



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

F28D 7/024 (2023.05); F28F 9/22 (2023.05); F28F 27/02 (2023.05)

(21)(22) Заявка: 2020115218, 30.04.2020

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
30.04.2020Дата регистрации:
06.09.2023

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
03.05.2019 GB 1906250.4

(43) Дата публикации заявки: 01.11.2021 Бюл. № 31

(45) Опубликовано: 06.09.2023 Бюл. № 25

Адрес для переписки:

191036, Санкт-Петербург, а/я 24,
"НЕВИНПАТ"

(72) Автор(ы):

ШТАЙНБАУЭР, Манфред (DE),
ДАЙХЗЕЛЬ, Флориан (DE),
МАТАМОРОС, Луис (DE)

(73) Патентообладатель(и):

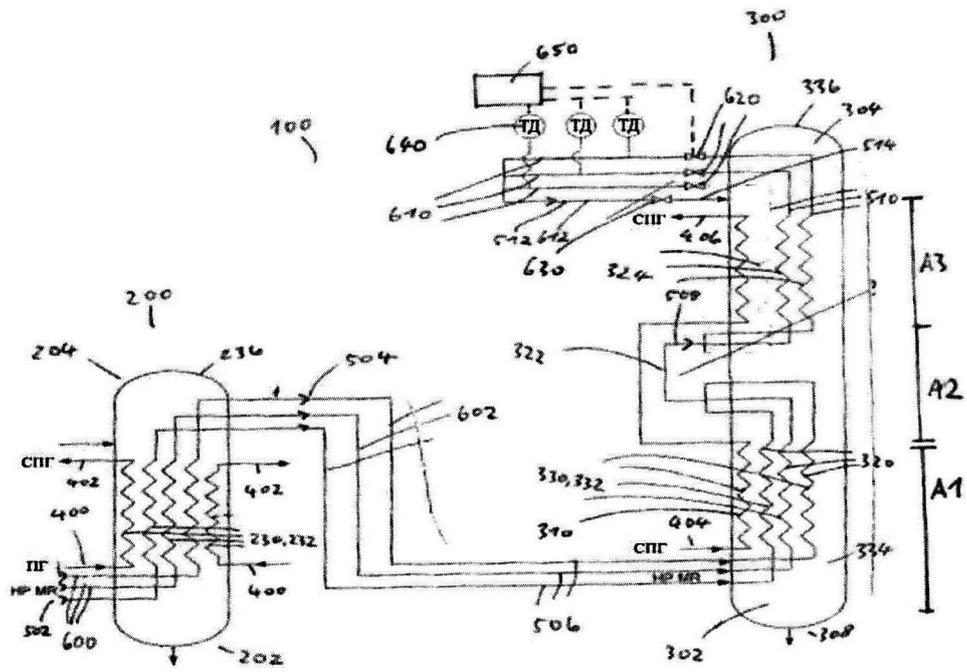
Линде Акциенгезелльшафт (DE)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: WO 2011120096 A1, 06.10.2011. US
6272882 B1, 14.08.2001. RU 2668303 C1,
28.09.2018. US 4445916 A1, 01.05.1984. RU 146849
U1, 20.10.2014.(54) СПОСОБ ЭКСПЛУАТАЦИИ СПИРАЛЬНОГО ТЕПЛООБМЕННИКА И СИСТЕМЫ
ТЕПЛООБМЕННИКОВ, СОДЕРЖАЩЕЙ СПИРАЛЬНЫЙ ТЕПЛООБМЕННИК

(57) Реферат:

Изобретение относится к области теплотехники и может быть использовано в спиральных теплообменниках (CWHE) и системах теплообменников, содержащих CWHE. Изобретение заключается в том, что в системе теплообменников, содержащей спиральный теплообменник, пучок труб разделен на ряд отдельных осевых секций внутритрубного пространства, расположенных в направлении

потока CWHE. Технический результат - эффективное выравнивание температуры и давления потоков, протекающих через различные области секций внутритрубного пространства, предотвращение неравномерного охлаждения внутритрубного потока, что обеспечивает улучшение эксплуатации системы. 2 н. и 9 з.п. ф-лы, 1 ил.



