

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(21) **202092067** (13) **A1**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ**

(43) Дата публикации заявки  
**2021.02.05**

(51) Int. Cl. *F25J 3/02* (2006.01)  
*C10G 70/04* (2006.01)  
*C07C 7/09* (2006.01)

(22) Дата подачи заявки  
**2019.04.05**

**(54) СПОСОБ РАЗДЕЛЕНИЯ СМЕСИ КОМПОНЕНТОВ И УСТРОЙСТВО РАЗДЕЛЕНИЯ**

(31) **18166161.2**

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

(32) **2018.04.06**

(33) **EP**

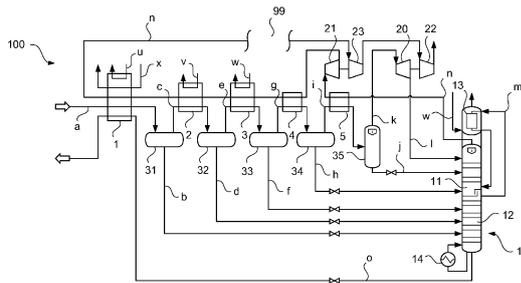
(74) Представитель:  
**Поликарпов А.В., Соколова М.В.,  
Путинцев А.И., Черкас Д.А., Игнатьев  
А.В., Билык А.В., Дмитриев А.В.,  
Бучака С.М., Бельтюкова М.В. (RU)**

(86) **PCT/EP2019/058716**

(87) **WO 2019/193187 2019.10.10**

(71) Заявитель:  
**ЛИНДЕ ГМБХ (DE)**

(57) Предложен способ разделения смеси компонентов, содержащей, по существу, углеводороды, имеющие два или два или более атомов углерода, метан и водород, с использованием устройства (10) перегонки. Текучую среду (a, c, e, g, i) из смеси компонентов постепенно охлаждают до первого уровня давления с отделением в каждом случае первых конденсатов (b, d, f, h, j) из текучей среды (a, c, e, g, i). Текучую среду (k) из смеси компонентов, которая остается в газообразном состоянии, после этого расширяют до второго уровня давления в детандере с получением второго конденсата (l). Текучую среду из первых конденсатов (b, d, f, h, j) расширяют от первого уровня давления до второго уровня давления и подают вместе с текучей средой из вторых конденсатов в устройство (10) перегонки, которое эксплуатируют при втором уровне давления. В настоящем изобретении также предложено соответствующее устройство разделения.



202092067

A1

A1

202092067

## Способ разделения смеси компонентов и устройство разделения

Настоящее изобретение относится к способу разделения смеси компонентов, содержащей по существу углеводороды, имеющие два или два или более атомов углерода, метан и водород, и к устройству разделения, описанным в независимых пунктах формулы изобретения.

### Уровень техники

Способы и устройства для парового крекинга углеводородов известны и описаны, например, в статье «Этилен» в Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, размещенной онлайн 15 апреля 2007, DOI 10.1002/14356007.a10\_045.pub2. Путем парового крекинга, а также используя другие способы и устройства, смеси компонентов получают в форме так называемых неочищенных газов или крекинг-газов, которые после переработки, включающей удаление воды и диоксида углерода и масло- или бензиноподобных компонентов, разделяют, по меньшей мере частично, на компоненты, присутствующие в каждом случае. Это можно осуществлять различными путями.

Настоящее изобретение можно применять для удаления метана и водорода из смеси компонентов, содержащей по существу углеводороды, имеющие два атома углерода, метан и водород, а также имеющей пониженное содержание более тяжелых углеводородов или свободной от более тяжелых углеводородов, и оно описано в данной заявке, в частности, со ссылкой на этот вариант. Смесь компонентов этого типа получают с помощью последовательности разделения, известной в процитированной литературе, в частности в процессе деэтанзации переработанного крекинг-газа, когда такая деэтанзация происходит первой в способе разделения. Как еще раз подчеркивается ниже, смесь компонентов этого типа или соответствующий поток вещества обычно называют еще «C2минус поток».

Однако настоящее изобретение можно еще применять для удаления метана и водорода из смеси компонентов, содержащей по существу углеводороды, имеющие два и более атомов углерода, метан и водород. Смесь компонентов этого типа может находиться по существу в форме крекинг-газа, который был обработан, как указано, но еще должен быть дополнительно подвергнут обработке с помощью способов разделения.

