



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2015127151/06, 06.07.2015

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
06.07.2015

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 06.07.2015

(45) Опубликовано: 20.06.2016 Бюл. № 17

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2168124 C2, 20.05.2001. RU 2158400 C1, 27.10.2000. US 3775988 A, 04.12.1973. US 2522787 A, 19.09.1950.

Адрес для переписки:

152934, Ярославская обл., г. Рыбинск, ул.
Пушкина, 53, ФГБОУ ВПО "РГАТУ имени П.А.
Соловьева", Служба интеллектуальной
собственности

(72) Автор(ы):

**Пиралишвили Шота Александрович (RU),
Соколова Анна Александровна (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования "Рыбинский
государственный авиационный технический
университет имени П.А. Соловьева" (RU)**

(54) СПОСОБ СЖИЖЕНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА

(57) Реферат:

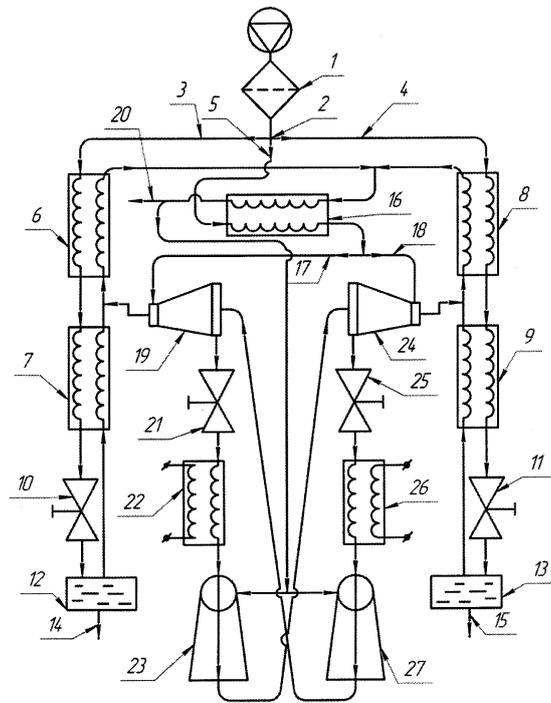
Изобретение относится к криогенике. Способ сжижения природного газа включает очистку нерасширившегося газа от примесей, разделение его на три потока, первый и второй из которых подают на сжижение по тракту системы рекуперативных теплообменных аппаратов. Отношение массовых расходов газа, который подается на сжижение, к общему расходу газа, поступающего в вихревые трубы, составляет 0,1-0,2. Далее потоки дросселируют и собирают образовавшийся конденсат в накопительной емкости. Третий поток пропускают через теплообменный аппарат. Далее поток разделяют на два равных потока, подают в вихревые трубы с дополнительным потоком, где разделяют на подогретый и охлажденный с отношением

массовых расходов охлажденного газа на выходе из трубы и общего газа, поступающего в нее, равным 1,2. Охлажденный газ из вихревых труб пропускают по тракту системы рекуперативных теплообменных аппаратов, частично охлаждая нерасширившийся поток газа, подаваемый на сжижение. Далее отводят газ к потребителю редуцированного газа, подогретый газ из вихревой трубы с дополнительным потоком дросселируют, охлаждают в теплообменном аппарате и вместе с эжектируемыми через эжектор массами газа подают в качестве дополнительного потока в вихревую трубу с дополнительным потоком. Изобретение позволяет увеличить долю выхода конденсата. 2 з.п. ф-лы, 1 ил.

