

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **040415**(13) **B1**(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2022.05.27

(21) Номер заявки
202090023

(22) Дата подачи заявки
2018.07.06

(51) Int. Cl. **B01D 53/00** (2006.01)
F25J 3/06 (2006.01)
C01B 3/00 (2006.01)
C07C 7/09 (2006.01)

(54) **СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ РАЗДЕЛЕНИЯ ИСХОДНОЙ СМЕСИ**

(31) **17180033.7**

(32) **2017.07.06**

(33) **EP**

(43) **2020.05.31**

(86) **PCT/EP2018/068407**

(87) **WO 2019/008151 2019.01.10**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
ЛИНДЕ АКЦИЕНГЕЗЕЛЬШАФТ
(DE)

(72) Изобретатель:
Фам Дук Туат, Хёфель Торбен (DE)

(74) Представитель:
Поликарпов А.В., Соколова М.В.,
Путинцев А.И., Черкас Д.А., Игнатьев
А.В., Билык А.В., Дмитриев А.В. (RU)

(56) **WO-A1-2017001514**
EP-A1-3136028
WO-A1-2015104153

(57) Изобретение относится к способу (100) разделения исходной смеси, содержащей преимущественно водород, метан и углеводороды, имеющие два или два или более атомов углерода, в котором по меньшей мере часть исходной смеси охлаждают с образованием одного или большего количества конденсатов, используя один или большее количество теплообменников (101, 103, 105, 107), и по меньшей мере часть конденсата(ов) подвергают ректификации с получением газообразной обогащенной метаном фракции. Предложено использовать газообразную обогащенную метаном фракцию для получения первого потока текучей среды, который, по меньшей мере частично, сжимают, при неизменном составе по сравнению с газообразной обогащенной метаном фракцией до уровня давления ожижения от 3,5 до 4,5 МПа (от 35 до 45 бар) и, по меньшей мере частично, ожижают посредством охлаждения и давление первого потока текучей среды или второго потока текучей среды, образованного с использованием первого потока текучей среды, понижают до давления выпуска и нагревают его в теплообменнике(ах) или по меньшей мере в одном из теплообменников (101, 103, 105, 107). Соответствующее устройство также является частью предмета изобретения.

040415
B1

040415
B1

Изобретение относится к способу разделения исходной смеси, содержащей преимущественно водород, метан и углеводороды, имеющие два или два и более атомов углерода, а также к соответствующему устройству, в соответствии с ограничительной частью независимых пунктов формулы изобретения.

Уровень техники

Способы и устройства для осуществления парового крекинга углеводородов описаны, например, в статье "Ethylene", Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry ("Этилен" в Энциклопедии химической технологии Ullmann'a), Online Edition, 15 April 2007, DOI 10.1002/14356007.a10_045.pub2. Паровой крекинг применяют, например, но не ограничиваясь этим, для получения олефинов с короткой цепью, таких как этилен и пропилен; диолефинов, таких как бутадиен; или ароматических соединений.

При паровом крекинге получают смесь веществ, исходно описываемую как сырой газ. Его подвергают действию многочисленных стадий обработки, например скрубберной очистке сырого газа, сжатию сырого газа и так называемому первичному фракционированию. Обработанный таким образом сырой газ впоследствии подают на разделение, применяемое для получения компонентов или групп компонентов сырого газа. В ходе такого разделения или выше него по ходу технологического потока некоторые компоненты сырого газа могут участвовать в реакциях посредством гидрогенизации или других процессов.

Типичное разделение включает многочисленные стадии разделения, каждая из которых дает группы компонентов. Известные примеры включают способ, в котором первой колонной является деметанизатор (или способ с установкой предварительной отгонки метана); способ, в котором первой колонной является деэтансатор (или способ с установкой предварительной отгонки этана); или способ, в котором первой колонной является депропансатор (или способ с установкой предварительной отгонки пропана). Для получения более подробной информации см. техническую литературу, например упомянутую статью "Этилен" в Энциклопедии химической технологии Ullmann'a.

Публикация WO 2017/001514 A1 относится к способу получения водорода из газообразной исходной смеси, которая обогащена водородом, метаном и углеводородами с двумя атомами углерода. Текучую среду исходной смеси охлаждают от первого уровня температуры до второго уровня температуры при первом уровне давления так, чтобы отделить от текучей среды исходной смеси один или большее число конденсатов, оставляя остаточный газ. Текучую среду остаточного газа охлаждают дополнительно до третьего уровня температуры и подвергают противоточной абсорбции при первом уровне давления, получая таким образом обогащенный водородом и метаном газ из верхней части колонны и кубовую жидкость. Текучую среду газа, выходящего из верхней части колонны, нагревают и подвергают адсорбции с перепадом давления при первом уровне давления, получая таким образом поток обогащенного водородом продукта, который имеет низкое содержание метана или который не содержит метана; а давление текучей среды конденсата (конденсатов) и/или кубовой жидкости понижают от первого уровня давления до второго уровня давления и направляют в деметанизатор низкого давления при втором уровне давления. Согласно изобретению противоточную абсорбцию проводят с использованием текучей среды, которую удаляют из деметанизатора низкого давления при втором уровне давления, сжимают в газообразном состоянии до первого уровня давления и охлаждают до третьего уровня температуры. Этот документ также относится к соответствующему устройству.

Изобретение относится, в частности, к процессам разделения, направленным на смесь веществ, содержащую преимущественно водород, метан и углеводороды, имеющие два атома углерода, из которой углеводороды, имеющие два атома углерода, сначала получают в виде единой фракции путем удаления метана и более низкокипящих соединений, таких как водород. Такую смесь веществ, содержащую преимущественно водород, метан и углеводороды, имеющие два атома углерода, или обогащенную этими компонентами, ниже по тексту также называют "исходной смесью". Однако в принципе изобретение можно также использовать для осуществления разделения соответствующих исходных смесей, содержащих преимущественно водород, метан и углеводороды, имеющие два и большее количество атомов углерода. В контексте изобретения в первом случае исходную смесь обрабатывают в деметанизаторе процесса, в котором первой колонной является деэтансатор, а в последнем случае - в деметанизаторе процесса, в котором первой колонной является деметанизатор.

Как также разъяснено ниже, в определенных случаях способы разделения существующего уровня техники для таких исходных смесей были признаны неудовлетворительными, в частности, когда углеводороды конкретного спектра подвергают процессу парового крекинга в качестве исходного сырья.

Соответственно, целью изобретения является улучшение и, в частности, осуществление более энергетически эффективным образом разделения таких исходных смесей.

