

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **040663**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2022.07.13

(51) Int. Cl. **F25J 1/00** (2006.01)
F25J 1/02 (2006.01)

(21) Номер заявки
201990918

(22) Дата подачи заявки
2017.10.11

(54) **СИСТЕМА ДЛЯ ОБРАБОТКИ И ОХЛАЖДЕНИЯ ПОТОКА УГЛЕВОДОРОДОВ**

(31) **16193642.2**

(32) **2016.10.13**

(33) **EP**

(43) **2019.09.30**

(86) **PCT/EP2017/075891**

(87) **WO 2018/069373 2018.04.19**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**ШЕЛЛ ИНТЕРНЭШНЛ РИСЕРЧ
МААТСХАППИЙ Б.В. (NL)**

(72) Изобретатель:
**Ван Амелсворт Йоханнес Маринус,
Брандт Рул, Ди Нола Джанлука (NL),
Ван Дер Плуг Хенрик Ян (JP)**

(74) Представитель:
Фелицына С.Б. (RU)

(56) US-A1-2010107684
FR-A1-2957141
US-A1-2003033831
FR-A1-2828273
US-A1-2004011046
EP-A1-0862717
US-A1-2015330705

(57) Изобретение относится к системе для обработки и охлаждения потока углеводородов, содержащей ступень обработки газа, содержащую предварительный холодильник для охлаждения по меньшей мере части подаваемых углеводородов за счет охлаждающей воды, первую ступень охлаждения, содержащую один или более первых водяных холодильников, вторую ступень охлаждения, содержащую один или более вторых водяных холодильников. Система содержит установку охлаждающей воды, выполненную с возможностью получения потока охлаждающей воды и подачи первой части потока охлаждающей воды в охлаждающую установку для получения потока охлажденной охлаждающей воды и передачи потока охлажденной охлаждающей воды в выбранное по меньшей мере из одного предварительного холодильника, одного или более первых водяных холодильников и одного или более вторых водяных холодильников.

B1

040663

040663

B1

Область техники

Изобретение относится к способу и системе для обработки и охлаждения потока углеводородов с использованием охлаждающей воды.

Уровень техники

Производительность установки по производству сжиженного природного газа (liquid natural gas, LNG) преимущественно определяется механической мощностью на валу компрессоров хладагента, а также уровнем температуры, при котором происходит отвод тепла холодильного цикла, обычно определяемого температурой окружающей среды, такой как температура воды или воздуха, в которую в конечном итоге отводится тепло.

Для повышения производительности установки по производству сжиженного природного газа были предложены различные решения, в том числе решения, в которых применяется дополнительная охлаждающая способность.

В US 3817046 предложено использование абсорбционного цикла охлаждения, который использует энергию отработанных газов.

В WO 2004065869 предложено использование отходящего тепла со ступени сжижения для запуска охлаждения одного или обоих потоков предварительно обработанного газа или потока газообразного хладагента в цикле охлаждения.

В WO 00/77466 описана система и способ сжижения природного газа, в которых избыточное охлаждение, имеющее место в типичной системе сжижения природного газа, используется для охлаждения воздуха на входе в газовые турбины в системе, чтобы тем самым повысить общую эффективность системы.

В публикации IMPROVED LNG PROCESS, BETTER ECONOMICS FOR FUTURE PROJECTS автора P. Bridgewood (LNG The EnergyLink) описано, что охлаждение для холодильной камеры в основном обеспечивается единым смешанным хладагентом, дополненным охлаждением аммиаком на теплом конце (верх) холодильной камеры. Аммиачная холодильная установка работает на "свободной энергии отходов", вырабатываемой электростанцией с комбинированным циклом (СНП, combined cycle power plant). Размеры аммиачной холодильной установки основаны на резервной мощности, имеющейся на СНП после того, как все другие потребители тепла и энергии на станции были удовлетворены. Это обеспечивает оптимальное использование и баланс всей доступной энергии. Аммиачный хладагент, во-первых, применяется для охлаждения влажного газа из контактора амина, во-вторых, для применения охлаждения воздуха на входе в газовые турбины для увеличения мощности, а остаток используют в холодильной камере для предварительного охлаждения смешанного хладагента. Результатом является значительное увеличение производительности установки и значительное повышение эффективности использования топлива. В качестве дополнительной выгоды конденсируется и образуется чистая вода, когда воздух на входе в газовую турбину охлаждается аммиаком, и этого более чем достаточно для питания установки деминерализованной воды. Указанное выше может быть получено по ссылке: <http://www.lnglimited.com.au/IRM/Company/ShowPage.aspx?CPID=1455&EID=56380866&>.

В публикации Improving energy efficiency of LNG plants, авторов Christophe Thomas и Denis Chrétien, TOTAL E&P - LNG Group, WGC 2009, описано создание замкнутого контура охлажденной воды, производимого абсорбционными установками, использующими отходящее тепло установки по производству сжиженного природного газа, что требует сложной интеграции с установкой по производству сжиженного природного газа. Кроме того, в этой статье описано предварительное охлаждение подаваемого газа и смешанного хладагента MR (mixed refrigerant) вместо функции охлаждения пропаном, что потребует большой мощности и сопряжено с относительно сложной интеграцией, охвачено охлаждение воздуха на входе в газовую турбину, переохлаждение пропанового хладагента и предварительное охлаждение подаваемого газа и хладагента MR вместо охлаждения пропаном.

Раскрытие сущности изобретения

Задача заключается в том, чтобы обеспечить улучшенную систему и способ охлаждения потока углеводородов и сделать его менее зависимым от температуры окружающей среды.

