



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(51) МПК
[F17C 9/02 \(2006.01\)](#)
[F17C 13/02 \(2006.01\)](#)
(52) СПК
[F17C 9/02 \(2018.08\)](#)
[F17C 13/02 \(2018.08\)](#)

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

Статус: прекратил действие, но может быть восстановлен (последнее изменение статуса: 26.08.2020)

(21)(22) Заявка: [2017136522](#), 16.10.2017

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
16.10.2017

Дата регистрации:
11.03.2019

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 16.10.2017

(45) Опубликовано: [11.03.2019](#) Бюл. № 8

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2610800 C1, 15.02.2017. SU 1408151 A1, 07.07.1988. JP 0057065792 A, 21.04.1982. US 20140174105 A1, 26.06.2014. EA 200300162 A1, 28.08.2003.

Адрес для переписки:
394036, г. Воронеж, ул. Освобождение труда,
12А, кв. 1, Шевцову Сергею Александровичу

(72) Автор(ы):

Шевцов Сергей Александрович (RU),
Каргашилов Дмитрий Валентинович (RU),
Шуткин Александр Николаевич (RU),
Усачев Дмитрий Константинович (RU),
Федорищев Владимир Русланович (RU)

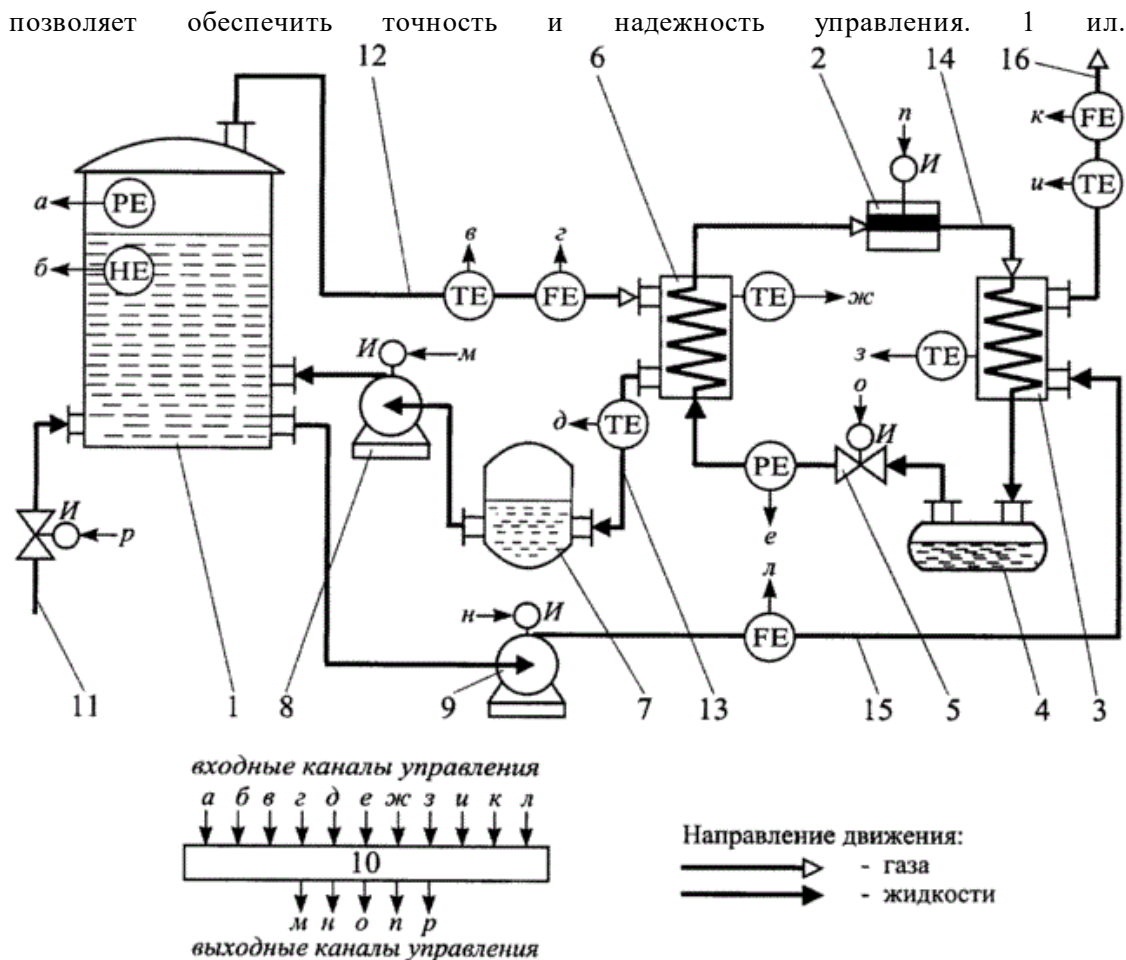
(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий" (ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России) (RU)