RU 2 587 734 C1

RU 2 587 734 C1

RU 2587734 C1



RU 2587734 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2015127151/06, 06.07.2015

(24) Effective date for property rights:
06.07.2015

Priority:

(22) Date of filing: 06.07.2015

(45) Date of publication: 20.06.2016 Bull. № 17

Mail address:

152934, JAroslavskaja obl., g. Rybinsk, ul. Pushkina,
53, FGBOU VPO "RGATU imeni P.A. Soloveva",
Sluzhba intellektualnoj sobstvennosti

(72) Inventor(s):

**Piralishvili SHota Aleksandrovich (RU),
Sokolova Anna Aleksandrovna (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe byudzhethoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
professionalnogo obrazovaniya "Rybinskij
gosudarstvennyj aviatsionnyj tekhnicheskij
universitet imeni P.A. Soloveva" (RU)**

(54) **NATURAL GAS LIQUEFACTION METHOD**

(57) Abstract:

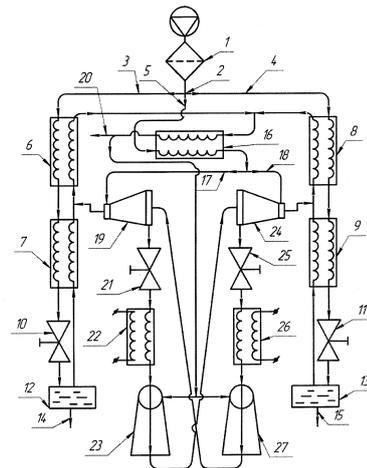
FIELD: cryogenics.

SUBSTANCE: invention relates to cryogenics. Natural gas liquefaction method involves cleaning non-expanding gas from impurities, division into three streams, first and second of which are supplied for liquefaction via system of recuperative heat exchangers. Ratio of weight of gas flow rates, which is supplied for liquefaction to total gas flow supplied to vortex tubes is equal to 0.1-0.2. Then flows are restricted and formed condensate is collected in accumulation vessel. Third flow is passed through heat exchanger. Flow is then divided into two equal flows, fed into a vortex tube with an additional flow, where it is divided into heated and cooled with ratio of mass flow rates of cooled gas at outlet of pipe and common gas supplied to it is equal to 1.2. Cooled gas from vortex tube is passed along path of system of recuperative heat exchangers, partially cooling non-expanding gas flow supplied for liquefaction. Then gas is discharged to consumer, reduced gas heated gas from vortex tube with an additional flow is throttled, cooling heat exchanger and

together with ejected through ejector masses gas is supplied as additional flow in vortex tube with an additional flow.

EFFECT: invention increases output portion of condensate.

3 cl, 1 dwg



RU 2 587 734 C1

RU 2 587 734 C1

Изобретение относится к криогенике, в частности к технике сжижения природного газа, и может быть использовано в газовой промышленности, а также в технических процессах сжижения природного газа как на специальных производствах, так и непосредственно на газораспределительных станциях магистральных газопроводов.

5 Известен способ сжижения природного газа, использующий эффект Ранка, при котором одну часть исходного газа подают в теплообменники, редуцируют и разделяют образующуюся парожидкостную смесь. Вторую часть потока подают в вихревую трубу. Охлажденный поток направляют в один из теплообменников для дополнительного охлаждения основной части сжижаемого потока природного газа, подогретый - на отогрев теплообменников, не используемых в данный момент в работе (патент US 10 2168124, МПК F25J 1/00, F25B 9/04, опубликовано 27.05.2001).

К недостаткам данного способа можно отнести сравнительно невысокий выход конденсата.

Из известных способов сжижения природного газа наиболее близким к заявляемому является способ сжижения природного газа. Способ сжижения природного газа 15 включает очистку нерасширившегося газа от примесей и разделение его на три потока. Первый поток охлаждают в разделительной вихревой трубе с разделением на охлажденный и подогретый газ при отношении массовых расходов охлажденного газа на выходе из трубы и общего газа, поступающего в нее, 0,4-0,7. Охлажденный газ из 20 вихревой трубы пропускают по тракту системы рекуперативных теплообменных аппаратов, частично охлаждая нерасширившийся поток газа, подаваемый на сжижение, и отводят к потребителю редуцированного газа. Подогретый газ из нее дросселируют, охлаждают в теплообменном аппарате и подают в качестве дополнительного потока в вихревую трубу с дополнительным потоком. Второй поток подают на сжижение по 25 тракту системы рекуперативных теплообменных аппаратов, при этом отношение массовых расходов газа, подаваемого на сжижение, к общему расходу газа, поступающего в вихревые трубы, составляет 0,07-0,22, дросселируют и собирают образовавшийся конденсат в накопительной емкости. Третий поток охлаждают в вихревой трубе с дополнительным потоком. Охлажденный газ из нее дросселируют, 30 пропускают по тракту рекуперативного теплообменного аппарата, тем самым частично охлаждая нерасширившийся поток газа, подаваемый на сжижение, и отводят к потребителю редуцированного газа. Подогретый газ из нее отводят к потребителю редуцированного газа более высокого давления (патент 2285212, МПК F25J 1/00, опубликовано 10.10.2006).