Настоящее изобретение обеспечивает систему для обработки и охлаждения потока углеводородов, причем система содержит

ступень обработки газа для получения потока углеводородов и обработки потока углеводородов с образованием потока обработанных углеводородов, при этом ступень обработки газа содержит предварительный холодильник для охлаждения по меньшей мере части подаваемых углеводородов за счет охлаждающей воды,

первую ступень охлаждения для получения обработанного потока углеводородов и охлаждения обработанного потока углеводородов за счет первого хладагента с образованием потока охлажденных углеводородов, причем первая ступень охлаждения содержит один или более первых водяных холодильников для охлаждения первого хладагента за счет охлаждающей воды,

вторую ступень охлаждения для получения по меньшей мере части охлажденного потока углеводородов и охлаждения по меньшей мере части охлажденного потока углеводородов за счет второго хладагента с образованием дополнительно охлажденного потока углеводородов, причем вторая ступень охлаждения содержит один или более вторых водяных холодильников для охлаждения второго хладагента за

счет охлаждающей воды,

при этом система содержит источник охлаждающей воды, сообщающийся по текучей среде по меньшей мере с одним предварительным холодильником, одним или более первых водяных холодильников и одним или более вторых водяных холодильников,

причем источник охлаждающей воды выполнен с возможностью

получения потока охлаждающей воды, и

подачи первой части потока охлаждающей воды в охлаждающую установку для получения потока охлажденной охлаждающей воды и передачи потока охлажденной охлаждающей воды к выбранному из по меньшей мере одного предварительного холодильника, одного или более первых водяных холодильников и одного или более вторых водяных холодильников, и

подачи второй части потока охлаждающей воды в остальные по меньшей мере из одного предварительного холодильника, одного или более первых водяных холодильников и одного или более вторых водяных холодильников.

При использовании охлаждающей установки температура охлаждающей воды может быть снижена и, следовательно, производительность системы может быть увеличена. Однако поскольку охлаждающая установка также потребляет охлаждение, предлагаемая в настоящее время система приспособлена для применения режима охлаждения только к части потока охлаждающей воды, проходящего к назначенным выбранным водяным холодильникам.

Выбор может зависеть от конкретных условий, таких как температура окружающей среды, состав подаваемого газа, наличие режима охлаждения, стоимость режима охлаждения.

Вторая часть потока охлаждающей воды не проходит через охлаждающую установку (часть охлаждающей установки). Вторую часть потока охлаждающей воды передают или подают в остальные по меньшей мере из одного предварительного холодильника, одного или более первых водяных холодильников и одного или более вторых водяных холодильников без пропускания через какой-либо холодильник, охладитель или теплообменник (включая охлаждающую установку) до достижения остальных из по меньшей мере одного предварительного холодильника, одного или более первых водяных холодильников и одного или более вторых водяных холодильников. Таким образом, остальные по меньшей мере из одного предварительного холодильника, одного или более первых водяных холодильников и одного или более вторых водяных холодильников получают вторую часть потока охлаждающей воды по существу при температуре, при которой поток охлаждающей воды принимается установкой охлаждающей воды, за исключением какого-либо непреднамеренного теплообмена и/или колебаний температуры, которые имеют место во время транспортировки, например, вызванных насосами, клапанами и теплообменом через стенки трубопроводов/труб.

Предлагаемая система относительно проста в реализации и может быть также адаптирована к существующим системам.

Охлаждающая установка не имеет значительных последствий или сложности, связанных с технологическим процессом и/или безопасностью, поскольку потоки, связанные с охлаждающей установкой, имеют относительно умеренное давление и температуру и не превышают нормальные рабочие давления и температуры системы.

Система допускает дополнительные режимы охлаждения/быстрого охлаждения без какой-либо сложной интеграции или модификации ступени обработки газа и первой/второй ступени охлаждения. Ни хладагенты, ни поток углеводородов не сталкиваются с дополнительными или более крупными теплообменниками, и нет необходимости в дополнительных или больших компрессорах и приводах. Схемы потоков ступени обработки газа и первой и второй ступеней охлаждения не затрагиваются.

Описанная выше система обеспечивает более высокую пропускную способность за счет снижения достижимой температуры процесса путем выборочного (т.е. для назначенных теплообменников) добавления промышленных охладителей и их встраивания в систему охлаждающей воды.

Для охлаждающей установки требуется источник питания, например электроэнергия, которая может быть получена из системы (например, из топливного газа, полученного из системы), но также может быть получена из отдельного источника, например, из сети. Также может быть использована комбинация этих двух вариантов.

Согласно одному варианту осуществления охлаждающая установка представляет собой механический охладитель.

Механический охладитель содержит контур охлаждения, через который циркулирует охлаждающий хладагент, при этом контур охлаждения содержит компрессор охлаждения, конденсатор охлаждения, устройство снижения давления охлаждения (клапан Джоуля-Томпсона) и теплообменник охлаждения, в котором охлаждающий хладагент нагревается за счет первой части потока охлаждающей воды. Конденсатор охлаждения может быть выполнен с возможностью охлаждения нагнетаемого охлаждающего хладагента, полученного из компрессора охлаждения, за счет окружающей среды, например за счет окружающего воздуха.

Механический охладитель, в частности компрессор охлаждения, предпочтительно приводится в действие от электрического привода, но может также приводиться в действие посредством какого-либо

другого подходящего источника энергии. Механический охладитель также может приводиться в действие паром.

Охлаждающий хладагент может представлять собой какой-либо подходящий охлаждающий хладагент, например R-134a, NH₃, LiBr.

В соответствии с альтернативным вариантом реализации охлаждающая установка может представлять собой абсорбционный охладитель. В абсорбционных охладителях в качестве движителя используют относительно горячую среду, такую как горячая вода, пар или горячее масло, которые могут быть получены из системы в качестве отходящего тепла. Систему горячего масла используют для подачи тепла в определенные части системы, такие как ребойлеры колонны, или для регенерации обезвоженного газа. Температура горячей среды предпочтительно выше 80°C или выше 90°C.

В соответствии с одним вариантом реализации охлаждающая установка выполнена с возможностью получения первой части потока охлаждающей воды при температуре подачи и охлаждения первой части потока охлаждающей воды до температуры охлаждения, меньшей температуры подачи.

Температура охлаждения ниже температуры подачи предпочтительно по меньшей мере на 1°C ниже температуры подачи, более предпочтительно по меньшей мере на 2°C ниже температуры подачи и еще более предпочтительно по меньшей мере на 4°C ниже температуры подачи. Например, температура охлаждения на 5°C ниже температуры подачи.

Таким образом, поток охлажденной охлаждающей воды холоднее, чем вторая часть потока охлаждающей воды, подаваемого в остальные по меньшей мере из одного предварительного холодильника, одного или более первых водяных холодильников и одного или более вторых водяных холодильников. Поток охлажденной охлаждающей воды предпочтительно по меньшей мере на 1°C ниже температуры охлаждаемой охлаждающей воды, более предпочтительно по меньшей мере на 2°C ниже температуры охлаждаемой охлаждающей воды и еще более предпочтительно по меньшей мере на 4°C ниже температуры охлаждаемой охлаждающей воды. Например, температура охлаждения на 5°C ниже температуры охлаждаемой охлаждающей воды.

