



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ(21)(22) Заявка: **2010122953/06, 05.11.2008**(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
05.11.2008

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
07.11.2007 EP 07120144.6
08.11.2007 EP 07120236.0(43) Дата публикации заявки: **20.12.2011** Бюл. № 35(45) Опубликовано: **10.01.2014** Бюл. № 1(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **US 6640586 B1, 04.11.2003. US 2004/129020 A1, 08.07.2004. US 3161492 A, 15.12.1964. RU 2141084 C1, 10.11.1999. RU 2300061 C2, 27.05.2007. US 5025860 A, 25.06.1991.**(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на национальной фазе: **07.06.2010**(86) Заявка РСТ:
EP 2008/064973 (05.11.2008)(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2009/059985 (14.05.2009)

Адрес для переписки:

**109012, Москва, ул. Ильинка, 5/2, ООО
"Союзпатент", пат.пов. Ю.В. Пинчуку,
рег.№ 656**

(72) Автор(ы):

**ДАМ Виллем (NL),
ПАУЛУС Петер Мари (NL),
ПЕК Йохан Ян Баренд (NL),
РУНБАЛК Давид Бертил (NL),
ФРЕТТЕ Тор (NL)**

(73) Патентообладатель(и):

**ШЕЛЛ ИНТЕРНЭШНЛ РИСЕРЧ
МААТСХАППИЙ Б.В. (NL)****(54) СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ И СЖИЖЕНИЯ ПОТОКА
УГЛЕВОДОРОДОВ**

(57) Реферат:

Способ привода в действие двух или большего количества компрессоров для хладагента в процессе охлаждения углеводородов. В таком процессе охлаждения углеводородов исходный поток углеводородов может быть пропущен в противотоке с частично испаренными потоками хладагента. Указанные, по меньшей мере, частично испаренные потоки хладагента сжимают в компрессорах для хладагента. Для получения

электрической энергии и горячего газа приводят в действие одну или большее количество газовых турбин. Горячий газ пропускают через один или большее количество парогенерирующих теплообменников с получением энергии водяного пара, которую используют для привода одной или большего числа паровых турбин, приводящих в действие, по меньшей мере, один из компрессоров для хладагента. Электрическую энергию используют для

привода, по меньшей мере, другого одного компрессоров для хладагента. Технический

результат представляет собой повышение безопасности. 2 н. и 14 з.п. ф-лы, 4 ил., 1 табл.

RU 2503900 C2

RU 2503900 C2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21)(22) Application: **2010122953/06, 05.11.2008**

(24) Effective date for property rights:
05.11.2008

Priority:

(30) Convention priority:
07.11.2007 EP 07120144.6
08.11.2007 EP 07120236.0

(43) Application published: **20.12.2011 Bull. 35**

(45) Date of publication: **10.01.2014 Bull. 1**

(85) Commencement of national phase: **07.06.2010**

(86) PCT application:
EP 2008/064973 (05.11.2008)

(87) PCT publication:
WO 2009/059985 (14.05.2009)

Mail address:

109012, Moskva, ul. Il'inka, 5/2, OOO
"Sojuzpatent", pat.pov. Ju.V. Pinchuku, reg.№ 656

(72) Inventor(s):

DAM Villem (NL),
PAULUS Peter Mari (NL),
PEK Jokhan Jan Barend (NL),
RUNBALK David Bertil (NL),
FRETTE Tor (NL)

(73) Proprietor(s):

ShELL INTERNEhShNL RISERCh
MAATSKhAPPIJ B.V. (NL)

(54) METHOD AND DEVICE FOR COOLING AND LIQUEFACTION OF HYDROCARBON FLOW

(57) Abstract:

FIELD: machine building.
SUBSTANCE: method for bringing into action of two or more compressors for cooling agent during hydrocarbon cooling process. In such a hydrocarbon cooling process the initial hydrocarbon flow can be passed in a counterflow with partially evaporated cooling agent flows. At least partially evaporated above cooling agent flows are compressed in cooling agent compressors. In order to obtain electric energy

and hot gas, one or more gas turbines are brought into action. Hot gas is passed through one or more steam generating heat exchangers so that water vapour energy is obtained, which is used to bring into action one or more steam turbines bringing into action at least one of the cooling agent compressors. Electric energy is used for bringing at least the other one cooling agent compressor into action.

EFFECT: higher safety.

16 cl, 4 dwg, 1 tbl

RU 2 503 900 C2

RU 2 503 900 C2

Область техники, к которой относится изобретение

Настоящее изобретение относится к плавучему основанию или морской платформе, содержащей устройство для охлаждения и сжижения потока углеводородов, и к способу охлаждения и сжижения потока углеводородов, осуществляемому на

Уровень техники

Обычный поток углеводородов, подлежащий охлаждению и/или сжижению, включает, или в основном содержит природный газ.

Известны различные способы получения сжиженного природного газа (СПГ). Сжижение потока природного газа желательно по ряду причин. К примеру, природный газ легче хранить и транспортировать на большие расстояния в виде жидкости, чем в газообразном состоянии, поскольку он занимает меньший объем, и отсутствует необходимость его хранения при высоком давлении.

В патентном документе US 4041721 описано судно, снабженное средствами для сжижения природного газа, которые образованы большим числом автономных модульных агрегатов для сжижения, каждый из которых размещен в отдельном отсеке для сжижения. Указанные модули для сжижения включают агрегаты, содержащие компрессор и турбинный привод, в которых газовая турбина находится в непосредственной близости от компрессора. Следовательно, газовая турбина образует источник воспламенения, находящийся вблизи запасов углеводородов, например, запасов хладагента.

Раскрытие изобретения

Настоящее изобретение представляет собой попытку избежать нахождения газовых турбин вблизи от значительных запасов углеводородов или, по меньшей мере, уменьшить количество газовых турбин, находящихся вблизи запасов углеводородов.

Настоящее изобретение обеспечивает способ охлаждения и сжижения потока природного газа на плавучем основании или на морской платформе, включающий, по меньшей мере, следующие стадии:

(a) пропускание исходного потока углеводородов в противотоке с двумя или большим количеством потоков хладагента с получением охлажденного и сжиженного потока углеводородов и двух или большего количества, по меньшей мере, частично испаренных потоков хладагента;

(b) сжатие, по меньшей мере, одного из, по меньшей мере, частично испаренных потоков углеводородов при их прохождении через, по меньшей мере, один или большее число первых компрессоров для хладагента;

(c) сжатие, по меньшей мере, одного из, по меньшей мере, частично испаренных потоков углеводородов при прохождении через, по меньшей мере, один или большее число вторых компрессоров для хладагента;

(d) привод в действие одной или большего числа газовых турбин для получения:

(i) электрической энергии и (ii) горячего газа;

(e) пропускание горячего газа стадии (d) (ii) через один или большее число паровых (парогенерирующих) теплообменников для получения энергии водяного пара;

(f) использование электрической энергии для привода, по меньшей мере, одного из вторых компрессоров для хладагента; и

(g) использование энергии пара для привода в действие одной или большего числа паровых турбин, приводящих в действие, по меньшей мере, один из первых компрессоров для хладагента;

при этом способ осуществляют на плавучем основании или морской платформе,

содержащей один или больше количество резервуаров для хранения сжиженных углеводородов и/или сжиженных компонент для хладагентов, причем одна или большее число газовых турбин приводятся в действие в зоне размещения турбинных агрегатов, находящейся на или внутри плавучего основания или морской платформы и расположенной на удалении от первого и второго компрессоров для хладагента и от одного или большего количества резервуаров для хранения.

Настоящее изобретение, кроме того, обеспечивает плавучее основание или морскую платформу, содержащую устройство для охлаждения и сжижения потока углеводородов, находящееся на или внутри указанного плавучего основания, при этом указанное устройство содержит:

две или большее число ступеней охлаждения, через которые проходит исходный (сырьевой) поток углеводородов в противотоке с двумя или большим количеством потоков хладагента с получением охлажденного и сжиженного потока углеводородов и двух или большего количества, по меньшей мере, частично испаренных потоков углеводородов;

один или большее число первых компрессоров для хладагента, предназначенных для сжатия, по меньшей мере, одного из, по меньшей мере, частично испаренных потоков хладагента;

один или большее число вторых компрессоров для хладагента, предназначенных для сжатия, по меньшей мере, другого одного из, по меньшей мере, частично испаренных потоков хладагента;

одну или большее количество газовых турбин для получения:

(i) электрической энергии для привода в действие, по меньшей мере, одного из вторых компрессоров для хладагента; и

(ii) горячего газа;

один или большее количество паровых теплообменников, предназначенных для получения водяного пара за счет теплоты горячего газа;

одну или большее количество паровых турбин, приводимых в действие энергией водяного пара, используемого для привода, по меньшей мере, одного из первых компрессоров для хладагента;

один или большее количество резервуаров для хранения сжиженных углеводородов и/или компонент для хладагентов, при этом одна или большее число газовых турбин приводятся в действие в зоне размещения турбинных агрегатов, находящейся на удалении от первого и второго компрессоров для хладагента и от одного или большего количества резервуаров для хранения.

