают соответственно первый и второй турбодетандеры, 09 - расширительный клапан, работающий по циклу Джоуля-Томсона (расширительный Дж/Т-клапан), 010 - газожидкостной сепаратор, предназначенный для выделения жидкого гелия из смеси жидкого и газообразного гелия. Позиция 012 обозначает компрессор, 013 - линию (магистраль) высокого давления, 014 - линию (магистраль) низкого давления, 015 - линию (магистраль) турбодетандеров, а 016 - линию (магистраль) предварительного охлаждения, в которой течет жидкий азот для охлаждения сжатого газообразного гелия.

В известном аппарате для криогенного сжижения и/или охлаждения гелия находящийся под высоким давлением высокотемпературный газообразный гелий, выпущенный из компрессора 012, течет по линии 013 высокого давления теплообменника первой ступени, где газообразный гелий охлаждается за счет теплообмена с жидким азотом, текущим по линии 016 предварительного охлаждения, и газообразным гелием, текущим по линии 014 низкого давления, а потом протекает по линии 013 высокого давления теплообменника 03 второй ступени, подвергаясь дополнительному охлаждению. Часть находящегося под высоким давлением газообразного гелия, который вытекает из теплообменника 03 второй ступени, течет в первый турбодетандер 07, а остальная часть течет по линии 013 высокого давления теплообменника 04 третьей ступени, после чего протекает через теплообменник 05 четвертой ступени и теплообменник 06 пятой ступени, подвергаясь дополнительному охлаждению, и протекает в расширительный Дж/Т-клапан 09.

Газообразный гелий, который поступил в первый турбодетандер 07, претерпевает в нем адиабатическое расширение, вследствие чего его давление становится средним, а температура - низкой, затем поступает во второй турбодетандер 08, после чего

охлаждающий газообразный гелий, текущий по линии 014 низкого давления теплообменника 04 третьей ступени, дополнительно расширяется во втором турбодетандере 08, вследствие чего его давление и температура становятся низкими, затем течет по линии 014 низкого давления теплообменника 05 четвертой ступени, вследствие чего в этой линии 014 низкого давления поддерживается низкая температура газообразного гелия. Находящийся под высоким давлением высокотемпературный газообразный гелий, достигший расширительного Дж/Т-клапана 09, подвергается в нем расширению по циклу Джоуля-Томсона и частично сжижается, жидкий гелий 011 сохраняется в газожидкостном сепараторе 010, а остальной, находящийся под низким давлением низкотемпературный газообразный гелий возвращается в компрессор 012 по линии 014 низкого давления, проходя через теплообменники 06-02.

В патентной литературе 2 (японская выложенная патентная заявка №10-238889) описана система сжижения и/или охлаждения гелия, в которой к вышеупомянутой системе сжижения и/или охлаждения гелия добавлена независимая электрогенерирующая система, оснащенная газовой турбиной с регулируемой скоростью вращения, выполненная с возможностью эффективного управления емкостью группы многоступенчатых компрессоров с приводом от электрических двигателей, что дает возможность использовать источник холода вышеупомянутой системы и рекуперировать отходящее тепло этой системы. Получаемая система содержит газотурбинную электрогенерирующую секцию, включающую в себя преобразователь частоты, топливopодающую секцию и холодильную систему химического действия, причем эта холодильная система химического действия выполнена с возможностью подачи энергии холода в теплообменники системы за счет использования отходящего газа газотурбинной электрогенерирующей секции в качестве источника тепла, а топливopодающая секция содержит нагревательное устройство для перевода в газообразную форму части сжиженного природного газа, подаваемого из баллона сжиженного природного газа, и испарительную секцию для подачи энергии холода, соответствующей скрытому теплу испарения сжиженного природного газа.

При такой конструкции повышению теплового КПД системы способствуют генерирование электрической энергии оптимальной частоты и неизменной формы волны для питания всей группы многоступенчатых компрессоров таким образом, что каждый из индукционных электрических двигателей привода компрессоров приводится в движение со скоростью вращения, удовлетворяющей потребности стороны нагрузки, вследствие чего достигается оптимальный КПД компрессоров, и наличие газотурбинной электрогенерирующей секции, в которой используется природный газ, например сжиженный природный газ, а также топливopодающей секции и холодильной машины, вследствие чего достигается объединение испарительной секции, в которой генерируется энергия холода, соответствующая скрытому теплу испарения сжиженного природного газа, и холодильной машины, в которой энергия холода генерируется за счет использования отходящего тепла газотурбинной электрогенерирующей секции.

Патентная литература 1: японская выложенная патентная заявка №60-44775.

Патентная литература 2: японская выложенная патентная заявка №10-238889.

Краткое изложение сущности изобретения

Решаемые задачи

Почти вся подводимая мощность, требующаяся для работы криогенных систем сжижения/охлаждения, затрачивается на сжатие газа, подлежащего сжижению. Для снижения мощности, подводимой к компрессору для сжатия газа, подлежащего сжижению, эффективным оказывается понижение температуры всасываемого в компрессор газа, подлежащего сжижению, приводящее к уменьшению удельного объема этого газа. Вместе с тем, для этой цели необходимо охлаждать всасываемый

газ до температуры, которая ниже, чем комнатная температура, и требуется энергоемкое оборудование, такое, как холодильная машина.

С другой стороны, в известной системе сжижения/охлаждения находящийся под высоким давлением высокотемпературный газ, выпущенный из компрессора, обычно
 5 охлаждается до температуры, близкой к комнатной температуре (нормальной температуре), посредством охлаждающей воды, поступающей из охладителя, перед тем, как этот газ вводится в теплообменники, предусмотренные в холодильном шкафу, чтобы предотвратить уменьшение холодильного коэффициента системы.

Находящийся под высоким давлением газ, выпущенный из компрессора и
 10 проходящий по линии высокого давления, и находящийся под низким давлением газ, проходящий по линии низкого давления, всасываемые в компрессор, обмениваются теплом друг с другом в каждой ступени теплообменника. Температура газа на выходе каждой ступени теплообменника и температура газа на выходе теплообменника каждой следующей ступени теплообменника становятся почти одинаковыми, хотя
 15 небольшая разница между этими двумя температурами все же есть. Следовательно, температура газа, всасываемого в компрессор, не может понизиться без снижения температуры находящегося под высоким давлением газа, вводимого в первую ступень теплообменника в холодильном шкафу.

Поэтому мощность, подводимую к компрессору, нельзя снизить, не снижая эту
 20 температуру, а отходящее тепло, генерируемое в компрессоре, т.е. тепло потерь на трение в компрессоре и физическое тепло находящегося под высоким давлением высокотемпературного газа, теряется без пользы.

