



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ**

(51) МПК
F25J 1/02 (2006.01)

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: **2007121845/06**, **08.11.2005**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
08.11.2005

(30) Конвенционный приоритет:
12.11.2004 DE 102004054674.6

(43) Дата публикации заявки: **20.12.2008**

(45) Опубликовано: **20.11.2009** Бюл. № 32

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **US 6449984 B1**, **17.09.2002. Dr. T.SHUKRI. LNG Technology Selection. HYDROCARBON ENGINEERING. Февраль 2004. RU 2121637 C1**, **10.11.1998. RU 2141084 C1**, **10.11.1999. DE 3521060 A1**, **12.12.1985. WO 03106906 A1**, **24.12.2003.**

(85) Дата перевода заявки РСТ на национальную фазу: **13.06.2007**

(86) Заявка РСТ:
EP 2005/011948 (08.11.2005)

(87) Публикация РСТ:
WO 2006/050913 (18.05.2006)

Адрес для переписки:
101000, Москва, М.Златоустинский пер., д.10, кв.15, "ЕВРОМАРКПАТ", пат.пов. И.А.Веселицкой, рег.№ 0011

(72) Автор(ы):

**БАУЕР Хайнц (DE),
ГВИННЕР Мартин (DE)**

(73) Патентообладатель(и):

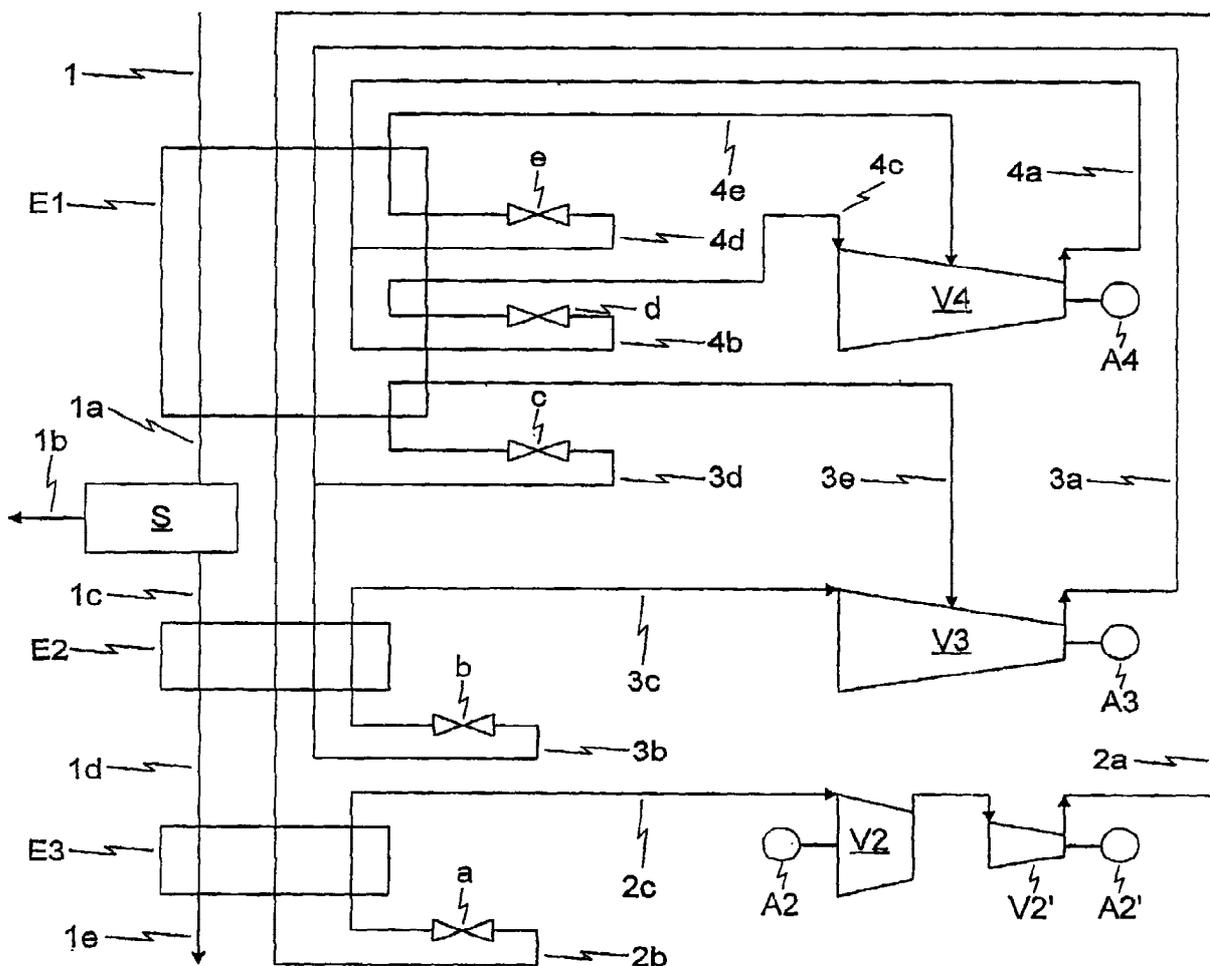
ЛИНДЕ АКЦИЕНГЕЗЕЛЬШАФТ (DE)