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
F28D 7/02 (2006.01)
F28F 9/22 (2006.01)
F28F 27/02 (2006.01)

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(52) CPC

F28D 7/024 (2023.05); *F28F 9/22* (2023.05); *F28F 27/02* (2023.05)(21)(22) Application: **2020115218, 30.04.2020**(24) Effective date for property rights:
30.04.2020Registration date:
06.09.2023

Priority:

(30) Convention priority:
03.05.2019 GB 1906250.4(43) Application published: **01.11.2021 Bull. № 31**(45) Date of publication: **06.09.2023 Bull. № 25**

Mail address:

191036, Sankt-Peterburg, a/ya 24, "NEVINPAT"

(72) Inventor(s):

**SHTAJNBAUER, Manfred (DE),
DAJKHZEL, Florian (DE),
MATAMOROS, Luis (DE)**

(73) Proprietor(s):

Linde Aktiengesellschaft (DE)**(54) METHOD OF OPERATION OF COIL-WOUND HEAT EXCHANGER AND HEAT EXCHANGER SYSTEM CONTAINING COIL-WOUND HEAT EXCHANGER**

(57) Abstract:

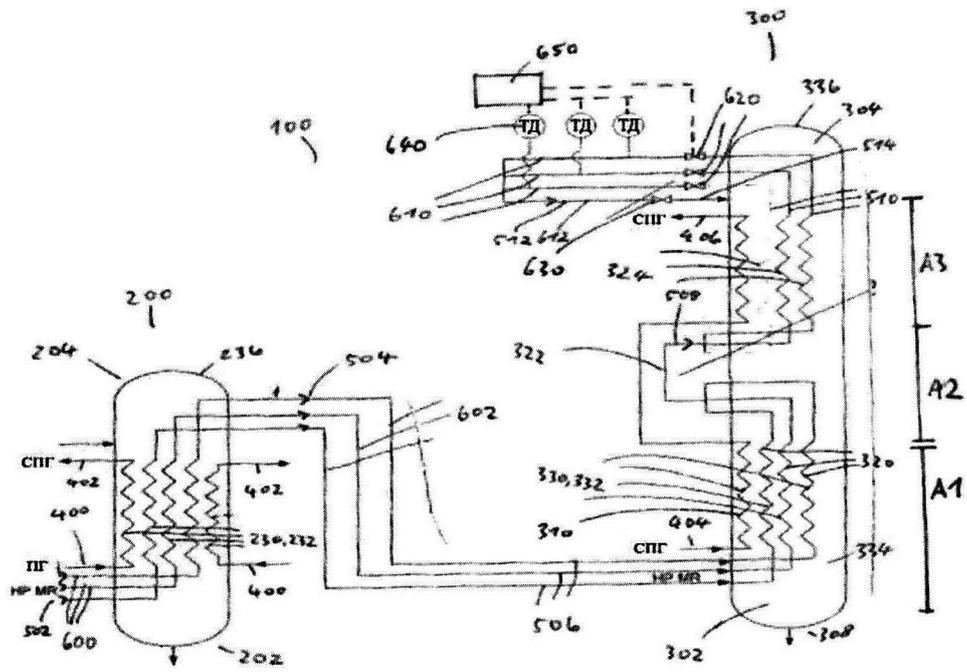
FIELD: heat exchanging equipment.

SUBSTANCE: invention relates to the field of heat engineering and can be used in coil-wound heat exchangers (CWHE) and heat exchanger systems containing CWHE. The invention lies in the fact that in a heat exchanger system containing a coil-wound heat exchanger, the tube bundle is divided into a number of separate axial sections of the inner tube space located

in the direction of flow of the CWHE.

EFFECT: effective equalization of temperature and pressure of the flows flowing through different areas of the sections of the inline space, prevention of uneven cooling of the inline flow, which improves the operation of the system.

11 cl, 1 dwg



Фиг. 1

Настоящее изобретение относится к способу эксплуатации спирального теплообменника (CWHE) и системы теплообменников, содержащей CWHE.

Спиральные теплообменники (CWHE) требуются для самых разных сфер применения, включая обработку текучих сред, например для установок по производству СПГ, на которых сжижают природный газ (ПГ). В них должна быть предусмотрена поддержка широкого диапазона температур и давлений, а также однофазных и двухфазных потоков.