В известной системе для сжижения/охлаждения гелия, показанной на фиг.5, газообразный гелий под высоким давлением и при нормальной температуре,
 25 выпущенный из компрессора 012, вводится в теплообменник 02 первой ступени по линии 013 высокого давления и охлаждается за счет обмена теплом с жидким азотом, вводимым по магистрали 016 предварительного охлаждения, вследствие чего будут увеличиваться эксплуатационные затраты, обуславливаемые наличием линии предварительного охлаждения, предназначенной для подачи жидкого азота; кроме
 30 того, сохраняются проблемы, заключающиеся в том, что, поскольку охлаждение газообразного гелия, имеющего почти нормальную температуру, происходит, когда этот газ протекает по нескольким ступеням теплообменников, требуется большое количество ступеней теплообменника, и в том, что отходящее тепло, генерируемое в компрессоре 012, не удастся рекуперировать, а холодильный коэффициент системы не
 35 увеличивается.

В случае системы, в которой жидкий азот используется в качестве дополнительного холодильного агента, поставки жидкого азота, полученного в промышленной установке для сжижения азота, осуществляются с помощью транспортных средств, таких, автомобиль-цистерна. Вследствие этого существуют проблемы в плане
 40 стабильных поставок и эксплуатационных затрат, а кроме того, даже если удастся уменьшить подводимую мощность, требующуюся для работы системы для сжижения/охлаждения гелия, подводимая мощность, требующаяся для получения жидкого азота, больше, чем снижение подводимой мощности в системе, так что суммарная мощность, потребляемая для работы системы, увеличивается.

В системе для сжижения и/или охлаждения гелия, описанной в патентной литературе 2, тепловой КПД системы увеличивается за счет подвода энергии холода, генерируемой холодильной машиной, которая использует отходящий газ
 газотурбинной электрогенерирующей секции в качестве источника тепла, и за счет подвода энергии холода, соответствующей скрытому теплу испарения охлажденного
 50 природного газа, к теплообменникам. Вместо жидкого азота эти средства используют скрытое тепло испарения охлажденного природного газа, но в этом нет фундаментально отличия по сравнению с известной системой согласно фиг.5, в которой предварительное охлаждение осуществляется с помощью жидкого азота,

вводимого по линии 016 предварительного охлаждения. Следовательно, температуру газа, выпущенного из компрессора, понизить нельзя, и остается та же проблема, что и в известной системе согласно фиг.5, заключающаяся в том, что не удастся снизить мощность, подводимую к компрессору.

- 5 В свете вышеупомянутых проблем задача изобретения состоит в том, чтобы минимизировать суммарную потребляемую мощность и увеличить холодильный коэффициент системы путем снижения подводимой мощности, требующейся для привода компрессора, который потребляет наибольшую часть мощности, подводимой для работы системы, за счет снижения удельного объема всасываемого в компрессор
- 10 газа, подлежащего сжижению, посредством снижения температуры этого газа без снижения холодильного коэффициента системы для сжижения/охлаждения, посредством уменьшения габаритов системы за счет снижения количества теплообменников для охлаждения газа, подлежащего сжижению, и посредством эффективного использования отходящего тепла в компрессоре или мощности,
- 15 подводимой к компрессору.

Средства для решения поставленных задач

- Чтобы достичь поставленной цели, в настоящем изобретении предложен способ криогенного сжижения/охлаждения, включающей в себя этапы, на которых предварительно охлаждают находящийся под высоким давлением
- 20 высокотемпературный газ, подлежащий сжижению, выпущенный из компрессора, вводят этот газ в многоступенчатый теплообменник для последовательного охлаждения, сжижают часть газа, обеспечивая возможность адиабатического расширения этого газа, и используют находящийся под низким давлением низкотемпературный не сжиженный газ в качестве холодильного агента в
- 25 теплообменнике, а потом возвращают этот газ в компрессор, при этом газ, сжатый компрессором и предварительно охлажденный, дополнительно охлаждают с помощью химической холодильной машины, в которой отходящее тепло, генерируемое в компрессоре, используется в качестве источника тепла, и вводят охлажденный газ, подлежащий сжижению, во множество ступеней теплообменника.

- 30 При осуществлении способа согласно изобретению температуру находящегося под низким давлением низкотемпературного газа, возвращаемого в компрессор при одновременном охлаждении находящегося под высоким давлением газа, подлежащего сжижению, можно понизить путем дополнительного охлаждения находящегося под высоким давлением газа, подлежащего сжижению, который выпущен из компрессора
- 35 и предварительно охлажден, с помощью холодильной машины, в которой отходящее тепло, т.е. тепло трения, генерируемое в компрессоре, используется в качестве источника тепла, вследствие чего находящийся под высоким давлением газ поступает в теплообменник, имея пониженную температуру.

- В предпочтительном варианте находящийся под высоким давлением газ,
- 40 подлежащий сжижению, охлажденный с помощью холодильной машины, дополнительно охлаждают с помощью паровой компрессионной холодильной машины, после чего вводят этот газ во множество ступеней теплообменника.

- В настоящем изобретении предложена система для криогенного сжижения/охлаждения, включающая в себя компрессор для сжатия газа, подлежащего
- 45 сжижению, с высокой температурой и высоким давлением, охладитель для предварительного охлаждения газа, выпущенного из компрессора, многоступенчатый теплообменник для последовательного охлаждения предварительно охлажденного газа, расширительный клапан для расширения газа, охлажденного в многоступенчатом теплообменнике, с целью превращения его в смесь жидкости и
- 50 газа, газожидкостной сепаратор, предназначенный для выделения жидкости из упомянутой смеси и хранения этой жидкости, и возвратный канал для возврата газа, отделенного от жидкости в газожидкостном сепараторе, в компрессор после того, как этот газ послужил холодильным агентом для многоступенчатого теплообменника,

при этом система дополнительно включает в себя химическую холодильную машину, в которой отходящее тепло, генерируемое в компрессоре, используется в качестве источника тепла этой машины для дополнительного предварительного охлаждения газа, предварительно охлажденного охладителем.

5 В изобретении предусматривается холодильная машина, в которой в качестве источника используется отходящее тепло, т.е. тепло потерь на трение, так что находящийся под высоким давлением газ, подлежащий сжижению, выпущенный из компрессора и предварительно охлажденный охладителем, дополнительно
10 охлаждается перед тем, как находящийся под высоким давлением газ вводится в многоступенчатый теплообменник, расположенный в холодильном шкафу. Затем находящийся под высоким давлением газ охлаждается за счет обмена теплом с находящимся под низким давлением низкотемпературным газом, возвращающимся из газожидкостного сепаратора в компрессор.

Температурой находящегося под низким давлением низкотемпературного газа
15 можно управлять до достижения желаемой температуры, направляя часть находящегося под высоким давлением газа в турбодетандеры для расширения в них и обеспечивая снижение давления и температуры расширяемого газа с целью объединения его с находящимся под низким давлением низкотемпературным газом, возвращающимся из газожидкостного сепаратора в компрессор.

