

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2677022

СПОСОБ СБРОСА ПАРОВ ИЗ РЕЗЕРВУАРА СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА (СПГ)

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

Авторы: *Воронов Владимир Александрович (RU),
Мартыненко Яна Владимировна (RU)*

Заявка № 2018114589

Приоритет изобретения 19 апреля 2018 г.

Дата государственной регистрации в
Государственном реестре изобретений
Российской Федерации 15 января 2019 г.

Срок действия исключительного права
на изобретение истекает 19 апреля 2038 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Иевлев





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
F17C 7/00 (2018.08); F25J 3/00 (2018.08)

(21)(22) Заявка: 2018114589, 19.04.2018

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
19.04.2018

Дата регистрации:
15.01.2019

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 19.04.2018

(45) Опубликовано: 15.01.2019 Бюл. № 2

Адрес для переписки:
199106, Санкт-Петербург, В.О., 21 линия, 2,
федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Санкт-Петербургский горный
университет", отдел ИС и ТТ

(72) Автор(ы):
Воронов Владимир Александрович (RU),
Мартыненко Яна Владимировна (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 2408852 C2, 10.01.2011. RU
2507459 C1, 20.02.2014. RU 2515242 C1,
10.05.2014. JP 57051097 A, 25.03.1982. US
20080110181 A1, 15.05.2008.

(54) СПОСОБ СБРОСА ПАРОВ ИЗ РЕЗЕРВУАРА СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА (СПГ)

(57) Реферат:
Изобретение относится к хранению сжиженного природного газа (СПГ), в частности к обеспечению сброса паров из резервуара СПГ, и может быть использовано в криогенной газовой промышленности. Способ включает хранение сжиженного природного газа после наполнения резервуара с осуществлением контроля давления. При аварийном или периодическом превышении давления в резервуаре выше номинального производится его снижение путем отбора СПГ и избытка паров жидкостно-газовым эжектором,

в камере которого фазы подлежат смешению, после чего двухфазный поток направляется в сепаратор по линии подвода двухфазного потока, где разделяется на фазы: газовая, направляется для технологических нужд резервуарного парка, а жидкая, при соответствии технических характеристик топлива, направляется обратно в хранилище. Техническим результатом является сокращение потерь криогенного топлива при сбросе паров без дополнительной энергии извне. 1 табл., 2 ил.

RU 2 677 022 C1

RU 2 677 022 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
F17C 7/00 (2018.08); *F25J 3/00* (2018.08)

(21)(22) Application: **2018114589, 19.04.2018**

(24) Effective date for property rights:
19.04.2018

Registration date:
15.01.2019

Priority:

(22) Date of filing: **19.04.2018**

(45) Date of publication: **15.01.2019** Bull. № 2

Mail address:

**199106, Sankt-Peterburg, V.O., 21 liniya, 2,
federalnoe gosudarstvennoe byudzhethnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniya "Sankt-Peterburgskij gornyj
universitet", otdel IS i TT**

(72) Inventor(s):

**Voronov Vladimir Aleksandrovich (RU),
Martynenko Yana Vladimirovna (RU)**

(73) Proprietor(s):

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

(54) **DISCHARGE METHOD OF VAPORS FROM A TANK OF LIQUEFIED NATURAL GAS**

(57) Abstract:

FIELD: gas industry.

SUBSTANCE: invention relates to the storage of liquefied natural gas, in particular to ensure the discharge of vapors from the liquefied natural gas tank, and can be used in cryogenic gas industry. Method includes storing of liquefied natural gas after filling the tank with the implementation of pressure control. In case of emergency or periodic excess of pressure in the tank above nominal, it is reduced by sampling of liquefied natural gas and excess of vapor by a liquid-gas ejector, chamber of which the phases are to be

mixed, after which the two-phase flow is sent to the separator through two-phase flow supply line, where it is divided into phases: gas, sent for technological needs of the tank farm, and liquid, if the technical characteristics of the fuel correspond, is sent back to the storage facility.