Краткое описание чертежей

Далее будут раскрыты воплощения настоящего изобретения с помощью лишь примера и со ссылками на сопровождающие, не ограничивающие изобретение чертежи.

Фиг.1 - первая схема осуществления охлаждения углеводородов в соответствии с одним воплощением настоящего изобретения.

Фиг.2 - расширенная схема осуществления охлаждения углеводородов.

Фиг.3 - более детальная схема, иллюстрирующая различные воплощения настоящего изобретения и согласованная с фиг.1 и фиг.2.

Фиг.4 - схематическое изображение плавучего основания, иллюстрирующее другое воплощение настоящего изобретения.

Осуществление изобретения

На фиг.1 представлена общая схема 1 осуществления процесса охлаждения

углеводородов, обычно включающего охлаждение потока углеводородов, например, природного газа.

Раскрытые в этом описании способы и устройства включают способ и/или устройство для привода двух или большего числа компрессоров для хладагента в процессе охлаждения углеводородов. В частности, способ включает, по меньшей мере, стадии:

привода в действие одной или большего числа газовых турбин для получения:

(i) электрической энергии;

(ii) горячего газа;

пропускание нагретого газа через один или большее число паровых теплообменников с получением энергии водяного пара;

использование электрической энергии для привода, по меньшей мере, одного из компрессоров для хладагента; и

использование энергии водяного пара для привода одной или большего числа паровых турбин с целью приведения в действие, по меньшей мере, другого одного компрессора для хладагента из числа имеющихся компрессоров для хладагента.

Эти стадии могут быть осуществлены как часть способа охлаждения и сжижения потока углеводородов или в береговой установке или в морской зоне на плавучем основании или морской платформе. Однако при проведении указанных стадий на морской платформе или плавучем основании, снабженном одним или большим количеством резервуаров для хранения сжиженных углеводородов и/или компонент для хладагентов, указанный способ выгодным образом позволяет приводить в действие одну или большее число газовых турбин, находящихся на или внутри морской платформы или плавучего основания в зоне размещения турбинных агрегатов, удаленной от первого и второго компрессоров для хладагента и от одного или большего количества резервуаров для хранения.

Это делает рассматриваемый технологический процесс значительно более экономичным, поскольку газовые турбины теперь можно размещать вне зоны непосредственной близости от запасов углеводородов, находящихся в компрессорах и емкостях для хранения, например, СПГ и хладагентов.

Дополнительное преимущество настоящего изобретения заключается в том, что может быть сэкономлен объем, необходимый для проведения процесса.

Кроме того, раскрытые здесь воплощения иллюстрируют улучшенные способ и устройство для охлаждения потока углеводородов, например, природного газа, которым свойственна большая гибкость в отношении потребности в энергии.

Следует отметить, что в патентном документе US 6691531 описана система для сжижения природного газа, в которой используют единственные первую и вторую газовые турбины (обозначенные на фиг.1 позициями 700 и 702) для привода первого и второго пропанового и этиленового компрессоров. Горячие выхлопные газы, выходящие из газовых турбин, направляют в теплообменник (802) косвенного теплообмена, и пароводяной поток, протекающий по трубопроводу (804), направляют к первой и второй паровым турбинам (704, 706), которые приводят в действие метановые компрессоры. Помимо использования горячих выхлопных газов, выходящих из газовых турбин, известная система, кроме того, имеет две газовых турбины, размещенные непосредственно вблизи пропанового и этиленового компрессоров, что создает внутреннюю угрозу безопасности, которую настоящее изобретение стремится избежать.

Газовые турбины известны в уровне техники и включают турбины на базе

авиационного двигателя. Такие газовые турбины, как правило, включают в себя систему для сжатия воздуха и работают за счет сжигания легких газообразных углеводородов, обычно представляющих собой один или большее число газов из группы, включающей метан, этан, пропан и т.п.

5 Паровые (парогенерирующие) теплообменники, предназначенные для получения энергии водяного пара за счет использования теплоты горячего газа, полученного при работе газовых турбин, также хорошо известны в уровне техники. Они могут извлекать тепловую энергию, содержащуюся в горячем газе, и включают какие-либо
10 типы или формы парогенераторов, например, утилизатор отходящего тепла.

Два или больше количество потоков стадии (а) способа, соответствующего настоящему изобретению, могут протекать в отдельных контурах циркуляции хладагента, или они могут быть отдельными фракциями или частями единственного контура с хладагентом, например, показанного в патентном документе WO 96/33379
15 A1.

Первый и второй компрессоры для хладагента могут находиться в отдельных контурах с хладагентом, или они могут быть включены в один и тот же контур, например, в вышеупомянутый единственный контур с хладагентом. В том случае,
20 когда первый и второй компрессоры для хладагента включены в один и тот же контур, возможно, что два или больше количество, по меньшей мере, частично испаренных потоков проходит через один или большее число одинаковых компрессоров для хладагента.

Настоящее изобретение может включать две или большее количество ступеней
25 охлаждения, при этом каждая ступень имеет один или большее количество шагов, элементов и т.п. Например, каждая ступень охлаждения может включать от одного до пяти теплообменников, например, два или три теплообменника. Каждый теплообменник может быть соединен с соответствующим компрессором для
30 хладагента. При этом каждая ступень по усмотрению включает один или большее число потоков хладагента и один или большее число компрессоров для хладагента, по усмотрению, как элементов одного и того же или отдельного контура циркуляции хладагента.

В одном воплощении настоящего изобретения процесс охлаждения углеводородов
35 включает использование двух или трех ступеней охлаждения. Первая ступень охлаждения предпочтительно предназначена для уменьшения температуры исходного потока углеводородов до температуры ниже 0°C, обычно в интервале от -20°C до -70°C. Такую ступень охлаждения иногда называют также ступенью
40 «предварительного охлаждения».

Вторая ступень охлаждения предпочтительно отделена от первой ступени
охлаждения. То есть, вторая ступень охлаждения включает один или большее количество теплообменников, использующих второй хладагент, циркулирующий во
втором контуре охлаждения, хотя поток второго хладагента может проходить также
45 через один или большее количество теплообменников первой ступени охлаждения, предпочтительно через все теплообменники первой ступени охлаждения. Такую вторую ступень охлаждения иногда называют также ступенью «основного охлаждения».

Предпочтительно, по меньшей мере, один из компрессоров для хладагента
50 указанной второй ступени представляет собой криогенный компрессор для хладагента, который более предпочтительно приводится в действие с помощью электрической энергии, вырабатываемой посредством газовой турбины (турбин).

Предпочтительно, по меньшей мере, один из компрессоров для хладагента первой ступени является компрессором для хладагента предварительного охлаждения, который предпочтительно приводится в действие с помощью паровой турбины (турбин) (к которым энергия подводится с водяным паром, полученным за счет теплоты горячего газа, отведенного из газовой турбины (турбин)). Если используют два или большее число первых компрессоров для хладагента, то предпочтительно все первые компрессоры для хладагента являются компрессорами для хладагента предварительного охлаждения. Предпочтительно все компрессоры для хладагента первой ступени являются компрессорами для хладагента предварительного охлаждения.

Таким образом, прохождение исходного потока углеводородов в противотоке с двумя или большим числом потоков для хладагента на стадии (а), с получением охлажденного и сжиженного потока углеводородов и двух или большего числа, по меньшей мере, частично испаренных потоков хладагента, предпочтительно включает использование первой ступени охлаждения, где исходный поток углеводородов предпочтительно охлаждают в противотоке с одним или большим количеством потоков первого хладагента для получения охлажденного потока углеводородов и одного или большего количества, по меньшей мере, частично испаренных потоков первого хладагента, который сжимают с помощью первого компрессора (компрессоров) для хладагента, приводимого в действие с помощью паровой турбины (турбин), и использование второй ступени охлаждения, отделенной от первой ступени охлаждения, в которой температуру охлажденного потока углеводородов снижают посредством одного или большего количества потоков второго хладагента, которые сжимают с помощью вторых компрессоров для хладагента, приводимых в действие электрической энергией.

Даже в случае применения не на расстоянии от берега, т.е. не на плавучем основании или на плавучей платформе, а, например, на береговой установке, предложенное использование компрессоров с электрическим приводом для второй ступени охлаждения способствует более легкому и эффективному началу проведения процесса, по сравнению с процессом, в котором вторые компрессоры приводятся в действие с помощью водяного пара, а первые компрессоры - с помощью электрической энергии, поскольку обычно необходимо, чтобы первая ступень охлаждения была приведена в действие до начала функционирования второй ступени охлаждения, и получение водяного пара более легко обеспечивают с использованием дополнительных средств генерирования пара (например, некоторое количество паровых котлов) до завершения запуска газовых турбин для выработки электрической энергии.