(54) СПОСОБ СЖИЖЕНИЯ БОГАТОГО УГЛЕВОДОРОДАМИ ПОТОКА

(57) Реферат:

Предложен способ сжижения богатого углеводородами потока, прежде всего потока природного газа, за счет его теплообмена со смесями хладагентов в каскаде из трех холодильных циклов, первый из которых предназначен для предварительного охлаждения богатого углеводородами потока, второй - для его сжижения, а третий - для переохлаждения сжиженного богатого углеводородами потока. Согласно

изобретению для сжатия смеси хладагентов (2с) третьего холодильного цикла используют два последовательно установленных и обладающих в основном одинаковой мощностью компрессора (V2, V2'), а для сжатия смеси хладагентов (3с, 3е, 4с, 4е) первого и второго холодильных циклов используют по компрессору (V4, V3) в основном одинаковой с компрессорами (V2, V2') третьего холодильного цикла мощности. Техническим результатом изобретения



RU 2 3 7 3 4 6 5 C 2

RU 2 3 7 3 4 6 5 C 2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

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

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21), (22) Application: **2007121845/06, 08.11.2005**
 (24) Effective date for property rights:
08.11.2005
 (30) Priority:
12.11.2004 DE 102004054674.6
 (43) Application published: **20.12.2008**
 (45) Date of publication: **20.11.2009 Bull. 32**
 (85) Commencement of national phase: **13.06.2007**
 (86) PCT application:
EP 2005/011948 (08.11.2005)
 (87) PCT publication:
WO 2006/050913 (18.05.2006)
 Mail address:
101000, Moskva, M.Zlatoustinskij per., d.10,
kv.15, "EVROMARKPAT", pat.pov.
I.A.Veselitskoj, reg.№ 0011

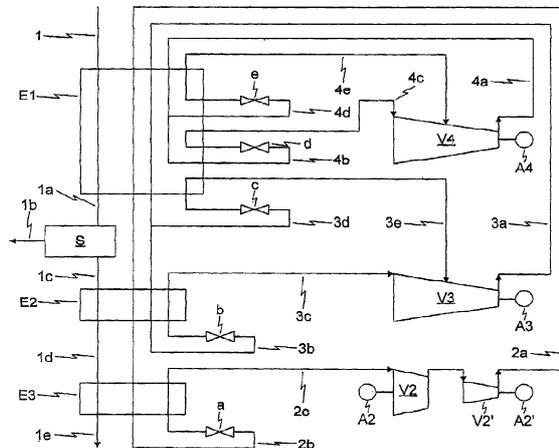
(72) Inventor(s):
BAUER Khajnts (DE),
GVINNER Martin (DE)
 (73) Proprietor(s):
LINDE AKTsiENGEZEL'ShAFT (DE)