Таким образом, могут быть смоделированы условия окружающей среды, типичные для холодного дня (зимний сезон) или оптимальной температуры окружающей среды, что приведет к равномерному производству сжиженного природного газа.

В соответствии с одним вариантом реализации охлаждающая установка выполнена с возможностью получения первой части потока охлаждающей воды при температуре подачи для охлаждения первой части потока охлаждающей воды до заданной температуры, но не ниже нее.

Первая часть потока охлаждающей воды охлаждается до температуры охлаждения.

Охлаждающая установка может быть полностью использована для охлаждения первой части потока охлаждающей воды настолько, насколько это возможно, при условии, что температура охлаждения не опускается ниже заданной температуры.

Степень обработки газа, и первая, и вторая ступени охлаждения могут быть рассчитаны на оптимальную работу при заданной температуре охлаждающей воды. Обычно система предназначена для оптимального функционирования с охлаждающей водой при температуре, при которой охлаждающая вода доступна в среднем, что, естественно, зависит от условий окружающей среды. Заданная температура может, например, составлять 5°C.

Указанный вариант реализации имеет преимущество, заключающееся в том, что производительность системы меньше зависит от изменения температуры окружающей среды, поскольку изменения температуры окружающей среды приводят к изменению температуры подачи охлаждающей воды.

Система может содержать контроллер для управления охлаждающей установкой в зависимости от измеренной температуры, температуры первой части потока охлаждающей воды и/или температуры охлаждения потока охлажденной охлаждающей воды. В зависимости от ситуации контроллер может управлять охлаждающей установкой для работы

при полной мощности для максимального охлаждения первой части потока охлаждающей воды до заданной температуры, по возможности,

при выбранной промежуточной мощности для охлаждения первой части потока охлаждающей воды до заданной температуры и предотвращения падения температуры охлаждения ниже заданной температуры, или

при нулевой мощности (т.е. выключение), если температура подачи уже равна заданной температуре или ниже нее.

В соответствии с вариантом реализации система содержит обходной канал охлаждающей установки для первой части потока охлаждающей воды, причем система выполнена с возможностью передачи первой части потока охлаждающей воды через обходной канал в случае, если температура подачи равна заданной температуре или меньше нее.

Дополнительно или в качестве альтернативы система может быть устроена таким образом, что пропускает первую часть потока охлаждающей воды через обходной канал, если охлаждающая установка находится в процессе обслуживания, таким образом, не влияя на возможность использования установки.

В соответствии с вариантом реализации система выполнена с возможностью отключения охлаждающей установки в случае, когда температура подачи равна заданной температуре или меньше нее.

В соответствии с этим вариантом реализации потребляемая мощность охлаждения минимизируется, поскольку охладитель можно обходить и выключать в случае, когда охлаждение больше не способствует повышению производительности.

В соответствии с одним вариантом реализации первые водяные холодильники содержат один или более конденсаторов, расположенных ниже по потоку от первой ступени компрессора хладагента, выполненных с возможностью получения и охлаждения сжатого первого потока хладагента, выпускаемого первой ступенью компрессора хладагента,

один или более переохладителей, расположенных ниже по потоку от одного или более конденсаторов, выполненных с возможностью получения и охлаждения по меньшей мере части первого потока хладагента, выпускаемого одним или более конденсаторов,

вторые водяные холодильники содержат

один или более доохладителей, расположенных ниже по потоку от второй ступени компрессора хладагента, выполненных с возможностью получения и охлаждения сжатого второго потока хладагента, выпускаемого второй ступенью компрессора хладагента,

один или более промежуточных холодильников, сообщающихся по текучей среде со ступенью компрессора, для получения частично сжатого второго потока хладагента от второй ступени компрессора хладагента и для передачи промежуточно охлажденного второго потока хладагента во вторую ступень компрессора хладагента для дальнейшего сжатия,

и выбранный вариант включает предварительный холодильник, один или более переохладителей и один или более доохладителей.

Выбранный вариант предпочтительно включает все из одного или более переохладителей и все из одного или более доохладителей.

При использовании конденсаторы принимают первый хладагент по существу в газовой фазе и выпускают первый хладагент по существу в жидкой фазе.

В соответствии с одним вариантом реализации выбранный вариант дополнительно включает один или более промежуточных холодильников.

Выбранный вариант предпочтительно включает все из одного или более промежуточных холодильников.

В соответствии с одним вариантом реализации выбранный вариант дополнительно включает один или более конденсаторов.

Выбранный вариант предпочтительно включает все из одного или более конденсаторов.

Согласно одному варианту обеспечен способ обработки и охлаждения потока углеводородов, включающий

получение потока углеводородов,

обработку потока углеводородов с образованием потока обработанных углеводородов, при этом обработка включает предварительное охлаждение подаваемого потока углеводородов в предварительном холодильнике за счет охлаждающей воды,

охлаждение обработанного потока углеводородов за счет первого хладагента с образованием охлажденного потока углеводородов, при этом первый хладагент охлаждают в одном или более первых водяных холодильниках за счет охлаждающей воды,

дополнительное охлаждение по меньшей мере части охлажденного потока углеводородов за счет второго хладагента с образованием дополнительно охлажденного потока углеводородов, при этом второй хладагент охлаждают в одном или более вторых водяных холодильниках за счет охлаждающей воды,

при этом способ дополнительно включает получение потока охлаждающей воды,

разделение потока охлаждающей воды на первую часть и вторую часть,

передачу первой части потока охлаждающей воды в охлаждающую установку с получением потока охлажденной охлаждающей воды,

передачу потока охлажденной охлаждающей воды к выбранному из по меньшей мере одного предварительного холодильника, одного или более первых водяных холодильников и одного или более вторых водяных холодильников,

передачу второй части потока охлаждающей воды в остальные из по меньшей мере одного предварительного холодильника, одного или более первых водяных холодильников и одного или более вторых водяных холодильников.

Согласно одному варианту реализации способ включает получение показаний температуры потока охлажденной охлаждающей воды,

регулирование рабочего режима охлаждающей установки для охлаждения первой части потока охлаждающей воды до заданной температуры, но не ниже нее.