В одном воплощении настоящего изобретения один или большее количество других источников энергии пара или электрической энергии или обоих указанных видов энергии может быть обеспечено для получения дополнительной мощности привода одного или большего числа компрессоров для хладагента, в частности, для особенных или пиковых нагрузок, или в тех случаях, когда происходит снижение мощности или прекращается работа одной или большего числа газовых турбин или паровых турбин для проведения технического обслуживания, ремонта или для других целей. Такие дополнительные другие источники обеспечивают, по возможности, непрерывное проведение процесса охлаждения углеводородов.

Настоящее изобретение является, в частности, подходящим в том случае, когда существует ограничение имеющегося в распоряжении объема (площадей) для

проведения процесса охлаждения углеводородов, как независимого процесса или в качестве части более масштабного процесса или установки, например, процесса, включающего один или большее число процессов предварительной обработки, процессы, проводимые после сжижения, и/или накапливание потока сжиженного углеводорода, для которого требуется наличие одного или большего количества резервуаров для хранения.

Таким образом, настоящее изобретение является, в частности, подходящим для размещения на плавучем основании, морской платформе или на понтоне. Плавучим основанием может служить какое-либо подвижное или постоянно закрепленное на якоре основание, обычно, имеющее, по меньшей мере, корпус, и обычно представляющее собой судно, например, танкер.

Такие плавучие основания могут иметь любые размеры, но обычно они имеют удлиненную форму. Хотя море не ограничивает размеры плавучего основания, его размеры могут задавать находящиеся на плавучем основании сооружения и эксплуатационное оборудование. Так, в одном воплощении настоящего изобретения плавучее основание или морская платформа имеет длину менее 600 м, предпочтительно менее 550 м, например, около 500 м, и имеет бимс (поперечную балку, соединяющую борта судна) размером менее 100 м, обычно 85 м, с тем, чтобы она была приспособлена для существующих сооружений судна и эксплуатационного оборудования.

Морская платформа может быть также подвижной, но обычно она имеет более постоянное местонахождение, чем плавучее основание. Морская платформа может также плавать и может также иметь любые подходящие размеры.

В другом воплощении настоящего изобретения способ охлаждения и/или процесс охлаждения углеводородов представляет собой процесс сжижения или является его частью, обеспечивая получение сжиженного потока углеводородов, например, сжиженного природного газа. Предпочтительно сжиженный поток углеводородов накапливают в одном или большем количестве резервуаров для хранения, при этом указанные резервуары для хранения могут быть также размещены на или внутри какого-либо плавучего основания или морских платформ.

Предпочтительно определенную или каждую газовую турбину размещают на расстоянии, по меньшей мере, равном 50 м, предпочтительно, по меньшей мере, 100 м, от первых и вторых компрессоров для хладагента. За счет размещения газовой турбины (турбин), используемой в настоящем изобретении, по меньшей мере, на некотором расстоянии от компрессоров для хладагента, любые нежелательные воздействия или происшествия, связанные с этой газовой турбиной (турбинами), происходят, по меньшей мере, на некотором расстоянии от компрессоров для хладагента, и каких-либо других релевантных частей общего состава имеющих средств, к которым обычно относятся какой-либо аппарат, оборудование, а также устройство, содержащее углеводороды, например, накопительная емкость, резервуар, емкость для хранения и т.п.

В особенности желательно сохранять дистанцию между газовой турбиной (турбинами) и компрессорами для хладагента там, где существует вынужденная необходимость в том, чтобы они были расположены ближе друг к другу (например, на плавучем основании или морской платформе) по сравнению с иными обстоятельствами, когда не существует ограничения в части свободного пространства. Безопасные приводы в схеме расположения плавучих установок для сжижения природного газа описаны в статье с таким же названием, опубликованной

в 2003 AIChE Spring National Meeting: LNC & Gas Transportation Sessions.

Настоящее изобретение предпочтительно обеспечивает номинальную производительность сжиженного потока углеводородов в интервале от 1 до 10 миллион метрических тонн в год (МТРА). «Номинальную производительность»
5 определяют по дневной производительности установки, умноженной на количество дней в году, в течение которых предусмотрено функционирование установки. Например, предусмотрено, что некоторые СПГ-установки функционируют в среднем 345 дней в году. Предпочтительно номинальная производительность процесса
10 охлаждения углеводородов согласно настоящему изобретению находится в интервале от 3,5 до 7 МТРА.

Исходным (сырьевым) потоком углеводородов может быть любой подходящий охлаждаемый, предпочтительно сжижаемый, поток газа, но обычно это поток природного газа, добытого из месторождений природного газа и/или нефти. В
15 качестве альтернативы поток природного газа может быть получен также из другого источника, включающего, кроме того, искусственный источник, такой, как процесс Фишера-Тропша.

Обычно поток природного газа содержит, главным образом, метан.
20 Предпочтительно исходный поток углеводородов включает, по меньшей мере, 50 мол.% метана, более предпочтительно, по меньшей мере, 80 мол.% метана.

В зависимости от используемого источника природный газ может содержать различные количества более тяжелых углеводородов, чем метан, например, этан, пропан, бутаны и пентаны, а также некоторое количество ароматических
25 углеводородов. Композиция изменяется в зависимости от вида и места добычи природного газа. Необходимо, чтобы углеводороды, более тяжелые, чем метан, были удалены из природного газа по различным причинам, например, ввиду того, что они имеют различные температуры замерзания и сжижения, вследствие чего могут
30 блокировать элементы установки по сжижению метана. В качестве источника сжиженного природного газа могут быть использованы углеводороды C₂₋₄.

Поток природного газа может также содержать неуглеводороды, такие, как H₂O, N₂, CO₂, Hg, H₂S и другие сернистые соединения.

При желании исходный поток углеводородов, содержащий природный газ может
35 быть предварительно обработан перед его использованием или в качестве элемента процесса охлаждения или отдельно. Эта предварительная обработка может включать снижение содержания или удаление неуглеводородов, таких, как CO₂, H₂S, или другие стадии, например, начальное охлаждение, предварительное повышение давления.

40 Поскольку эти стадии специалисту в данной области техники хорошо известны, их механизмы действия далее здесь рассматриваться не будут.

Таким образом, термин «исходный поток» включает также композицию до проведения какой-либо обработки, например, обработки, включающей очистку, дегидратацию и/или промывку, а также композицию, частично, в основном или
45 полностью обработанную для снижения содержания и/или удаления одного или большего числа соединений или веществ, включающих, но не в качестве ограничения, серу, сернистые соединения, двуокись углерода, воду и углеводороды C₂₊.

Предпочтительно исходный поток углеводородов, которые предполагается
50 использовать в настоящем изобретении, подвергают, по меньшей мере, минимальной предварительной обработке, необходимой для последующего сжижения потока углеводородов. Такое необходимое условие сжижения природного газа известно в уровне техники.

Какая-либо предварительная обработка может быть осуществлена вблизи места осуществления способа согласно настоящему изобретению или рядом с ним, или на удалении от этого места. Указанное удаление включает разделение на берегу/на море, или два различных местоположения на море.

Каждый поток хладагента, используемый в настоящем изобретении, может быть образован из единственной компоненты, такой, как пропан или азот, или это может быть смешанный хладагент, образованный из смеси двух или большего количества компонент, выбранных из группы, включающей: азот, метан, этан, этилен, пропан, пропилен, бутаны, пентаны и т.п.

Различные ступени, участки или стадии какой-либо части процесса охлаждения углеводородов могут включать использование некоторым образом, известным специалисту в данной области техники, одинаковых или различных типов хладагента, и настоящее изобретение, следовательно, этим не ограничено.

В одном воплощении настоящего изобретения, по меньшей мере, один из хладагентов, первый хладагент или второй хладагент, представляет собой смешанный хладагент. Предпочтительно и первый хладагент и второй хладагент являются смешанными хладагентами, включающими, по усмотрению, различные соотношения компонент в смеси и/или различные композиции.

Термин «компрессор для хладагента» включает любой агрегат, устройство или аппарат, способный повышать давление потока хладагента. Он включает компрессоры для хладагента, в которых осуществляют единственный процесс или единственную стадию сжатия, или компрессоры для хладагента с многоступенчатыми сжатиями или стадиями сжатия, в частности, многоступенчатые компрессоры для хладагента, размещенные в единственном корпусе или кожухе. Испаренные потоки хладагента, подвергаемые сжатию, могут быть направлены в компрессор при различных давлениях. Некоторые ступени или стадии процесса сжатия хладагента могут включать использование двух или большего числа компрессоров для хладагента, включенных последовательно или параллельно или последовательно-параллельно. Настоящее изобретение не ограничивается типом или конструкцией или размещением компрессора или компрессоров для хладагента, в частности, в каком-либо контуре с хладагентом.