Как хорошо известно специалистам в данной области, CWHE содержат пучок труб, завитых спиралью вокруг сердечника, продольная протяженность которого определяет осевую протяженность CWHE между теплым концом и холодным концом. Пучок труб, как правило, содержит несколько отдельных труб, по которым могут соответственно течь отдельные текучие среды. Каждая из этих труб обычно содержит множество отдельных трубок с относительно малым диаметром. Что касается текучих сред, протекающих через этот пучок труб, они называются потоком внутритрубного пространства CWHE.

В CWHE пучок труб окружен оболочкой, которая выступает в качестве контейнера давления и также принимает на себя вес пучка труб. Что касается текучих сред, протекающих снаружи трубы, но внутри оболочки, они называются потоком межтрубного пространства CWHE.

Уровень техники

Типичный способ сжижения описан в патенте США № 6,272,882, и в нем газообразный, богатый метаном поток, как правило, ПГ, подается под повышенным давлением в первую секцию внутритрубного пространства главного теплообменника на теплом конце. Газообразный, обогащенный метаном поток охлаждают, сжижают и переохлаждают испаряющимся хладагентом с получением сжиженного потока.

Сжиженный поток удаляют из главного теплообменника на холодном конце и передают на хранение в виде сжиженного продукта. Испарившийся хладагент удаляют из межтрубного пространства главного теплообменника на его теплом конце.

Испарившийся хладагент может быть сжат по меньшей мере одним компрессором для хладагента с получением хладагента высокого давления (HP MR). Хладагент высокого давления, как правило, частично конденсирован, и частично конденсированный хладагент разделяют на жидкую тяжелую фракцию хладагента и газообразную легкую фракцию хладагента. Тяжелая фракция хладагента может быть переохлаждена во второй секции внутритрубного пространства главного теплообменника с получением потока переохлажденного тяжелого хладагента. Поток тяжелого хладагента вводят под пониженным давлением в межтрубное пространство главного теплообменника, например в промежуточной точке между теплым концом и холодным концом, причем допускается испарение потока тяжелого хладагента в межтрубном пространстве главного теплообменника. По меньшей мере часть легкой фракции хладагента можно охлаждать, подвергать сжижению и переохлаждать в третьей секции внутритрубного пространства главного теплообменника с получением потока переохлажденного легкого хладагента. Этот поток легкого хладагента, как правило, вводят при пониженном давлении в межтрубное пространство главного теплообменника на холодном конце, при этом допускается испарение потока легкого хладагента в межтрубном пространстве, как правило, в виде тонкой пленки, покрывающей трубу и нисходящей от холодного конца к теплому концу CWHE.

В публикации WO2011/120096 A1 описана система CWHE, в которой внутритрубное пространство главного CWHE, используемая для переохлаждения богатого метаном потока, разделена на несколько отдельных труб. В первой группе этих труб природный

газ или жидкий природный газ, который нужно подвергать сжижению или переохлаждению, течет из горячего конца к холодному концу СWHE. Кроме этого, во второй трубе смешанный хладагент также течет от теплой стороны к холодной стороне СWHE. На холодной стороне этот хладагент дополнительно охлаждают путем расширения и подают в межтрубное пространство СWHE, в котором он опускается от холодной стороны к теплой стороне в виде тонкой пленки, окружающей трубы. Эта тонкая пленка испаряется, вследствие чего потоки ПГ, СПГ или хладагента, проходящие по трубам, охлаждаются.

При таком испарении может происходить неравномерное распределение тонкой пленки хладагента по отношению к различным областям пучка труб, а значит, например, на некоторые трубы воздействует большее количество хладагента, а на другие трубы - меньшее. Из-за этого может произойти неравномерное охлаждение потоков ПГ, СПГ или хладагента, протекающих через трубы, а также, возможно, напряжение внутри пучка, поскольку, например, разные части трубы будут термически расширяться или сжиматься в разной степени.

Эту проблему решают в патенте WO2011/120096 A1 путем деления пучка труб на разные трубы и управления каждым потоком через эти трубы по отдельности. Однако из-за такого регулирования могут возникнуть трудности с расположенными ниже или выше по потоку компонентами системы СWHE, например дополнительными теплообменниками, в особенности СWHE. Например, в зависимости от конкретного типа способа, например, так называемого способа DMR или MFC, может возникнуть необходимость в подаче хладагента из вышестоящего СWHE в отдельные трубы главного СWHE с помощью отдельных трубопроводов, так называемых трубопроводов «один к одному», особенно при двухфазном состоянии или недостаточном охлаждении хладагента. В этом случае регулирование главного СWHE также отрицательно влияет на вышерасположенный СWHE.