(54) СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ КОНДЕНСАЦИИ ПАРОВ В ИЗОТЕРМИЧЕСКОМ РЕЗЕРВУАРЕ И РЕГАЗИФИКАЦИИ СЖИЖЕННОГО УГЛЕВОДОРОДНОГО ГАЗА

(57) Реферат:

Изобретение относится к автоматизации технологических процессов. Способ управления процессом конденсации паров в изотермическом резервуаре и регазификации сжиженного углеводородного газа (СУГ) включает нагрев сжиженного газа до температуры испарения в конденсаторе парокомпрессионного теплового насоса с последующей подачей его потребителю. Пары сжиженного газа отводят из резервуара в испаритель теплового насоса и конденсируют их с последующей подачей в резервуар. Измеряют уровень СУГ и давление паров в резервуаре, расход и температуру СУГ на входе в испаритель, температуру кипения хладагента в испарителе, температуру конденсации хладагента в конденсаторе, расход паров СУГ после конденсатора. По температуре и расходу паров непрерывно определяют количество теплоты, подаваемое с потоком паров СУГ из резервуара в испаритель, в соответствии с которым устанавливают мощность привода компрессора. Воздействуют на температуру кипения хладагента в испарителе путем регулирования давления хладагента, дросселирующего через терморегулирующий вентиль. Стабилизируют уровень СУГ в резервуаре, соответствующий 85% от объема резервуара, воздействием на расход СУГ, подаваемого в резервуар. Изобретение



Изобретение относится к автоматизации технологических процессов и может быть использовано при автоматизации процессами конденсации паров в изотермическом резервуаре и регазификации сжиженного углеводородного газа.

Известны способы изотермического хранения газа (Эксплуатация оборудования и объектов газовой промышленности, Г.Г. Васильев и др., под общей редакцией проф., д.т.н. Земенкова Ю.Д., Т. 1, Москва, 2008 г., RU 2505738 C2, 27.01.2014. DE 2512278 A1, 06.11.1975. JP 2006022872 A, 26.01.2006. CN 202327641 U, 11.07.2012.

Общим недостатком известных способов является то, что они не предусматривают оперативного управления процессами конденсации паров в изотермическом резервуаре и регазификации сжиженного углеводородного газа при отпуске потребителю, что не позволяет решать задачи рационального использования газа с максимальной рекуперацией и утилизацией конденсируемых паров в замкнутых термодинамических циклах по материальным и энергетическим потокам.

Наиболее близким по технической сущности и достигаемому эффекту является способ изотермического хранения и регазификации сжиженного углеводородного газа [Пат. №2610800 РФ, МПК F26B 17/04. Способ изотермического хранения и регазификации сжиженного углеводородного газа / Шевцов С.А., Каргашилов Д.В., Усачев Д.К., Хабибов М.-А. У.; заявители и патентообладатели С.А. Шевцов, Д.В. Каргашилов, Д.К. Усачев, М.-А. У. Хабибов - №2015148410; заявл. 10.11.2015; опубл. 15.02.2017; Бюл. №5.] с использованием парокомпрессионного теплового насоса, испаритель которого обеспечивает стабилизацию заданной температуры хранения сжиженного углеводородного газа (СУГ), а конденсатор осуществляет регазификации СУГ с последующей подачей газообразной фазы потребителю.