Охлаждающая установка может быть управляемой, чтобы

работать на полную мощность для максимального охлаждения первой части потока охлаждающей воды до заданной температуры, если температура подачи выше заданной температуры подачи,

работать с выбранной промежуточной производительностью для охлаждения первой части потока охлаждающей воды до заданной температуры в случае, если температура подачи ниже заданной температуры подачи, но выше заданной температуры, и

работать при нулевой производительности, если температура подачи уже равна заданной температуре или ниже нее.

Показания температуры потока охлажденной охлаждающей воды можно получить, выполнив одно или более измерений температуры, причем не обязательно непосредственно для потока охлажденной охлаждающей воды, но, возможно, также для других потоков, например, потока охлаждающей воды при получении.

В соответствии с одним вариантом реализации первые водяные холодильники содержат один или более конденсаторов, расположенных ниже по потоку от первой ступени компрессора хладагента, выполненных с возможностью получения и охлаждения сжатого первого потока хладагента, выпускаемого первой ступенью компрессора хладагента,

один или более переохладителей, расположенных ниже по потоку от одного или более конденсаторов, выполненных с возможностью получения и охлаждения по меньшей мере части первого потока хладагента, выпускаемого одним или более конденсаторов,

вторые водяные холодильники содержат

один или более доохладителей, расположенных ниже по потоку от второй ступени компрессора хладагента, выполненных с возможностью получения и охлаждения сжатого второго потока хладагента, выпускаемого второй ступенью компрессора хладагента,

один или более промежуточных холодильников, сообщающихся по текучей среде со ступенью компрессора, для получения частично сжатого второго потока хладагента от второй ступени компрессора хладагента и для передачи промежуточно охлажденного второго потока хладагента во вторую ступень компрессора хладагента для дальнейшего сжатия,

выбранный вариант включает предварительный холодильник, один или более переохладителей и один или более доохладителей.

В соответствии с одним вариантом реализации выбранный вариант дополнительно включает один или более промежуточных холодильников.

В соответствии с одним вариантом реализации выбранный вариант дополнительно включает один или более конденсаторов.

Краткое описание графических материалов

Далее изобретение будет проиллюстрировано с использованием примеров и со ссылкой на чертежи, на которых на фиг. 1, 2, 3 и 4 схематически показаны разные варианты реализации изобретения.

На этих фигурах одинаковые номера позиций будут использованы для обозначения одинаковых или похожих элементов. Кроме того, один номер позиции будет использован для обозначения канала или линии, а также потока, передаваемого по этой линии.

Подробное описание сущности изобретения

Варианты реализации обеспечивают способ и систему, в которых первая часть полученной охлаждающей воды охлаждается до более низкой температуры перед передачей в ступень обработки газа, первую ступень охлаждения и/или вторую ступень охлаждения, а вторая часть охлаждающей воды не охлаждается.

Охлаждающая вода поступает при температуре подачи, которая зависит от условий окружающей среды.

Например, поток охлаждающей воды может быть получен от водонапорной башни. Водонапорная башня выполнена с возможностью охлаждения нагретой охлаждающей воды, поступающей обратно со ступени обработки газа, первой ступени охлаждения и/или второй ступени охлаждения, за счет окружающей среды, например, за счет окружающего воздуха. Полученный поток охлаждающей воды возвращается обратно на ступень обработки газа, первую ступень охлаждения и/или вторую ступень охлаждения при температуре подачи в зависимости от температуры окружающей среды, например температуры окружающего воздуха.

В соответствии с другим примером поток охлаждающей воды может быть получен из стояка водозабора, и в этом случае температура подачи потока охлаждающей воды зависит от температуры морской воды.

При охлаждении первой части охлаждающей воды на ступень обработки газа, на первую ступень охлаждения и/или вторую ступень охлаждения не будет меньше влиять изменение условий окружающей среды, и она сможет функционировать более оптимальным образом.

На фиг. 1 схематически изображена система для обработки и охлаждения потока углеводородов.

На фиг. 1 показана ступень 10 обработки газа, выполненная с возможностью получения потока углеводородов. Ступень 10 обработки газа содержит ряд установок для обработки газа, например установку 11 для удаления кислого газа, установку 12 обезвоживания, установку 13 для удаления ртути. Ступень 10 обработки газа дополнительно содержит предварительный холодильник 14 для охлаждения по меньшей мере части подаваемых углеводородов 10 за счет охлаждающей воды 404, как будет более под-

робно описано ниже.

Предварительный холодильник 14 предпочтительно расположен ниже по потоку (по отношению к углеводородному потоку 1) от установки 13 для удаления ртути и выше по потоку от первой ступени 100 охлаждения (описано ниже).

Предварительный холодильник 14 показан как часть ступени обработки газа. Однако он предпочтительно расположен непосредственно перед первым теплообменником 110, содержащим первую ступень 100 охлаждения, описанную более подробно ниже. Термин "непосредственно выше по потоку" используется в настоящем документе для обозначения того, что между предварительным холодильником и первым теплообменником 110 нет дополнительных устройств охлаждения, нагрева и сепарации. Предварительный холодильник 14 также может рассматриваться как часть первой ступени 100 охлаждения.

Ступень 10 обработки газа выполнена с возможностью выпуска потока 20 обработанных углеводородов.

На фиг. 1 дополнительно показана первая ступень 100 охлаждения. Первая ступень охлаждения содержит первый теплообменник 110, в котором обеспечивается теплообмен обработанного потока 20 углеводородов с первым хладагентом с созданием охлажденного потока 30 углеводородов.

Первый хладагент может представлять собой смешанный хладагент или может содержать главным образом один компонент, например пропан.

Должно быть понятно, что первая ступень 100 охлаждения может содержать более одного первого теплообменника 110, причем более одного первых теплообменников 110 могут быть расположены последовательно и/или параллельно по отношению друг к другу. Из соображений ясности на фиг. 1 изображен только один.

Первая ступень 100 охлаждения дополнительно содержит первый контур хладагента, через который при использовании циркулирует первый хладагент. Первый контур хладагента содержит по меньшей мере одну первую ступень 121 компрессора хладагента, которая изображена как содержащая один компрессор. Однако должно быть понятно, что может иметься более одного компрессора, при этом более одного компрессоров могут быть расположены параллельно и/или последовательно относительно друг друга.