Цель изобретения заключается в обеспечении улучшенной эксплуатации системы СWHE, содержащей по меньшей мере один СWHE, с предотвращением проблем, описанных выше.

Указанной цели достигают с помощью способа, включающего элементы по п. 1, и системы СWHE, имеющей элементы по п. 7.

В соответствии с изобретением можно предотвратить неравномерное охлаждение внутритрубного потока, в частности в главном СWHE системы СWHE, и при этом избежать отрицательного воздействия на расположенные ниже компоненты системы от такого равномерного охлаждения. Этого можно достигнуть путем разделения пучка труб на ряд секций внутритрубного пространства, которые соединены с помощью соединительных трубопроводов для обеспечения выравнивания давления. Используемый в настоящем документе термин «секции внутритрубного пространства», в частности, относится к отдельным осевым секциям, расположенным в направлении потока СWHE. Благодаря применению изобретения происходит эффективное выравнивание температуры и давления потоков, протекающих через различные области секций внутритрубного пространства.

В частности, может быть обеспечено равномерное выполнение процесса охлаждения по меньшей мере в двух отдельных трубах, предусмотренных в секциях внутритрубного пространства, через которые проходит поток хладагента или поток массы, подлежащей охлаждению или переохлаждению. Такие трубы могут, например, располагаться соосно друг с другом вокруг центрального сердечника, находящегося внутри пучка труб.

Преимущественные варианты осуществления представляют собой объект изобретения

по зависимым пунктам формулы изобретения.

В соответствии с предпочтительным вариантом осуществления потоком массы по меньшей мере одного из по меньшей мере двух дополнительных потоков хладагента между промежуточной секцией и холодным концом главного СWHE управляют с помощью по меньшей мере одного управляющего клапана, причем по меньшей мере управление одним управляющим клапаном выполняют с помощью контроллера или вручную. Посредством таких управляющих клапанов, управляемых контроллером или вручную, можно реализовать эффективное и надежное управление потоками через отдельные секции внутритрубного пространства. Эти клапаны могут быть расположены на холодном конце или на теплом конце СWHE или снаружи от СWHE, преимущественно в непосредственной близости от холодного конца.

Преимуществом является то, что по меньшей мере два первых отдельных потока хладагента, поступающих в главный СWHE, представляют собой потоки, выходящие из холодной стороны дополнительного теплообменника, предпочтительно дополнительного СWHE, предусмотренного выше по потоку от главного СWHE. Благодаря применению изобретения в главном СWHE управление потоком через отдельные секции внутритрубного пространства в главном СWHE не будут воздействовать на такой дополнительный СWHE, расположенный выше от главного СWHE.

В соответствии с предпочтительным применением изобретения поток массы, подлежащий охлаждению, представляет собой поток ПГ или СПГ или смешанный поток хладагента.

Преимуществом является то, что температуру каждого из по меньшей мере двух дополнительных отдельных потоков хладагента на холодном конце главного СWHE отслеживают с помощью средства измерения температуры. Средство измерения температуры может передавать на контроллер данные о температуре. Мониторинг температуры отдельных потоков хладагента — это эффективный и надежный способ определения охлаждающего эффекта в различных отдельных трубах в секциях внутритрубного пространства, благодаря которому можно эффективно использовать контроллер и управлять потоком хладагента через различные трубы секций внутритрубного пространства путем управления указанными клапанами. Кроме того, возможно ручное управление, осуществляемое оператором.

Ниже будет описан предпочтительный вариант осуществления изобретения со ссылкой на прилагаемую фигуру.

Краткое описание графических материалов

На Фиг. 1 представлен схематический вид сбоку предпочтительного варианта осуществления системы СWHE, в которой можно реализовать изобретение.

Вариант осуществления изобретения

На Фиг. 1 предпочтительный вариант осуществления системы СWHE в соответствии с изобретением обозначен номером 100. К нему относятся первый СWHE 200 и главный СWHE 300. В каждом из СWHE 200, 300 предусмотрен теплый конец и холодный конец, и в каждом из них образованы внутритрубные пространства 230, 330, содержащие пучки 232, 332 труб, через которые поток массы, подлежащий охлаждению, а также потоки хладагента текут от теплого конца к холодному концу, и межтрубные пространства, образованные соответствующими оболочками 236, 336, окружающими соответствующие пучки 232, 332 труб, через которые хладагент течет от холодного конца к теплomu концу. Эта структура и функциональные возможности СWHE хорошо известны, и ненужные подробности не будут дополнительно рассматриваться.