Может быть также желательным осуществление сжатия исходного потока углеводородов до проведения какой-либо предварительной обработки или перед какой-либо основной ступенью охлаждения, или в обоих случаях одновременно. Компрессоры, иные, чем компрессоры для хладагента, обычно используют в одном или более процессах предварительной обработки или стадий, указанных выше.

Таким образом, настоящее изобретение распространяется на использование электрической энергии или энергии пара или на использование обоих видов энергии, полученной за счет функционирования одной или большего числа газовых турбин, с целью приведения в действие одного или большего числа других компрессоров, в частности, в том случае, когда другие такие компрессоры являются частью процесса охлаждения углеводородов. Процесс охлаждения углеводородов может распространяться на любую обработку газового потока с целью его охлаждения перед прохождением потока углеводородов в противотоке, по меньшей мере, с одним из потоков хладагента. Этот процесс включает снижение содержания и/или удаление неуглеводородов из числа указанных выше, в частности, включающий использование аппарата для извлечения кислого газа. Кроме того, указанный процесс включает снижение содержания или удаление углеводородов более тяжелых, чем метан, перед

какой-либо основной ступенью или стадией охлаждения.

Кроме того, один или большее количество компрессоров, иных, чем компрессоры для хладагента, могут быть также использованы на одной или большем количестве стадий, использующих охлажденный поток углеводородов, например, для сжатия газа, испаряющегося из резервуара для хранения, для сжатия газа, отводимого из емкости мгновенного испарения, или любого другого процесса сжатия, производимого после охлаждения, или вторичного сжатия газов, таких, как метан, азот и т.п.

Таким образом, один или большее количество дополнительных компрессоров могут сжимать какой-либо газ или смесь газов, не ограниченных газами, богатыми метаном. Такие газы включают азот, двуокись углерода и т.п.

В одном воплощении настоящего изобретения энергию водяного пара используют для привода одного или большего числа, предпочтительно >50%, по усмотрению, всех таких дополнительных компрессоров. В процессе охлаждения и/или сжижения или в соответствующей установке, такие дополнительные компрессоры, как правило, имеют различные размеры и, следовательно, потребляют различные количества энергии, и энергия водяного пара имеет преимущество в том, что является эффективной независимо от размеров компрессора или потребляемой компрессором энергии.

На фиг.1 показан исходный поток 10 углеводорода, проходящий через первую ступень 12 охлаждения, использующую поток 35 первого хладагента, циркулирующего в первом контуре 35 с хладагентом, с получением в результате охлажденного потока 20 углеводородов.

В схеме, представленной на фиг.1, потоком 35 первого хладагента может быть какая-либо подходящая компонента или смесь компонент, предпочтительно включающая две или более компоненты из группы, включающей азот, метан, этан, этилен, пропан, пропилен, бутан, пентан и т.п.

Первая ступень 12 охлаждения может содержать один или большее количество теплообменников, включенных параллельно, последовательно или последовательно-параллельно, через которые проходит исходный поток 10 углеводородов.

Предпочтительно первая ступень 12 охлаждения охлаждает исходный поток 10, предпочтительно до температуры ниже 0°C, например, в интервале от -20°C до -70°C, более предпочтительно или в интервале от -20°C до -45°C или в интервале от -40°C до -70°C, и обычно указанная температура зависит от типа процесса, проводимого в первой ступени охлаждения.

По меньшей мере, частично, обычно полностью, испаренный поток 35а первого хладагента проходит из первой ступени 12 охлаждения через один или большее количество первых компрессоров 34 для хладагента, через один или большее количество первых охладителей 42а, использующих окружающую среду, например, водяные и/или воздушные охладители, и перед повторным использованием проходит через один или большее число расширительных клапанов 44а.

Охлажденный поток 20 углеводородов из первой ступени 12 охлаждения затем направляют во вторую ступень 14 охлаждения, использующую поток 37 второго хладагента, предпочтительно смешанного хладагента, описанного выше, циркулирующего во втором контуре 37 с хладагентом.

Возможны различные схемы для охлажденного потока 20 углеводородов и второго контура 37 с хладагентом, поступающим во вторую ступень 14 охлаждения и проходящим через нее. Такие схемы хорошо известны в уровне техники. Они могут включать проведение одной или большего числа стадий, по усмотрению при различных уровнях давления, и по усмотрению в пределах одной емкости, например,

основного криогенного теплообменника.

Вторая ступень 14 охлаждения может понижать температуру охлажденного потока 20 углеводородов с получением сжиженного потока 30 углеводородов, например, СПГ, при температуре приблизительно равной или меньшей, чем -130°C .

В упрощенной схеме, представленной на фиг.1, второй контур 37 хладагента обеспечивает прохождение выходящего (из второй ступени) испаренного потока 37a второго хладагента через один или большее число вторых компрессоров 36 для хладагента, через один или большее число вторых охладителей 42b, использующих окружающую среду, например, водяных и/или воздушных охладителей, и перед его повторным использованием (во второй ступени) - через один или большее число расширительных клапанов 44b. По усмотрению поток 37 второго хладагента, по меньшей мере, частично охлаждают посредством его пропускания через первую ступень 12 охлаждения, как это показано на фиг.1.

Фиг.1 иллюстрирует способ привода в действие первого и второго компрессоров 34 и 36 для хладагента.

В соответствии с фиг.1 имеется одна или большее количество газовых турбин 54, размещенных отдельно от процесса охлаждения углеводородов. Одна или большее количество газовых турбин 54 обеспечивают выработку электрической энергии с помощью первого электрического генератора 56 известным в уровне техники образом. Кроме того, горячий газ из одной или большего количества газовых турбин 54 проходит через трубопровод 57, отводящий отходящие газы, для их последующего пропускания через один или большее количество теплообменников 58 с целью извлечения в них теплоты известным в уровне техники образом. В парогенерирующий теплообменник 58 подают воду через водяной трубопровод 59 с получением холодных отходящих газов 61 и потока 72 водяного пара, который обладает энергией пара, используемой для привода в действие одной или большего количества паровых турбин известным в уровне техники образом.

Энергия пара из парового трубопровода 72 поступает в первую паровую турбину 82, которую используют для непосредственного привода в действие первого компрессора 34 для хладагента. Для этого паровую турбину 82 механически соединяют с компрессором 34 для хладагента, например, с помощью вала 85.

Преимущество настоящего изобретения заключается в том, что за счет привода в действие первого компрессора (компрессоров) для хладагента с помощью электрической энергии и второго компрессора (компрессоров) для хладагента - с помощью паровых турбин, использующих энергию пара, полученную с помощью горячего газа, выходящего из газовой турбины (турбин), повышается гибкость в подводе требуемого количества энергии к компрессорам для хладагента.

Другое преимущество настоящего изобретения заключается в некоторой экономии располагаемого объема, достигаемой за счет того, что больше не рассчитывают на использование всего оборудования, которое питалось бы электрической энергией, и тем самым обеспечивается процесс или установка, использующая настоящее изобретение, которая размещена и спроектирована более эффективно с точки зрения используемого пространства.

Еще одно преимущество настоящего изобретения заключается в том, что оно повышает безопасность и снижает факторы риска при проведении процесса или в установке, использующей настоящее изобретение, в ограниченном пространстве или на ограниченной площади, например, при нахождении на расстоянии от берега.

Паровая турбина 82 может быть любого подходящего типа. Это может быть,

например, паровая турбина с противодавлением, которая обычно производит (на выходе) поток пара низкого давления, который может быть использован для удовлетворения требований в тепловой энергии где-нибудь в другом месте в или вблизи места проведения процесса, в или вблизи установки.

5 Однако в качестве альтернативы может быть использована конденсационная паровая турбина. Потребности установки в тепловой энергии могут быть удовлетворены, по меньшей мере, частично, например, за счет применения вместо пара низкого давления горячего нефтепродукта. Преимущество использования
10 конденсационной паровой турбины заключается в том, что выработка удельной мощности в конденсационной паровой турбине является относительно высокой. Обычно она может быть до двух раз выше, чем в паровой турбине с противодавлением. Таким образом, для обеспечения одинакового выхода
15 механической и/или электрической энергии необходимо меньшее количество водяного пара. Это, в особенности, является выгодным в случае недостатка обессоленной воды, например, в морской и/или плавучей технологической установке, в которой пар генерируют из морской воды, обработанной с помощью оборудования для обессоливания. Таким образом, конденсационная паровая турбина позволяет
20 использовать меньше оборудования для обессоливания, обеспечивая тем самым экономию объема и капиталовложений.

Необходимость в воде для производства водяного пара может быть также уменьшена за счет рециркуляции, по меньшей мере, части воды, полученной из водяного пара и/или воды, удаленной из паровой турбины 82 после привода в
25 действие указанной паровой турбины 82.

