

# РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



## ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2673642

### УСТАНОВКА СЖИЖЕНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА (СПГ) В УСЛОВИЯХ ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СТАНЦИИ (ГРС)

Патентообладатель: *федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский горный университет" (RU)*

Авторы: *Рузманов Александр Юрьевич (RU),  
Воронов Владимир Александрович (RU)*

Заявка № 2017137080

Приоритет изобретения 20 октября 2017 г.

Дата государственной регистрации в

Государственном реестре изобретений

Российской Федерации 28 ноября 2018 г.

Срок действия исключительного права

на изобретение истекает 20 октября 2037 г.

*Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности*

*Г.П. Ивлиев*





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
F25J 1/00 (2018.08); F25J 1/0022 (2018.08)

(21)(22) Заявка: 2017137080, 20.10.2017

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
20.10.2017

Дата регистрации:  
28.11.2018

Приоритет(ы):  
(22) Дата подачи заявки: 20.10.2017

(45) Опубликовано: 28.11.2018 Бюл. № 34

Адрес для переписки:  
199106, Санкт-Петербург, В.О., 21 линия, 2,  
ФГБОУ ВО "Санкт-Петербургский горный  
университет", отдел интеллектуальной  
собственности и трансфера технологий (отдел  
ИС и ТТ)

(72) Автор(ы):  
Рузманов Александр Юрьевич (RU),  
Воронов Владимир Александрович (RU)

(73) Патентообладатель(и):  
федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования "Санкт-Петербургский горный  
университет" (RU)

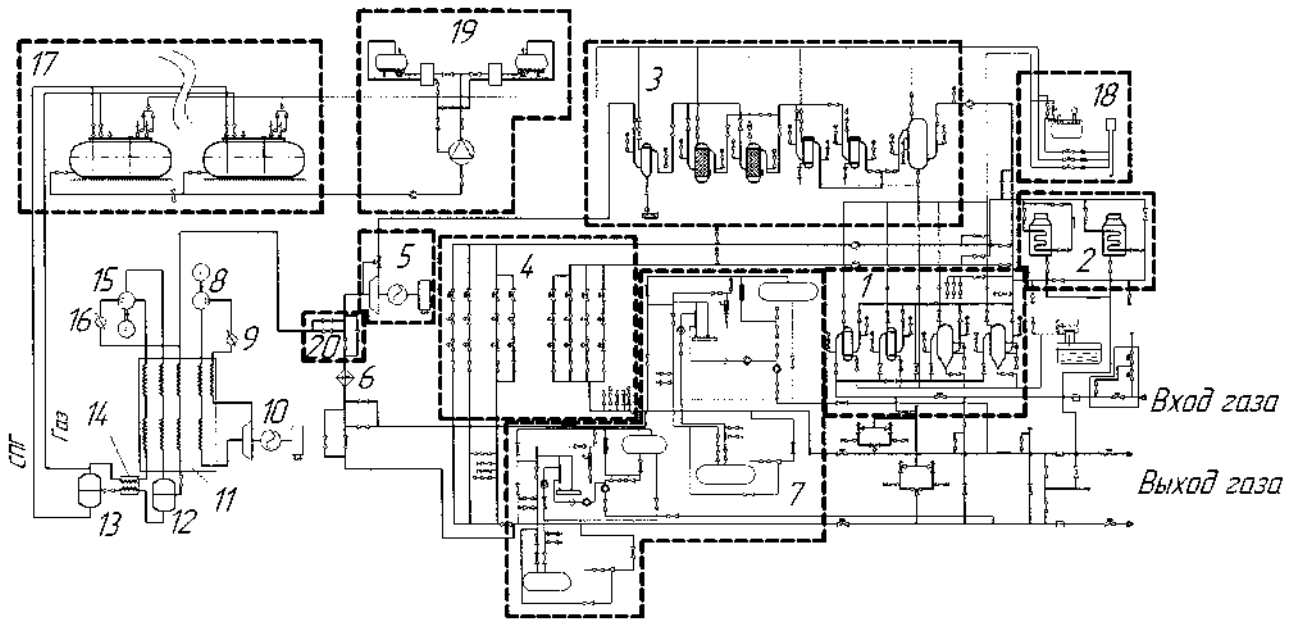
(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: RU 2541360 C1, 10.02.2015. RU  
133250 U1, 10.10.2013. RU 2488758 C1,  
27.07.2013. US 5916260 A1, 29.06.1999. US  
20090107174 A1, 30.04.2009. Roberts M.J. Briton  
refrigeration cycles for small-scale LNG / Mark  
J. Roberts, Fei Chen, Ozgur Saygi-Arslan// Gas  
Processing. - 2015. - Vol. 4(1). - P. 27-32.