Систему 100 СWHE используют для сжижения и последующего переохлаждения потока 400, 402, 404, 406 природного газа (ПГ), изначально подаваемого на теплый конец 202 первого СWHE 200. При прохождении через внутритрубное пространство первого СWHE 200 от теплого конца к холодному концу 204 этот поток 400 ПГ сжижается посредством теплообменного взаимодействия с хладагентом, протекающим через межтрубное пространство первого СWHE от холодного конца 204 к теплomu концу 202. На Фиг. 1 путь потока хладагента через межтрубное пространство для первого СWHE 200 не показан.

Поток сжиженного ПГ (СПГ), выходящий из первого СWHE 200 на холодном конце 204, обозначен как 402. Этот поток СПГ затем подается на теплый конец 302 главного СWHE 300 (эта секция потока СПГ обозначена как 404).

В главном СWHE 300 после дополнительного теплообменного взаимодействия с различными потоками охладителя при прохождении через трубу 310 во внутритрубном пространстве главного СWHE 300, поток СПГ выходит из главного СWHE в виде переохлажденного потока 406 СПГ на холодном конце 304. Теплообменное взаимодействие между потоком СПГ через главный СWHE 300 и потоками хладагента в главном СWHE 300 будет подробно описано ниже.

Смешанный хладагент, например обогащенная метаном текучая среда, подается в трубы первого СWHE 200 (потоки 502) на теплом конце 202. В показанном варианте осуществления предусмотрено три отдельных трубопровода 600 для подачи соответствующих отдельных потоков хладагента на три отдельные трубы первого СWHE 200. Следует отметить, что, согласно терминологии настоящей заявки, СWHE 200 содержит одну проходящую в осевом направлении (т. е. проходящую в направлении потока) секцию внутритрубного пространства, которая включает в себя несколько труб. Как показано на Фиг. 1 и как будет дополнительно разъяснено ниже, второй или основной СWHE 300 содержит три отдельные секции внутритрубного пространства 320, 322, 324.

Хладагент выходит из холодного конца первого СWHE 200 в виде (трех отдельных) потоков 504 в трех отдельных трубопроводах 602. Потоки 504 холоднее, чем потоки 502, в особенности из-за теплообмена с потоком хладагента, проходящим в межтрубном пространстве от холодного конца к теплomu концу первого СWHE 200, который не показан на Фиг. 1. Такое некоторое количество предусмотренных отдельных трубопроводов для соответствующего количества потоков хладагента, выходящих из СWHE, в данной области техники называют трубопроводами «один к одному».

Эти отдельные трубопроводы 602 соединены с соответствующими первыми отдельными трубами секции 320 внутритрубного пространства главного СWHE 300, причем к теплomu концу 302 главного СWHE 300 подают три отдельных потока 506 хладагента. Например, три отдельные трубы секции 320 внутритрубного пространства могут быть расположены соосно друг с другом. Секция 320 внутритрубного пространства проходит в осевом направлении вдоль первой осевой секции А1 главного СWHE от холодного конца 302 до второй или промежуточной секции 322 внутритрубного пространства, расположенной между горячим концом 302 и холодным концом 304. Эта вторая секция 322 внутритрубного пространства проходит вдоль второй осевой секции А2 СWHE.

Во второй или промежуточной секции 322 внутритрубного пространства главного СWHE три отдельные трубы секции 320 внутритрубного пространства объединены с формированием одной трубки, за счет чего смешиваются три отдельных потока 506 хладагента с получением одного потока хладагента, обозначенного 508 на Фиг. 1.

Осевое положение второй или промежуточной секции 322 внутритрубного пространства между холодным концом 302 и теплым концом 304 главного СWHE 300 выбраны с обеспечением достаточного охлаждения хладагента между теплым концом 302 и промежуточной секцией 322 внутритрубного пространства, а значит, его достаточной конденсации для обеспечения выравнивания давления.