Известный способ не обеспечивает точность и надежность управления технологическими параметрами в процессе хранения сжиженного углеводородного газа, не позволяет повысить уровень безопасности при его конденсации и регазификации с последующей подачей потребителю. Отсутствие системы регулирования давления паров в изотермическом резервуаре при их непрерывном отводе в испаритель теплового насоса, а также системы стабилизации процесса теплопередачи между парами сжиженного углеводородного газа и кипящим

хладагентом через охлаждающую поверхность испарителя в условиях случайных возмущений как со стороны внешней среды, так и возможных технологических сбоях не гарантирует безаварийной эксплуатации основного и вспомогательного оборудования и может привести к увеличению значений пожарного риска. Наличие охлаждающей рубашки не позволяет считать предлагаемый способ экономически выгодным и целесообразным при эксплуатации изотермических резервуаров большой вместимости (более 100...300 м³).

В способе не предусмотрено использование оперативной информации с объекта управления для регулирования температурных режимов конденсации паров сжиженного углеводородного газа в испарителе и его регазификации в конденсаторе парокompрессионного теплового насоса в пределах заданных значений и не создает оптимальных условий хранения и отпуска газа с минимальными энергетическими затратами.

Технической задачей изобретения является повышение точности и надежности управления технологическими параметрами процессов конденсации паров в изотермическом резервуаре независимо от его рабочего объема и регазификации сжиженного углеводородного газа при отводе газообразной фракции потребителю, энергетической эффективности и хранения и регазификации СУГ в условиях взрывопожаробезопасности, снижение естественных потерь СУГ, снижению величины пожарного риска.

Поставленная техническая задача достигается тем, что в способе управления процессами конденсации паров в изотермическом резервуаре и регазификации сжиженного углеводородного газа предусматривается нагрев сжиженного газа до температуры испарения за счет теплоты конденсации хладагента в конденсаторе парокompрессионного теплового насоса с последующей подачей испарившихся при нагревании паров в конденсаторе теплового насоса потребителю, новым является то, что осуществляют отвод образовавшихся в результате самоиспарения паров сжиженного газа из изотермического резервуара в испаритель парокompрессионного теплового насоса и конденсируют их посредством рекуперативного теплообмена с кипящим хладагентом с последующей подачей сначала в промежуточный сборник, а затем в изотермический резервуар с образованием замкнутого цикла, измеряют уровень сжиженного углеводородного газа в изотермическом резервуаре, давление паров сжиженного углеводородного газа в изотермическом резервуаре, расход и температуру сжиженного углеводородного газа на входе в испаритель, температуру кипения хладагента в испарителе, температуру конденсации хладагента в конденсаторе, расход паров сжиженного углеводородного газа после конденсатора; по температуре и расходу паров, образовавшихся в результате самоиспарения, непрерывно определяют текущее значение теплового потока с парами сжиженного углеводородного газа на входе в испаритель, в соответствии с которым устанавливают мощность привода компрессора; стабилизируют температуру конденсации сжиженного углеводородного газа после испарителя воздействием на температуру кипения хладагента в испарителе путем регулирования давления хладагента, дросселирующего через терморегулирующий вентиль; регулируют температуру сжиженного углеводородного газа, подаваемого потребителю воздействием на температуру конденсации хладагента в конденсаторе путем коррекции мощности привода компрессора; стабилизируют уровень сжиженного углеводородного газа в изотермическом резервуаре, соответствующего 85% от объема резервуара, воздействием на расход сжиженного углеводородного газа, подаваемого в изотермический резервуар; при увеличении давления паров сжиженного углеводородного газа в изотермическом резервуаре выше заданного значения снижают температуру конденсации сжиженного углеводородного газа в испарителе путем снижения температуры кипения хладагента и повышения кратности рециркуляции сжиженного углеводородного газа в замкнутом цикле.