Один или более, предпочтительно все, из компрессоров, содержащих первую ступень 121 компрессора хладагента, могут содержать пароохладители 1210 с водяным охлаждением. Пароохладители 1210 считаются частью первой ступени 121 компрессора хладагента.

За первой ступенью 121 компрессора хладагента ниже по потоку расположен один или более конденсаторов 122, выполненных с возможностью получения и охлаждения сжатого первого потока 131 хладагента, выпускаемого первой ступенью 121 компрессора хладагента. Ниже по потоку от одного или более конденсаторов 122 находится один или более переохладителей 123, выполненных с возможностью получения и охлаждения по меньшей мере части первого потока 132 хладагента, выпускаемого одним или более конденсаторов 122.

Конденсаторы 122 выпускают поток 133 конденсированного хладагента, который подается в расширительное устройство 124, при необходимости через один или более первых теплообменников 100, как показано. Расширительное устройство 124 создает увеличенный в объеме первый поток 134 хладагента, который подают в один или более первых теплообменников 100 для охлаждения потока 20 обработанных углеводородов. Полученный нагретый первый поток 135 хладагента аккумулируется из одного или более первых теплообменников 100 и возвращается обратно в первую ступень 121 компрессора хладагента.

Охлажденный поток 30 углеводородов, полученный из первой ступени 100 охлаждения, по меньшей мере, частично передают во вторую ступень 200 охлаждения для дальнейшего охлаждения.

Вторая ступень 200 охлаждения содержит второй теплообменник 210, в котором обеспечивается теплообмен охлажденного потока 30 углеводородов за счет второго хладагента, создающего дополнительно охлажденный поток 40 углеводородов. Указанный дополнительно охлажденный поток 40 углеводородов может быть (частично) сжижен и направлен на дополнительную ступень охлаждения, в установку с мгновенным испарением и/или в резервуар для хранения сжиженного природного газа (не показано).

Второй хладагент может представлять собой смешанный хладагент.

Второй теплообменник 210 обычно называют основным криогенным теплообменником. Должно быть понятно, что вторая ступень 200 охлаждения может содержать более одного второго теплообменника 210, причем более одного вторых теплообменников 110 могут быть расположены последовательно и/или параллельно по отношению друг к другу. Из соображений ясности на фиг. 1 изображен только один.

Вторая ступень 200 охлаждения дополнительно содержит второй контур хладагента, через который при использовании циркулирует второй хладагент. Второй контур хладагента содержит по меньшей мере одну вторую ступень 221 компрессора хладагента, которая изображена как содержащая один компрессор. Однако должно быть понятно, что может иметься более одного компрессора, при этом указанные более одного компрессора могут быть расположены параллельно и/или последовательно относительно друг друга. За второй ступенью 221 компрессора хладагента ниже по потоку расположен один или более доохладителей 222, выполненных с возможностью получения и охлаждения сжатого второго потока 231 хладагента, выпускаемого второй ступенью 221 компрессора хладагента. Доохладители 222 выпускают

второй доохлажденный поток 232 хладагента, который затем передают и охлаждают в одном или более первых теплообменников 110.

Один или более первых теплообменников 110 выпускают частично конденсированный второй поток 233 хладагента, который передается в сепаратор 234. Сепаратор 234 образует легкий газообразный поток 235 и тяжелый жидкий поток 236, оба из которых параллельно охлаждаются вторым теплообменником 210 и расширяются расширительными устройствами 237, 238 соответственно. Полученный таким образом расширенный тяжелый поток 239 хладагента и тяжелый поток 240 хладагента направляют во вторые теплообменники 210 для охлаждения охлажденного потока 30 углеводородов.

Полученный нагретый второй поток 241 хладагента аккумулируется из одного или более вторых теплообменников 210 и возвращается обратно во вторую ступень 221 компрессора хладагента.

Вторая ступень 200 охлаждения может дополнительно содержать один или более промежуточных холодильников 251, которые сообщаются по текучей среде со второй ступенью 221 компрессора для приема частично сжатого второго потока 250 хладагента от второй ступени 221 компрессора хладагента и пропускать второй промежуточно охлажденный поток 252 хладагента во вторую ступень 221 компрессора хладагента для дополнительного сжатия.

Таким образом, описанная система содержит предварительный холодильник 14, являющийся частью ступени 10 обработки газа,

один или более первых водяных холодильников, являющихся частью первой ступени 100 охлаждения, таких как один или более конденсаторов 122 и один или более переохладителей 123,

один или более вторых водяных холодильников, являющихся частью второй ступени 200 охлаждения, таких как один или более промежуточных холодильников 222 и один или более промежуточных холодильников 251 второй ступени 200 охлаждения,

все из которых могут сообщаться по текучей среде с источником 400 охлаждающей воды для получения охлаждающей воды и выпуска нагретой охлаждающей воды обратно в источник 400 охлаждающей воды или обратно в окружающую среду.

Источник 400 охлаждающей воды может представлять собой водонапорную башню, но также может представлять собой систему водозабора, например стояк водозаборной системы.

Источник 400 охлаждения воды может быть выполнен с возможностью обеспечения потока охлаждающей воды 401, который разделен на первую и вторую части 402, 403. Должно быть понятно, что могут быть предусмотрены альтернативные варианты реализации, которые в результате дают первую и вторую части охлаждающей воды. Кроме того, первая и вторая части 402, 403 охлаждающей воды необязательно транспортируются по трубопроводу, как показано схематически, но также могут транспортироваться по двум или более трубам параллельно.

Система содержит охлаждающую установку 411, выполненную с возможностью получения первой части потока 402 охлаждающей воды и выпуска потока 404 охлажденной охлаждающей воды.

Охлаждающая установка 411 может представлять собой установку охлаждения любого типа, но предпочтительно представляет собой механический охладитель, как уже описано выше.

Охлаждающая установка 411 сообщается по текучей среде с выбранным по меньшей мере из одного предварительного холодильника 14, одного или более первых водяных холодильников (122, 123) и одного или более вторых водяных холодильников (251, 222) для их снабжения охлажденной охлаждающей водой, в то время как остальные из по меньшей мере одного предварительного холодильника 14, одного или более первых водяных холодильников и одного или более вторых водяных холодильников снабжаются неохлажденной охлаждающей водой.