Описание изобретения

Этой цели достигают с помощью способа разделения исходной смеси, содержащей преимущественно водород, метан и углеводороды, имеющие два или два и большее количество атомов углерода, а также соответствующего устройства; имеющих отличительные признаки в соответствии с независимыми пунктами формулы изобретения. Примеры воплощения в каждом случае представлены в зависимых пунктах формулы изобретения, а также в последующем описании.

Способы, обычно применяемые для разделения потоков продуктов процессов получения углеводородов, например упомянутого в начале крекинг-газа, включают формирование ряда фракций на основе

различных температур кипения присутствующих компонентов. В данной отрасли их обозначают аббревиатурами, указывающими число атомов углерода в углеводородах, в основном или исключительно присутствующих в каждом случае. Таким образом, "фракция С1" - это фракция, содержащая в основном или исключительно метан (и, как принято, в некоторых случаях также водород, тогда ее называют также "фракция С1 минус"). В отличие от этого, "фракция С2" содержит в основном или исключительно этан, этилен и/или ацетилен. "Фракция С3" в основном содержит пропан, пропилен, метилацетилен и/или пропadiен. "Фракция С4" содержит в основном или исключительно бутан, бутен, бутадиен и/или бутин, при этом соответствующие изомеры могут присутствовать в различных пропорциях, в зависимости от источника фракции С4. То же самое относится, соответственно, к "фракции С5" и высшим фракциям. Две или большее число таких фракций могут частично объединяться. Например, "фракция С2 плюс" содержит в основном или исключительно углеводороды, имеющие два и более атомов углерода, а "фракция С2 минус" содержит, в основном или исключительно, углеводороды, имеющие один и два атома углерода, а также, необязательно, водород и метан. Такие фракции можно также использовать в качестве хладагентов, например фракции С2 или С3. Уровни температуры, которых можно достичь с помощью соответствующих хладагентов С2 или С3, обычно называют также "охлаждением С2" или "охлаждением С3". Эти хладагенты направляют в холодильные контуры, где их сначала сжимают до некоторого конечного уровня давления, начиная с которого давление впоследствии понижают до различных уровней, с целью получения охлаждения при соответствующих уровнях температуры.

В рамках применяемой здесь терминологии жидкие и газообразные потоки или жидкие или газообразные смеси могут быть обогащены или обеднены по одному или большему количеству компонентов; при этом термин "обогащенный" может представлять содержание не менее 90%, 95%, 99%, 99,5%, 99,9%, 99,99% или 99,999%, а термин "обедненный" может представлять содержание не более 10%, 5%, 1%, 0,1%, 0,01% или 0,001% в молярном, массовом или объемном выражении. В контексте применяемой здесь терминологии жидкие и газообразные потоки или жидкие или газообразные смеси можно дополнительно обогатить или обеднить по одному или большему количеству компонентов, при этом эти термины относятся к соответствующему содержанию в исходной смеси, из которой поток жидкого или газообразного вещества или жидкой или газообразной смеси, был получен в каждом случае. Поток жидкого или газообразного вещества или жидкой или газообразной смеси является "обогащенным", если содержание в нем не менее чем в 1,1 раза, 1,5 раза, 2 раза, 5 раз, 10 раз, 100 раз или в 1000 раз превышает содержание соответствующего компонента в исходной смеси; и "обедненным", если содержание в нем составляет не более 0,9, 0,5, 0,1, 0,01 или 0,001 от содержания соответствующего компонента в исходной смеси. Поток вещества или соответствующая смесь, "преимущественно" содержащие один или более компонентов, содержат эти один или более компонентов в количестве по меньшей мере 80% или же являются обогащенными по этим компонентам в смысле, разъясненном ранее.

Для того, чтобы охарактеризовать давления и температуры, в настоящей заявке использованы термины "уровень давления" и "уровень температуры", которые предназначены для выражения факта, что для того, чтобы осуществить концепцию изобретения, нет необходимости использовать соответствующие давления и температуры в соответствующем устройстве в виде точных значений давления и температуры. Однако такие давления и температуры обычно находятся в конкретных пределах, например $\pm 1\%$, 5%, 10%, 20% или даже 50% от средней величины. В данном случае соответствующие уровни давления и уровни температуры могут располагаться в неперекрывающихся диапазонах или в перекрывающихся диапазонах. В частности, уровни давления охватывают, например, потери давления, которые являются неизбежными или которые можно предположить, например, за счет эффектов охлаждения. То же относится и к уровням температуры. Указанные здесь уровни давления в барах представляют собой абсолютные значения давления.

В отношении конструкции и конкретной конфигурации ректификационных колонн и абсорбционных колонн, которые также могут быть использованы в контексте изобретения, сделана ссылка на релевантные учебники (см., например, Sattler, K.: Thermische Trennverfahren: Grundlagen, Auslegung, Apparate (Процессы термического разделения: основы, конструктивные решения, оборудование), 3-е изд., 2001, Weinheim, Wiley-VCH).

Преимущества изобретения

В обработке с целью разделения исходных смесей, таких как обрабатываемые в контексте изобретения, обычно используют, исключительно или в основном, процессы перегонки, которые можно организовать различным образом, в зависимости от соединений, преобразование которых осуществляют при паровом крекинге, и соответствующего состава исходных смесей. Обычно в этих процессах применяют температуры -100°C и ниже. Для получения таких низких температур можно применять различные способы. Например, известно применение каскадных холодильных циклов. Такой цикл может включать применение хладагента(ов) С3 (пропана и/или пропилена, с охлаждением примерно до -40°C), с последующим применением хладагента(ов) С2 (этилена, с охлаждением примерно до -100°C), а затем метана (С1) или смешанного хладагента(ов) (с охлаждением примерно до -160°C). Такие исходные смеси можно также охлаждать с применением холодных фракций или потоков продуктов, полученных из самих исходных смесей. Давление последних можно соответствующим образом понижать в известных процессах,

с получением охлаждения, а впоследствии снова сжимать в компрессоре сырого газа, тем самым позволяя сформировать "открытые" циклы циркуляции хладагента. Эти методы также можно комбинировать.