На фиг. представлена схема, реализующая предлагаемый способ управления процессами конденсации паров в изотермическом резервуаре и регазификации сжиженного углеводородного газа.

Схема содержит изотермический резервуар с СУГ 1; парокompрессионный тепловой насос, состоящий из компрессора 2, конденсатора 3, ресивера 4,

терморегулирующего вентиля 5, испарителя 6; промежуточный сборник 7; насосы 8, 9; микропроцессор 10; линии: наполнения резервуара СУГ 11; отвода паров СУГ 12 из изотермического резервуара 1 в испаритель 6; подачи сконденсированных паров СУГ 13 из испарителя 6 через промежуточный сборник 7 в изотермический резервуар 1; рециркуляции хладагента 14; подачи СУГ 15 из изотермического резервуара 1 в конденсатор 3; подачи паров СУГ 16 из конденсатора 3 потребителю; датчики: ТЕ - температуры; РЕ - расхода; НЕ - уровня; ДЕ - давления; И - исполнительные механизмы.

Способ осуществляется следующим образом.

Исходный СУГ (пропан-бутановую смесь) по линии 11 подают в изотермический резервуар 1, где он хранится при постоянной температуре, не превышающей температуру кипения СУГ (от -40°C до -10°C в зависимости от состава сжиженного газа).

Хранение СУГ в изотермическом резервуаре 1 осуществляют при постоянной температуре, соответствующей заданному давлению паров СУГ, которое поддерживается в резервуаре за счет их отвода по линии 12 в испаритель 6 теплового насоса. Сконденсированные пары СУГ в испарителе 6 по линии 13 отводят сначала в накопительный сборник 7, а затем с помощью насоса 8 по линии 13 направляют в изотермический резервуар в режиме замкнутого цикла.

По мере необходимости СУГ по линии 15 насосом 9 подают в конденсатор 3 парокompрессионного теплового насоса, где происходит процесс регазификации газа за счет тепла выделяемого при конденсации хладагента, после чего образовавшуюся газовую фазу СУГ подают потребителю по линии 16.

В соответствии с термодинамическим циклом парокompрессионного теплового насоса хладагент всасывается компрессором 2, сжимается до давления конденсации и по контуру рециркуляции 14 направляется в конденсатор 3, где конденсируясь, он отдает теплоту на регазификацию СУГ. Затем хладагент направляется в ресивер 4, что позволяет сбалансировать возможные пульсации хладагента в контуре рециркуляции, и далее в терморегулирующий вентиль 5, где дросселируется до заданного давления. С этим давлением хладагент поступает в испаритель 6, где он испаряется с выделением холода. Пары хладагента по замкнутому контуру направляются в компрессор 2, сжимаются до давления конденсации и термодинамический цикл повторяется.

Информация о ходе процессов конденсации паров СУГ в испарителе и их регазификации в конденсаторе теплового насоса с помощью датчиков передается в микропроцессор 10, который по заложенному в него программно-логическому алгоритму осуществляет оперативное управление технологическими параметрами посредством исполнительных механизмов с учетом накладываемых на них ограничений, обусловленных как снижением величины пожарного риска, так и экономической целесообразностью.

Микропроцессор 10 непрерывно определяют количество теплоты, подаваемое с потоком паров СУГ из изотермического резервуара 1 по линии 12 в испаритель 6 парокompрессионного теплового насоса:

$$Q = V \rho c_p t_1, \text{ кДж/ч}$$

где c_p , ρ - средние значения теплоемкости, $\text{кДж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$, плотности, $\text{кг}/\text{м}^3$ паров СУГ соответственно; V - объемный расход паров СУГ, подаваемый в испаритель, $\text{м}^3/\text{ч}$.

В зависимости от текущего значения Q микропроцессор 10 устанавливает мощность привода компрессора 2.