В обоих случаях, то есть как удаления метана и водорода из смеси компонентов,

содержащей по существу углеводороды, имеющие два атома углерода, метан и водород, но более низкое содержание более тяжелых углеводородов, или свободной от тяжелых углеводородов, так и удаления метана и водорода из смеси компонентов, содержащей по существу углеводороды, имеющие два или более атомов углерода, метан и водород, то есть в настоящем изобретении, осуществляют то, что называется деметанизацией. Эта операция происходит второй в соответствующей последовательности разделения в первом случае и первой в последнем случае.

Традиционные способы, например, способ, проиллюстрированный на фиг. 1, включает поэтапное охлаждение C2минус потока под давлением в теплообменниках и отделение жидких конденсатов в каждом случае ниже по потоку от этих теплообменников. Фракцию C2минус потока, первоначально поданную в него, которая остается в газообразном состоянии при давлении примерно 3 МПа (30 бар) (абс.) и температуре ниже примерно  $-100^{\circ}\text{C}$ , расширяют в детандере. Фракцию, расширенную в детандере, и конденсаты, отделенные от C2минус потока ранее, подают в ректификационную колонну (называемую деметанайзер) на разных уровнях.

В нижней части ректификационной колонны образуется и извлекается жидкий кубовый продукт, содержащий по существу углеводороды, имеющие два атома углерода. Газообразный продукт из верхней части, содержащий по существу метан и водород, извлекают в верхней части ректификационной колонны в виде верхнего потока и охлаждают до примерно  $-160^{\circ}\text{C}$  путем расширения в детандере.

Расширенный верхний поток используют для охлаждения и по меньшей мере частичного сжижения первого газообразного потока вещества из ректификационной колонны в первом пластинчатом теплообменнике и второго газообразного потока вещества во втором пластинчатом теплообменнике. Используемая ректификационная колонна состоит из двух частей, и газообразные потоки вещества, которые были, по меньшей мере частично, сжижены в каждом случае, используют как обратный поток в две части ректификационной колонны. Затем расширенный верхний поток используют для охлаждения C2минус потока и, следовательно, используют в образовании конденсатов.

Соответствующий способ также описан в DE 10 2005 050 388 A1. Кроме того, в FR 2 957 931 A1 и JP S61 189233 A показаны способы обработки газовых смесей из способов парового крекинга.

Недостаток указанного способа состоит в том, что указанные пластинчатые теплообменники, которые применяют для охлаждения и частичного сжижения первого газообразного потока вещества и второго газообразного потока вещества из

ректификационной колонны, должны быть расположены выше ректификационной колонны, чтобы эти потоки вещества или сжиженные фракции могли протекать обратно в ректификационную колонну в виде обратного потока. Расширенный верхний поток с некоторой фракцией жидкости из-за расширения нужно переместить обратно в эти пластинчатые теплообменники сложным путем. Применение расширенного верхнего потока в качестве охладителя в пластинчатых теплообменниках на большой высоте сопряжено с техническими сложностями, поскольку жидкая фаза и газовая фаза предпочтительно направляются по отдельности в пластинчатые теплообменники, и может поддерживаться меньшее падение давления.

В итоге, монтаж пластинчатых теплообменников сверху ректификационной колонны является неудобным и затратным. То же справедливо при сравнении дегидрометанизации смеси компонентов, содержащей не только углеводороды, имеющие два атома углерода, но еще и более тяжелые углеводороды. Таким образом, задача, на решение которой направлено настоящее изобретение, состоит в решении указанных недостатков уровня техники.

#### Описание изобретения

В отличие от уровня техники, в настоящем изобретении предложен способ разделения смеси компонентов, содержащей по существу углеводороды, имеющие два или два или более атомов углерода, метан и водород, и соответствующее устройство разделения, которые имеют соответствующие признаки, указанные в независимых пунктах формулы изобретения. Предпочтительные конфигурации являются предметом зависимых пунктов формулы изобретения и нижеследующего описания.

Перед тем, как раскрыть признаки и преимущества настоящего изобретения, будут раскрыты основы и даны определения используемым терминам.

Настоящее изобретение, в частности, используют для разделения смесей компонентов, которые получают способами парового крекинга. Однако этим оно не ограничивается. Смесь компонентов, содержащая по существу углеводороды, имеющие два или два или более атомов углерода, метан и водород, если она произведена способом парового крекинга, образуется как фракция «крекинг-газа», полученного в способе парового крекинга. С этой целью соответствующий крекинг-газ обычно освобождают от воды, кислых газов и масло- и бензиноподобных компонентов, и сжимают, как уже было указано. После этого он представляет собой смесь компонентов, содержащую по существу углеводороды, имеющие два или более атомов углерода, метан и водород. Смесь

компонентов, содержащая по существу углеводороды, имеющие два атома углерода, метан и водород, может, в свою очередь, образовываться из нее путем удаления углеводородов, имеющих три или возможно более атомов углерода, особенно посредством ректификации. Согласно настоящему изобретению может быть переработана («деметанизирована») либо смесь компонентов, содержащая по существу углеводороды, имеющие два или более атомов углерода, метан и водород, либо смесь компонентов, содержащая по существу углеводороды, имеющие два атома углерода, метан и водород.