EFFECT: technical result is to reduce the loss of cryogenic fuel when vapor is discharged without additional energy from the outside.

1 cl, 1 tbl, 2 dwg

Изобретение относится к области хранения сжиженного природного газа (СПГ), в частности к обеспечению сброса паров из резервуара СПГ, и может быть использовано в криогенной газовой промышленности.

5 Известен способ обеспечения снижения давления в резервуаре сжиженного природного газа (СПГ) (Свод правил СП 240.1311500.2015 «Хранилища сжиженного природного газа. Требования пожарной безопасности»), который включает две независимые автоматические разгрузочные системы: закрытую систему газосброса через регулировочные клапаны для сжигания на факеле и систему газосброса через предохранительные клапаны на свечу рассеивания непосредственно в атмосферу.

10 Недостатком данного способа являются существенные потери сжиженного природного газа ввиду несовершенства схемы, не предусматривающей газоуравнительную систему в технологической обвязке резервуара.

Известен способ подготовки к переработке газообразной смеси легких углеводородов (патент РФ №2412227, опубл. 20.02.2011 г.), который включает сжатие газообразной смеси с получением жидкой фазы, содержащей компоненты смеси, причем сжатие 15 газообразной смеси легких углеводородов с получением жидкой фазы осуществляют с использованием эжектора, при конденсации и абсорбции ее компонентов активным потоком, которым является вода или водно-органическая среда.

Недостатком данного способа является то, что при добавлении воды или водно- 20 органических сред происходит смешение компонентов и появляется необходимость в дополнительном разделении потока для дальнейшей эксплуатации топлива.

Известен способ улавливания паров нефтепродуктов (патент РФ №2408852, опубл. 10.01.2010 г.), который заключается в снижении потерь нефтепродуктов от испарения за счет их откачки жидкостно-газовым струйным аппаратом (эжектором) и 25 последующего сжатия в нем за счет энергии жидкой среды, подаваемой насосом под давлением 1,1-10 МПа.

Недостатком данного способа является то, что система включает в себя насос для создания высоконапорного потока жидкой среды, что влечет за собой дополнительные энергозатраты. Кроме того, способ не предусматривает откачку избытка паровой фазы 30 резервуаров СПГ.

Известен способ для обработки отпарного газа на танкере СПГ с электрической гребной установкой и с функцией повторного сжижения (патент РФ №2481234, опубл. 10.05.2013 г.), при котором отпарной природный газ, образующийся в грузовом танке танкера для перевозки сжиженного природного газа, сначала охлаждают, затем сжимают 35 до давления, подходящего для применения в двухтопливном дизель-электрическом двигателе гребной установки, а избыточный отпарной природный газ, который не использовался, подвергают повторному сжижению с помощью теплообменного аппарата и подают в грузовой танк.

Недостатком данного способа являются дополнительные энергозатраты, 40 необходимые на сжатие отпарного газа компрессором для подачи в теплообменный аппарат.

Известен способ хранения сжиженного природного газа в транспортной емкости (патент РФ №2002990, опубл. 15.11.1993 г.), обеспечивающий хранение СПГ в транспортной емкости, который включает ее наполнение криожидкостью, хранение 45 при избыточном давлении, отвод образующихся паров, их нагрев в теплообменнике и сброс в атмосферу. Безопасность хранения обеспечивается за счет сброса паров до минимального давления.

Недостатком данного способа является необходимость нагрева паров в

теплообменнике, что влечет за собой дополнительные энергозатраты и потери нагретого топлива, которое сбрасывается в атмосферу.

Техническим результатом является исключение потерь углеводородов при осуществлении операций по периодическому и непрерывному сбросу паров при
5 заполнении криогенных резервуаров и хранении в них СПГ.