20 Температура находящегося под высоким давлением газа, поступающего в каждую ступень многоступенчатого компрессора, оказывается почти такой же, как температура находящегося под низким давлением низкотемпературного газа, хотя небольшая разница между этими температурами все же есть. Следовательно, температуру находящегося под низким давлением газа на входе компрессора можно
25 понизить путем снижения температуры находящегося под высоким давлением газа, поступающего в первую ступень многоступенчатого теплообменника. Система позволяет достичь уменьшения мощности, подводимой к компрессору, за счет эффективного использования отходящего тепла, генерируемого в компрессоре, т.е. тепла потерь на трение, в качестве источника тепла холодильной машины.

30 В результате можно увеличить суммарный холодильный коэффициент (количество сжиженного газа или холодопроизводительность на единицу потребляемой мощности) системы в соответствии с изобретением. Температура отходящего тепла, испускаемого из компрессора, составляет 60-80°C. Холодильная машина, такая, как адсорбционная холодильная машина и абсорбционная холодильная машина, обладает признаком
35 способности рекуперировать тепло. Используя горячую воду, имеющую температуру 60-80°C, можно получать с помощью холодильной машины холодную воду, имеющую температуру 5-10°C, за счет рекуперации отходящего тепла, генерируемого в компрессоре, или использования физического тепла газа, выпущенного из компрессора, либо использования обеих этих разновидностей тепла.

40 В изобретении предпочтительно предусмотреть паровую компрессионную холодильную машину для дополнительного охлаждения газа, предварительно охлажденного упомянутой холодильной машиной, перед тем, как он поступит в многоступенчатый теплообменник.

Кроме того, предпочтительной является дополнительная подача части
45 низкотемпературного холодильного агента, охлажденного холодильной машиной, в конденсатор паровой компрессионной холодильной машины в качестве холодильного агента для этого конденсатора таким образом, чтобы в процессе конденсации давление в паровой компрессионной холодильной машине уменьшалось за счет уменьшения температуры в процессе конденсации, а холодильный коэффициент в
50 паровой компрессионной холодильной машине увеличивался.

Кроме того, предпочтительно предусмотреть грузовой танк для хранения сжиженного газа, вводимого из газожидкостного сепаратора, и компрессор для сжатия газа, выделившегося при кипении и улетучившегося из грузового танка, и

линию предварительного охлаждения для введения пара, выделившегося при кипении, в компрессор и введения сжатого пара, выделившегося при кипении, в качестве холодильного агента в первую ступень многоступенчатого теплообменника с тем, чтобы использовать пар, выделившийся при кипении и улетучившийся из грузового танка, для охлаждения находящегося под высоким давлением газа, подлежащего сжижению, на первой ступени многоступенчатого теплообменника и увеличить холодильный коэффициент всей системы.

В таких системах криогенного сжижения/охлаждения, как система сжижения/охлаждения гелия, широко применяются маслозаполненные винтовые компрессоры. Однако смазочное масло и герметик нагнетаются в компрессионное пространство, имеющееся в компрессорах этого типа, так что они не могут работать при исключительно низкой температуре. Кроме того, тепловой насос, используемый для создания дополнительного источника холода, будет приводить к уменьшению холодильного коэффициента (отношение холодопроизводительности к подводимой мощности) до значения менее 1, когда температура охлаждения ниже -40°C , а чем меньше температура, тем ниже упомянутый коэффициент. Поэтому эффект снижения подводимой мощности для всей системы достигается, когда температура всасываемого газа снижается до значения около -35°C .

Следовательно, охлаждение с эффектом значительной экономии энергии оказывается возможным за счет рекуперации отходящего тепла, генерируемого в компрессоре, и физического тепла находящегося под высоким давлением газа, выпущенного из компрессора, а также использования этих разновидностей тепла для получения холодной воды, имеющей температуру $5-10^{\circ}\text{C}$, с помощью холодильной машины. Хотя паровая компрессионная холодильная машина может обеспечить получение холодной воды в широком диапазоне температур, ее эффективность ниже, чем у холодильной машины при получении холодной воды, имеющей температуру $5-10^{\circ}\text{C}$. Поэтому эффективным приемом является охлаждение газа, подлежащего сжижению, до температуры около -35°C перед тем, как этот газ поступает в теплообменник, находящийся в холодильном шкафу.

Далее, со ссылками на фиг.1, будет приведено пояснение базовой конфигурации системы, соответствующей изобретению, по сравнению с базовой конфигурацией известной системы согласно фиг.1a, 1b и 1c, где показана базовая конфигурация систем криогенного сжижения/охлаждения в случае сжижения газообразного гелия. На фиг.1a представлена известная система, на фиг.1b представлена система согласно изобретению, когда адсорбционная холодильная машина предусмотрена в качестве холодильной машины для дополнительного предварительного охлаждения находящегося под высоким давлением газа, выпущенного из компрессора, перед тем, как этот газ поступает в холодильный шкаф, а на фиг.1c представлена система согласно изобретению, когда адсорбционная холодильная машина и аммиачная холодильная машина, подключенные параллельно, предусмотрены в качестве паровой компрессионной холодильной машины для дополнительного предварительного охлаждения находящегося под высоким давлением газа, выпущенного из компрессора, перед тем, как этот газ поступает в холодильный шкаф.

На фиг.1a, b и c позиция 021 (21) обозначает холодильный шкаф для поддержания низкой температуры в его внутреннем пространстве. В холодильном шкафу вертикально расположен многоступенчатый теплообменник, состоящий из ступеней от первой, обозначенной позицией 022, до 6-й, обозначенной позицией 027, в случае согласно фиг.1a (от первой, обозначенной 22, до 5-й, обозначенной позицией 26, в случае согласно фиг.1b, и от первой, обозначенной 22, до 4-й, обозначенной позицией 25, в случае согласно фиг.1c). Позиции 028, 029 (28, 29) соответственно обозначают первый и второй детандеры, 030 (30) - расширительный клапан, работающий по циклу Джоуля-Томсона (расширительный Дж/Т-клапан), 031 (31) - газожидкостной сепаратор, предназначенный для выделения жидкого гелия из смеси

жидкого и газообразного гелия. Позиция 033 (33) обозначает компрессор, 034 (34) - газовая линия (магистраль) высокого давления, 035 (35) - газовая линия (магистраль) низкого давления, позиция 036 (36) обозначает линию (магистраль) турбодетандеров, а 037 (37) - охладитель, предусматривающий водяное охлаждение и предназначенный для охлаждения находящегося под высоким давлением газа, выпущенного из компрессора, перед тем, как этот газ вводится в теплообменник в холодильном шкафу.