В процессе теплопередачи между парами СУГ и хладагентом микропроцессор осуществляет стабилизацию температуры конденсации СУГ после испарителя, воздействием на температуру кипения хладагента путем регулирования давления хладагента перед испарителем 6, дросселирующего через терморегулирующий вентиль 5.

Регулируют температуру сжиженного углеводородного газа, подаваемого потребителю по линии 16 воздействием на температуру конденсации хладагента в конденсаторе 3 путем коррекции мощности привода компрессора 2. Исходя из балансовых соотношений, количество газовой фазы в линии 16 должно строго

соответствовать расходу СУГ в линии 15. Отклонение расхода паров СУГ от заданного значения в сторону уменьшения свидетельствует о неполном фазовом переходе СУГ в пары, что требует коррекции температуры конденсации хладагента путем увеличения мощности привода компрессора.

Стабилизируют уровень сжиженного углеводородного газа в изотермическом резервуаре 1, соответствующего 85% от его объема, путем воздействия на расход сжиженного углеводородного газа, подаваемого в изотермический резервуар 1 по линии 11.

При увеличении давления паров сжиженного углеводородного газа в изотермическом резервуаре 1 выше заданного значения, например 5 кПа, снижают температуру конденсации СУГ в испарителе 6 путем снижения температуры кипения хладагента.

Для реализации способа предлагается использовать хладагент, например, Хладон 13B1 CF_3Br с температурой кипения $-57,8^\circ\text{C}$ и критической температурой $66,9^\circ\text{C}$. При этом компрессор обеспечит необходимую степень компрессионного сжатия в рабочем диапазоне температур конденсации хладагента в конденсаторе теплового насоса до 35°C , а дросселирование хладагента через терморегулирующий вентиль обеспечит стабилизацию необходимого давления, соответствующего заданному интервалу значений температур кипения хладагента в испарителе теплового насоса $-55 \dots -20^\circ\text{C}$. Регулирование этих параметров в условиях случайных возмущений, обусловленных внешними факторами, позволит обеспечить полную конденсацию паров сжиженного газа различного состава, образовавшихся в результате самоиспарения паров из изотермического резервуара, а также регулировать производительность процесса регазификации независимо от климатической зоны.

Предлагаемый способ управления позволяет обеспечить точность и надежность управления за счет снижения разброса регулируемых параметров, обеспечить их варьирование в заданном диапазоне, что является существенным резервом интенсификации тепловых процессов при снижении величины пожарного риска и повышении экологической безопасности окружающей среды, в том числе за счет использования безвредного, негорючего, взрывобезопасного хладагента.

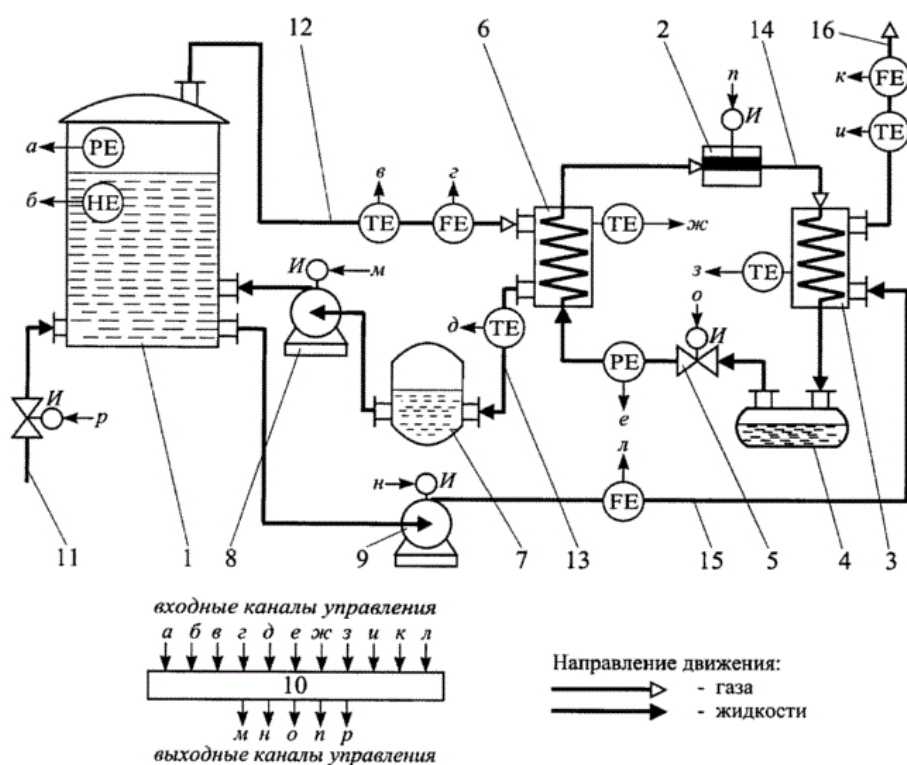
Использование оперативной информации с объекта управления для регулирования температурных режимов конденсации паров сжиженного углеводородного газа в испарителе и его регазификации в конденсаторе пароконденсационного теплового насоса в пределах заданных значений создает оптимальные условия хранения и отпуска газа в резервуарах большой вместимости с минимальными энергетическими затратами.