Технический результат достигается тем, что снижение давления в резервуаре производится при отборе СПГ и избытка паров жидкостно-газовым эжектором, в камере которого производится смешение фаз, после чего двухфазный поток направляется в сепаратор по линии подвода двухфазного потока, где разделяется на
10 фазы, газовая, направляется для технологических нужд резервуарного парка, а жидкая, при соответствии технических характеристик топлива, направляется обратно в хранилище.

Способ поясняется следующими фигурами:

фиг. 1 - алгоритм реализации способа сброса паров из резервуара СПГ;
15 фиг. 2 - принципиальная схема эжекторной системы для сброса паров СПГ,
где:

- 1 - резервуар СПГ;
- 2 - трубопровод для подачи СПГ;
- 3 - эжектор жидкостно-газовый;
- 20 4 - сепарационную емкость;
- 5 - задвижка;
- 6 - линия подвода СПГ в эжектор;
- 7 - линию подвода паровой фазы в эжектор;
- 8 - трубопровод-отвод газовой фазы;
- 25 9 - фильтр;
- 10 - манометр;
- 11 - термометр;
- 12 - линия подвода двухфазного потока;
- 13 - трубопровод-отвод СПГ.

Способ осуществляется следующим образом. По трубопроводу для подачи СПГ 2
30 (фиг. 1, 2) транспортируется СПГ и заполняет резервуар СПГ 1, в котором производится контроль давления. При хранении топлива возможно аварийное или периодическое повышение избыточного давления выше номинального. Тогда производится сброс
избытка паров СПГ из резервуара для снижения давления. Для обеспечения откачки
35 избытка топлива в технологическую обвязку резервуара СПГ включается жидкостно-газовый эжектор 3 таким образом, что жидкая фаза устремляется в смесительную камеру устройства по линии подвода СПГ в эжектор 6 за счет высоконапорного потока паровой фазы, поступающего по линии подвода паровой фазы в эжектор 7. Двухфазный
40 поток, пройдя жидкостно-газовый эжектор, подается в сепарационную емкость 4 по линии подвода двухфазного потока 12, где разделяется на две фазы: газовую и жидкую. После чего газовая фаза используется в качестве технологических нужд резервуарного парка, направляясь по трубопроводу-отводу газовой фазы 8, а СПГ, при соответствии с требуемыми параметрами давления и температуры системы, контролируемые манометром 10 и термометром 11, транспортируется обратно в резервуар СПГ 1 по
45 трубопроводу-отводу СПГ 13, пройдя очистку на фильтре 9. При несоответствии требуемым параметрам жидкая фаза направляется на подготовку, после чего также транспортируется обратно в резервуар СПГ 1. Откачка избытка топлива сопровождается уменьшением объема в резервуаре СПГ 1, что приводит к снижению

давления в нем. Задвижки 5 оборудованы автоматикой и регулируют прохождение потока при необходимости включения в работу газоуравнительной системы.

Способ поясняется следующим примером. Рассмотрен случай, повлекший за собой сброс избытка газовой фазы за счет повышения температуры в резервуаре с 120 К до 140 К и соответственно увеличении давления насыщенных паров.

Для выполнения расчета, теоретически определены следующие параметры:

- состав смеси СПГ ($\text{CH}_4=95,5\%$; $\text{C}_2\text{H}_6=2,3\%$; $\text{N}_2=1,7\%$ и др.);
- степень сжатия СПГ на входе в эжектор $z=0,03671$;
- температуру СПГ на входе в эжектор $T_{\text{ж}}=140$ К;
- абсолютное давление СПГ на входе в эжектор $P_{\text{ж}}=1,102$ МПа;
- давление пара на входе в эжектор (после повышения давления) $P_{\text{г}}=1,547$ МПа;
- расход откачиваемого топлива $Q_{\text{ж0}}=4,9$ м³/ед;
- давление насыщенных паров $P_{\text{с}}=0,6375$ МПа.

Исходные параметры соответствуют ГОСТ Р 56851-2016, в котором приведены термодинамические свойства СПГ для различных составов смеси.