Системы согласно фиг.1b и фиг.1c работают в основном так же, как работает система фиг.1a. Находящийся под высоким давлением высокотемпературный газообразный гелий, выпущенный из компрессора 033 (33), поступает в первую ступень 022 (22) теплообменника в холодильном шкафу 021 (21) через линию 034 (34) высокого давления, где находящийся под высоким давлением высокотемпературный газообразный гелий охлаждается за счет обмена теплом с находящимся под низким давлением низкотемпературным газом, протекающим по линии 035 (35) низкого давления на первой ступени теплообменника. Находящийся под высоким давлением газ охлаждается, когда он протекает по линии высокого давления, последовательно проходя через вторую, третью, ... и последнюю ступень теплообменника, и поступает в расширительный клапан 030 (30), работающий по циклу Джоуля-Томсона. Газообразный гелий, который поступил в турбодетандер 028, 28 (029, 29), подвергается в нем адиабатическому расширению, давление и температура этого газа снижаются, и он объединяется с находящимся под низким давлением низкотемпературным газом, текущим в линии 035 (35) низкого давления. За счет этого можно управлять температурой находящегося под низким давлением газа, текущего по линии низкого давления, до достижения желаемой температуры.

Находящийся под высоким давлением низкотемпературный газ, поступивший в расширительный клапан 030 (30), работающий по циклу Джоуля-Томсона, претерпевает понижение температуры до 4 К (-296°C), что является температурой кипения, т.е. температурой сжижения гелия, и часть гелия сжижается. Сжиженный гелий 032 (32) отделяется в сепараторе 031 (31) газа и жидкости и хранится в нем, а остальная часть находящегося под низким давлением низкотемпературного гелия возвращается в компрессор 033 (33), протекая по линии 035 (35) низкого давления, проходя через ступени 027-022 (26-22 или 25-22) теплообменника.

В системах согласно изобретению, представленных на фиг.1b и фиг.1c, предусмотрена адсорбционная холодильная машина 38, в которой отходящее тепло, генерируемое в компрессоре 33, используется в качестве источника тепла, а находящийся под высоким давлением газ, охлажденный охладителем 37, дополнительно охлаждается с помощью теплообменника 39, предусмотренного в магистрали 34 высокого давления на расположенной ниже по потоку стороне охладителя 37, посредством холодильного агента, который вырабатывается адсорбционной холодильной машиной и подается в теплообменник 39.

В системе согласно фиг.1c дополнительно предусмотрена аммиачная холодильная машина 40, а холодильный агент, вырабатываемый аммиачной холодильной машиной, подается в теплообменник, предусмотренный в линии 34 высокого давления на расположенной ниже по потоку стороне теплообменника 39, для дополнительного охлаждения находящегося под высоким давлением газа, перед тем, как он поступает в первую ступень 22 теплообменника в холодильном шкафу 21. Температуры каждого процесса написаны на чертежах.

В предлагаемой системе согласно фиг.1b находящийся под высоким давлением газ, поступающий в теплообменник 22 первой ступени, претерпевает понижение температуры до 10°C, а температура находящегося под низким давлением газа, поступающего в компрессор, понижается до -3°C из-за пониженной температуры находящегося под высоким давлением газа, поступающего в теплообменник 22 первой ступени. В предлагаемой системе согласно фиг.1c находящийся под высоким давлением газ, поступающий в теплообменник 22 первой ступени, претерпевает

понижение температуры до -26°C , а температура находящегося под низким давлением газа, поступающего в компрессор, понижается до -39°C .

Мощность, подводимая к компрессору, снижается до 92% в случае согласно фиг.1b и до 85% в случае согласно фиг.1c по сравнению со значением 100% в случае согласно фиг.1a. Кроме того, количество ступеней теплообменника, требующихся для сжижения газообразного гелия, уменьшается, а холодильный коэффициент всей системы увеличивается в случае абсорбционной холодильной машины 38, в которой отходящее тепло, генерируемое в компрессоре и аммиачной холодильной машине 40, используется для охлаждения находящегося под высоким давлением газа перед тем, как этот газ вводится в теплообменник 22 первой ступени в холодильном шкафу 21.

Эффект изобретения

В соответствии со способом согласно изобретению газ, подлежащий сжижению, выпущенный из компрессора и предварительно охлажденный, дополнительно охлаждают с помощью холодильной машины, в которой используется отходящее тепло, генерируемое в компрессоре, за счет чего температура газа дополнительно снижается перед тем, как он вводится в многоступенчатый теплообменник в холодильном шкафу. Следовательно, температуру находящегося под низким давлением низкотемпературного газа, возвращающегося в компрессор, можно понизить, а удельный объем газа, подлежащего сжижению и всасываемого компрессором, - уменьшить, при этом можно уменьшить и мощность, подводимую к компрессору. Кроме того, поскольку имеется возможность эффективно использовать отходящее тепло, генерируемое в компрессоре, можно заметно увеличить тепловой КПД всей системы по сравнению с известной системой криогенного сжижения и/или охлаждения.

За счет того, что газ, подлежащий сжижению, охлажденный с помощью холодильной машины, дополнительно охлаждается с помощью паровой холодильной машины перед тем, как упомянутый газ вводится в многокаскадный теплообменник, температуру газа, подлежащего сжижению, подаваемого в теплообменник, можно дополнительно понизить, а также можно дополнительно уменьшить мощность, подводимую к компрессору.

В соответствии с системой согласно изобретению температуру газа, подлежащего сжижению, вводимого в первую ступень многоступенчатого теплообменника в холодильном шкафу, понижают, предусматривая холодильную машину, вследствие чего упомянутый газ охлаждается в зоне, расположенной ниже по течению от охладителя, перед тем, как вводится в первую ступень теплообменника. Поэтому температура находящегося под низким давлением низкотемпературного газа, возвращающегося в компрессор, понижается, а удельный объем газа, подлежащего сжижению и всасываемого компрессором, уменьшается, при этом можно уменьшить и мощность, подводимую к компрессору. Кроме того, поскольку имеется возможность эффективно использовать отходящее тепло, генерируемое в компрессоре, можно заметно увеличить тепловой КПД всей системы по сравнению с известной системой криогенного сжижения и/или охлаждения.

Кроме того, поскольку уменьшается температура газа, подлежащего сжижению, подаваемого на первую ступень многоступенчатого теплообменника в холодильном шкафу, можно уменьшить количество ступеней многоступенчатого теплообменника, что вносит вклад в уменьшение габаритов системы.

Предусматривая паровую холодильную машину для дополнительного охлаждения газа, подлежащего сжижению и уже охлажденного холодильной машиной, перед тем, как этот газ вводится в многокаскадный теплообменник, можно дополнительно понизить температуру газа, подлежащего сжижению, подаваемого в теплообменник, и можно дополнительно уменьшить мощность, подводимую к компрессору.

Помимо этого, за счет такой компоновки, что часть холодильного агента, вырабатываемого в химической холодильной машине, подается в конденсатор

паровой компрессионной холодильной машины в качестве холодильного агента для конденсатора с целью понижения температуры конденсации хладагента в паровой компрессионной холодильной машине, понижается давление процесса конденсации, и можно увеличить холодильный коэффициент паровой компрессионной холодильной машины.