(54) УСТАНОВКА СЖИЖЕНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА (СПГ) В УСЛОВИЯХ  
ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СТАНЦИИ (ГРС)

(57) Реферат:

Изобретение относится к газовой промышленности, конкретно к технологиям сжижения природного газа (СПГ). Установка сжижения природного газа в условиях газораспределительной станции (ГРС) включает узел очистки газа, турбодетандерный агрегат, компрессор основного цикла и установку сжижения природного газа с внедренным детандером и флэш-циклом, резервуарный парк склада СПГ, узел отпуска товарного СПГ, факельную установку. Узел очистки газа подключен параллельно основной линии ГРС, ведущей к узлу редуцирования ГРС, после узла подогрева ГРС и узла очистки ГРС. За узлом очистки газа установлен турбодетандерный агрегат. Турбодетандерный агрегат и компрессор

основного цикла выполнены как отдельные агрегаты. К турбодетандерному агрегату в качестве потребителя мощности подключен электрический генератор. После турбодетандерного агрегата установлен узел разделения потока газа на две части, один из выходов которого соединен со входом теплообменника установки сжижения природного газа с внедренным детандером и флэш-циклом, а другой выход - со входом узла одоризации газа ГРС. Линии сброса паровой фазы из резервуарного парка склада СПГ подключены к следующему за флэш-циклом конденсатосборнику. Техническим результатом является повышение эффективности установки. Ил.



Фиг. 1

RU 2 6 7 3 6 4 2 C 1

RU 2 6 7 3 6 4 2 C 1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

*F25J 1/00 (2018.08); F25J 1/0022 (2018.08)*(21)(22) Application: **2017137080, 20.10.2017**(24) Effective date for property rights:  
**20.10.2017**Registration date:  
**28.11.2018**

Priority:

(22) Date of filing: **20.10.2017**(45) Date of publication: **28.11.2018 Bull. № 34**

Mail address:

**199106, Sankt-Peterburg, V.O., 21 liniya, 2, FGBOU  
VO "Sankt-Peterburgskij gornyj universitet", otdel  
intellektualnoj sobstvennosti i transfera  
tehnologij (otdel IS i TT)**

(72) Inventor(s):

**Ruzmanov Aleksandr Yurevich (RU),  
Voronov Vladimir Aleksandrovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**federalnoe gosudarstvennoe byudzhethnoe  
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego  
obrazovaniya "Sankt-Peterburgskij gornyj  
universitet" (RU)**

(54) **NATURAL GAS (LNG) LIQUEFACTION INSTALLATION UNDER CONDITIONS OF THE GAS DISTRIBUTION STATION (GDS)**

(57) Abstract:

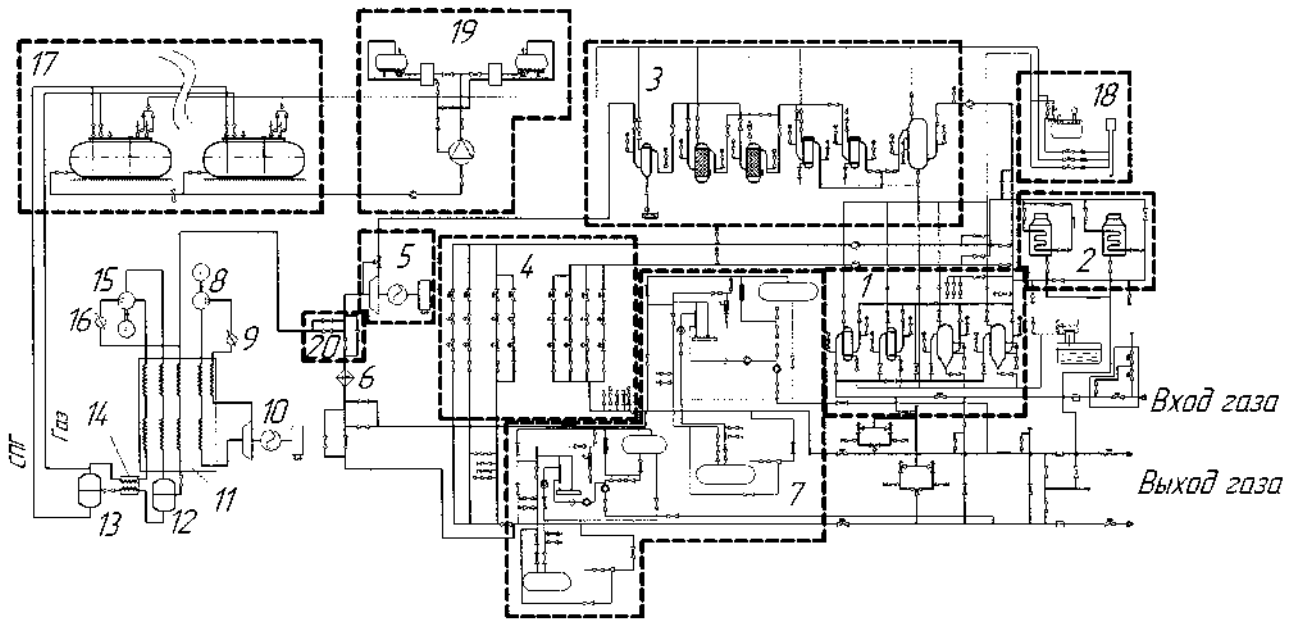
FIELD: oil and gas industry.

SUBSTANCE: invention relates to the gas industry, specifically to the natural gas (LNG) liquefaction technologies. Natural gas liquefaction installation under the gas distribution station (GDS) conditions includes the gas cleaning unit, the turbo expander unit, main cycle compressor and natural gas liquefaction unit with embedded expander and flash cycle, LNG storage tank farm, commercial LNG supply unit, flare unit. Gas cleaning unit is in parallel connected to the main GDS line, leading to the GDS reduction unit, after the GDS heating unit and the GDS cleaning unit. Turboexpander unit is installed downstream the gas cleaning unit. Turbo expander unit and main cycle compressor are made as

the separate units. To the turboexpander unit as the power consumer an electric generator is connected. Downstream the turbo-expander unit, a gas flow separation in two parts unit is installed, one of which outlets is connected to the inlet of the natural gas liquefaction plant with the embedded expander and the flash cycle heat exchanger input, and another outlet is to the GDS gas odorization unit input. Vapor phase from the LNG storage tank farm discharge lines are connected to the condensate trap downstream the flash cycle.

EFFECT: increase in the installation efficiency.

1 cl, 1 dwg



Фиг. 1

RU 2 4 9 3 7 9 2

RU 2 6 7 3 6 4 2 C 1

Изобретение относится к газовой промышленности, конкретно к технологиям сжижения природного газа (СПГ).

Известно устройство для сжижения природного газа (патент РФ №2500959, опубл. 10.12.2013), содержащее адсорбер, фильтр, теплообменник, вихревую трубу с охлаждаемым горячим концом трубы. Помимо это устройство отличается тем, что вихревая труба размещена в трехсекционной емкости-сепараторе вертикально, причем в нижней секции размещен холодный конец трубы, в средней секции размещен горячий конец трубы, имеющий сепарационное устройство в виде соосно установленного внутреннего конуса в конической части горячего конца, для выхода регулируемого расхода газа, в средней секции имеется патрубок тангенциального ввода холодного потока газа после рекуперации холода в теплообменнике исходного потока сжиженного газа, а в верхней секции патрубок вывода газообразного продукта.

Недостатком устройства является установка вихревой трубы - сложного в изготовлении устройства, обладающего низкими показателями надежности, а также узким диапазоном рабочих расходов газа. Помимо этого в устройстве не предусмотрено компонентов, позволяющих осуществлять извлечение избыточной энергии магистрального потока газа, что снижает эффективность применения устройства на ГРС.