(54) METHOD OF LIQUEFYING FLOW RICH IN HYDROCARBONS

(57) Abstract:
 FIELD: heating systems.
 SUBSTANCE: method of liquefying the flow rich in hydrocarbons is proposed, and mainly, natural gas flow owing to its heat exchange with cooling agents mixtures in a cascade from three cooling cycles; the first one is intended for pre-cooling of the flow rich in hydrocarbons, the second one - for its liquefying, and the third one - for after-cooling the liquefied flow rich in hydrocarbons. According to the invention, for compressing mixture of cooling agents (2c) of the third cooling cycle, two compressors (V2, V2') installed in series and mainly having the same power are used, and for compressing mixture of cooling agents (3c, 3e, 4c, 4e) of the first and the second cooling cycles there used are compressors (V4, V3) mainly of the power similar to that of

compressors (V2, V2') of the third cooling cycle.
 EFFECT: optimising power consumption at decrease of flow rich in hydrocarbons.

3 cl, 1 dwg



RU 2 373 465 C2

RU 2 373 465 C2

Настоящее изобретение относится к способу сжижения богатого углеводородами потока, прежде всего потока природного газа, за счет его теплообмена со смесями хладагентов в каскаде из трех холодильных циклов, первый из которых предназначен для предварительного охлаждения богатого углеводородами потока, второй - для его сжижения, а третий - для переохлаждения сжиженного богатого углеводородами потока.

В последующем описании под "первым холодильным циклом" всегда подразумевается также холодильный цикл с диоксидом углерода в качестве хладагента.

Способ сжижения богатого углеводородами потока указанного в начале описания типа известен из публикации DE 19716415. В соответствии с этим указанная публикация DE 19716415 включена в настоящее описание в качестве ссылки и составляет его часть.

Установки для сжижения природного газа выполняют либо в виде рассчитанных на базисную нагрузку установок для сжижения природного газа и снабжения им в качестве первичного энергоносителя, либо в виде установок для сжижения природного газа, подаваемого в период его пикового потребления.

В рассчитанных на базисную нагрузку установках для сжижения природного газа обычно используются холодильные циклы со смесями хладагентов, в качестве которых применяются углеводороды. Подобные холодильные циклы энергетически более эффективны, чем холодильные циклы с детандерами, и при обеспечении высокой производительности рассчитанных на базисную нагрузку установок для сжижения природного газа обладают соответственно сравнительно низким энергопотреблением.

При сжижении богатого углеводородами потока способом указанного в начале описания типа первый холодильный цикл со смесью хладагентов в принципе предназначен для предварительного охлаждения, второй холодильный цикл - для сжижения, а третий холодильный цикл - для переохлаждения богатого углеводородами потока, соответственно природного газа.

Между стадией предварительного охлаждения и стадией сжижения богатого углеводородами потока, соответственно природного газа, от него при необходимости отделяют высококипящие углеводороды. Под высококипящими углеводородами подразумеваются те компоненты сжижаемого богатого углеводородами потока, соответственно природного газа, которые вымораживались бы при последующем его охлаждении, т.е. углеводороды C_{5+} и ароматические соединения. Помимо этого перед сжижением природного газа от него часто отделяют те углеводороды, которые вызвали бы нежелательное повышение теплотворной способности сжиженного природного газа и под которыми при этом подразумеваются прежде всего пропан и бутан.

Способ сжижения богатого углеводородами потока указанного в начале описания типа известен также из заявки DE 10344030, согласно которой по меньшей мере один отдельный поток смеси хладагентов второго холодильного цикла используют для предварительного охлаждения богатого углеводородами потока. Описанный в этой заявке DE 10344030 способ сжижения богатого углеводородами потока обеспечивает экономически эффективное использование имеющихся компрессоров и приводов, поскольку приводная мощность распределяется по (циркуляционным) компрессорам трех холодильных циклов примерно в одинаковой пропорции, т.е. примерно по 33,33% от общей приводной мощности. Благодаря этому обеспечивается возможность

экономически эффективной эксплуатации прежде всего крупных установок для сжижения природного газа производительностью более 5 миллионов тонн сжиженного природного газа в год, поскольку унификация приводов и компрессоров трех холодильных циклов позволяет максимизировать достижимую с помощью
5 апробированных и хорошо зарекомендовавших себя на практике приводов, соответственно компрессоров производительность процесса сжижения богатого углеводородами потока, соответственно природного газа.