Краткое описание чертежей

На фиг.1a, 1b и 1c представлены условные схемы для пояснения базовой конфигурации системы в соответствии с настоящим изобретением по сравнению с известной системой.

На фиг.2 представлена условная схема первого варианта осуществления системы в соответствии с настоящим изобретением.

На фиг.3 представлена условная схема второго варианта осуществления системы в соответствии с настоящим изобретением.

На фиг.4 представлена условная схема второго варианта осуществления системы в соответствии с настоящим изобретением.

На фиг.5 представлена условная схема известной системы для криогенного сжижения и/или охлаждения.

Пояснение позиций чертежей

01, 021, 21 и 65: холодильный шкаф;

02, 022, 22, 66 и 107: первый теплообменник;

03, 023, 23, 67 и 108: второй теплообменник;

04, 024, 24 и 68: третий теплообменник;

05, 025, 25 и 69: четвертый теплообменник;

06, 026, 26 и 70: пятый теплообменник;

027 и 71: шестой теплообменник;

07, 028 и 28: первый турбодетандер;

08, 029 и 29: второй турбодетандер;

09, 030, 30 и 112: расширительный клапан, работающий по принципу

Джоуля-Томпсона;

010, 031, 31, 82 и 113: газожидкостной сепаратор;

011, 032 и 32: жидкий гелий;

012, 033, 33, 51 и 101: компрессор;

013, 034, 34, 52 и 102: газовая линия высокого давления;

014, 035, 35, 83 и 109: газовая линия низкого давления;

015, 036 и 36: линия турбодетандера;

016: линия охлаждения жидкого гелия;

37: охладитель;

38 и 61: адсорбционная холодильная машина;

39, 41 и 91: теплообменник;

40: аммиачная холодильная машина;

53: маслоотделитель;

54 и 103: основной охладитель;

55 и 104: вспомогательный охладитель;

56: тепловой рекуператор;

57: маслоохладитель;

59: магистраль горячей воды;

62: низкотемпературная водяная циркуляционная магистраль;

81: устройство для поглощения загрязняющих примесей;

92: аммиачная холодильная машина;

92a: конденсатор;

93: отводная линия;

105: напорный бак;

114: грузовой танк;

115: компрессор пара, выделившегося при кипении;

116: линия трубопровода инертного газа;

117: клапан.

Лучший способ осуществления изобретения

5 Теперь со ссылками на прилагаемые чертежи будет приведено подробное описание настоящего изобретения. Вместе с тем предполагается, что при отсутствии конкретных указаний размеры, материалы, относительные положения и т.д. составляющих частей в вариантах осуществления следует интерпретировать, как
10 носящие лишь иллюстративный, а не ограничительный характер применительно к объему притязаний настоящего изобретения.

Первый вариант осуществления

На фиг.2 представлена условная схема первого варианта осуществления изобретения применительно к системе сжижения/охлаждения гелия. На этом чертеже позиция 51 обозначает компрессор; в линии 52 высокого давления, проходящей от выхода этого
15 компрессора, предусмотрены маслоотделитель 53, основной охладитель 54 и вспомогательный охладитель 55, расположенные именно в этом порядке. Смазочное масло компрессора, смешанное с находящимся под высоким давлением газом, выпущенным из компрессора 51, отделяется в маслоотделителе 53, потом это смазочное масло сообщает тепло горячей воде, текущей через линии 59 горячей воды в
20 тепловом рекуператоре 56, а затем охлаждается в маслоохладителе 57 и возвращается в компрессор 51 посредством маслососа 58.

Находящийся под высоким давлением газ, освобожденный от смазочного масла в маслоотделителе 53, охлаждается в основном охладителе 54 и вспомогательном охладителе 55. Горячая вода, нагретая смазочным маслом и текущая в магистрали 59
25 горячей воды, вводится в адсорбционную холодильную машину 61 и используется в качестве источника тепла для привода адсорбционной холодильной машины 61. Эта адсорбционная холодильная машина 61 является хорошо известной, а получаемая в ней низкотемпературная вода направляется во вспомогательный охладитель по низкотемпературной циркуляционной магистрали 62, используемой в качестве
30 источника холода для охлаждения находящегося под высоким давлением газа.

Находящийся под высоким давлением газ подается в холодильный шкаф 65, после чего охлаждается во вспомогательном охладителе 55 посредством прецизионного маслоотделителя 64.

В холодильном шкафу 65 расположены теплообменники 66-75 1-й - 10-й ступеней.
35 Находящийся под высоким давлением газ обменивается теплом в теплообменниках с находящимся под низким давлением газом, возвращающимся в компрессор 51. Позиции 76-79 обозначают турбодетандеры, которые обеспечивают адиабатическое расширение части находящегося под высоким давлением газа, отводимого из магистрали 52 высокого давления, проходящей через теплообменники 66-75, и
40 сопутствующее понижение давления и температуры этого газа. Каждая часть газа, выходящего из каждого из турбодетандеров, направляется в магистраль 85 низкого давления, возвращаясь в компрессор 51 и тем самым поддерживая низкую температуру находящегося под высоким давлением газа, текущего по магистрали низкого давления. Турбодетандер 76 работает так же, как при подаче жидкого
45 водорода по магистрали 016 предварительного охлаждения в известной системе, показанной на фиг.5.

Позиция 80 обозначает турбодетандер, который обеспечивает адиабатическое расширение части находящегося под высоким давлением газа аналогично тому, как это происходит в турбодетандерах 76-79, что приводит к достижению низкой
50 температуры и среднего давления газа. Газ, имеющий низкую температуру и среднее давление, расширяется посредством расширительного клапана 84, работающего по принципу Джоуля-Томсона (расширительного Дж/Т-клапана), где происходит превращение газа в смесь жидкости и газа, подаваемую в сепаратор 82 жидкости и

газа. Это способствует охлаждению сепаратора 82 жидкости и газа. Находящийся под высоким давлением газ, текущий по магистрали 52 высокого давления, расширяется посредством расширительного Дж/Т-клапана 83, где происходит превращение газа в смесь жидкости и газа, подаваемую в сепаратор 82 жидкости и газа. Жидкий гелий, выделенный в сепараторе 82 жидкости и газа, можно впоследствии использовать для охлаждения нагрузки, не показанной на чертеже. Газ смеси жидкого и газообразного гелия всасывается посредством магистрали 85 низкого давления обратно через теплообменники 75-66 в компрессор 51. Позиция 81 обозначает устройство для поглощения загрязняющих примесей, позволяющее удалять загрязняющие примеси, присутствующие в находящемся под высоким давлением газе. Численные значения, обведенные прямоугольниками, указывают температуру в каждом процессе.