Слияние труб первой секции 320 внутритрубного пространства с формированием единой трубки в промежуточной секции 322 внутритрубного пространства может быть достигнуто, например, за счет обеспечения кольцевого трубопровода в промежуточной секции внутритрубного пространства.

Затем единый поток 508 хладагента снова разделяют на три отдельных потока 510 хладагента, которые впоследствии перекачивают по трем отдельным трубам третьей секции 324 внутритрубного пространства к холодному концу 304 главного СWHE 300. Третья секция 324 внутритрубного пространства проходит в осевом направлении вдоль третьей осевой секции А3 теплообменника СWHE. Эти трубы третьей секции 324 внутритрубного пространства могут быть, например, снова расположены соосно друг с другом, например, с соосным распределением размера и порядка.

На холодном конце 304 каждый из трех отдельных труб секции 324 внутритрубного пространства соответственно соединен с одним из трех отдельных трубопроводов 610, каждый из которых снабжен управляющим клапаном 620, посредством которого можно по отдельности управлять потоком через соответствующие трубопроводы 610 и, таким образом, через трубы секции 324 внутритрубного пространства. Каждый из трубопроводов 610 также оснащен датчиком 640 температуры (ТД) для определения температуры внутри каждого трубопровода 610. Управляющие клапаны 620 и датчик 640 температуры могут быть, например, соединены с контроллером 650 (показан схематично).

Например, на основании температур хладагента, измеренных в соответствующих трубопроводах 610, можно определять эффективность охлаждения в соответствующих трубах в секции 324 внутритрубного пространства. Например, при обнаружении слишком высокой температуры в определенном трубопроводе 610 и, таким образом, в соответствующем трубке секции внутритрубного пространства 324 соответствующий управляющий клапан 620 можно отрегулировать с возможностью проведения меньшего потока через трубопровод 610 и, таким образом, через упомянутую трубу секции 324 внутритрубного пространства. Поскольку меньший поток будет взаимодействовать с таким же количеством нисходящей хладагентной пленки в межтрубном пространстве, как будет дополнительно объяснено ниже, охлаждение может быть более эффективным. Управление управляющими клапанами преимущественно осуществляют с обеспечением одинаковых или по существу одинаковых температур во всех трубах секции 324 внутритрубного пространства.

Благодаря обеспечению одной объединенной трубы в секции 322 внутритрубного пространства главного СWHE 300 можно предотвратить влияние управления потоком через трубопроводы 610 и секцию 324 внутритрубного пространства с помощью регулировочных клапанов 620 непосредственно на находящееся выше по потоку оборудование, например на первую секцию 320 внутритрубного пространства, трубопроводы 602 или на первый СWHE 200.

Затем три трубопровода 610 на холодном конце главного СWHE 300 снова объединяют с получением дополнительного единого потока хладагента 512 на холодном конце главного СWHE 300. Этот поток 512 перекачивают через дополнительный единый трубопровод 612, на котором предусмотрено расширение или клапан 630 Джоуля —

Томпсона. В результате расширения потока 512 хладагента, протекающего по трубопроводу 612, хладагент может быть дополнительно охлажден. Таким образом, дополнительно охлажденный поток хладагента, обозначенный 514, далее подается в межтрубное пространство главного СWHE 300, в котором он опускается от холодного конца 304 к теплому концу 302 в виде нисходящей испаряющейся тонкой пленки, вступающей в теплообменное взаимодействие с соответствующими секциями внутритрубного пространства, как коротко описано выше. Благодаря такому взаимодействию обеспечивается эффективное охлаждение СПГ, а также хладагента, проходящего через секции 320, 324 внутритрубного пространства от теплового конца 302 к холодному концу 304 главного СWHE. Таким образом возможно эффективное переохлаждение, в первую очередь, СПГ, проходящего через секции внутритрубного пространства. После отведения из главного СWHE (в виде потока 406) переохлажденный СПГ целесообразно направлять на хранение.

Как объяснено выше, посредством регулирования управляющих клапанов 620 можно управлять потоком хладагента через секцию 324 внутритрубного пространства.

После достижения теплового конца 302 главного СWHE 300, хладагент, нисходящий по межтрубному пространству, отводится из главного СWHE (308) и, при необходимости, рециркулируется для дальнейшего использования.