Выбор аэродинамической схемы эжектора зависит от наиболее эффективных показателей коэффициента полезного действия (КПД), коэффициента эжекции и приведенной мощности. Таким образом, расчет определяющих показателей работы ЖГЭ необходимо производить по следующим формулам:

- коэффициент полезного действия (формула 1):

$$\eta = \frac{Q_{\text{ж}} \cdot P_{\text{ж}}}{Q_{\text{г}} \cdot (P_{\text{г}} - P_{\text{см}})} \cdot \ln \frac{P_{\text{см}}}{P_{\text{г}}}, \quad (1)$$

где $P_{\text{ж}}$ - абсолютное давление СПГ на входе в эжектор, МПа; $P_{\text{г}}$ - давление пара на входе в эжектор, МПа; $P_{\text{см}}$ - давление смеси на выходе из ЖГЭ, МПа; $Q_{\text{г}}$ - расход рабочего потока газа, м³/ед; $Q_{\text{ж}}$ - расход рабочего потока жидкости, м³/ед.

- коэффициент эжекции (внутренний коэффициент объемного расхода (формула 2):

$$u_{\text{онт}} = u_{\text{max}} \cdot [1 - \exp(-B_{\text{онт}} \cdot \sqrt{\bar{P}} - 1)] \quad (2)$$

где u_{max} - максимальный коэффициент эжекции, зависящий от типа аэродинамической схемы (табл. 1), $B_{\text{онт}}$ - эмпирический коэффициент, зависящий от типа аэродинамической схемы (таблица 1), \bar{P} - приведенное давление рабочей жидкости;

- мощность, затрачивая на компримирование, при работе эжектора, с точностью до КПД насоса, МВт (формула 3):

$$N = P_{\text{ж}} \cdot Q_{\text{ж}} \quad (3)$$

- приведенная мощность, затрачиваемая на компримирование (формула 4):

$$\bar{N} = \frac{N}{Q_{\text{г}} \cdot (P_{\text{г}} - P_{\text{с}})} \quad (4)$$

Результаты расчета определяющих параметров приведены в таблице 1.

Таблица 1– Результаты расчета характеристик эжектора

Тип схемы	u_{opt}	$P_{сж}$, МПа	N , МВт	$N_{прис}$	η , %
1	0,955	1,166	0,016	3,489	15,938
2	1,114	1,138	0,014	2,992	9,871
3	1,401	1,131	0,011	2,380	10,132
4	1,812	1,121	0,008	1,840	8,631