В соответствии с первым вариантом осуществления отходящее тепло смазочного масла после смазки компрессора 51 рекупируется тепловым рекуператором 56, а находящийся под высоким давлением газ, выпускаемый из компрессора 51, можно охлаждать низкотемпературной водой, получаемой с помощью адсорбционной холодильной машины 61, в которой используется отходящее тепло смазочного масла.

Поскольку находящийся под высоким давлением газ, выпущенный из компрессора 51, можно после охлаждения в основном охладителе 54 охлаждать во вспомогательном охладителе 55 упомянутой низкотемпературной водой, возникает возможность понижения температуры находящегося под высоким давлением газа перед тем, как он поступает в холодильный шкаф 65.

Следовательно, поскольку температуру находящегося под высоким давлением газа можно понижать до температуры примерно такой же, как температура находящегося под высоким давлением газа, поступающего в холодильный шкаф 65, удельный объем газа, всасываемого компрессором 51, можно уменьшить, в результате чего можно уменьшить и мощность, подводимую к компрессору 51, а поскольку можно понизить температуру находящегося под высоким давлением газа, поступающего в холодильный шкаф, то можно уменьшить количество теплообменников для сжижения газообразного гелия и можно достичь уменьшения габаритов холодильного шкафа.

Кроме того, поскольку тепло смазочного масла, заключенного в компрессоре 51, рекупируется и используется в качестве источника тепла для адсорбционной холодильной машины 61, можно увеличить холодильный коэффициент всей системы.

Второй вариант осуществления

Далее, со ссылками на фиг.3 будет пояснен второй вариант осуществления системы в соответствии с изобретением. Вторым вариантом осуществления отличается от первого варианта осуществления, показанного на фиг.2, тем, что на расположенной ниже по потоку стороне прецизионного маслоотделителя 64 в магистрали 52 высокого давления добавлен теплообменник 91 и дополнительно добавлены аммиачная холодильная машина 92 в качестве паровой компрессионной холодильной машины для подачи низкотемпературного хладагента 91 и отводная труба 93, а в остальном конфигурация является такой же, как конфигурация согласно первому варианту осуществления. На фиг.3 численные значения, обведенные прямоугольниками, указывают температуру в каждом процессе.

Во втором варианте осуществления находящийся под высоким давлением газ, предварительно охлажденный во вспомогательном охладителе 55 и прошедший через маслоотделитель 64, дополнительно охлаждается в теплообменнике 91 хладагентом, подаваемым из аммиачной холодильной машины 92. Часть низкотемпературной воды подается из адсорбционной холодильной машины 61 в конденсатор 92а аммиачной холодильной машины 92 через отводную трубу 93. За счет этого температура конденсации в аммиачной холодильной машине понижается, и давление в процессе конденсации понижается, что приводит к повышенному холодильному коэффициенту аммиачной холодильной машины.

В соответствии со вторым вариантом осуществления обеспечивается та же работа и

тот же эффект, что и в первом варианте осуществления, а в дополнение к этому можно дополнительно понизить температуру находящегося под высоким давлением газа, и соответственно этому можно дополнительно уменьшить мощность, подводимую к компрессору, и можно дополнительно уменьшить количество теплообменников в холодильном шкафу 65.

Кроме того, поскольку в аммиачной холодильной машине 92 используется энергия холода низкотемпературной воды адсорбционной холодильной машины 61, можно значительно увеличить холодильную эффективность всей системы охлаждения.

Первый вариант осуществления соответствует системе согласно фиг. 1b, а второй вариант осуществления соответствует системе согласно фиг. 1c. Как показывают численные значения на чертежах, мощность, подводимая к компрессору, уменьшается примерно на 8% в системе согласно фиг. 1b и примерно на 15% в системе согласно фиг. 1c по сравнению с известной системой, показанной на фиг. 1a.

Эффективность системы или показатель надежности ПН (1/кпд (коэффициент полезного действия): подводимая мощность, требующаяся для привода компрессора, отнесенная к единице объема) повышается по сравнению с известной системой согласно фиг. 1a примерно на 8% в системе согласно фиг. 1b и примерно на 11% в системе согласно фиг. 1c.

Третий вариант осуществления

Далее, со ссылками на фиг. 4 будет пояснен третий вариант осуществления в случае, когда настоящее изобретение применяется к системе повторного сжижения природного газа. На упомянутом чертеже позиция 101 обозначает компрессор. В линии 102 высокого давления предусмотрены основной охладитель 103 и вспомогательный охладитель 104, расположенные именно в этом порядке.

Находящийся под высоким давлением газ, выпущенный из компрессора 101, охлаждается этими охладителями. Позиция 105 обозначает химическую холодильную машину, такую, как адсорбционная холодильная машина или абсорбционная холодильная машина, с помощью которой холодная вода получается с использованием той особенности, что отходящее тепло, такое, как тепло потерь на трение, поглощается смазочным маслом во время смазки компрессора 101 и сохраняется в этом смазочном масле, т.е. эта вода получается так же, как с помощью адсорбционной холодильной машины в первом и втором вариантах осуществления. Упомянутая холодная вода подается в качестве источника холода через циркуляционную магистраль 106 во вспомогательный охладитель 104.

Позиция 107 обозначает первый ступенчатый теплообменник, а позиция 108 - второй ступенчатый теплообменник. Находящийся под высоким давлением газ, текущий по газовой линии 102 высокого давления, охлаждается в теплообменниках 107 и 108 за счет обмена теплом с находящимся под низким давлением газом, возвращающимся в компрессор 101 по газовой линии 109 низкого давления. Позиция 110 обозначает турбодетандер, в котором часть находящегося под высоким давлением газа, идущая из линии 102 высокого давления, претерпевает адиабатическое расширение, вследствие чего происходит снижение температуры и давления газа, и газ, имеющий уменьшенные температуру и давление, подается в газовую магистраль 109 низкого давления в находящуюся выше по потоку часть от второго ступенчатого теплообменника 108 для поддержания низкой температуры газа, возвращающегося в компрессор 101 по линии низкого давления. Позиция 111 обозначает напорный бак, в котором собирается малое количество примесного газа (состоящего главным образом из воздуха и называемого инертным газом), содержащегося в газах, испарившихся в грузовом танке 114, упоминаемом ниже и предназначенном для хранения сжиженного природного газа (СПГ), а собранный инертный газ выпускается наружу по трубопроводу 116 посредством открывания клапана 117, если это потребуется.