На фиг.2 представлена расширенная схема 2 осуществления процесса охлаждения углеводородов, обычно включающего охлаждение потока углеводородов, например, природного газа.

30 В качестве части процесса охлаждения углеводородов и перед каким-либо основным охлаждением обрабатываемого потока исходный поток углеводородов, включающий природный газ, может быть предварительно очищен для отделения, по меньшей мере, некоторых более тяжелых углеводородов и неуглеводородных примесей, таких, как двуокись углерода, вода, ртуть, сера и сернистые соединения,
35 включающие, но не как ограничение, кислые газы.

Фиг.2 показывает, например, исходный сырьевой поток 5 углеводородов, например, поступающий по магистральному трубопроводу из скважины или из устья скважины известным в уровне техники образом. Указанный исходный поток
40 подвергают на входе разделению в аппарате 6, после чего по усмотрению следует сжатие в компрессоре 13 подачи. Затем осуществляют снижение содержания и/или удаление примесей при прохождении исходного потока через аппарат 11 для извлечения кислых газов (АИКГ) с получением потока 90 с пониженным содержанием примесей. Другие потоки из АИКГ 11, например, CO_2 , могут проходить по
45 трубопроводу 115 для последующего сжатия с помощью компрессора 32 вторичного сжатия с получением, например, сжатого потока 120 CO_2 .

Поток 90 с пониженным содержанием примесей затем подвергают процессу извлечения природного газоконденсата с помощью одного или большего количества
50 разделительных устройств, обычно с помощью одного или большего количества колонн 26 для фракционирования природного газоконденсата, в которых получают исходный поток 100 богатый метаном. Указанный богатый метаном исходный поток 100 может быть подвергнут сжатию посредством другого компрессора 28, если

это желательно или необходимо для повышения давления исходного потока 10 углеводородов при последующем процессе охлаждения. Какое-либо остаточное количество метана, которое извлечено из потока (потоков) природного газоконденсата, может проходить по трубопроводу 110 и может быть подвергнуто сжатию с помощью другого компрессора 33 вторичного сжатия для повторного ввода в процесс основного охлаждения в качестве части исходного потока 10.

Полученный таким образом исходный поток 10 углеводородов протекает через первую, ступень 12 охлаждения, использующую поток 35 первого хладагента, циркулирующий в первом контуре 35 с хладагентом, описанном выше. Фиг.2 иллюстрирует пример использования двух первых компрессоров 34а и 34б для хладагента в первом контуре 35 с хладагентом. Другие компоненты первого контура 35 с хладагентом на фиг.2 не показаны для упрощения схемы.

В одном воплощении настоящего изобретения каждый теплообменник многоступенчатой первой ступени 12 охлаждения имеет различное давление первого хладагента. Расширенный хладагент из ступени каждого давления может быть сжат в одном или большем количестве первых компрессоров для хладагента, например, с использованием различных компрессоров для различных входных давлений хладагента.

Охлажденный поток 20 углеводородов из первой ступени 12 охлаждения затем направляют во вторую ступень 14 охлаждения, использующую поток 37 второго хладагента предпочтительно смешанного хладагента, описанного выше, циркулирующего в описанном выше втором контуре 37 с хладагентом. Второй контур 37 с хладагентом обеспечивает прохождение выходящего (из теплообменника) испаренного потока 37а второго хладагента, например, через два вторых компрессора 36а и 36б для хладагента, при этом поток 37 второго хладагента, по меньшей мере, частично охлаждают с помощью первой ступени 12 охлаждения.

Дополнительное охлаждение исходного потока углеводородов, охлажденного и/или сжиженного потока углеводородов и/или потоков хладагента может быть обеспечено с помощью одного или большего количества других хладагентов или контуров циркуляции хладагентов в дополнение к охлаждению в первой и второй ступенях охлаждения, по усмотрению соединенных с другим элементом, используемым в способе и/или устройстве для сжижения потока углеводородов, описанном выше.

Например, сжиженный поток 30 затем может быть подвергнут прохождению через третью ступень 16 охлаждения (показана на схеме пунктирной линией), предпочтительно переохлаждения, с получением по усмотрению переохлажденного потока 40. Переохлажденный поток может быть получен за счет прохождения сжиженным потоком 30 одной или более стадий, на которых используют один или большее количество теплообменников для переохлаждения. При этом охлаждение в определенном или каждом теплообменнике для переохлаждения предпочтительно обеспечивают с помощью третьего хладагента, сжатого в другом компрессоре 38 для хладагента.

Следует также отметить, что специалисту в данной области техники понятно, что после сжижения поток сжиженного природного газа может быть, при необходимости, дополнительно обработан. В качестве примера, давление полученного СПГ может быть понижено с помощью клапана Джоуля-Томпсона или посредством криогенного турбодетандера.

Например, на схеме 2 на фиг.2 показан дополнительно переохлажденный поток 40,

поступающий в конечный газожидкостный сепаратор, например, конечную емкость 18 быстрого испарения, с получением отводимого снизу емкости жидкого потока 50 богатого метаном, который может быть направлен в резервуар 22 для хранения, и отводимого с верха емкости газового потока 60. В указанную конечную
5 емкость 18 быстрого испарения может быть также добавлен какой-либо испарившийся газ 70 из резервуара 22 для хранения. Отведенный с верха емкости газовый поток 60 может быть сжат с помощью дополнительного компрессора 24 с получением потока 80, предназначенного для использования известным в уровне
10 техники образом в качестве потока топлива, потока продукта или где-нибудь еще.

Схема 2 на фиг.2 иллюстрирует включение не только первых компрессоров 34а и 34b для хладагента, и вторых компрессоров 36а и 36b для хладагента, но, по усмотрению, и других компрессоров для хладагента, например, компрессора 38 для хладагента переохлаждения, и, по усмотрению, других компрессоров не для
15 хладагента, например, указанных выше и обозначенных позициями 13, 24, 28, 32, 33.

Настоящее изобретение распространяется на использование каких-либо других компрессоров, которые могут быть включены в, отнесены к или взаимосвязаны со способом охлаждения потока углеводородов, процессом охлаждения углеводородов
20 или любым сопутствующим процессом, предусматривающим предварительную обработку и обработку после сжижения, не рассмотренные в настоящем описании.

Фиг.3 иллюстрирует более детально способ привода в действие компрессоров 34, 36 для хладагента, показанных на схемах 1, 2, представленных на фиг.1 и 2, а также другие воплощения настоящего изобретения.

В соответствии с фиг.3 одна или большее количество газовых турбин 54 размещены в пределах зоны 52 нахождения турбинного агрегата, которая предпочтительно отделена от процесса охлаждения углеводородов, такого, как иллюстрируемый на
25 фиг.1 и фиг.2. В зоне 52 размещения турбинного агрегата может быть установлена одна или большее число газовых турбин 54, которые снабжаются воздухом посредством входа 53 для воздуха. Воздух сначала сжимают, смешивают с топливом, например, метаном или другими газами, включающими легкие углеводороды, и затем сжигают.

Одна или большее количество газовых турбин 54 обеспечивают получение
35 электрической мощности с помощью электрического генератора 56 известным в уровне техники образом. Кроме того, горячий газ, выходящий из одной или большего количества газовых турбин 54, проходит по трубопроводу 57 для отходящего газа (который может быть, по усмотрению, обогащен дополнительным топливным
40 (отходящим) газом, подводимым по трубопроводу 57а) и затем проходит через парогенерирующий теплообменник 58 известным в уровне техники образом. Воду, обычно находящуюся при высоком давлении, подают по водяному трубопроводу 59 в парогенерирующий теплообменник 58 с получением холодного отходящего газа 61 и
45 потока 72 водяного пара обычно при высоком давлении, который обладает энергией пара, используемой для привода одной или большего количества паровых турбин известным в уровне техники образом.

В схеме, представленной на фиг.3, электрическая энергия от электрического генератора 56 передается по линии 74 электропитания для питания электроэнергией
50 одного или большего числа электрических моторов, приводящих в действие, по меньшей мере, один или большее количества компрессоров для хладагента. Например, на фиг.3 показана линия 74 электропередачи, подключенная к первому электрическому мотору 76, приводящему во вращение второй компрессор 36 для

хладагента, например, один или оба вторых компрессора 36а, 36б для хладагента, показанных на фиг.2. Электрическая энергия на линии 74 питания может быть также использована для привода в действие одного или большего количества других электрических моторов 78, или другого электрического оборудования, для привода, например, насосов, вентиляторов и. других потребителей электрической энергии, в особенности, находящихся на удалении или в отведенном для них месте или условиях эксплуатации с самообеспечением, например, на плавучем основании или морской платформе.