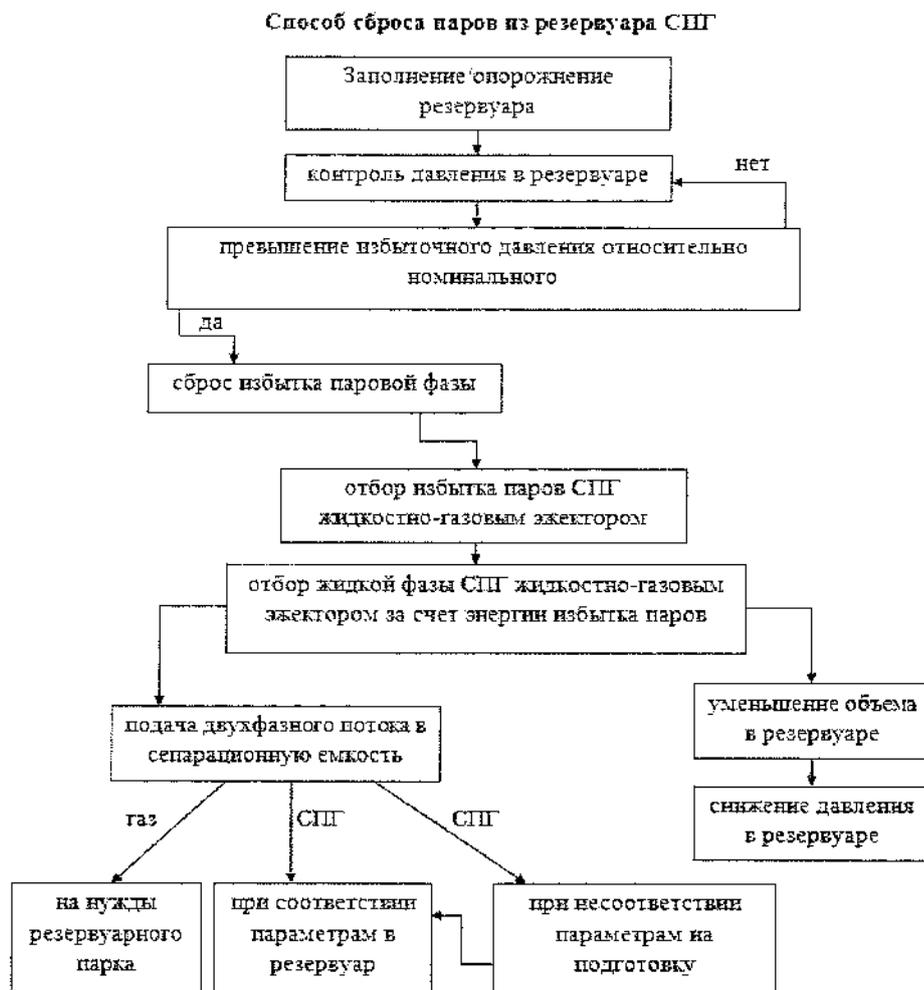
Наиболее высокие показатели эффективности обеспечивает первый тип аэродинамической схемы устройства.

Преимущество изобретения состоит в том, что газоуравнительная система резервуара СПГ позволяет сократить потери криогенного топлива путем отбора избытка паровой фазы жидкостно-газовым эжектором с конструктивными параметрами, обеспечивающими коэффициент полезного действия устройства 16% и мощность 0,016 МВт.

(57) Формула изобретения

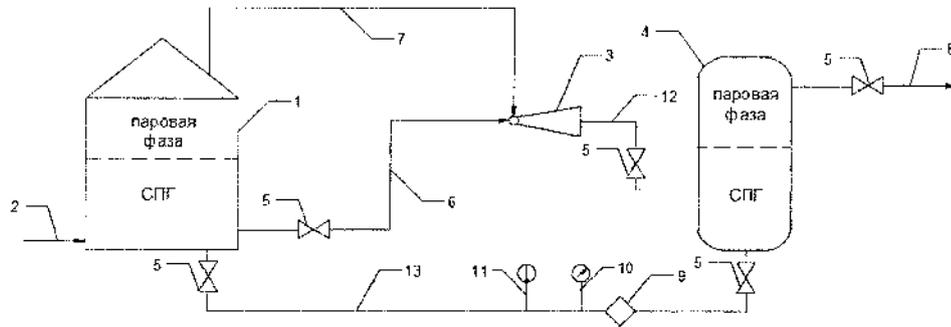
Способ сброса паров из резервуара сжиженного природного газа (СПГ), включающий наполнение резервуара криожидкостью, хранение при избыточном давлении, отвод образующихся паров, отличающийся тем, что снижение давления в резервуаре производится при отборе СПГ и избытка паров жидкостно-газовым эжектором, в камере которого производится смешение фаз, после чего двухфазный поток направляется в сепаратор по линии подвода двухфазного потока, где разделяется на фазы, газовая направляется для технологических нужд резервуарного парка, а жидкая, при соответствии технических характеристик топлива, направляется обратно в хранилище.

СПОСОБ СБРОСА ПАРОВ ИЗ РЕЗЕРВУАРА СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА (СПГ)



Фиг. 1

СПОСОБ СБРОСА ПАРОВ ИЗ РЕЗЕРВУАРА СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА (СПГ)



Фиг. 2