Находящийся под высоким давлением газ, текущий по газовой магистрали 102

высокого давления, проходит через напорный бак 111 и через расширительный клапан 112, работающий по циклу Джоуля-Томсона, и подается в газожидкостной сепаратор 113 в качестве находящегося под средним давлением низкотемпературного газа. Часть газа, подаваемого в газожидкостной сепаратор 113, сжижается благодаря 5 низкой температуре, и газ превращается в смесь жидкости и газа в газожидкостном сепараторе 113. Природный газ, находящийся в газожидкостном сепараторе 113, возвращается в компрессор 101 через газовую линию 109 низкого давления. Жидкий природный газ, находящийся в газожидкостном сепараторе 113, транспортируется в грузовой танк 114 с целью хранения в нем. Полученный в результате испарения газ в 10 грузовом танке 114 сжимается компрессором 115 пара, выделившегося при кипении (компрессором ПВК), вводится в газовую линию 109 низкого давления на расположенной выше по течению стороне теплообменника 107 первой ступени и служит для охлаждения находящегося под высоким давлением газа в первом ступенчатом теплообменнике 107. Полученный в результате испарения газ в грузовом 15 танке 114 представляет собой метан, который содержит малое количество примесных газов (в основном воздух). Эти примесные газы собираются в напорном баке 111, как упоминалось выше. На чертеже - см. фиг.4 - записаны давление и температура в каждой из технологических частей.

В соответствии с третьим вариантом осуществления, поскольку находящийся под 20 высоким давлением газ, выпущенный из компрессора 101, охлаждается в основном охладителе 103 и затем охлаждается во вспомогательном охладителе 104 холодной водой, получаемой с помощью холодильной машины 105, можно понизить температуру находящегося под высоким давлением газа, поступающего в первый ступенчатый теплообменник 107.

Следовательно, поскольку температуру находящегося под низким давлением газа, 25 возвращающегося в компрессор 101 через газовую линию 103 низкого давления, можно понизить примерно до такой же температуры, как та, которую имеет теплообменник 107 первой ступени, удельный объем газа, всасываемого в компрессор 101, можно уменьшить, в результате чего можно уменьшить и мощность, 30 подводимую к компрессору 101, и при этом можно также понизить температуру находящегося под высоким давлением газа, поступающего в теплообменник 107 первой ступени. Соответственно, можно уменьшить количество теплообменников, требующихся для сжижения природного газа, что вносит вклад в уменьшение габаритов системы.

Кроме того, поскольку холодильная машина 105 эксплуатируется за счет 35 использования отходящего тепла, такого, как тепло потерь на трение, воспринимаемое смазочным маслом во время смазки компрессора 10, можно увеличить холодильный коэффициент всей системы.

Промышленная применимость

В соответствии с настоящим изобретением в холодильной системе для криогенного 40 сжижения газа с исключительно низкой температурой кипения, такого, как гелий или природный газ, можно понизить температуру газа на входе компрессора и можно эффективно уменьшить мощность, подводимую к компрессору, за счет использования отходящего тепла, генерируемого в компрессоре, и физического тепла газа, 45 выпущенного из компрессора, которое обычно не используется, в качестве источника тепла для холодильной машины или паровой компрессионной холодильной машины с целью получения энергии холода для предварительного охлаждения газа, выпущенного из компрессора, и понижения температуры газа на входе компрессора. Таким образом, можно реализовать способ сжижения и/или охлаждения и систему для 50 осуществления этого способа, позволяющие минимизировать суммарную мощность, требующуюся для работы системы.

Формула изобретения

1. Способ криогенного сжижения/охлаждения, включающий в себя этапы, на которых

предварительно охлаждают находящийся под высоким давлением высокотемпературный газ, подлежащий сжижению, выпущенный из компрессора, вводят этот газ в многоступенчатый теплообменник для последовательного охлаждения,

сжижают часть газа, обеспечивая адиабатическое расширение газа, и используют находящийся под низким давлением низкотемпературный не сжиженный газ в качестве холодильного агента в упомянутом теплообменнике, а потом возвращают этот газ в компрессор,

при этом упомянутый газ, сжатый компрессором и предварительно охлажденный, дополнительно охлаждают с помощью холодильной машины, в которой отходящее тепло, генерируемое в компрессоре, используется в качестве источника тепла, и вводят охлажденный газ, подлежащий сжижению, во множество ступеней теплообменника.

2. Способ криогенного сжижения/охлаждения по п.1, в котором упомянутый находящийся под высоким давлением газ, подлежащий сжижению, охлажденный с помощью упомянутой холодильной машины, дополнительно охлаждают с помощью паровой компрессионной холодильной машины, после чего вводят этот газ во множество ступеней теплообменника.

3. Система для криогенного сжижения/охлаждения, содержащая компрессор для сжатия газа, подлежащего сжижению, с высокой температурой и высоким давлением,

охладитель для предварительного охлаждения газа, выпущенного из компрессора, многоступенчатый теплообменник для последовательного охлаждения предварительно охлажденного газа,

расширительный клапан для расширения газа, охлажденного в многоступенчатом теплообменнике, для превращения его в смесь жидкости и газа,

газожидкостной сепаратор, предназначенный для хранения смеси жидкости и газа, и возвратный канал для возврата газа, отделенного от жидкости в газожидкостном сепараторе, в компрессор после того, как этот газ послужил холодильным агентом для многоступенчатого теплообменника,

при этом дополнительно предусмотрена холодильная машина, в которой отходящее тепло, генерируемое в компрессоре, используется в качестве источника тепла этой машины для дополнительного предварительного охлаждения газа, предварительно охлажденного охладителем.

4. Система для криогенного сжижения/охлаждения по п.3, дополнительно содержащая паровую компрессионную холодильную машину для дополнительного охлаждения газа, предварительно охлажденного с помощью упомянутой холодильной машины, перед тем, как он поступает в многоступенчатый теплообменник.

5. Система для криогенного сжижения/охлаждения по п.4, в которой часть низкотемпературного холодильного агента, охлажденного с помощью упомянутой холодильной машины, подается в конденсатор упомянутой паровой компрессионной холодильной машины в качестве холодильного агента для этого конденсатора.

6. Система для криогенного сжижения/охлаждения по п.3, дополнительно содержащая:

грузовой танк для хранения сжиженного газа, вводимого из газожидкостного сепаратора,

компрессор для сжатия газа, выделившегося при кипении и улетучившегося из грузового танка, и

линия предварительного охлаждения для введения газа, выделившегося при кипении в упомянутый компрессор и для введения сжатого газа, выделившегося при кипении, в качестве холодильного агента в первую ступень многоступенчатого

теплообменника.