На фиг. 1 изображен вариант реализации, в котором выбранный вариант включает предварительный холодильник 14, один или более переохладителей 123 и один или более доохладителей 222, а остальная часть содержит один или более конденсаторов 122 первой ступени 100 охлаждения и один или более промежуточных охладителей 251 второй ступени 200 охлаждения.

На фиг. 2 изображен вариант реализации, в котором выбранный вариант дополнительно включает один или более промежуточных холодильников 251, а остальная часть не содержит ни одного или более промежуточных холодильников 251, но содержит один или более конденсаторов 122 первой ступени 100 охлаждения.

На фиг. 3 изображен вариант реализации, в котором выбранный вариант дополнительно включает один или более конденсаторов 122 первой ступени охлаждения, а остальная часть не содержит ни одного или более конденсаторов 122, но содержит один или более промежуточных холодильников 251 второй ступени 200 охлаждения.

На фиг. 4 показан вариант реализации, в котором выбранный вариант включает один или более конденсаторов 122 первой ступени 100 охлаждения и один или более промежуточных холодильников 251 второй ступени 200 охлаждения.

Должно быть понятно, что могут иметься дополнительные теплообменники с водяным охлаждением.

Во всех показанных и описанных вариантах реализации изобретения остальные по меньшей мере из одного предварительного холодильника 14, одного или более первых водяных холодильников и одного или более вторых водяных холодильников могут дополнительно содержать один или более из всех до-

полнительных теплообменников с водяным охлаждением, которые имеются в системе и не снабжаются охлажденной охлаждающей водой, такие как, но без ограничения:

- холодильники, содержащие установку 11 для удаления кислых газов, например
- холодильник обедненного растворителя, содержащий установку 11 для удаления кислого газа,
- промежуточный холодильник установки для удаления кислых газов,
- конденсатор установки для удаления кислых газов,
- холодильник мгновенного испарения газа установки для удаления кислых газов и
- межкаскадный холодильник компрессора мгновенного испарения газа,
- холодильник установки обезвоживания природного газа, содержащий установку 12 обезвоживания, парохладители 1210 с водяным охлаждением, описанные выше,
- холодильники, связанные с газовыми турбинами (не показаны), используемые для приведения в действие первой и второй ступеней компрессора хладагента, такие как
- промежуточный холодильник (холодильники) газовой турбины (турбин),
- холодильники воздухозаборника газовой турбины, расположенные на входе воздуха одной или более газовых турбин для охлаждения воздуха, подаваемого в газовую турбину, для повышения эффективности газовой турбины,
- холодильник конденсата и доохладители верхнего компрессора установки для стабилизации конденсата (не показано),
- различные вспомогательные холодильники.

Должно быть понятно, что в соответствии с дополнительным вариантом реализации в один или более из приведенного выше списка теплообменников с водяным охлаждением может подаваться охлажденная охлаждающая вода.

В соответствии с одним вариантом реализации в холодильники воздухозаборника газовой турбины подается охлажденная охлаждающая вода.

Система может содержать контроллер С и устройство Т для измерения температуры. Устройство Т для измерения температуры выполнено с возможностью получения показаний температуры потока 404 охлажденной охлаждающей воды, например, путем непосредственного измерения температуры потока 404 охлажденной охлаждающей воды.

Полученные показания температуры потока 404 охлажденной охлаждающей воды передаются в контроллер С, и на их основании контроллер С управляет рабочим режимом охлаждающей установки 411, для охлаждения первой части потока охлаждающей воды до заданной температуры, но не ниже нее. Контроллер С может управлять охлаждающей установкой 411 для работы

- на полной мощности,
- на выбранной промежуточной мощности, или
- на нулевой мощности (т.е. выключение).

Должно быть понятно, что одна или более ступеней сепарации могут иметься как часть первой ступени 100 охлаждения или между первой и второй ступенями 100, 200 охлаждения, например ступень экстракции NGL (не показано).

Кроме того, должно быть понятно, что ступень 10 обработки газа и первая и вторая ступени 100, 200 охлаждения изображены схематически и с помощью единственного примера.

Моделирование.

Варианты реализации, описанные выше со ссылкой на фиг. 1-4, были смоделированы в программе моделирования ProII.

При моделировании средняя температура подачи охлаждающей воды была задана равной 10°C, а температура охлаждения была задана равной 4°C. Теплообменники, которые получали вторую часть охлаждающей воды, таким образом, получали охлаждающую воду при температуре 10°C.

Моделирование показало следующие результаты:

в варианте реализации, изображенном на фиг. 1, примерно 13% охлаждающей воды было охлаждено, что привело к увеличению производства сжиженного природного газа на 0,6% на градус Цельсия охлаждения.

в варианте реализации, изображенном на фиг. 2, примерно 22% охлаждающей воды было охлаждено, что привело к увеличению производства сжиженного природного газа на 0,7% на градус Цельсия охлаждения.

в варианте реализации, изображенном на фиг. 3, примерно 76% охлаждающей воды было охлаждено, что привело к увеличению производства сжиженного природного газа на 0,87% на градус Цельсия охлаждения.

в варианте реализации, изображенном на фиг. 4, примерно 84% охлаждающей воды было охлаждено, что привело к увеличению производства сжиженного природного газа на 0,97% на градус Цельсия охлаждения.

Для сравнения также была смоделирована система, в которой все остальные теплообменники с водяным охлаждением, которые имеются в системе, также снабжались охлажденной водой, поэтому охла-

ждение практически всей охлаждающей воды привело к увеличению производства сжиженного природного газа на 0,97%.

Варианты реализации, изображенные на фиг. 1 и 2, требуют ограниченной степени охлаждения для достижения значительного увеличения производительности, тогда как варианты реализации, изображенные на фиг. 3 и 4, требуют относительно большей степени охлаждения для получения дополнительного стабильного прироста производительности. Поэтому было определено, что целенаправленный выбор ключевых технологических теплообменников приводит к оптимальному увеличению производства в рамках ограничений установки по производству сжиженного природного газа.