В ряде известных способов содержащую метан и водород фракцию, отделенную от соответствующей исходной смеси, используют как хладагент, а при низком уровне давления выпускают за пределы установки в качестве так называемых отходящих газов. Однако это не всегда желательно, особенно при использовании процессов парового крекинга, в которые подают жидкое исходное сырье, например нефть, или смешанное сырье, которое, однако, содержит такое жидкое исходное сырье. Часто в этом случае бывает желательно получать отдельную обогащенную водородом фракцию при высоком уровне давления и обогащенную метаном фракцию при низком уровне давления. Обогащенную метаном фракцию можно направить в виде отходящего газа/топливного газа для извлечения энергии, что обычно требует лишь низкого уровня давления, а отдельную обогащенную водородом фракцию можно направить для использования в качестве реагента, например, для гидрогенизации в установке, и/или в качестве продукта переработки с добавленной стоимостью, что обычно требует высокого уровня давления. При использовании соответствующего исходного сырья, этой цели обычно можно достичь путем применения обычных циклов охлаждения с хладагентами C3 и C2 (в виде каскада) и с помощью полученной в качестве продукта холодной жидкой метановой фракции в качестве хладагента. При этом не требуется дополнительных мер, таких как применение C1 или смешанных хладагентов, детандеров или рециркуляции потоков на стадию сжатия сырого газа.

Однако отдельное получение обогащенной водородом фракции при высоком уровне давления становится тем более трудным, чем выше отношение водорода к метану в соответствующей исходной смеси, направляемой на разделение. Это отношение водорода к метану в исходной смеси, в свою очередь, зависит от исходного сырья, поступающего на паровой крекинг. В случае преимущественно жидкого исходного сырья отношение водорода к метану в исходной смеси, поступающей на разделение, обычно составляет ниже 1 моль/моль. Повышенные пропорции водорода получают в процессах парового крекинга со "смешанным сырьем", то есть в процессах парового крекинга, в которых паровому крекингу подвергают не только газообразные исходные материалы, например этан, но также и ранее описанные жидкие исходные материалы. В зависимости от смеси исходных материалов в таких процессах парового крекинга отношение водорода к метану в полученной смеси, поступающей на разделение, составляет, например, от 1 до 2 моль/моль, в частности от 1,2 до 1,8 моль/моль.

В таких случаях количество полученного продукта - жидкой холодной метановой фракции, является недостаточным для использования в качестве хладагента, и, следовательно, необходимо прибегнуть к другим возможностям. Применение замкнутых C1 циклов или холодильных циклов со смешанным хладагентом, хотя это и возможно в принципе, является сложным и дорогостоящим, а рециркуляция потоков на стадию сжатия сырого газа является энергетически неэффективной. Если бы, например, применяли детандер, то это происходило бы в ущерб получаемому количеству продукта-водорода.

В изобретении используют тот факт, что в обычных способах описанного типа наряду с продуктом жидкой фракции метана также происходит образование продукта газообразной фракции метана. В связи с этим сделана ссылка на сопровождающую фиг. 1. Как снова описано ниже, в проиллюстрированном здесь способе сначала образуется жидкая обогащенная метаном фракция в форме кубовой жидкости из сепаратора 108, которую впоследствии представляют в форме потока М вещества; а также газообразная обогащенная метаном фракция в форме выходящего из верхней части сепаратора 113 газа, которую впоследствии представляют в форме потока Q вещества.

В контексте изобретения упомянутая газообразная метановая фракция представляет собой, по меньшей мере частично, фракцию с неизменным составом, доведенную до достаточно высокого давления, чтобы существенную долю этой метановой фракции можно было сконденсировать с применением C2 охлаждения. Полученный таким образом жидкий метан затем можно использовать в качестве дополнительного хладагента, и можно достичь цели - получения отдельной обогащенной водородом фракции при высоком уровне давления. Это требует лишь низкой степени сжатия, менее 1,4 или 1,6. Таким образом, можно применять относительно небольшое устройство с малой производительностью (составляющей от 1 до 5% от производительности конденсатора сырого газа). Это возможно, поскольку газообразная метановая фракция покидает применяемую ректификационную колонну при температуре немного ниже уровня охлаждения C2 (около -97°C). Таким образом, эта газообразная метановая фракция лишь в относительно малой степени нуждается в дополнительном сжатии (примерно от 3,5 до 4,5 МПа (примерно от 35 до 45 бар)) для того, чтобы можно было в любом случае в значительной степени сконденсировать упомянутую фракцию при указанном уровне температуры, используя охлаждение C2. Конденсацию проводят для того, чтобы полученный конденсат или полученный из него поток можно было впоследствии применять в теплообменнике при уровне температуры ниже охлаждения C2. Это требует предварительного понижения давления конденсата, например, до 0,7 МПа (7 бар). После этого понижения давления полученное при этом охлаждение можно использовать при более низком уровне температуры. Соответственно, способ по изобретению дает возможность получить большое количество обогащенной водородом фракции при высоком уровне давления, с небольшими дополнительными усложнениями.

В качестве предупреждения следует отметить, что, в отличие от изобретения, существующий уро-

вень техники, описанный, например, на фиг. 2 WO 2015/104153 A1, относится к случаю, когда жидкую метановую фракцию перемещают посредством насоса. Здесь газообразный поток метана не сжимают, но просто используют его в качестве газообразного хладагента при более высоком уровне температуры, чем в контексте настоящего изобретения. Перемещенную метановую фракцию впоследствии используют в качестве флегмы в абсорбере C2.

Действие изображенных на фиг. 2 в WO 2015/104153 A1 теплообменников 1-3 скомпенсировано охлаждением C2, а теплообменник 4 охлаждают только потоками продукта. Если доступно недостаточное количество жидкого метана (то есть имеется высокое отношение водорода к метану), то согласно настоящему изобретению и в отличие от WO 2015/104153 A1 изображенный там поток I доводят до достаточно высокого давления, чтобы уже можно было обеспечить преобладающую конденсацию упомянутого потока в теплообменнике посредством охлаждения C2, чтобы упомянутый поток можно было затем использовать в качестве хладагента в теплообменнике 4. Таким образом, в контексте настоящего изобретения рассматривают обычную холодильную установку (сжатие, конденсация, понижение давления, испарение). Однако в изобретении применяют "открытый генератор холода", а не "открытый цикл охлаждения", так как каждую молекулу метана из потока I лишь ровно один раз пропускают через компрессор с последующим понижением давления до низкого давления отходящего газа.

Настоящее изобретение основано на способе осуществления разделения исходной смеси, содержащей преимущественно водород, метан и углеводороды, имеющие два или два или более атомов углерода, в котором по меньшей мере часть исходной смеси охлаждают с получением одного или большего количества конденсатов, с использованием одного или большего количества теплообменников и по меньшей мере часть конденсата(ов) подвергают ректификации с получением газообразной фракции, обогащенной метаном. Как также разъяснено ниже, в контексте изобретения обычно осуществляют поэтапное охлаждение с соответствующим отделением множества конденсатов и введением их в ректификационную колонну.