Известно устройство для сжижения природного газа (патент РФ №2285212, опубл. 10.10.2006), содержащее фильтр очистки нерасширившегося газа от примесей, узел разделения линии его подачи на линии, первая из которых присоединена к разделительной вихревой трубе, линия отвода охлажденного газа которой подсоединена к потребителю редуцированного газа, а вторая линия присоединена через дроссельное устройство к сборнику конденсата. Также устройство включает узел разделения линии подачи нерасширившегося газа, выполненный в виде узла разделения на три линии, при этом третья линия подсоединена к вихревой трубе с дополнительным потоком, линия отвода охлажденного газа которой подсоединена через дроссельное устройство к рекуперативному теплообменному аппарату системы рекуперативных теплообменных аппаратов, а затем к потребителю редуцированного газа, а линия отвода подогретого газа - к потребителю редуцированного газа более высокого давления, при этом линия отвода охлажденного газа из разделительной вихревой трубы подсоединена к системе рекуперативных теплообменных аппаратов и далее к потребителю редуцированного газа, а линия отвода подогретого газа из нее через дроссельное устройство и теплообменный аппарат подключена к приосевой области вихревой трубы с дополнительным потоком, вторая линия подачи нерасширившегося газа соединена с дроссельным устройством через систему рекуперативных теплообменных аппаратов.

Основной недостаток данного устройства заключается в применении вихревой трубы - сложного в изготовлении устройства, обладающего низкими показателями надежности, а также узким диапазоном рабочих расходов газа. Помимо этого в устройстве не применяется турбодетандерное оборудование, что не позволяет обеспечить использование избыточной энергии магистрального потока газа на ГРС.

Известен комплекс для производства сжиженного природного газа (патент РФ №2541360, опубл. 10.02.2015 г.), содержащий соединенную с магистралью газораспределительной станции трубу, с которой связаны технологическая линия, соединенная с газораспределительной сетью, и производственная линия, соединенная с хранилищем сжиженного природного газа и включающая компрессор, дроссель, сепаратор. В комплекс также входит детандер, оборудованный турбиной, выполненной с возможностью вращения потоком газа из технологической линии, кинематически

связанной с компрессором, при этом комплекс дополнительно оборудован струйным компрессором, вход которого соединен с хранилищем сжиженного природного газа, а выход соединен с технологической линией, сопловой аппарат детандера выполнен из теплопроводящего материала. Узел осушки выполнен в виде единого блока для

5 осушки технологического и продукционного потоков.

Недостатком данного комплекса является установка линий внедряемого оборудования параллельно газораспределительной станции, что приводит к снижению производительности детандера, вызванному снижением расхода газа через агрегат по сравнению с подключением параллельно узлу редуцирования ГРС. Также исполнение

10 компрессора и детандера в виде единого агрегата, в котором компрессор выступает потребителем полезной мощности на валу детандера влечет увеличение взаимной зависимости работы детандера и компрессора, что снижает показатели надежности комплекса. Отсутствие устройства для извлечения тяжелых углеводородов до детандера создает необходимость в их конденсации в сопловом узле детандера и последующем

15 отведении, что не обеспечивает полного исключения попадания конденсата на лопатки рабочего колеса турбины, которое приводит к снижению надежности оборудования.

Известна установка сжижения природного газа (патент РФ №2495341, опубл. 10.10.2013 г.), включающая подающую и возвратную магистрали, последовательно расположенные по прямому потоку первый и второй двухпоточные теплообменники,

20 расширительное устройство и сепаратор, и магистраль детандирования, отличающаяся тем, что установка снабжена трехпоточным теплообменником, расположенным между первым и вторым теплообменниками, первым и вторым волновыми детандерами-компрессорами и магистралью компримирования, соединяющей возвратную магистраль на участке сброса в газовую магистраль низкого давления и подающую магистраль

25 после входа в магистраль детандирования и проходящую через компрессорные части второго и первого детандеров-компрессоров, а магистраль детандирования соединяет подающую магистраль на входе и возвратную магистраль между трехпоточным и вторым двухпоточным теплообменниками и проходит последовательно через детандерную часть первого детандера-компрессора, трехпоточный теплообменник и

30 детандерную часть второго детандера-компрессора.

Основной недостаток установки - применение в ней детандер-компрессорных агрегатов, которые отличаются низкими показателями надежности и высокой сложностью изготовления и обслуживания. Помимо этого, установка не

35 предусматривает соединения линий сброса паровой фазы хранилища СПГ и цикла сжижения газа, что исключает возможность сокращения потерь СПГ от испарения.