35 Известное устройство для сжижения не в полной мере обеспечивают относительную долю выхода конденсата.

Техническим результатом предлагаемого изобретения является увеличение доли выхода конденсата при бескомпрессорном получении сжиженного природного газа с использованием перепада давлений на ГРС между магистральным и идущим на 40 потребление газом.

Технический результат достигается тем, что в способе сжижения природного газа, включающем очистку нерасширившегося газа от примесей, разделение его на три потока, первый и второй из которых подают на сжижение по тракту системы рекуперативных теплообменных аппаратов, при этом отношение массовых расходов 45 газа, подаваемого на сжижение, к общему расходу газа, поступающего в вихревые трубы, составляет 0,1-0,2, дросселируют и собирают образовавшийся конденсат в накопительной емкости, согласно изобретению третий поток пропускают через теплообменный аппарат и разделяют на два равных потока, подают в вихревые трубы

с дополнительным потоком, где разделяют на подогретый и охлажденный с отношением массовых расходов охлажденного газа на выходе из трубы и общего газа, поступающего в нее, равным 1,2, при этом охлажденный газ из вихревых труб пропускают по тракту системы рекуперативных теплообменных аппаратов, частично охлаждая
5 нерасширившийся поток газа, подаваемый на сжижение, и отводят к потребителю редуцированного газа, подогретый газ из нее дросселируют, охлаждают в теплообменном аппарате и вместе с эжектируемыми через эжектор массами газа подают в качестве дополнительного потока в вихревую трубу с дополнительным потоком, несконденсированные массы газа, смешивающиеся с охлажденным потоком из вихревых
10 труб, пропускают по тракту системы рекуперативных теплообменных аппаратов, частично охлаждая нерасширившийся поток газа, подаваемый на сжижение, а далее подают в теплообменный аппарат для охлаждения газа, поступающего в вихревые трубы, часть газа из теплообменного аппарата, расположенного после системы рекуперативных теплообменных аппаратов, подают в эжекторы в качестве
15 эжектируемого газа, который далее смешивают с подогретым потоком из ВТДП и используют в качестве дополнительного потока для противоположной ВТДП, а оставшуюся часть газа подают потребителю.

Разделение нерасширившегося газа на три потока позволяет получить более глубокое охлаждение газа, идущего непосредственно на сжижение и, как следствие, увеличение
20 доли сконденсированного газа. Использование вихревой трубы с дополнительным потоком как наиболее эффективной по холодопроизводительности также позволяет эффективно охлаждать газ, идущий на сжижение. Отношение массовых расходов дополнительно вводимого и поступающего в вихревую трубу основного потоков газа, равное 1,2, является наиболее эффективным по холодопроизводительности.

Использование системы рекуперативных теплообменных аппаратов целесообразно
25 для обеспечения согласования температурных уровней непосредственно теплообменного аппарата и охлажденного газа от разделительной вихревой трубы, идущего для организации процесса предварительного охлаждения новой порции газа.

Наличие эжекторов позволяет обеспечить организацию оптимального соотношения
30 расходов в вихревых трубах с дополнительным потоком, а также дополнительно использовать избыточное давление несконденсированных масс газа.