В контексте способа по изобретению газообразная обогащенная метаном фракция образуется, в частности, при уровне температуры от -95 до -100°C , предпочтительно от -96 до -98°C . Этот уровень температуры близок к уровню температуры охлаждения C2, и, таким образом, достаточно относительно небольшого последующего сжатия, чтобы впоследствии можно было, по меньшей мере частично, сконденсировать указанную газообразную фракцию, как уже было упомянуто.

Однозначно следует подчеркнуть, что в контексте изобретения также возможно применять, в частности, вместо нескольких отдельных теплообменников конструктивно объединенные стадии теплообмена в пределах единого теплообменника, который может быть выполнен, например, в форме многочисленных теплообменных секций/блоков, находящихся в соединении по текучей среде друг с другом. В теплообменнике такого типа также возможно проводить поэтапное охлаждение и формирование многочисленных конденсатов. Хотя это и не описано подробно ниже, в принципе, возможно также проводить охлаждение с использованием только одной стадии охлаждения с образованием только одного конденсата.

В контексте изобретения описанное охлаждение в принципе осуществляют в условиях давления и температуры (по этому вопросу см. также ниже), при которых можно гарантировать, что после охлаждения и образования конденсата(ов) остаток, остающийся в газообразной форме, содержит лишь небольшое количество, если вообще содержит, углеводородов, имеющих два и, возможно, большее количество атомов углерода. Это гарантирует, что в остатке, остающемся в газообразной форме, отсутствуют ценные продукты или соединения, которые можно рециркулировать на стадию парового крекинга и которые таким образом терялись бы или, иначе, их можно было бы извлечь только очень сложным образом. Такое охлаждение и образование конденсата(ов) проводят, в частности, таким образом, чтобы остаток, остающийся в газообразной форме, после отделения от конденсата(ов) содержал не более 1% мольн., предпочтительно не более 0,1% мольн., особенно предпочтительно не более 0,01% мольн. углеводородов, имеющих два или, возможно, большее количество атомов углерода.

Таким образом, формирование конденсата(ов) проводят с целью значительного обеднения по углеводородам, имеющим два или, возможно, большее количество атомов углерода. Этому сопутствует отделение от исходной смеси некоторых количеств метана и водорода и их переход в конденсат(ы) совместно с углеводородами, имеющими два или, возможно, большее количество атомов углерода. Основной целью вышеупомянутой ректификации является удаление метана и водорода из углеводородов, имеющих два или, возможно, большее количество атомов углерода. Как уже упоминалось, это может быть проблематичным, особенно при использовании смешанного исходного сырья в процессе парового крекинга, так как при возрастающих отношениях водорода к метану в конденсатах, поступающих на ректификацию, требуются еще более высокое давление в колонне и/или еще более низкая температура конденсатора верхнего продукта дистилляции.

Таким образом, способ по изобретению можно использовать, в частности, если исходная смесь, поступающая на разделение, имеет отношение водорода к метану, например от 1 до 2 моль/моль, в частности от 1,2 до 1,8 моль/моль. Таковую исходную смесь можно получить, в частности, из крекинг-газа/сырого газа процесса парового крекинга, в который подают ранее описанное смешанное сырье. Для обычных

отношений водорода к метану (ниже 1 моль/моль) можно использовать обычные способы разделения, известные для установок парового крекинга с жидким исходным сырьем. Для отношений водорода к метану выше 2 моль/моль можно использовать обычные способы разделения, известные для установок парового крекинга этана, например, с применением охлаждения посредством обогащенной водородом фракции, которую затем можно оставить в пределах установки в виде фракции высокого давления. В отличие от этого изобретение относится именно к конкретному случаю применения смешанного исходного сырья при паровом крекинге.

Согласно изобретению газообразную обогащенную метаном фракцию по меньшей мере частично используют для формирования первого потока текучей среды, который сжимают, при неизменном составе по сравнению с газообразной обогащенной метаном фракцией, до уровня давления ожижения от 3,5 до 4,5 МПа (от 35 до 45 бар), предпочтительно от 3,5 до 4,0 МПа (от 35 до 40 бар), особенно предпочтительно от 3,5 до 3,8 МПа (от 35 до 38 бар), по меньшей мере частично, переводят в жидкое состояние посредством охлаждения и, все еще при неизменном составе по сравнению с газообразной обогащенной метаном фракцией, понижают его давление до более низкого уровня, который здесь называют также "уровнем давления выпуска". Если здесь дана ссылка на первый поток текучей среды (то есть на часть обогащенной метаном фракции), который сжимают, по меньшей мере частично, переводят в жидкое состояние и затем понижают его давление, подвергаемый этим действиям "при неизменном составе по сравнению с газообразной обогащенной метаном фракцией", это означает, что в целом в этом потоке текучей среды относительные пропорции компонентов не изменяются, независимо от того, находятся они в форме жидкости, газа или смешанной фазы. В частности, первый поток текучей среды не смешивают с другими потоками текучих сред, изменяющими его состав, и не подвергают какому-либо разделению или стадии разделения на газообразную фазу и жидкую фазу с различными составами, и при этом впоследствии используя только одну из этих фаз. В частности, этот первый поток текучей среды не подают в абсорбционную колонну и не подвергают обеднению или обогащению по компонентам, получая при этом дополнительные потоки текучей среды с другим составом. В частности, технологические стадии сжатия, ожижения и понижения давления проводят последовательно, в частности, без промежуточных дополнительных стадий (за исключением, например, нагревания и охлаждения или переноса по трубам). Однако это не исключает возможности существования указанного первого потока текучей среды в форме двухфазного потока, содержащего жидкую фазу и газообразную фазу, если он не полностью переведен в жидкое состояние. Однако общий состав первого потока текучей среды, который представляет собой сумму составов жидкой и газообразной фаз, в этом случае также не изменяется, даже если индивидуальные составы двух фаз должны быть различными. Первый поток текучей среды или второй поток текучей среды, полученный с использованием первого потока текучей среды, нагревают в теплообменнике(ах) или по меньшей мере в одном из теплообменников, после того, как давление первого потока текучей среды было снижено до уровня давления выпуска, при котором он все еще имеет такой же состав, как газообразная обогащенная метаном фракция. Это дает возможность, как разъяснено выше, обеспечить обогащенную водородом газообразную фракцию продукта, при достаточно высоком уровне давления, несмотря на меньшие количества метана. Этого достигают, в частности, когда при охлаждении исходной смеси или ее части в теплообменнике(ах) тепло переносят к сжатой и по меньшей мере частично переведенной в жидкое состояние обогащенной метаном фракции или ее части в теплообменнике(ах).