Известна установка получения сжиженного природного газа с интегрированным детандером и флэш-циклом, «Integrated methane expander and flash cycle» (Roberts M.J. Briton refrigeration cycles for small-scale LNG / Mark J. Roberts, Fei Chen, Öznur Saygi-Arslan // Gas Processing. - 2015. - Vol. 4(1). - P. 27-32), включающая основной теплообменник,

40 два конденсаторосборника с установленным между ними теплообменником флэш-цикла, метановый замкнутый контур с компрессором и интегрированным детандером, а также цикл повторного сжижения паровой фазы.

Основным недостатком данной установки является отсутствие турбодетандерного оборудования, позволяющего использовать избыточную энергию магистрального

45 потока газа. Помимо этого, данная установка не предусматривает линий подключения к газораспределительной станции (ГРС), то делает невозможным его применение в исходном виде. Также следует отметить отсутствие линии сброса паровой фазы хранилища СПГ в цикл повторного сжижения газа.

Техническим результатом является создание высокоэффективной установки получения сжиженного природного газа за счет применения турбодетандерной установки для извлечения энергии, полученной при расширении от перепада давлений на входе в газораспределительную станцию и на выходе из нее.

5 Технический результат достигается тем, что узел очистки газа подключен параллельно основной линии ГРС, ведущей к узлу редуцирования ГРС, после узла подогрева ГРС и узла очистки ГРС, за узлом очистки газа установлен турбодетандерный агрегат, турбодетандерный агрегат и компрессор основного цикла выполнены как отдельные, независимые друг от друга агрегаты, к турбодетандерному агрегату в качестве  
10 потребителя мощности подключен электрический генератор, после турбодетандерного агрегата установлен узел разделения потока газа на две части, один из выходов которого соединен со входом теплообменника установки сжижения природного газа с внедренным детандером и флэш-циклом, а другой выход - со входом узла одоризации газа ГРС, линии сброса паровой фазы из резервуарного парка склада СПГ подключены к  
15 следующему за флэш-циклом конденсатосборнику.

Установка поясняется следующими фигурами: фиг.1 - технологическая схема установки получения сжиженного природного газа в условиях газораспределительной станции, где:

- 1 - узел очистки ГРС;
- 20 2 - узел подогрева ГРС;
- 3 - узел очистки газа;
- 4 - узел редуцирования ГРС;
- 5 - турбодетандерный агрегат с подключенным электрогенератором;
- 6 - установка дополнительного подогрева газа;
- 25 7 - узел одоризации газа ГРС;
- 8 - компрессор основного цикла с электродвигателем;
- 9 - теплообменник типа холодильник основного цикла;
- 10 - детандер основного цикла с подключенным электрогенератором;
- 11 - основной теплообменник;
- 30 12 - конденсатосборник;
- 13 - конденсатосборник;
- 14 - флэш-теплообменник;
- 15 - компрессор цикла сжижения паровой фазы с электродвигателем;
- 16 - теплообменник типа холодильник цикла сжижения паровой фазы;
- 35 17 - резервуарный парк склада СПГ;
- 18 - факельная установка;
- 19 - узел отпуска товарного СПГ;
- 20 - узел разделения потока газа.

Установка сжижения природного газа в условиях газораспределительной станции  
40 содержит узел очистки газа 3 (фиг.1), подключенный параллельно основной линии ГРС, ведущей к узлу редуцирования ГРС 4, после узла подогрева ГРС 2 и узла очистки ГРС 1. За узлом дополнительной очистки и подготовки природного газа 3 устанавливается турбодетандерный агрегат с подключенным турбодетандерным агрегатом с подключенным электрогенератором 5, после которого предусмотрен узел разделения  
45 потока газа 20.

Первый выход узла разделения потока газа 20 соединен с установкой дополнительного подогрева газа 6, после которой подключены узел одоризации газа ГРС 7 и выходные линии ГРС.



Второй выход узла разделения потока газа 20 соединен с основным теплообменником 11, на выходе из которого установлен конденсатосборник 12. Основной теплообменник 11 включает основной метановый цикл, состоящий из компрессора основного цикла с электродвигателем 8, теплообменник типа холодильник основного цикла 9, детандер основного цикла с подключенным электрогенератором 10. Помимо основного метанового цикла основной теплообменник содержит цикл сжижения паровой фазы, который включает в себя компрессор цикла сжижения паровой фазы с электродвигателем 15, а также теплообменник типа холодильник цикла сжижения паровой фазы 16.