Изобретение поясняется чертежом, на котором представлена схема устройства для сжижения природного газа.

Способ сжижения природного газа осуществляют следующим образом. Поступающий
35 в систему газ очищают от примесей, разделяют на три потока. Первый и второй потоки подают на сжижение - охлаждают в системах теплообменных аппаратов, дросселируют и собирают образовавшийся конденсат в накопительных емкостях. Отношение массового расхода газа, поступающего на сжижение в каждую ветвь, к общему расходу в системе, равно 0,1-0,2. Несконденсированный газ, имеющий низкую температуру,
40 поступает противотоком в систему рекуперативных теплообменных аппаратов для организации процесса предварительного охлаждения новой порции газа. Поток газа высокого давления, подаваемый на сжижение, обменивается энергией с потоками газа низкого давления за счет теплопередачи через теплопередающие поверхности системы рекуперативных теплообменных аппаратов при реализации противоточной схемы
45 движения теплоносителей, в результате чего происходит ступенчатое захлаживание потока газа высокого давления перед его дросселированием до давления в сети потребителя. Часть несжиженных масс газа, проходя через теплообменный аппарат, разделяют на два потока и подают в эжекторы, где газ смешивается с подогретыми

массами газа из вихревой трубы с дополнительным потоком для дальнейшего ввода в дополнительный поток второй вихревой трубы с дополнительным потоком. Оставшиеся массы газа отводят к потребителю. Третий поток, охлаждаясь в теплообменном аппарате, подают на входы вихревых труб с дополнительным потоком, причем
5 отношение массовых расходов газа, подаваемого на вход ВТДП, к общему расходу газа в системе равно 0,3-0,4. При этом отношение массовых расходов дополнительно вводимого и подаваемого в вихревую трубу основного потоков газа составляет 1,2, что является наиболее эффективным по холодопроизводительности. Степень понижения давления в вихревой трубе (отношение давления на входе в вихревую трубу к давлению
10 охлажденного газа на выходе из нее) составляет 4-7. Охлажденный газ из вихревой трубы подают в систему теплообменных аппаратов, где он смешивается с несжиженным газом, для предварительного охлаждения поступающего газа. Подогретый газ из вихревой трубы дросселируют, охлаждают в рекуперативном теплообменном аппарате (например, воздушно-водяном) до температуры окружающей среды и подают в вихревую
15 трубу с дополнительным потоком в качестве дополнительного потока. Согласование температурных уровней осуществляют во избежание необратимых потерь от смешения потока газа низкого давления, имеющего на выходе из рекуперативного теплообменного аппарата более высокую температуру, чем у охлажденного потока газа на выходе из вихревой трубы.

20 Устройство для сжижения природного газа содержит фильтр 1, узел разделения 2 линии подачи нерасширившегося газа на три линии 3, 4, 5. Линии 3, 4 подключены через системы рекуперативных теплообменных аппаратов 6, 7, 8, 9 и дроссельные устройства 10, 11 к сборникам конденсата 12, 13, имеющим линии отвода сжиженного газа 14, 15 и линии отвода несжиженного газа к рекуперативным теплообменным аппаратам 7, 9.
25 Линия 5 подсоединена теплообменному аппарату 16, а далее разделяется на две: 17, 18. Линия 17 подключена к вихревой трубе с дополнительным потоком 19, линия отвода охлажденного газа из которой подсоединена к рекуперативному теплообменному аппарату 6, а затем к теплообменному аппарату 16, линии потребителя редуцированного газа 20. Линия отвода подогретого газа подключена к дроссельному устройству 21,
30 теплообменному аппарату 22, эжектору 23 и дополнительному входу вихревой трубы с дополнительным потоком 24. Линия 18 подключена к вихревой трубе с дополнительным потоком 24, линия отвода охлажденного газа из которой подсоединена к рекуперативному теплообменному аппарату 8, а затем - к теплообменному аппарату 16 линии потребителя редуцированного газа 20. Линия отвода подогретого газа
35 подключена к дроссельному устройству 25, теплообменному аппарату 26, эжектору 27 и дополнительному входу ВТДП 19.