В принципе приводы компрессоров, что относится прежде всего к газовым турбинам, принято выпускать лишь с дискретной градацией мощности с
10 определенным шагом между двумя ближайшими значениями мощности. Поэтому с учетом проектной мощности той или иной установки, соответственно проектной производительности процесса сжижения богатого углеводородами потока, применение трех одинаковых приводов часто оказывается неприемлемым.

Потребление необходимой для предварительного охлаждения богатого углеводородами потока энергии прежде всего в условиях холодной окружающей среды, под которыми подразумеваются условия, при которых температура воздуха, соответственно охлаждающей воды, не превышает 15-20°C, снижается настолько, что
15 процесс сжижения богатого углеводородами потока описанным в указанной выше заявке DE 10344030 способом уже нельзя более рассматривать как оптимальный.

В основу настоящего изобретения была положена задача предложить способ указанного в начале описания типа, который даже при указанных выше условиях обеспечивал бы оптимальное с точки зрения необходимого энергопотребления
20 проведение процесса сжижения богатого углеводородами потока.

Указанная задача решается благодаря тому, что для сжатия смеси хладагентов третьего холодильного цикла используют два обладающих в основном одинаковой мощностью компрессора, а для сжатия смеси хладагентов первого и второго
25 холодильных циклов используют по компрессору в основном одинаковой с компрессорами третьего холодильного цикла мощности.

В соответствии с этим предлагаемый в изобретении способ позволяет распределить мощность компрессоров, а тем самым и приводов таким образом, чтобы на
30 производство холода, используемого для предварительного охлаждения сжижаемого богатого углеводородами потока, соответственно потока природного газа, затрачивалась меньшая мощность. В результате необходимую общую приводную мощность трех холодильных циклов удается распределить между четырьмя приводами компрессоров.

Предлагаемый в изобретении способ предпочтительно использовать прежде всего на однопоточных установках для сжижения газа высокой производительности.

В одном из вариантов осуществления предлагаемого в изобретении способа сжижения богатого углеводородами потока компрессоры первого и второго
35 холодильных циклов и компрессоры третьего холодильного цикла предлагается приводить в действие двумя в основном идентичными и/или обладающими в основном одинаковой мощностью приводами.

Этот вариант осуществления предлагаемого в изобретении способа целесообразно использовать прежде всего в том случае, когда приводы компрессоров способны
40 развивать мощность, составляющую 50% от требуемой общей мощности. В этом случае компрессоры цикла предварительного охлаждения, а также цикла сжижения и компрессоры цикла переохлаждения можно объединить или сгруппировать соответственно в два компрессорных агрегата одинаковой, соответственно в

основном одинаковой, мощности.

Под используемыми в настоящем описании и в формуле изобретения выражениями "компрессоры в основном одинаковой мощности", соответственно "в основном идентичные и/или обладающие в основном одинаковой мощностью приводы",
5 подразумеваются компрессоры, соответственно приводы, показатели мощности которых различаются между собой не более чем на $\pm 2\%$.

Ниже предлагаемый в изобретении способ, а также другие варианты его осуществления, заявленные в зависимых пунктах формулы изобретения, более
10 подробно рассмотрены на примере одного из вариантов осуществления изобретения со ссылкой на прилагаемый к описанию чертеж.

В соответствии с показанной на прилагаемом к описанию чертеже схемой охлаждение и сжижение богатого углеводородами потока, подаваемого по трубопроводу 1 в теплообменник E1, происходит за счет теплообмена со смесями
15 хладагентов в каскаде из трех холодильных циклов. Смеси хладагентов трех этих холодильных циклов обычно имеют разный состав, описанный, например, в упомянутой выше заявке DE 19716415.

Сжижаемый богатый углеводородами поток охлаждается в теплообменнике E1 за счет теплообмена с обоими потоками 4b и 4d испаряющихся смесей хладагентов
20 первого холодильного цикла 4a-4e и с потоком 3d испаряющегося хладагента второго холодильного цикла 3a-3e и затем по трубопроводу 1a поступает в разделительный блок (сепаратор) S, который на чертеже изображен лишь в виде прямоугольника.