Формула изобретения

Способ управления процессом конденсации паров в изотермическом резервуаре и регазификации сжиженного углеводородного газа, предусматривающий нагрев сжиженного газа до температуры испарения за счет теплоты конденсации хладагента в конденсаторе пароконденсационного теплового насоса с последующей подачей испарившихся при нагревании паров в конденсаторе теплового насоса потребителю, отличающийся тем, что осуществляют отвод образовавшихся в результате самоиспарения паров сжиженного газа из изотермического резервуара в испаритель пароконденсационного теплового насоса и конденсируют их посредством рекуперативного теплообмена с кипящим хладагентом с последующей подачей сначала в промежуточный сборник, а затем в изотермический резервуар с образованием замкнутого цикла, измеряют уровень сжиженного углеводородного газа в изотермическом резервуаре, давление паров сжиженного углеводородного газа в изотермическом резервуаре, расход и температуру сжиженного углеводородного газа на входе в испаритель, температуру кипения хладагента в испарителе, температуру конденсации хладагента в конденсаторе, расход паров сжиженного углеводородного газа после конденсатора; по температуре и расходу паров, образовавшихся в результате самоиспарения, непрерывно определяют количество теплоты, подаваемое с потоком паров сжиженного углеводородного газа из изотермического резервуара в испаритель, в соответствии с которым устанавливают мощность привода

компрессора; стабилизируют температуру конденсации сжиженного углеводородного газа после испарителя воздействием на температуру кипения хладагента в испарителе путем регулирования давления хладагента, дросселирующего через терморегулирующий вентиль; регулируют температуру сжиженного углеводородного газа, подаваемого потребителю воздействием на температуру конденсации хладагента в конденсаторе путем коррекции мощности привода компрессора; стабилизируют уровень сжиженного углеводородного газа в изотермическом резервуаре, соответствующий 85% от объема резервуара, воздействием на расход сжиженного углеводородного газа, подаваемого в изотермический резервуар; при увеличении давления паров сжиженного углеводородного газа в изотермическом резервуаре выше заданного значения снижают температуру конденсации сжиженного углеводородного газа в испарителе путем снижения температуры кипения хладагента.

**СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ КОНДЕНСАЦИИ ПАРОВ
В ИЗОТЕРМИЧЕСКОМ РЕЗЕРВУАРЕ И РЕГАЗИФИКАЦИИ
СЖИЖЕННОГО УГЛЕВОДОРОДНОГО ГАЗА**



ИЗВЕЩЕНИЯ

ММ4А Досрочное прекращение действия патента из-за неуплаты в установленный срок пошлины за поддержание патента в силе

Дата прекращения действия патента: **17.10.2019**

Дата внесения записи в Государственный реестр: **25.08.2020**

Дата публикации и номер бюллетеня: [25.08.2020](#) Бюл. №24