Охлаждение исходной смеси или ее части в теплообменнике(ах) предпочтительно осуществляют при уровне давления охлаждения ниже уровня давления ожижения. Также при указанном уровне давления может быть получена обогащенная водородом газообразная фракция продукта, давление которой предпочтительно нет необходимости в какой-либо степени понижать в контексте способа по изобретению. Напротив, в контексте изобретения ректификацию предпочтительно осуществляют при уровне давления ректификации, который слегка ниже, чем уровень давления охлаждения, чтобы конденсаты можно было подавать на ректификацию без помощи насоса. Уровень давления охлаждения составляет, в частности, от 2,5 до 4,0 МПа (от 25 до 40 бар), предпочтительно от 3,0 до 3,8 МПа (от 30 до 38 бар), особенно предпочтительно от 3,2 до 3,8 МПа (от 32 до 38 бар). В контексте изобретения уровень давления ректификации, в частности, на 0,02-0,4 МПа (на 0,2-4 бар), предпочтительно на 0,1-0,3 МПа (на 1-3 бар), особенно предпочтительно на 0,2-0,3 МПа (на 2-3 бар) ниже уровня давления охлаждения.

Как уже неоднократно было упомянуто в контексте изобретения, возможно обеспечить обогащенную водородом фракцию продукта при удовлетворительном уровне давления, в частности, несмотря на низкое содержание метана в соответствующей исходной смеси. Таким образом, способ по одному из наиболее предпочтительных примеров воплощения изобретения кроме того включает нагревание в теплообменнике(ах) или по меньшей мере в одном из теплообменников обогащенной водородом фракции, оставшейся в газообразной форме при охлаждении исходной смеси или ее части в теплообменнике(ах). Так, обогащенная водородом фракция остается, в частности, ниже стадии охлаждения по ходу технологического потока, на уровне температуры от -120 до -170°C, предпочтительно от -140 до -165°C, например около -160°C, при котором по меньшей мере основная часть метана конденсируется. Достаточно низких температур можно достичь, в частности, путем использования обогащенного метаном хладагента, а в контексте изобретения - путем использования, помимо прочего, сжатой и по меньшей мере частично

переведенной в жидкое состояние обогащенной метаном фракции. Таким образом, остающаяся в газообразной форме фракция содержит, в частности, от 80 до 100% мольн., предпочтительно от 85 до 95% мольн., например, около 90% мольн., водорода.

Для того, чтобы обеспечить соответствующую обогащенную водородом фракцию продукта, в изобретении, в частности, обеспечивают нагревание обогащенной водородом фракции в нерасширенном состоянии. Таким образом, в контексте изобретения нагревание обогащенной водородом фракции или ее части предпочтительно проводят при уровне давления охлаждения.

Как было упомянуто, в контексте изобретения давление сжатой и по меньшей мере частично переведенной в жидкое состояние обогащенной метаном фракции или ее части (то есть упомянутого ранее "первого потока текучей среды" или "второго потока текучей среды") перед нагреванием в теплообменнике (в теплообменниках) понижают до уровня давления выпуска, который ниже уровня давления охлаждения. Уровень давления выпуска может составлять, например, от 0,2 до 1,0 МПа (от 2 до 10 бар), в частности от 0,5 до 0,8 МПа (от 5 до 8 бар), в частности около 0,7 МПа (7 бар). Таким образом, можно получить охлаждение и в контексте данного изобретения применить его для исходной смеси/ее используемой доли.

В контексте изобретения равным образом можно использовать дополнительные обогащенные метаном фракции. Так, в соответствии с особенно эффективным примером воплощения способа по изобретению можно получить жидкую, обогащенную метаном фракцию, которую, по меньшей мере частично, нагревают в теплообменнике(ах) совместно со сжатой и, по меньшей мере частично, переведенной в жидкое состояние обогащенной метаном фракцией или ее частью. Таким образом, фракцию этого вида можно соответствующим образом использовать, даже если она присутствует в относительно малом соотношении.

Более конкретно, может быть особенно эффективным способ, который, например, также разъяснен со ссылкой на сопровождающую фиг. 2. Он включает проведение охлаждения с использованием первого теплообменника, второго теплообменника, третьего теплообменника и четвертого теплообменника, соединенных последовательно, через которые пропускают исходную смесь или ее используемую часть, чтобы осуществить непрерывное обеднение по углеводородам, имеющим два или, возможно, большее количество атомов углерода (а также по метану и небольшим количествам водорода). Таким образом, в способе по одному из особенно предпочтительных примеров воплощения изобретения исходную смесь или ее часть пропускают последовательно через первый, второй, третий и четвертый теплообменник и ниже каждого из теплообменников по ходу технологического потока отделяют соответствующий конденсат. Это эффективно, когда образование конденсатов осуществляют чисто конденсационными средствами, то есть без абсорбционных колонн, как на существующем уровне техники.

В контексте изобретения можно, в частности, задействовать первый теплообменник, используя обогащенный этиленом хладагент (например, так называемый этилен высокого давления) при температуре от -50 до -60°C, предпочтительно около -57°C; второй теплообменник, используя обогащенный этиленом хладагент (например, так называемый этилен среднего давления) при температуре от -75 до -85°C, предпочтительно около -80°C; и третий теплообменник, используя обогащенный этиленом хладагент (например, так называемый этилен низкого давления) при температуре от -95 до -105°C, предпочтительно около -100°C. Соответствующие уровни температуры применяют в контексте описанного уровня давления охлаждения.

Как упомянуто, в контексте изобретения на конечной стадии охлаждения можно использовать фракции исходной смеси. В частности, в изобретении обеспечивают применение четвертого теплообменника для нагревания частей фракции, которая остается в газообразной форме после охлаждения в третьем теплообменнике и которую до этого охлаждали в четвертом теплообменнике. В контексте изобретения это дает возможность достичь, в частности, уровня температуры от -120 до -180°C, в частности около -160°C.

В контексте ранее описанного примера воплощения способа по изобретению обеспечивают, в частности, чтобы газообразную обогащенную метаном фракцию или используемую ее часть (упомянутый выше "первый поток текучей среды") последовательно нагревали в третьем теплообменнике, пропускали через дополнительный теплообменник, сжимали до уровня давления ожижения, пропускали через дополнительный теплообменник и охлаждали в третьем и четвертом теплообменнике. Ранее бывшую газообразной, а теперь частично или полностью переведенную в жидкое состояние обогащенную метаном фракцию затем нагревают в четвертом, третьем, втором и первом теплообменнике.