Специалисту в данной области будет понятно, что изобретение может быть осуществлено многими различными способами, не выходя за пределы объема прилагаемой формулы изобретения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Система для обработки и охлаждения потока углеводородов, содержащая ступень обработки газа для приема потока углеводородов и обработки потока углеводородов с образованием потока обработанных углеводородов, при этом ступень обработки газа содержит предварительный холодильник для охлаждения по меньшей мере части подаваемых углеводородов за счет охлаждающей воды,

первую ступень охлаждения для приема обработанного потока углеводородов и охлаждения обработанного потока углеводородов за счет первого хладагента с образованием потока охлажденных углеводородов, причем первая ступень охлаждения содержит один или более первых водяных холодильников для охлаждения первого хладагента за счет охлаждающей воды,

вторую ступень охлаждения для приема по меньшей мере части охлажденного потока углеводородов и охлаждения по меньшей мере части охлажденного потока углеводородов за счет второго хладагента с образованием дополнительно охлажденного потока углеводородов, причем вторая ступень охлаждения содержит один или более вторых водяных холодильников для охлаждения второго хладагента за счет охлаждающей воды,

при этом система содержит источник охлаждающей воды, сообщающийся по текучей среде по меньшей мере с одним предварительным холодильником, одним или более первых водяных холодильников и одним или более вторых водяных холодильников,

причем источник охлаждающей воды выполнен с возможностью приема потока охлаждающей воды, и

подачи первой части потока охлаждающей воды в охлаждающую установку для получения потока охлажденной охлаждающей воды и передачи потока охлажденной охлаждающей воды к выбранному по меньшей мере из одного предварительного холодильника, одного или более первых водяных холодильников и одного или более вторых водяных холодильников, и

подачи второй части потока охлаждающей воды непосредственно по меньшей мере в один из предварительного холодильника, одного или более первых водяных холодильников и одного или более вторых водяных холодильников, минуя холодильник, охладитель или теплообменник.

2. Система по п.1, в которой охлаждающая установка представляет собой механический охладитель.

3. Система по п.1 или 2, в которой охлаждающая установка выполнена с возможностью приема первой части потока охлаждающей воды при температуре подачи и охлаждения первой части потока охлаждающей воды до температуры охлаждения, меньшей температуры подачи.

4. Система по любому из пп.1-3, в которой охлаждающая установка выполнена с возможностью приема первой части потока охлаждающей воды при температуре подачи для охлаждения первой части потока охлаждающей воды до заданной температуры, но не ниже нее.

5. Система по п.4, содержащая обходной канал охлаждающей установки для первой части потока охлаждающей воды, причем система выполнена с возможностью передачи первой части потока охлаждающей воды через обходной канал в случае, если температура подачи равна заданной температуре или меньше нее.

6. Система по п.4, выполненная с возможностью отключения охлаждающей установки в случае, когда температура подачи равна заданной температуре или меньше нее.

7. Система по любому из пп.1-6, в которой

первые водяные холодильники содержат

один или более конденсаторов, расположенных ниже по потоку от первой ступени компрессора хладагента, выполненных с возможностью получения и охлаждения сжатого первого потока хладагента, выпускаемого первой ступенью компрессора хладагента,

один или более переохладителей, расположенных ниже по потоку от одного или более конденсаторов, выполненных с возможностью получения и охлаждения по меньшей мере части первого потока хладагента, выпускаемого одним или более конденсаторов,

вторые водяные холодильники содержат

один или более доохладителей, расположенных ниже по потоку от второй ступени компрессора хладагента, выполненных с возможностью получения и охлаждения сжатого второго потока хладагента, выпускаемого второй ступенью компрессора хладагента,

один или более промежуточных холодильников, сообщающихся по текучей среде со ступенью компрессора, для получения частично сжатого второго потока хладагента от второй ступени компрессора хладагента и для передачи промежуточно охлажденного второго потока хладагента во вторую ступень компрессора хладагента для дальнейшего сжатия,

при этом система включает предварительный холодильник, один или более переохладителей и один или более доохладителей.

8. Система по п.7, которая дополнительно включает один или более промежуточных холодильников.

9. Система по п.7 или 8, которая дополнительно включает один или более конденсаторов.

10. Способ обработки и охлаждения потока углеводородов с использованием системы по п.1, включающий

получение потока углеводородов,

обработку потока углеводородов с образованием потока обработанных углеводородов, при этом обработка включает предварительное охлаждение подаваемого потока углеводородов в предварительном холодильнике за счет охлаждающей воды,

охлаждение обработанного потока углеводородов за счет первого хладагента с образованием охлажденного потока углеводородов, при этом первый хладагент охлаждают в одном или более первых водяных холодильниках за счет охлаждающей воды,

дополнительное охлаждение по меньшей мере части охлажденного потока углеводородов за счет второго хладагента с образованием дополнительно охлажденного потока углеводородов, при этом второй хладагент охлаждают в одном или более вторых водяных холодильниках за счет охлаждающей воды,

при этом способ дополнительно включает

получение потока охлаждающей воды,

разделение потока охлаждающей воды на первую часть и вторую часть,

передачу первой части потока охлаждающей воды в охлаждающую установку с получением потока охлажденной охлаждающей воды,

передачу потока охлажденной охлаждающей воды к выбранному по меньшей мере из одного предварительного холодильника, одного или более первых водяных холодильников и одного или более вторых водяных холодильников,

передачу второй части потока охлаждающей воды в остальные по меньшей мере из одного предварительного холодильника, одного или более первых водяных холодильников и одного или более вторых водяных холодильников без пропускания через какой-либо холодильник, охладитель или теплообменник.

11. Способ по п.10, включающий

получение показаний температуры потока охлажденной охлаждающей воды,

регулирование рабочего режима охлаждающей установки для охлаждения первой части потока охлаждающей воды до заданной температуры, но не ниже нее.