5

10

15

20

25

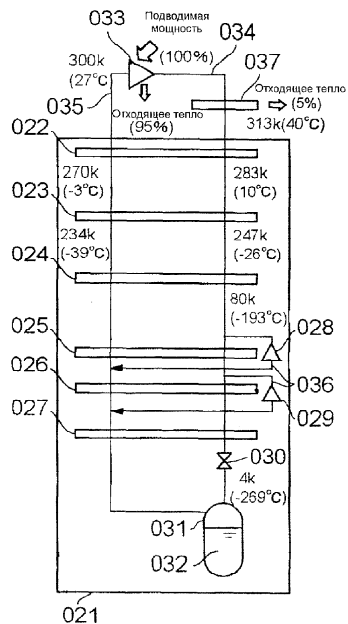
30

35

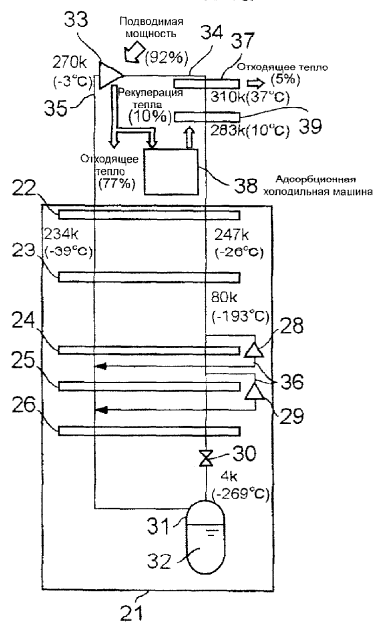
40

45

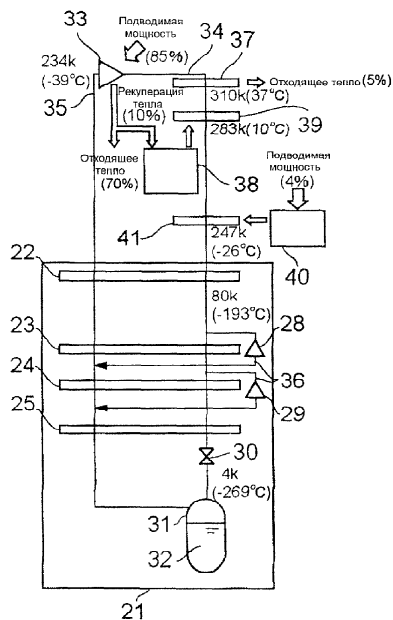
50



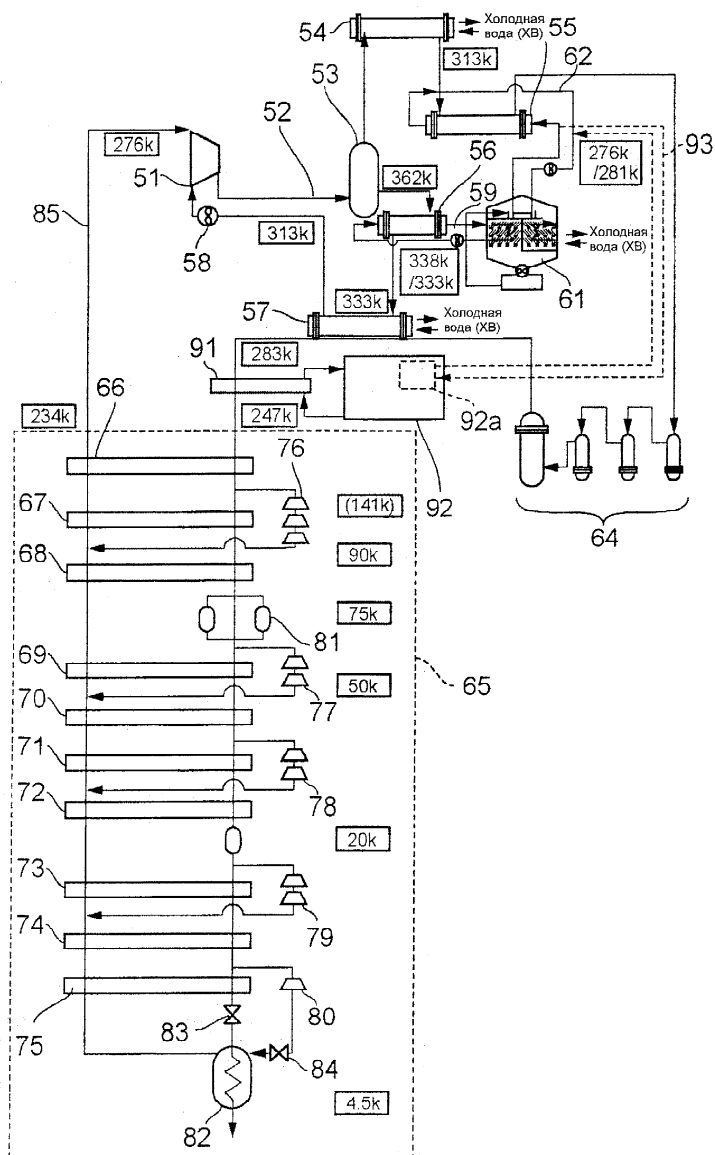
Фиг. 1а



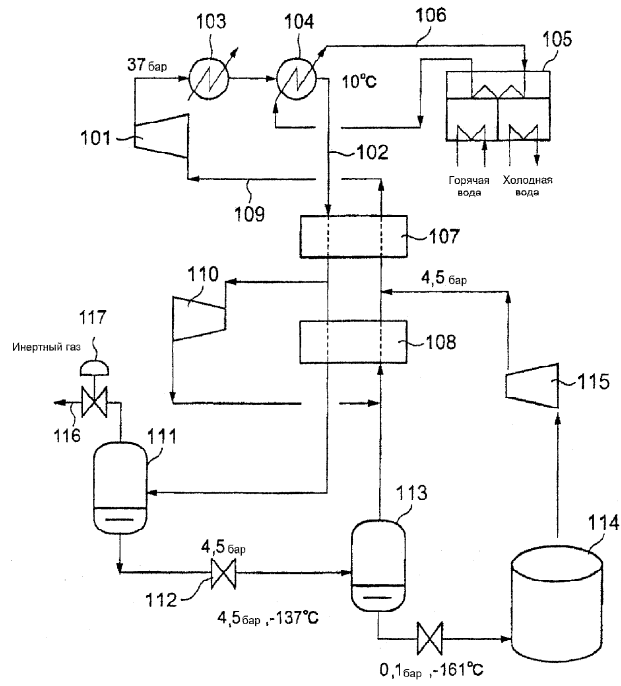
Фиг. 1b



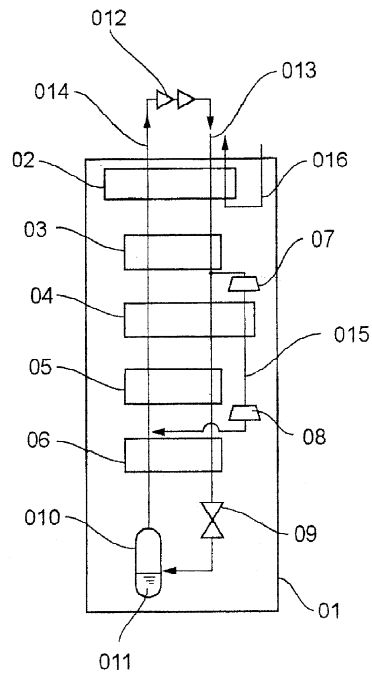
Фиг. 1с



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5