Изобретение относится также к устройству для осуществления разделения исходной смеси, содержащей преимущественно водород, метан и углеводороды, имеющие два или два или более атомов углерода, включающему средства охлаждения по меньшей мере части исходной смеси с получением одного или большего количества конденсатов, используя один или большее количество теплообменников и для осуществления ректификации по меньшей мере части конденсата(ов), с получением газообразной обогащенной метаном фракции. В соответствии с изобретением обеспечены средства, выполненные с возможностью использования обогащенной метаном фракции для получения первого потока текучей среды, и средства, выполненные с возможностью, по меньшей мере частично, сжатия первого потока текучей

среды, при неизменном составе по сравнению с газообразной обогащенной метаном фракцией, до уровня давления ожижения от 3,5 до 4,5 МПа (от 35 до 45 бар), в частности до вышеупомянутых значений, чтобы, по меньшей мере частично, перевести его в жидкое состояние путем охлаждения; и для снижения его давления до уровня давления выпуска. Обеспечены дополнительные средства, выполненные с возможностью нагревания первого потока текучей среды или второго потока текучей среды, который получен с использованием первого потока текучей среды, в теплообменнике(ах) или по меньшей мере в одном из теплообменников.

Для разъяснения отличительных особенностей и преимуществ соответствующего устройства, предпочтительно выполненного с возможностью осуществления способа, описанного ранее в примерах воплощения, сделана отдельная ссылка на вышеприведенные разъяснения.

Ниже один пример воплощения изобретения описан более подробно, принимая во внимание существующий уровень техники и со ссылкой на сопровождающие чертежи.

Краткое описание чертежей

Фиг. 1 изображает способ, не являющийся способом по изобретению, в форме технологической схемы.

Фиг. 2 изображает способ по одному из примеров воплощения изобретения, в форме технологической схемы.

Подробное описание чертежей

В приведенных далее чертежах соответствующие друг другу элементы обозначены соответствующими числовыми позициями; и из соображений простоты их не описывают повторно.

Чтобы проиллюстрировать уровень техники для настоящего изобретения, фиг. 1 иллюстрирует не относящийся к изобретению способ разделения исходной смеси, содержащей в основном водород, метан и углеводороды, имеющие два атома углерода, в виде технологической схемы. Указанный способ используют, в частности, для разделения исходной смеси, образованной сырым газом процесса парового крекинга, в котором перерабатывают, преимущественно или исключительно, жидкое исходное сырье, например, нефть.

Следует особо подчеркнуть, что фиг. 1 служит просто для того, чтобы проиллюстрировать принципы настоящего изобретения, и вполне возможно отклониться от конкретной конфигурации изображенных здесь устройств, не обеспечивая принципиально отличного способа разделения.

Исходную смесь или ее часть, в форме потока А вещества, сначала пропускают через первый теплообменник 101 и охлаждают, используя, помимо прочего, поток В вещества, который может представлять собой, например, этилен при уровне температуры около -57°C.

Поток А вещества перемещают в первую разделительную емкость 102, из которой отводят жидкий поток С вещества и газообразный поток D вещества. Газообразный поток D вещества пропускают через второй теплообменник 103 и там дополнительно охлаждают, помимо прочего, потоком Е вещества, который может представлять собой этилен при уровне температуры примерно -80°C.

Поток D вещества переносят в дополнительную разделительную емкость 104, из которой отводят жидкий поток F вещества и газообразный поток G вещества. Поток G вещества пропускают через третий теплообменник 105 и там охлаждают, помимо прочего, потоком H вещества, который может представлять собой этилен, при уровне температуры примерно -100°C.

Затем поток G вещества переносят в абсорбционную колонну 106, которая работает с обогащенным метаном жидким потоком I вещества в качестве флегмы. Жидкий поток K вещества отводят из нижней части абсорбционной колонны 106 и, в изображенном примере, нагревают в теплообменнике 105.

Газообразный поток L вещества из верхней части абсорбционной колонны 106 дополнительно охлаждают в теплообменнике 107, а затем перемещают в дополнительную разделительную емкость 108, так называемый сепаратор водорода. Жидкий обогащенный метаном поток M вещества и газообразный обогащенный водородом поток N вещества отводят из разделительной емкости 108. Давление потока M вещества понижают до более низкого уровня; поток N вещества остается при более высоком уровне давления, при котором его отводят из разделительной емкости 108. Оба потока вещества нагревают в теплообменниках 107, 105, 103 и 101 и обеспечивают в виде обогащенной метаном фракции продукта и обогащенной водородом фракции продукта, соответственно.

Вышеупомянутые жидкие потоки С, F и K вещества переносят в ректификационную колонну 109, при этом введение в нее осуществляют на различных высотах, в зависимости от состава и температуры. Ректификационная колонна 109 работает с кубовым испарителем 110 с использованием обычного хладагента СЗ. Газообразный поток О вещества отводят из верхней части ректификационной колонны 109 и подают в конденсатор легких фракций, в общем виде обозначенный 111. Конденсатор 111 легких фракций включает теплообменник 112, который может работать с этиленом при уровне температуры примерно -100°C в качестве хладагента. В разделительной емкости 113, расположенной ниже теплообменника 112 по ходу технологического потока, получают жидкий поток Р вещества, одну часть которого применяют в качестве флегмы в ректификационной колонне 109, а другую часть применяют в качестве флегмы в абсорбционной колонне 106, в форме потока I вещества. Несжиженную долю потока О вещества отводят из разделительной емкости 113 в форме потока Q вещества и в качестве обогащенного метаном по-

тока вещества объединяют с потоком М вещества.

Таким образом, проиллюстрированный на фиг. 1 способ сначала дает жидкую обогащенную метаном фракцию в форме кубовой жидкости из разделительной емкости 108, которую впоследствии обеспечивают в виде потока М вещества, и газообразную обогащенную метаном фракцию в форме газообразных легких фракций из разделительной емкости 113, которую впоследствии обеспечивают в виде потока Q вещества.

Описанная работа ректификационной колонны 109 дает возможность отвести из ее нижней части жидкий поток R вещества, который обогащен углеводородами, имеющими два атома углерода. В показанном примере упомянутый поток нагревают в теплообменнике 101, а затем, например, подвергают разделению с целью получения этана и этилена в так называемой колонне разделения С2.

Как было показано ранее, отдельное получение обогащенной водородом фракции при высоком уровне давления становится тем более трудным, чем выше отношение водорода к метану в соответствующей исходной смеси, так как теплообменник 107 охлаждают исключительно потоками продукта, и тепловой баланс по теплообменнику 107 становится тем более неблагоприятным, чем выше отношение водорода к метану в соответствующей исходной смеси.