Энергия водяного пара по паровому трубопроводу 72 поступает, по меньшей мере, в первую паровую турбину 82, которую используют для привода, по меньшей мере, одного первого компрессора 34 для хладагента, например, двух первых компрессоров 34а, 34б для хладагента, показанных на фиг.2. Некоторая часть энергии водяного пара по паровому трубопроводу 72 может быть также подведена к одной или большему числу других паровых турбин, показанных на фиг.3 как вторая паровая турбина 84, для привода одного или более других компрессоров, например, одного или большего числа компрессоров из обозначенных на фиг.2 позициями 13, 24, 28, 32, 33, 38. Некоторая часть энергии водяного пара по паровому трубопроводу 72 может быть также направлена к одной или большему количеству дополнительных паровых турбин, показанных на фиг.3 как третья паровая турбина 86, для привода в действие, например, второго электрического генератора 88 с тем, чтобы обеспечить выработку дополнительной электрической энергии, которая по линии 89 может быть подведена в линию 74 электропитания.

Второй электрический генератор 88 в заявленном изобретении является примером дополнительного источника электрической энергии.

На фиг.3 показан также паровой котел 62, в котором может быть использован топливный газ из топливного трубопровода 64 для получения дополнительного количества водяного пара, объединяемого с энергией водяного пара, протекающего по трубопроводу 72.

Таким образом, настоящее изобретение обеспечивает использование одного или большего числа источников энергии водяного пара и источников электрической энергии или источников обоих видов энергии с тем того, чтобы оказывать содействие имеющимся одной или большему количеству газовых турбин 54.

Использование дополнительной энергии пара, направляемого от одного или большего числа паровых котлов, таких, как показанный на фиг.3 паровой котел 62, также способствует началу проведения процесса охлаждения углеводородов, при котором, прежде всего, необходимо содействие предварительному охлаждению, в частности, работе первых компрессоров 34а, 34б для хладагента.

Настоящее изобретение обеспечивает гибкость в использовании, как электрической энергии, так и энергии водяного пара, в процессе охлаждения углеводородов и по усмотрению в других неразделимых или отдельных частях процесса технологической обработки исходного потока углеводородов и/или сжиженного потока продукта. Таким путем размеры, конструкция и совместное функционирование различных газовых турбин, паровых турбин и электрических генераторов могут быть использованы наиболее эффективным образом в соответствии с требованиями процесса охлаждения углеводородов и дополнительных процессов, стадий или ступеней. Настоящее изобретение не ограничивается такими силовыми приводами, как компрессор или компрессоры для хладагента.

Другие компрессоры, такие, как показаны на фиг.2, могут быть легко обеспечены

энергией за счет согласования требований обычно более мощных компрессоров для хладагента с выходной мощностью одной или большего количества газовых турбин 54. Обычно предпочтительно использовать по возможности большую часть или всю энергию водяного пара, полученную за счет теплоты отходящих газов одной или большего количества газовых турбин 54 с тем, чтобы получить от них максимум энергии, которая в противном случае могла бы быть потеряна.

В результате настоящее изобретение, в частности, является подходящим в том случае, когда такая гибкость требуется в установках или при проведении процесса в ограниченном пространстве, например, на плавучем основании или морской платформе. Например, плавучее основание, на котором производят СПГ, имеет ограниченный объем (площади) для проведения процесса охлаждения углеводородов, и еще более ограниченный объем в том случае, когда осуществляют дополнительную обработку, например, стадии получения и извлечения примесей и/или более тяжелых углеводородов. В данной области техники известно, что в ситуациях с ограниченным объемом необходимо тщательное проектирование с учетом мер предосторожности, и настоящее изобретение обеспечивает, кроме того, повышенную безопасность, за счет удаленного расположения одной или большего числа газовых турбин, при повышенной гибкости использования располагаемой энергии, вырабатываемой одной или большим количеством газовых турбин.

Фиг.4 иллюстрирует пример плавучего основания 7, на котором размещена установка 2а для сжижения, содержащая, по меньшей мере, первую ступень 12 охлаждения и вторую ступень охлаждения 14, такие, как были рассмотрены выше. Одна или большее количество газовых турбин размещены в зоне 52 расположения турбинных агрегатов, которая находится на удалении от места проведения процесса сжижения, предпочтительно, по меньшей мере, на расстоянии 50 метров или предпочтительно, по меньшей мере, на расстоянии 100 метров. Исходный поток 10 углеводородов охлаждают с помощью первой и второй ступеней 12, 14 охлаждения с получением (непосредственно или после дополнительной обработки) сжиженного потока 50 углеводородов, который направляют в резервуар 22 для хранения. На плавучем основании 7, кроме того, могут находиться другие резервуары 23 для хранения других компонент, таких как пропан, в качестве запасенного продукта, такого, как СПГ, или для хранения компонент, необходимых для проведения процесса сжижения, например, компонент, используемых в процессе сжижения в качестве хладагентов. Кроме того, желательно обеспечить расстояние между зоной 52 размещения турбинных агрегатов и таким одним или большим количеством резервуаров 22, 23 для хранения.

Схема, показанная на фиг.4, иллюстрирует еще одно преимущество настоящего изобретения. Настоящее изобретение позволяет повысить требования к безопасности и уменьшить факторы риска за счет разделения, предпочтительно настолько далеко, насколько это возможно в пределах конструктивных ограничений, процесса выработки энергии для проведения процесса охлаждения углеводородов, обычно с помощью одной или более газовых турбин, и основных пользователей энергии. Указанными пользователями энергии обычно являются компрессоры для хладагента, которые обычно размещают вблизи к или вслед за их пользователями, в частности, аппаратами или углеводородами (например, пропан), которые, как известно, имеют более высокий фактор риска, чем другие аппараты или углеводороды. Это, в особенности, имеет место в случае ограниченности или недостатка объема, например, на плавучем основании или на морской платформе.

В патентном документе US 7114351 И1 раскрыта система для сжижения природного газа, в которой все имеющееся оборудование питается электрической энергией. В указанном документе отмечено, что система и способ являются эффективными для получения достаточного количества электрической энергии, используемой для осуществления процесса сжижения.

Однако использование электрической энергии для проведения всех операций процесса сжижения требует значительного количества соответствующих трансформаторов, переключающего устройства и других электрических блоков и устройств, все требующие наличия значительного свободного объема. Таким образом, известные из US 7114351 система и способы являются не подходящими для проведения процессов и операций в ограниченном пространстве. Кроме того, известная система ограничена использованием только такого оборудования, которое приводится в действия электрической энергией, и не обеспечивает гибкость, достигаемую за счет использования оборудования, приводимого с помощью другого типа энергии.

В Таблице 1 приведены сравнительные данные по трем параметрам для трех различных систем снабжения энергией процесса охлаждения углеводородов, например, иллюстрируемого на фиг.1. Данные, представленные в Таблице 1, основаны на приводе в действие компрессоров для хладагента, одинакового количества, типа и устройства, служащих для охлаждения исходного углеводородсодержащего газа, имеющего одинаковую теплотворную способность, и для производства с помощью каждой системы одинакового количества СПГ. Указанные в Таблице величины отнесены к величине «100%» для комбинированной системы.

«Электрическая» система основана на использовании оборудования для охлаждения сырьевого газа, которое полностью питается электрической энергией, такого, как показано в патентном документе US 7114351 В2. Система «полностью паровая» основана на использовании оборудования, использующего только энергию водяного пара. «Комбинированная» система основана на настоящем изобретении, использующем для привода различных компрессоров для хладагента, как электрическую энергию, так и энергию водяного пара.

Таблица 1			
	Объем, занятый электрическим оборудованием, %	Топливный газ, %	Двуокись углерода, %
Комбинированная	100	100	100
Электрическая	130	91	91
Полностью паровая	60	133	133

В колонке 1 Таблицы 1 приведены для сравнения относительные величины объемов, необходимых для размещения всего электрического оборудования, требуемого для трех сравниваемых систем. Как и ожидается, «электрическая» система требует наличия наибольшего объема, в то время как «полностью паровая» система требует наименьших, поскольку генераторы, трансформаторы и т.п. оборудование не требуется.

В колонке 2 приведены для сравнения относительные количества топливного газа, необходимого для привода газовой турбины (турбин), используемых в трех системах. Если может быть видно, что топливный газ, необходимый для электрической системы, наименьший, в то время как топливный газ, требуемый для обеспечения такого же количества СПГ, используя для этого систему «полностью паровую», является на треть больше, чем «комбинированная» система, соответствующая настоящему изобретению.

Третья колонка в Таблице 1 показывает количество двуокиси углерода, производимой каждой из систем по отношению к такому же количеству произведенного СПГ. Таким образом, «электрическая» система производит наименьшее количество двуокиси углерода, в то время как «полностью паровая» система производит наибольшее количество двуокиси углерода.

Данные, представленные в Таблице 1, показывают, что настоящее изобретение обеспечивает подходящее соотношение между необходимым объемом, требованием в отношении топливного газа и произведенной двуокисью углерода. Эти факторы могут быть использованы для определения баланса между капитальными вложениями и/или производственными затратами для процесса охлаждения углеводородов, в частности, в установке для сжижения природного газа, и эффективностью такого процесса и/или установки, особенно, в местах или на участках с ограниченным располагаемым объемом.