Линия выхода СПГ из конденсатосборника 12 соединена с флэш-теплообменником 14, который включает выходную линию паровой фазы конденсатосборника 13, который установлен после флэш-теплообменника 14. Выходная линия СПГ конденсатосборника 13 подключена к резервуарному парку склада СПГ 17.

Линия выдачи СПГ резервуарного парка склада СПГ 17 подключена к узлу отпуска товарного СПГ 19. Линия сброса паровой фазы резервуарного парка склада СПГ 17 соединена со входом паровой фазы конденсатосборника 13, а также с факельной установкой 18.

Установка работает следующим образом.

Газ из магистрального газопровода поступает на вход ГРС, после чего направляется в узел очистки ГРС 1, где проходит первоначальную очистку от пыли и капельной влаги, затем, при необходимости, газ подогревают в узле подогрева ГРС 2.

После чего, при включении в работу турбодетандерного агрегата с подключенным электрогенератором 5, газ проходит через узел очистки газа 3, где предусматривается удаление капельной жидкости из потока газа чтобы избежать образования гидратов в криогенной секции. Дальнейшая очистка природного газа от водяных паров и диоксида углерода CO<sub>2</sub> проводится в аппаратах-осушителях, заполненных адсорбентом. В качестве адсорбента применяются молекулярные сита. Осушенный и очищенный природный газ после осушителей проходит через фильтры-пылеуловители для удаления пыли адсорбента. Для удаления паров ртути предусмотрен специализированный мембранный адсорбер.

В случае же, когда турбодетандерный агрегат простаивает, используется узел редуцирования ГРС 4.

После расширения в турбодетандерном агрегате с подключенным электрогенератором 5 поток газа разделяется в узле разделения потока газа 20 на технологический и производственный.

Производственный поток направляется к узлу одоризации газа 7, проходя через устройство дополнительного подогрева газа 6, предназначенное для повышения температуры газа до необходимой величины, требуемой нормативно-технической документацией, после чего производится учет газа и поток направляется в газораспределительные сети к потребителям.

Технологический поток газа при низкой температуре направляется в основной теплообменник 11, пройдя через который, оказывается в конденсатосборнике 12. Охлаждение технологического потока газа в рамках основного теплообменника достигается за счет основного метанового цикла, в котором задействован компрессор основного цикла с электродвигателем 8, теплообменник типа холодильник основного цикла 9, и детандер основного цикла с подключенным электрогенератором 10. Но также эффективность охлаждения потока в основном теплообменнике повышается за счет теплообмена с паровой фазой из конденсатосборников 12 и конденсатосборников 13, которая подвергается повторному сжижению в рамках цикла сжижения паровой

фазы, в котором задействован компрессор цикла сжижения паровой фазы с электродвигателем 15 и теплообменник типа холодильник цикла сжижения паровой фазы 16.

5 При перетекании СПГ из конденсатосборника 12 в конденсатосборник 13 паровая фаза из конденсатосборника 13 перед попаданием в цикл сжижения паровой фазы подвергается теплообмену с СПГ из конденсатосборника 12 в рамках флэш-теплообменника 14, что позволяет значительно сократить затраты энергии в рамках цикла сжижения паровой фазы.

10 Из конденсатосборника 13 СПГ самотеком поступает в резервуарный парк склада СПГ 17, который состоит из криогенных резервуаров, оснащенных необходимым набором запорной и предохранительной арматуры. Хранение на складе осуществляется при постоянном давлении и постоянной температуре.

15 Постоянное давление поддерживается за счет постоянного отвода паровой фазы из резервуаров резервуарного парка склада СПГ 17 в линию отвода паровой фазы, пройдя которую она смешивается с паровой фазой в конденсатосборнике 13. Однако, на случай превышения регламентированного давления в резервуарах предусмотрен сброс паровой фазы в факельную установку 18, которая также используется при продувке технологического оборудования.

20 Отпуск готовой продукции СПГ в автоцистерны осуществляется при помощи специальных насосов для криогенных газов в рамках узла отпуска товарного СПГ 19.