При использовании альтернативно первому холодильному циклу со смесью
25 хладагентов холодильного цикла с одним хладагентом (диоксидом углерода) контур, состоящий из трубопроводов 4d и 4e для отбора соответствующего отдельного потока, отсутствует. Кроме того, в этом случае компрессор V4 не имеет бокового подвода, показанного на чертеже.

В разделительном блоке S происходит рассмотренное выше отделение фракции C_{3+} ,
30 при этом выделенные из сжижаемого богатого углеводородами потока компоненты отбирают из разделительного блока S по трубопроводу 1b.

По меньшей мере часть одного из отдельных потоков 3b и 3d второго
35 холодильного цикла 3a-3e, который более подробно рассмотрен ниже, обычно используется для обеспечения разделительного блока S холодом. При этом решение о том, по меньшей мере часть какого из двух отдельных потоков 3b и/или 3d следует использовать для подобного обеспечения разделительного блока S холодом, зависит от требуемой(-ых) в разделительном блоке температуры(температур).

Далее сжижаемый богатый углеводородами поток поступает по трубопроводу 1c
40 во второй теплообменник E2, в котором он сжижается за счет теплообмена с отдельным потоком 3b испаряющейся смеси хладагентов второго холодильного цикла 3a-3b.

После сжижения богатый углеводородами поток поступает по трубопроводу 1d в
45 третий теплообменник E3, в котором происходит его переохлаждение за счет теплообмена с потоком 2b смеси хладагентов третьего холодильного цикла 2a-2c. Затем переохлажденный сжиженный продукт направляют по трубопроводу 1e на дальнейшее использование и/или на (промежуточное) хранение.

В отличие от описанного в указанной выше заявке DE 10344030 способа
50 холодильный цикл 2a-2c, служащий для переохлаждения сжиженного богатого углеводородами потока, согласно изобретению содержит два последовательно установленных компрессора V2 и V2'. В холодильном цикле для предварительного

охлаждения богатого углеводородами потока, а также в холодильном цикле для его сжижения предусмотрено только по одному компрессору V4, соответственно V3.

Используемые компрессоры V2, V2', V3 и V4 согласно изобретению выполнены, кроме того, идентичными, соответственно в основном идентичными, по своей мощности. В результате потребляемая каждым из компрессоров V2, V2', V3 и V4 мощность может обеспечиваться соответствующим одним из идентичных, соответственно в основном идентичных, приводов A2, A2', A3 и A4.

При этом необходимо соответствующее согласование потребляемой холодильным циклом предварительного охлаждения, а также холодильным циклом сжижения мощности с мощностью, потребляемой обоими компрессорами V2 и V2' холодильного цикла сжижения. Тем самым каждый компрессор V2, V2', V3 и V4, соответственно его привод A2, A2', A3 и A4, должен обеспечивать мощность на уровне 25%, а по меньшей мере в пределах от 23 до 27%, от общей мощности.

В качестве приводов A2, A2', A3 и A4 соответствующих компрессоров V2, V2', V3 и V4 предпочтительно использовать газовые турбины, паровые турбины и/или электродвигатели.

На прилагаемом к описанию чертеже не показаны предусмотренные после компрессоров V2, V2', V3 и V4 охладители, соответственно теплообменники, в которых хладагент или смесь хладагентов охлаждают за счет теплообмена с соответствующей охлаждающей средой, например водой, а хладагент (смесь хладагентов) первого холодильного цикла 4a-4e - конденсируют.

Сжатая в компрессоре V4 смесь хладагентов первого холодильного цикла подается по трубопроводу 4a в теплообменник E1, в котором она после отдачи своего холода охлаждаемому потоку разделяется на два отдельных потока 4b и 4d. Эти отдельные потоки 4b и 4d смеси хладагентов после их расширения пропусканием через вентили d и e, соответственно расширительные устройства, до давления разного уровня испаряются в теплообменнике E1 и затем по трубопроводу 4c, соответственно 4e, подаются в компрессор V4 на вход его первой ступени (отдельный поток 4c), соответственно с промежуточным давлением подаются в его промежуточную ступень (отдельный поток 4e).