Специалисту в данной области техники будет понятно, что настоящее изобретение может быть осуществлено многими различными путями без выхода за пределы объема приложенных пунктов формулы изобретения.

Формула изобретения

1. Способ охлаждения и сжижения потока углеводородов на плавучем основании или морской платформе, включающий, по меньшей мере, стадии:

(a) пропускания исходного потока углеводородов в противотоке с двумя или большим количеством потоков хладагента с получением охлажденного и сжиженного потока углеводородов и двух или большего количества, по меньшей мере, частично испаренных потоков хладагента;

(b) сжатия, по меньшей мере, одного из, по меньшей мере, частично испаренных потоков углеводородов при прохождении через, по меньшей мере, один или большее число первых компрессоров для хладагента;

(c) сжатия, по меньшей мере, одного из, по меньшей мере, частично испаренных потоков углеводородов при прохождении через, по меньшей мере, один или большее число вторых компрессоров для хладагента;

(d) привода в действие одной или большего числа газовых турбин для получения:

(i) электрической энергии и

(ii) горячего газа;

(e) пропускания горячего газа стадии (d) (ii) через один или большее число парогенерирующих теплообменников для получения энергии водяного пара;

(f) использования электрической энергии для привода, по меньшей мере, одного из вторых компрессоров для хладагента; и

(g) использования энергии пара для привода в действие одной или большего числа паровых турбин, приводящих в действие, по меньшей мере, один из первых компрессоров для хладагента;

при этом способ осуществляют на плавучем основании или морской платформе, содержащей один или большее количество резервуаров для хранения сжиженных углеводородов и/или сжиженных компонент для хладагентов, причем одна или большее число газовых турбин приводятся в действие в зоне размещения турбинных агрегатов, находящейся на или внутри плавучего основания или морской платформы и на удалении от первого и второго компрессоров для хладагента и от одного или большего количества резервуаров для хранения.

2. Способ по п.1, в котором, по меньшей мере, один из вторых компрессоров для

хладагента представляет собой криогенный компрессор для хладагента.

3. Способ по п.1, в котором, по меньшей мере, один из первых компрессоров для хладагента является компрессором для хладагента предварительного охлаждения.

5 4. Способ по п.1, кроме того, включающий одну или большее количество дополнительных стадий обработки исходного потока углеводородов до проведения стадии (а) или охлажденного потока углеводородов стадии (а) или обоих указанных потоков, при этом такие дополнительные стадии обработки включают использование одного или большего числа дополнительных компрессоров, и электрическая энергия
10 или энергия водяного пара или оба указанных вида энергии приводят в действие, по меньшей мере, один из дополнительных компрессоров.

15 5. Способ по п.4, в котором, по меньшей мере, один из дополнительных компрессоров используют для сжатия одного или большего количества потоков, иных, чем, по меньшей мере, частично испаренные потоки хладагента стадии (b) и стадии (с).

6. Способ по п.1, кроме того, включающий один или большее число дополнительных источников энергии водяного пара или электрической энергии.

20 7. Способ по п.1, в котором находящийся на удалении означает расстояние, по меньшей мере, 50 м или предпочтительно, по меньшей мере, 100 м.

8. Способ по п.1, в котором номинальная производительность сжиженного потока углеводородов находится в интервале от 1 до 10 миллион метрических тонн в год, предпочтительно в интервале от 3,5 до 7 миллион метрических тонн в год.

25 9. Способ по п.1, включающий использование первой ступени охлаждения и второй ступени охлаждения, при этом потоки хладагентов для первой и второй ступеней охлаждения представляют собой смешанные хладагенты.

10. Способ по п.1, в котором одна из одной или большего количества паровых турбин является конденсационной паровой турбиной.

30 11. Способ по п.1, в котором плавучее основание или морская платформа имеет длину менее 600 м и ширину менее 100 м.

35 12. Способ по п.1, в котором стадия (а) включает первую ступень охлаждения, в которой исходный поток углеводородов предварительно охлаждают в противотоке с одним или большим количеством потоков первого хладагента с получением охлажденного потока углеводородов и одного или большего количества частично испаренных потоков первого хладагента, которые сжимают на стадии (b), и вторая ступень охлаждения отделена от первой ступени охлаждения, при этом температуру
40 указанного охлажденного потока углеводородов понижают с помощью одного или большего количества потоков второго хладагента с получением сжиженного потока углеводородов и одного или большего количества, по меньшей мере, частично испаренных потоков второго хладагента, которые сжимают на стадии (с).

13. Способ по любому из пп.1-12, в котором поток углеводородов включает или главным образом содержит природный газ.

45 14. Плавучее основание или морская платформа, содержащая устройство для охлаждения или сжижения потока углеводородов на или внутри указанного плавучего основания, при этом указанное устройство включает:

50 две или большее число ступеней охлаждения, через которые проходит исходный поток углеводородов в противотоке с двумя или большим количеством потоков хладагента с получением охлажденного и сжиженного потока углеводородов и двух или большего количества, по меньшей мере, частично испаренных потоков углеводородов;

один или большее число первых компрессоров для хладагента, предназначенных для сжатия, по меньшей мере, одного из, по меньшей мере, частично испаренных потоков хладагента;

5 один или большее число вторых компрессоров для хладагента, предназначенных для сжатия, по меньшей мере, другого одного из, по меньшей мере, частично испаренных потоков хладагента;

одну или большее количество газовых турбин для получения:

10 (i) электрической энергии для привода в действие, по меньшей мере, одного из вторых компрессоров для хладагента; и

(ii) горячего газа;

один или большее количество парогенерирующих теплообменников для получения энергии пара от горячего газа;

15 одну или большее количество паровых турбин, приводимых в действие за счет энергии водяного пара, предназначенных для привода в действие, по меньшей мере, одного из первых компрессоров для хладагента;

один или большее количество резервуаров для хранения сжиженных углеводородов и/или компонент для хладагентов;

20 при этом одна или большее число газовых турбин размещены в зоне нахождения турбинных агрегатов на удалении от первого и второго компрессоров для хладагента и от одного или большего количества резервуаров для хранения.

15. Плавающее основание или морская платформа по п.14, в которой «на удалении» 25 означает расстояние, по меньшей мере, равное 50 м, предпочтительно, по меньшей мере, 100 м.

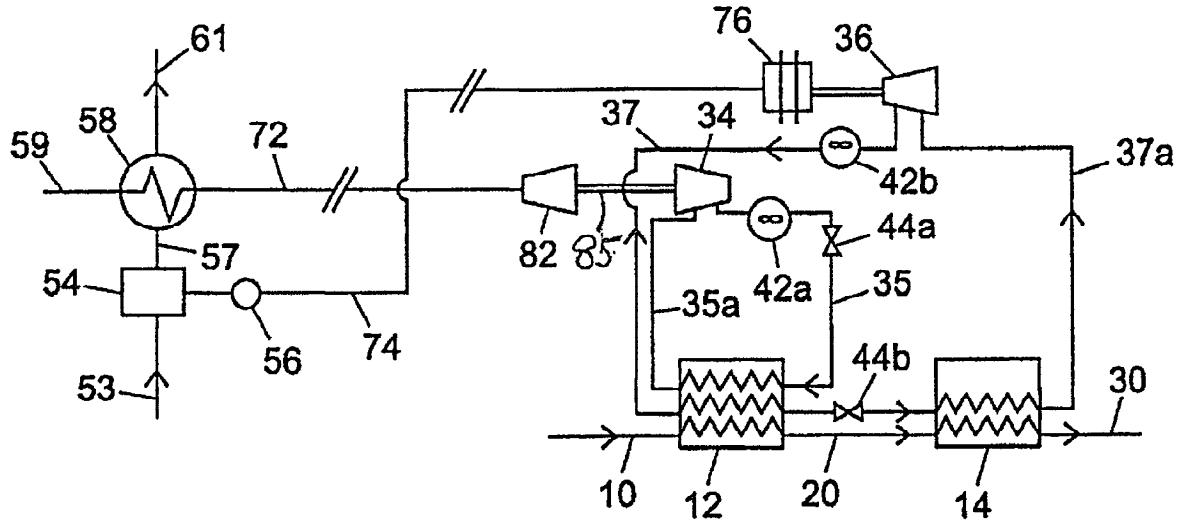
16. Плавающее основание по п.14 или 15, в котором используется один или большее число дополнительных компрессоров, обеспечивающих одну или большее количество дополнительных стадий обработки потока углеводородов, используемых для сжатия 30 одного или большего количества потоков, иных, чем, по меньшей мере, частично испаренные потоки хладагента, где, по меньшей мере, один из дополнительных компрессоров приводится в действие с использованием электрической энергии или энергии потока.