12. Способ по п.10 или 11, в котором

первые водяные холодильники содержат

один или более конденсаторов, расположенных ниже по потоку от первой ступени компрессора хладагента, выполненных с возможностью получения и охлаждения сжатого первого потока хладагента, выпускаемого первой ступенью компрессора хладагента,

один или более переохладителей, расположенных ниже по потоку от одного или более конденсаторов, выполненных с возможностью получения и охлаждения по меньшей мере части первого потока хладагента, выпускаемого одним или более конденсаторов,

вторые водяные холодильники содержат

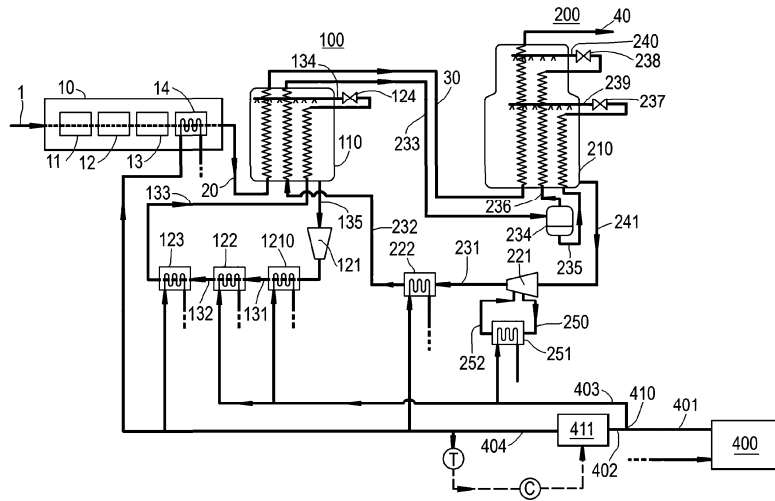
один или более доохладителей, расположенных ниже по потоку от второй ступени компрессора хладагента, выполненных с возможностью получения и охлаждения сжатого второго потока хладагента, выпускаемого второй ступенью компрессора хладагента,

один или более промежуточных холодильников, сообщающихся по текучей среде со ступенью компрессора, для получения частично сжатого второго потока хладагента от второй ступени компрессора хладагента и для передачи промежуточно охлажденного второго потока хладагента во вторую ступень компрессора хладагента для дальнейшего сжатия,

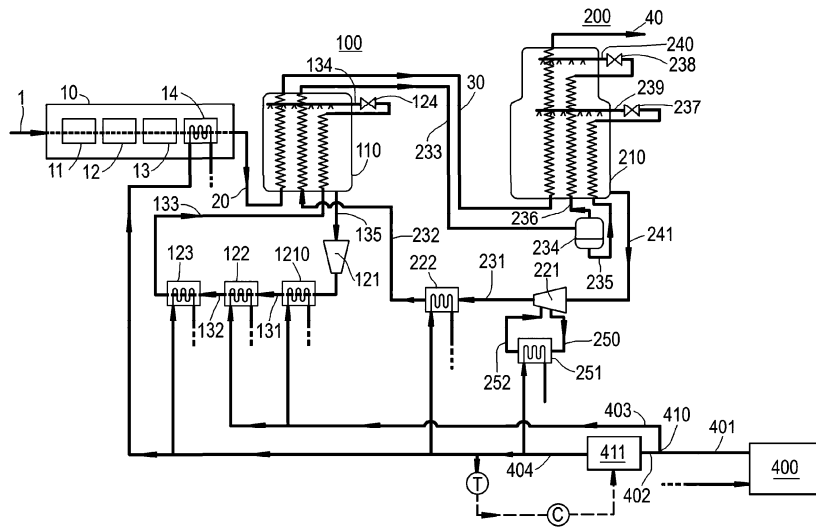
при этом система дополнительно включает предварительный холодильник, один или более переохладителей и один или более доохладителей.

13. Способ по п.12, в котором система дополнительно включает один или более промежуточных холодильников.

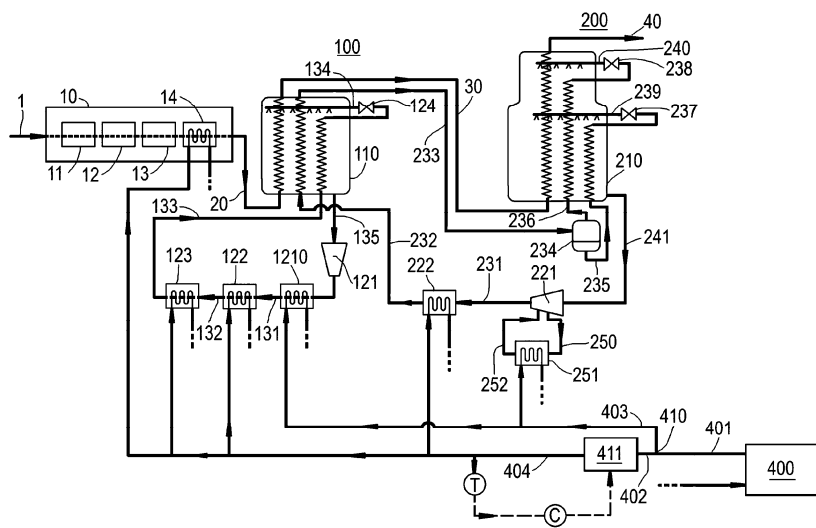
14. Способ по п.12 или 13, в котором система дополнительно включает один или более конденсаторов.



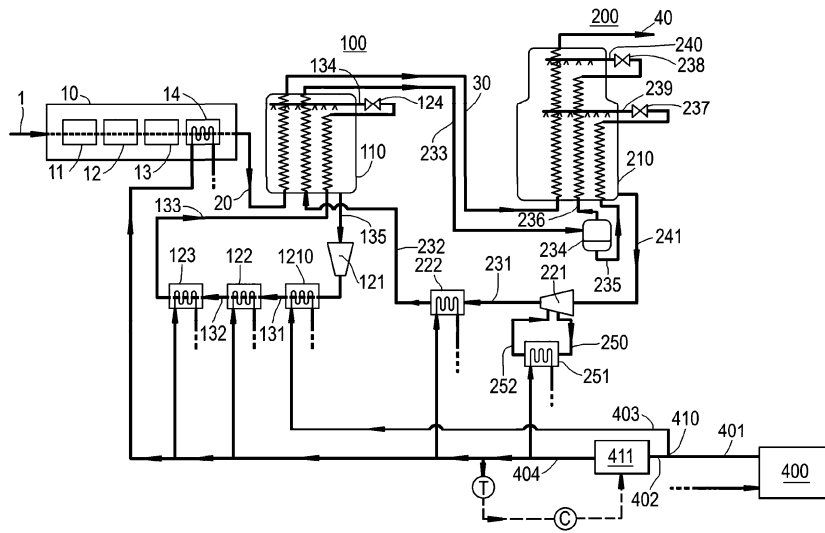
Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4