Сжатая в компрессоре V3 смесь хладагентов второго холодильного цикла 3a-3e по трубопроводу 3a подается в теплообменники E1 и E2 и охлаждается в них. Тот отдельный поток 3b этой смеси хладагентов, который проходит через теплообменник E2, после расширения пропусканием через вентиль b испаряется в теплообменнике E2 за счет теплообмена с охлаждаемыми технологическими потоками и затем по трубопроводу 3c подается во входную ступень компрессора V3.

Отдельный поток 3d смеси хладагентов второго холодильного цикла 3a-3e, отбираемый из теплообменника E1, подвергается расширению пропусканием через вентиль c, после чего испаряется в теплообменнике E1 за счет теплообмена с охлаждаемыми технологическими потоками и затем подается по трубопроводу 3e с промежуточным уровнем давления в промежуточную ступень компрессора V3. Тем самым этот отдельный поток 3d смеси хладагентов способствует предварительному охлаждению богатого углеводородами потока в теплообменнике E1.

Для обеспечения такой возможности используемый для предварительного охлаждения богатого углеводородами потока отдельный поток 3d смеси хладагентов второго холодильного цикла 3a-3e необходимо испарять с понижением его давления до уровня, превышающего давление испарения отдельного потока 3b смеси хладагентов второго холодильного цикла 3a-3e.

Задание промежуточного давления, до которого снижается давление отдельного потока 3e смеси хладагентов при его испарении и при котором он подается в компрессор V3, а также регулирование количественного распределения обоих отдельных потоков 3b и 3d смесей хладагентов позволяет практически без
 5 ограничений регулировать распределение холодопроизводительности второго холодильного цикла между теплообменниками E1 и E2, а тем самым и степень предварительного охлаждения и сжижения сжижаемого богатого углеводородами потока.

В одном из модифицированных вариантов осуществления предлагаемого в изобретении способа сжижения богатого углеводородами потока предлагается использовать для приведения в действие компрессоров V4 и V3 первого и второго
 10 холодильных циклов и компрессоров V2 и V2' третьего холодильного цикла два в основном идентичных, соответственно обладающих одинаковой мощностью, привода.

Этот не показанный на чертеже вариант предпочтительно использовать при осуществлении предлагаемого в изобретении способа прежде всего в том случае, когда общую потребляемую компрессорами V2, V2', V3 и V4 мощность могут
 15 обеспечивать два достаточно мощных привода. Обычно коэффициент использования установки выше, если количество необходимых для ее работы приводов минимизировано, что и имеет место при использовании не четырех, а только двух приводов.

Предлагаемый в изобретении способ сжижения богатого углеводородами потока, прежде всего потока природного газа, позволяет, таким образом, использовать
 25 имеющиеся компрессоры и приводы с еще большей экономической эффективностью, чем это возможно в известных процессах сжижения богатого углеводородами потока. Наибольший эффект от внедрения предлагаемого в изобретении способа можно получить при его осуществлении прежде всего на крупных однопоточных установках
 30 для сжижения природного газа производительностью более 5 миллионов тонн сжиженного природного газа в год.

Формула изобретения

1. Способ сжижения богатого углеводородами потока, прежде всего потока
 35 природного газа, за счет его теплообмена со смесями хладагентов в каскаде из трех холодильных циклов, первый из которых предназначен для предварительного охлаждения богатого углеводородами потока, второй - для его сжижения, а третий - для переохлаждения сжиженного богатого углеводородами потока, отличающийся
 40 тем, что для сжатия смеси хладагентов (2с) третьего холодильного цикла используют два обладающих в основном одинаковой мощностью компрессора (V2, V2'), а для сжатия смеси хладагентов (3с, 3е, 4с, 4е) первого и второго холодильных циклов используют по компрессору (V4, V3) в основном одинаковой с компрессорами (V2, V2') третьего холодильного цикла мощности.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что компрессоры (V4, V3) первого и второго
 45 холодильных циклов и компрессоры (V2, V2') третьего холодильного цикла приводят в действие двумя в основном идентичными и/или обладающими в основном одинаковой мощностью приводами.

3. Способ по п.1 или 2, отличающийся тем, что в качестве приводов (A2, A2', A3,
 50 A4) компрессоров (V2, V2', V4, V3) используют газовые турбины, паровые турбины и/или электродвигатели.