Резюмируя некоторые преимущества аксиального разделения главного СWHE на различные отдельные секции внутритрубного пространства, как описано выше, и объединения труб секции 320 внутритрубного пространства во второй или промежуточной секции внутритрубного пространства для выравнивания давления, необходимо повторно отметить, что в результате управление потоком с помощью клапанов 620 повлияет только на третью секцию внутритрубного пространства, т. е. на область между промежуточной или второй секцией внутритрубного пространства и холодным концом 304 СWHE. Эта область представляет собой критическую область, из-за того, что в ней необходимо обеспечить конечную температуру и давление СПГ.

Осевое расположение промежуточной секции 322 внутритрубного пространства может быть выбрано в соответствии с различными критериями, в зависимости от конкретных требований. Например, предпочтительным будет выбор осевого положения, благодаря которому будет обеспечено достаточное охлаждение хладагента, протекающего по внутритрубному пространству, с возможностью предотвращения разделения фаз при повторном разделении потока хладагента между промежуточной секцией внутритрубного пространства и холодным концом. Кроме того, осевое положение можно выбирать с возможностью обеспечения одинаковой или сходной потери давления в соответствующих трубах секций внутритрубного пространства. Кроме того, осевое положение может быть выбрано с обеспечением одинаковых или похожих размеров труб или пучков труб выше и ниже по потоку от промежуточной секции внутритрубного пространства и/или отдельных труб выше и/или ниже по потоку от промежуточной секции внутритрубного пространства.

(57) Формула изобретения

1. Способ эксплуатации главного спирального теплообменника (300) (СWHE), имеющего теплый конец (302) и холодный конец (304), причем СWHE (300) имеет внутритрубное пространство (330), снабженное пучком (332) труб и включающее в себя множество секций (320, 322, 324) внутритрубного пространства, включая первую (320), вторую (322) и третью (324) секции внутритрубного пространства для перекачивания подлежащего охлаждению потока массы и по меньшей мере двух

отдельных потоков (506–510) хладагента от теплого конца (302) к холодному концу (304), и межтрубное пространство (334) для перекачивания потока (514) хладагента от холодного конца (302) к теплomu концу (304), при этом способ включает в себя следующие этапы:

5 - подачу по меньшей мере двух первых отдельных потоков (506) хладагента на теплый конец (302) СWHE в по меньшей мере две отдельные трубы первой секции (320) внутритрубного пространства и перекачивание по меньшей мере двух отдельных потоков хладагента во вторую секцию (322) внутритрубного пространства СWHE, расположенную между теплым концом (302) и холодным концом (304),

10 - смешивание по меньшей мере двух отдельных потоков (506) хладагента во второй секции (322) внутритрубного пространства для обеспечения первого единого потока (508) хладагента,

15 - повторное разделение первого единого потока (508) хладагента для снабжения двух отдельных труб в третьей секции (324) внутритрубного пространства по меньшей мере двумя дополнительными отдельными потоками (510) хладагента и перекачивания по меньшей мере двух дополнительных отдельных потоков (510) хладагента к холодному концу (304),

- смешивание по меньшей мере двух дополнительных отдельных потоков (510) хладагента на холодном конце (304) для обеспечения второго единого потока (512) хладагента,

20 - расширение второго единого потока (512) хладагента для обеспечения расширенного потока (514) хладагента и

- подачу расширенного потока (514) хладагента в межтрубное пространство (334) на холодном конце (304).

25 2. Способ по п. 1, в котором потоком массы по меньшей мере одного из по меньшей мере двух дополнительных отдельных потоков (510) хладагента управляют с помощью по меньшей мере одного управляющего клапана (620), причем по меньшей мере одним управляющим клапаном управляет контроллер (650).

30 3. Способ по п. 1 или 2, в котором по меньшей мере два первых отдельного потока (506) хладагента представляют собой потоки, выходящие из холодной стороны (204) дополнительного теплообменника (200), предпочтительно дополнительного СWHE, предусмотренного выше по потоку от главного СWHE (300).

35 4. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором подлежащий охлаждению поток массы представляет собой поток массы природного газа (ПГ) или сжиженного природного газа (СПГ).

5. Способ по любому из пп. 2–4, в котором температуру каждого из по меньшей мере двух дополнительных отдельных потоков (510) хладагента отслеживают с помощью средства (640) измерения температуры, причем средство измерения температуры предоставляет данные о температуре контроллеру (650).