35

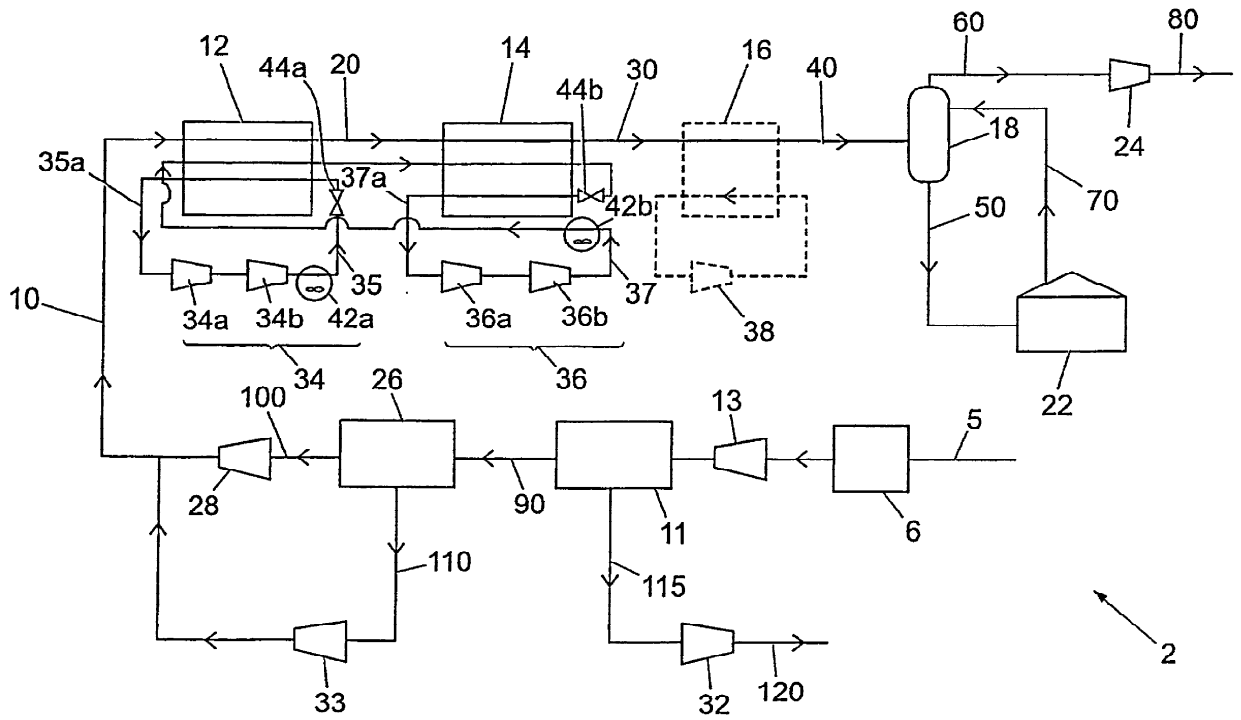
40

45

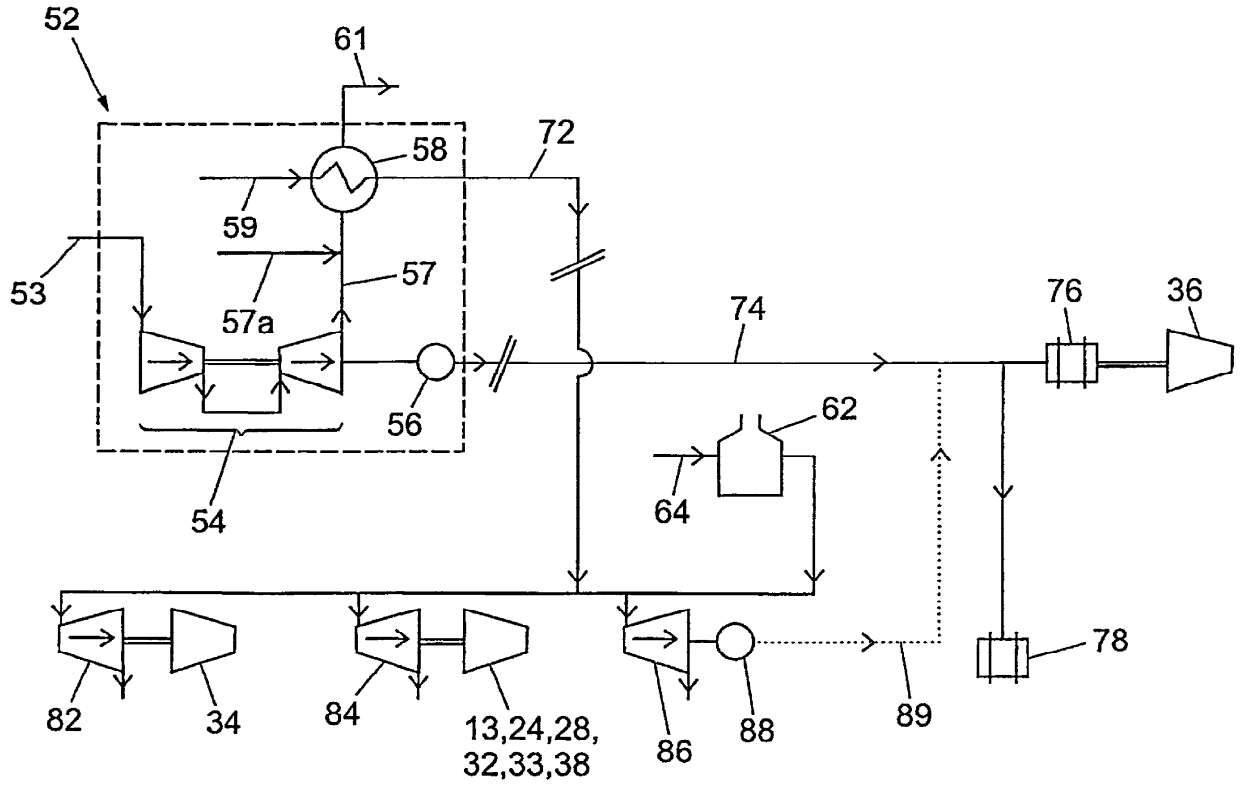
50



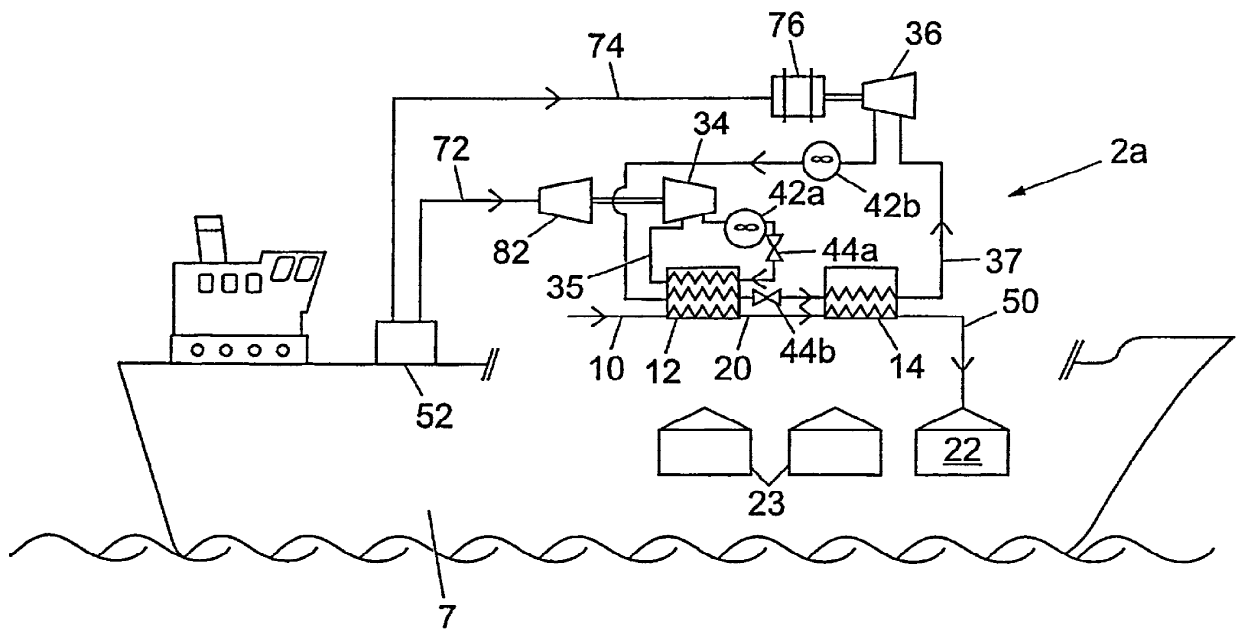
Фиг.1



Фиг.2



Фиг.3



Фиг.4