Устройство работает следующим образом. Нерасширившийся газ из магистрали высокого давления проходит через фильтр 1 и в узле 2 разделяется на три потока. Первый поток по линии 3 проходит по тракту системы рекуперативных теплообменных
40 аппаратов 6, 7 и, минуя дроссельное устройство 10, поступает в сборник конденсата 12. Несжиженный газ подается в рекуперативный теплообменный аппарат 7 системы рекуперативных теплообменных аппаратов, далее проходит через теплообменный аппарат 16, где охлаждает подаваемый в вихревую трубу поток и разделяется на две части, одна из которых поступает в эжекторы 23, 27 в качестве эжектируемого потока,
45 а вторая отходит к потребителю по линии 20. Второй поток по линии 4 проходит аналогичный путь по симметричной ветви. Третий поток, проходя через теплообменный аппарат 16, разделяется на две равные части, подаваемые на входы в ВТДП 19 и 24. Охлажденные потоки из вихревых труб с дополнительным потоком поступают в

рекуперативные теплообменные аппараты 6 и 8 соответственно, где смешиваются с несконденсированными массами, охлаждающими поступающий на сжижение газ. Подогретые потоки, проходя через дроссельные устройства 21, 25 и теплообменные аппараты 22, 26, поступают в активное сопло эжекторов 23, 27, а далее - на
5 дополнительный вход в противоположную ВТДП.

Таким образом, предложенное изобретение позволяет увеличить долю выхода сжиженного природного газа до 6,8%. Кроме того, размещение установки на ГРС с начальным давлением 4,0-7,0 МПа позволяет, при расширении до 0,4-0,6 МПа, получать сжиженный природный газ низкой себестоимости и исключить фактор обмерзания
10 конструкции ГРС за счет использования подогретого газа из вихревой трубы с дополнительным потоком.

Формула изобретения

1. Способ сжижения природного газа, включающий очистку нерасширившегося газа от примесей, разделение его на три потока, первый и второй из которых подают на сжижение по тракту системы рекуперативных теплообменных аппаратов, при этом отношение массовых расходов газа, подаваемого на сжижение, к общему расходу газа, поступающего в вихревые трубы, составляет 0,1-0,2, дросселируют и собирают образовавшийся конденсат в накопительной емкости, отличающийся тем, что третий
15 поток пропускают через теплообменный аппарат и разделяют на два равных потока, подают в вихревые трубы с дополнительным потоком, где разделяют на подогретый и охлажденный с отношением массовых расходов охлажденного газа на выходе из трубы и общего газа, поступающего в нее, равным 1,2, при этом охлажденный газ из вихревых труб пропускают по тракту системы рекуперативных теплообменных
20 аппаратов, частично охлаждая нерасширившийся поток газа, подаваемый на сжижение, и отводят к потребителю редуцированного газа, подогретый газ из нее дросселируют, охлаждают в теплообменном аппарате и вместе с эжектируемыми через эжектор массами газа подают в качестве дополнительного потока в вихревую трубу с дополнительным потоком (ВТДП).

2. Способ сжижения природного газа по п. 1, отличающийся тем, что
30 несконденсированные массы газа, смешивающиеся с охлажденным потоком из вихревых труб, пропускают по тракту системы рекуперативных теплообменных аппаратов, частично охлаждая нерасширившийся поток газа, подаваемый на сжижение, а далее подают в теплообменный аппарат для охлаждения газа, поступающего в вихревые
35 трубы.

3. Способ сжижения природного газа по п. 1, отличающийся тем, что часть газа из теплообменного аппарата, расположенного после системы рекуперативных теплообменных аппаратов, подают в эжекторы в качестве эжектируемого газа, который
40 далее смешивают с подогретым потоком из ВТДП и используют в качестве дополнительного потока для противоположной ВТДП, а оставшуюся часть газа подают потребителю.

Способ сжижения природного газа