40 6. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором расширенный поток (514) хладагента перекачивается от холодного конца (304) к теплomu концу (302) по межтрубному пространству (314) главного СWHE (300).

45 7. Теплообменная система, содержащая главный спиральный теплообменник (300) (СWHE), имеющий теплый конец (302), холодный конец (304) и внутритрубное пространство (330), снабженное пучком (332) труб и включающее в себя множество секций (320, 322, 324) внутритрубного пространства, включая первую (320), вторую (322) и третью (324) секции внутритрубного пространства для перекачивания подлежащего охлаждению потока массы и по меньшей мере двух потоков хладагента

от теплого конца (302) к холодному концу (304), и межтрубное пространство (334) для перекачивания потока хладагента от холодного конца (304) к теплему концу (302), причем внутритрубное пространство (330) содержит

- 5 - по меньшей мере две отдельные трубы первой секции (320) внутритрубного пространства, выполненные с возможностью перекачивания двух первых отдельных потоков (506) хладагента от теплого конца ко второй секции (322) внутритрубного пространства, расположенной между теплым концом и холодным концом,
 - средство (322) для смешивания по меньшей мере двух отдельных потоков (506) хладагента во второй секции (322) внутритрубного пространства для обеспечения
 - 10 первого единого потока (508) хладагента,
 - средство (322) для повторного разделения первого единого потока (508) хладагента для обеспечения по меньшей мере двух дополнительных отдельных потоков (510) хладагента,
 - по меньшей мере две дополнительные отдельные трубы третьей секции (324)
 - 15 внутритрубного пространства, выполненные с возможностью перекачивания двух дополнительных отдельных потоков (510) хладагента к холодному концу (304),
 - средство для смешивания по меньшей мере двух дополнительных отдельных потоков (510) хладагента на холодном конце (304) для обеспечения второго единого потока (512) хладагента,
 - 20 - средство (630) для расширения второго единого потока хладагента для обеспечения расширенного потока (514) хладагента и
 - средство для подачи расширенного потока (514) хладагента в межтрубное пространство (334) на холодном конце (304).

8. Система по п. 7, содержащая по меньшей мере один управляющий клапан (620) для управления потоком массы по меньшей мере одного из по меньшей мере двух дополнительных отдельных потоков (324) хладагента, причем по меньшей мере одним управляющим клапаном управляет контроллер (650).

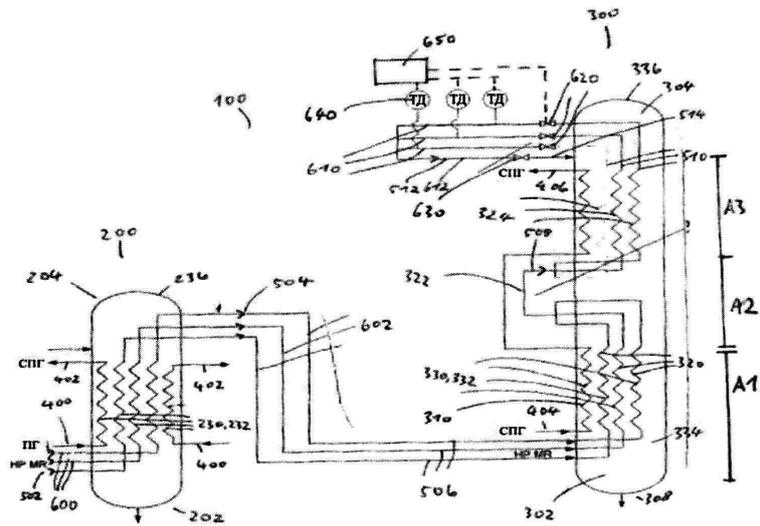
9. Система по п. 7 или 8, содержащая дополнительный теплообменник (200), предпочтительно дополнительный CWHE, причем по меньшей мере два первых отдельных потока (506) хладагента представляют собой потоки, выходящие из холодной стороны (204) дополнительного теплообменника (200).

10. Система по любому из пп. 7–9, выполненная с возможностью охлаждения потока массы ПГ или СПГ.

11. Система по любому из пп. 7–10, содержащая средство (640) измерения температуры, выполненное с возможностью отслеживания температуры каждого из по меньшей мере двух дополнительных отдельных потоков (510) хладагента и передачи данных о температуре на контроллер (650).

40

45



Фиг. 1