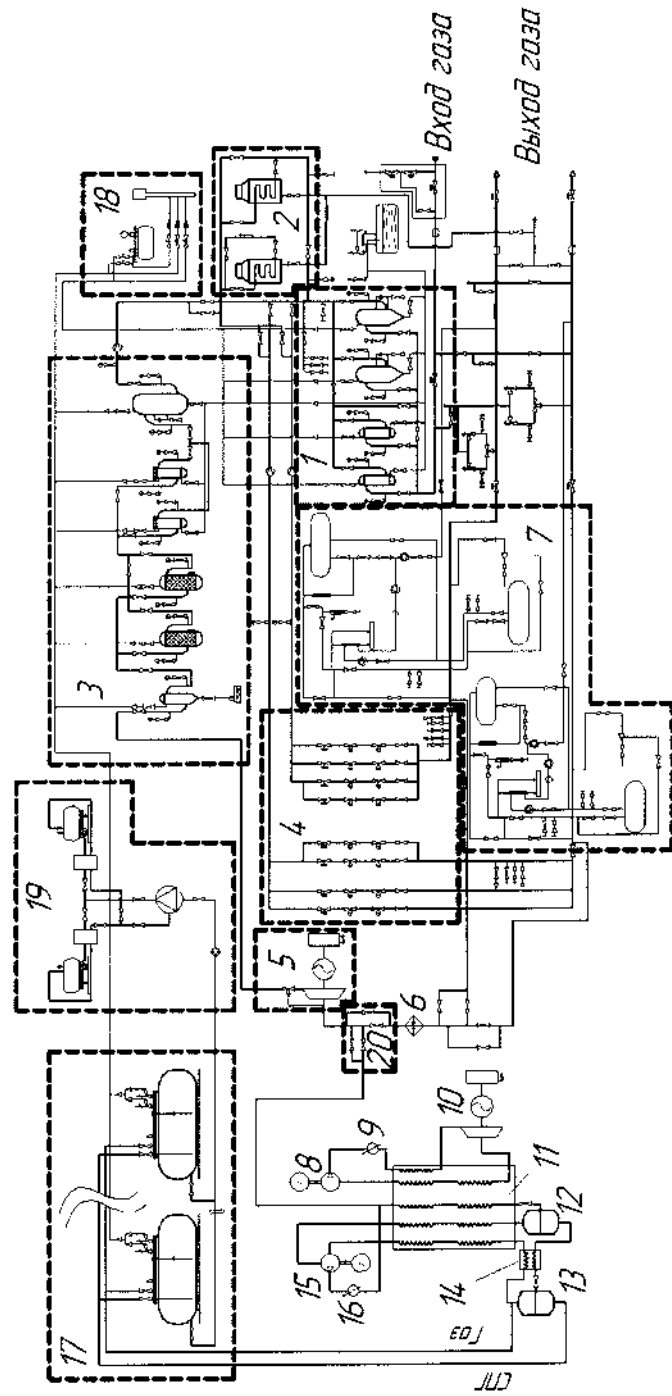
#### (57) Формула изобретения

Установка сжижения природного газа (СПГ) в условиях газораспределительной станции (ГРС), включающая узел очистки газа, турбодетандерный агрегат, компрессор  
25 основного цикла и установку сжижения природного газа с внедренным детандером и флэш-циклом, резервуарный парк склада СПГ, узел отпуска товарного СПГ, факельную установку, отличающаяся тем, что узел очистки газа подключен параллельно основной линии ГРС, ведущей к узлу редуцирования ГРС, после узла подогрева ГРС и узла очистки ГРС, за узлом очистки газа установлен турбодетандерный агрегат,  
30 турбодетандерный агрегат и компрессор основного цикла выполнены как отдельные, независимые друг от друга агрегаты, к турбодетандерному агрегату в качестве потребителя мощности подключен электрический генератор, после турбодетандерного агрегата установлен узел разделения потока газа на две части, один из выходов которого соединен со входом теплообменника установки сжижения природного газа с внедренным  
35 детандером и флэш-циклом, а другой выход - со входом узла одоризации газа ГРС, линии сброса паровой фазы из резервуарного парка склада СПГ подключены к следующему за флэш-циклом конденсатосборнику.

40

45

УСТАНОВКА СЖИЖЕНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА (СПГ)  
 В УСЛОВИЯХ ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СТАНЦИИ (ГРС)



Фиг. 1