На фиг. 2 проиллюстрирован в виде технологической схемы обозначенный сноской 100 способ разделения такой исходной смеси в соответствии с одним из примеров воплощения изобретения. В частности, способ 100 применяют для разделения исходной смеси, образованной сырым газом процесса парового крекинга, где перерабатывают смешанное исходное сырье, как показано выше.

И здесь также исходную смесь или ее часть в форме потока А вещества сначала пропускают через первый теплообменник 101 и охлаждают, помимо прочего, с использованием потока В вещества, который может представлять собой, например, этилен при уровне температуры примерно -57°C .

Здесь также поток А вещества переносят в первую разделительную емкость 102, из которой отводят жидкий поток С вещества и газообразный поток D вещества. Здесь также газообразный поток вещества пропускают через второй теплообменник 103 и там дополнительно охлаждают, помимо прочего, потоком Е вещества, который может представлять собой этилен при уровне температуры примерно -80°C .

Здесь также поток D вещества переносят в дополнительную разделительную емкость 104, из которой отводят жидкий поток F вещества и газообразный поток G вещества. Здесь также поток G вещества пропускают через третий теплообменник 105 и там охлаждают, помимо прочего, потоком H вещества, который может представлять собой этилен при уровне температуры примерно -100°C .

Однако, в отличие от способа, проиллюстрированного на фиг. 1, поток G вещества теперь переносят не в абсорбционную колонну 106, а в дополнительную разделительную емкость 116, из которой отбирают жидкий поток K' вещества и газообразный поток L' вещества. Поток L' вещества дополнительно охлаждают в теплообменнике 107, а затем переносят в дополнительную разделительную емкость 108, в состав которой в данном случае входит также сепаратор водорода.

И здесь так же из разделительной емкости 108 отводят жидкий, обогащенный метаном поток М вещества и газообразный, обогащенный водородом поток N вещества. Поток М вещества, количество которого регулируют посредством клапана, в данном случае не имеющего отдельного обозначения, нагревают в теплообменнике 107. В показанном примере только поток N вещества впоследствии нагревают в теплообменниках 107, 105, 103 и 101 при уровне давления охлаждения и обеспечивают в виде обогащенной водородом фракции продукта.

Вышеупомянутые жидкие потоки С, F и K' вещества, а также поток М вещества переносят в ректификационную колонну 109, регулируя их клапанами, которые здесь не имеют отдельного обозначения; при этом введение указанных потоков осуществляют на различных высотах, в зависимости от состава и температуры. И здесь также ректификационная колонна 109 работает с кубовым испарителем 110, используя типичный хладагент С3. Как и раньше, газообразный поток О вещества отбирают из верхней части ректификационной колонны 109 и подают в конденсатор легких фракций, в общем виде обозначенный 111. Однако в данном случае конденсатор 111 легких фракций встроен в ректификационную колонну 109. Упомянутый конденсатор легких фракций включает теплообменник 112, который может использовать в качестве хладагента этилен при уровне температуры примерно -100°C . Жидкую фракцию, которую в данном случае подают в ректификационную колонну 109 не с помощью насоса, а переливом, собирают в разделительной емкости 113, присоединенной ниже теплообменника 112 по ходу технологического потока, но в данном случае также встроенной в ректификационную колонну 109. Поскольку в данном случае абсорбционная колонна отсутствует, нет необходимости во флегме для нее. Таким образом, после понижения давления жидкий поток I' вещества подают на нагревание в теплообменники 107, 105, 103 и 101 и выпускают из процесса 100.

И здесь так же несжиженную часть потока О вещества отводят из разделительной емкости 113 в форме потока Q вещества, но теперь ее сначала нагревают в теплообменнике 105, затем пропускают через дополнительный теплообменник 115 и сжимают в бустерном компрессоре 117. Затем поток Q вещества снова пропускают через теплообменники 117, 105 и 107, понижают его давление, объединяют с потоком I' вещества и, наконец, нагревают в теплообменниках 107, 105, 103 и 101, а затем выпускают из процесса 100.

И здесь также описанная работа ректификационной колонны 109 дает возможность отбирать из ее куба жидкий поток R вещества, который обогащен углеводородами, имеющими два атома углерода. В способе 100 упомянутый поток также подвергают, например, разделению с целью получения этана и этилена в так называемой колонне разделения C2.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ (100) разделения исходной смеси, содержащей преимущественно водород, метан и углеводороды, имеющие два или два или более атомов углерода, в котором по меньшей мере часть исходной смеси охлаждают с образованием одного или большего количества конденсатов, используя один или большее количество теплообменников (101, 103, 105, 107), и по меньшей мере часть конденсата(ов) подвергают ректификации с получением газообразной обогащенной метаном фракции, отличающийся тем, что по меньшей мере часть указанной обогащенной метаном фракции, по меньшей мере частично, сжимают, при неизменном составе по сравнению с газообразной обогащенной метаном фракцией, до уровня давления ожижения от 3,5 до 4,5 МПа (от 35 до 45 бар), по меньшей мере частично, ожижают путем охлаждения и понижают ее давление до уровня давления выпуска и нагревают в указанном(ых) теплообменнике(ах) или по меньшей мере в одном из указанных теплообменников (101, 103, 105, 107).

2. Способ (100) по п.1, в котором газообразную обогащенную метаном фракцию получают при уровне температуры от -95 до -100°C.

3. Способ (100) по п.1 или 2, в котором охлаждение исходной смеси или ее части в теплообменнике(ах) (101, 103, 105, 107) включает перенос тепла к сжатой и, по меньшей мере частично, ожиженной обогащенной метаном фракции или ее части.

4. Способ (100) по любому из предшествующих пунктов, в котором охлаждение исходной смеси или ее части в теплообменнике(ах) (101, 103, 105, 107) осуществляют при уровне давления охлаждения ниже уровня давления ожижения обогащенной метаном фракции.

5. Способ (100) по п.4, в котором охлаждение проводят при уровне давления охлаждения от 2,5 до 4,0 МПа (от 25 до 40 бар) и в котором ректификацию проводят при уровне давления ректификации, который на 0,02-0,4 МПа (на 0,2-4 бар) ниже уровня давления охлаждения.

6. Способ (100) по п.5, в котором обогащенную водородом фракцию, остающуюся в газообразной форме при охлаждении исходной смеси или ее части в теплообменнике(ах) (101, 103, 105, 107), аналогичным образом нагревают в указанном(ых) теплообменнике(ах) или по меньшей мере в одном из указанных теплообменников.

7. Способ (100) по п.6, в котором обогащенную водородом фракцию или ее часть нагревают при уровне давления охлаждения.

8. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором при ректификации получают жидкую обогащенную метаном фракцию, которую, по меньшей мере частично, нагревают в теплообменнике(ах) (101, 103, 105, 107) совместно со сжатой и, по меньшей мере частично, ожиженной обогащенной метаном фракцией или ее частью.

9. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором охлаждение проводят с использованием первого теплообменника (101), второго теплообменника (103), третьего теплообменника (105) и четвертого теплообменника (107).

10. Способ по п.9, который включает функционирование первого теплообменника (101) с использованием обогащенного этиленом хладагента при температуре от -50 до -60°C, второго теплообменника (103) с использованием обогащенного этиленом хладагента при температуре от -75 до -85°C и третьего теплообменника (105) с использованием обогащенного этиленом хладагента при температуре от -95 до -105°C.

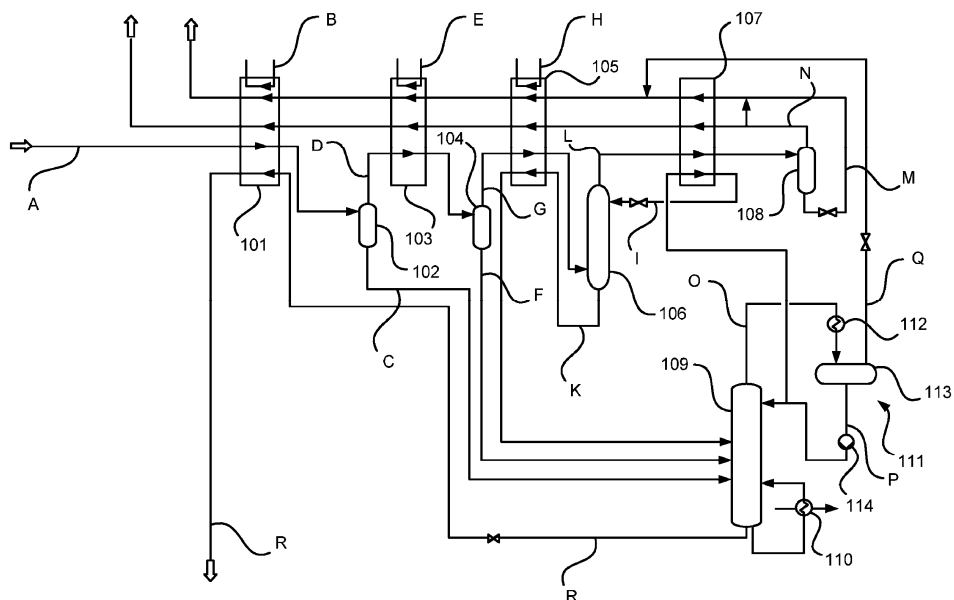
11. Способ по п.9 или 10, в котором исходную смесь или ее часть пропускают последовательно через первый, второй, третий и четвертый теплообменники (101, 103, 105, 107), при этом ниже каждого теплообменника по ходу технологического потока отделяют соответствующий конденсат.

12. Способ по п.11, в котором части фракции, которая остается в газообразной форме после охлаждения в третьем теплообменнике (105) и которую до этого охлаждали в четвертом теплообменнике (107), нагревают с применением четвертого теплообменника (107).

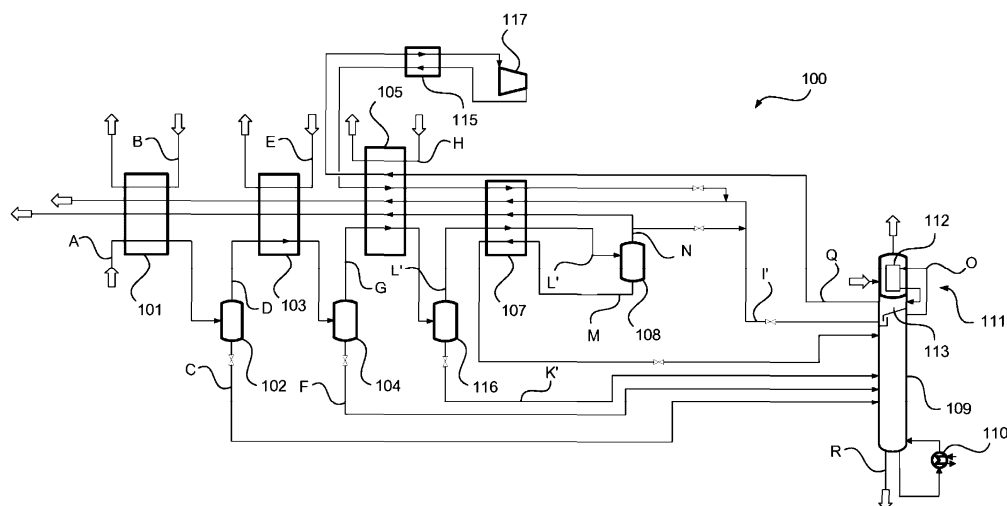
13. Способ по любому из пп.9-12, в котором обогащенную метаном фракцию или ее часть последовательно нагревают в третьем теплообменнике (105), пропускают через дополнительный теплообменник (115), сжимают до уровня давления ожижения, пропускают через дополнительный теплообменник (115) и охлаждают в третьем и четвертом теплообменниках (105, 107).

14. Устройство для разделения исходной смеси, содержащей преимущественно водород, метан и углеводороды, имеющие два или два или более атомов углерода, включающее средства охлаждения по меньшей мере части исходной смеси с получением одного или большего количества конденсатов, используя один или большее количество теплообменников (101, 103, 105, 107), а также для осуществления ректификации по меньшей мере части конденсата(ов) с получением газообразной обогащенной метаном фракции, отличающееся тем, что оно содержит средства, которые выполнены с возможностью по мень-

шей мере частичного сжатия по меньшей мере части указанной обогащенной метаном фракции до уровня давления ожижения от 3,5 до 4,0 МПа (от 35 до 40 бар) при неизменном ее составе по сравнению с газообразной обогащенной метаном фракцией, чтобы, по меньшей мере частично, перевести ее в жидкое состояние посредством охлаждения и понизить ее давление до уровня давления выпуска; а также средства, которые выполнены с возможностью нагревания по меньшей мере части расширенной обогащенной метаном фракции в указанных теплообменнике(ах) или по меньшей мере в одном из указанных теплообменников (101, 103, 105, 107).



Фиг. 1



Фиг. 2



Евразийская патентная организация, ЕАПВ

Россия, 109012, Москва, Малый Черкасский пер., 2