Стандартные способы включают разделение крекинг-газа на ряд фракций на основании разных температур кипения присутствующих компонентов. Эти фракции называют в уровне техники с помощью сокращений, указывающих число атомов углерода в углеводородах, преимущественно или исключительно присутствующих в каждом случае. Таким образом, «С1 фракция» представляет собой фракцию, содержащую преимущественно или исключительно метан (но путем превращения в некоторых случаях также водород, поэтому также называемую «С1минус фракция»). Напротив, «С2 фракция» содержит преимущественно или исключительно этан, этилен и/или ацетилен. «С3 фракция» преимущественно содержит пропан, пропилен, метилацетилен и/или пропадиен. «С4 фракция» содержит преимущественно или исключительно бутан, бутен, бутадиен и/или бутин, причем соответствующие изомеры могут присутствовать в разных соотношениях в зависимости от источника С4 фракции. То же относится, соответственно, к «С5 фракции» и фракциям с более высокой молекулярной массой. Несколько фракций такого типа могут быть также объединены в смысле способа и/или назначения. Например, «С2плюс фракция» содержит преимущественно или исключительно углеводороды, имеющие два или более атомов углерода, а «С2минус фракция» содержит преимущественно или исключительно углеводороды, имеющие один или два атома углерода.

В используемой в настоящей заявке терминологии смеси компонентов могут быть насыщены или бедны одним или более компонентов, причем «насыщенный» может соответствовать содержанию по меньшей мере 90 %, 95 %, 99 %, 99,5 %, 99,9 %, 99,99 % или 99,999 %, а «бедный» может соответствовать содержанию не более 10 %, 5 %, 1 %, 0,1 %, 0,01 % или 0,001 % в молях, по массе или по объему. В используемой в настоящей заявке терминологии смеси компонентов также могут быть обогащены или обеднены одним или более компонентов, причем эти термины относятся к содержанию в другой смеси компонентов, из которой была получена интересующая смесь компонентов. Смесь компонентов «обогащена», когда она содержит не менее 1,1-кратного, 1,5-кратного, 2-

кратного, 5-кратного, 10-кратного, 100-кратного или 1000-кратного содержания, и «обеднена», когда она содержит не более 0,9-кратного, 0,5-кратного, 0,1-кратного, 0,01-кратного или 0,001-кратного содержания компонента, в расчете на другую смесь компонентов. Если в данной заявке говорится, что смесь компонентов содержит «по существу» один или более компонентов, это, в частности, следует понимать так, что смесь компонентов по меньшей мере насыщена одним или более компонентов в указанном выше смысле или исключительно содержит один или более компонентов.

Смесь компонентов «получена» из другой смеси компонентов, когда она содержит по меньшей мере некоторые компоненты, присутствующие в или полученные из другой смеси компонентов. Смесь компонентов, полученная таким образом, может быть получена из другой смеси компонентов путем отделения или отведения части или одного или более компонентов, обогащения или обеднения в отношении одного или более компонентов, химического или физического превращения одного или более компонентов, нагревания, охлаждения, сжатия и тому подобного.

Термины «уровень давления» и «уровень температуры» используют в настоящей заявке, чтобы охарактеризовать давления и температуры, они предназначены, чтобы выразить тот факт, что соответствующие давления и температуры не обязательно должны использоваться в виде точных значений давления/температуры. Однако такие давления и температуры обычно изменяются в определенных диапазонах, например,  $\pm 1\%$  или  $10\%$  от среднего значения. Соответствующие уровни давления и уровни температуры могут находиться в непересекающихся диапазонах или в пересекающихся диапазонах. Более конкретно, уровни давления включают небольшую разницу давлений, которая возникает из-за неизбежных или ожидаемых падений давления. То же касается уровней температуры. Уровни давления, указанные в данной заявке в барах, являются абсолютными давлениями.

«Теплообменник» служит для не прямой передачи тепла между по меньшей мере двумя потоками вещества, проводимыми, например, в противотоке друг к другу, например, более теплым газообразным потоком вещества и одним или более более холодных жидких потоков вещества. Теплообменник может быть сформирован из одной секции теплообменника или множества параллельно и/или последовательно соединенных секций теплообменника, например, одного или более блоков пластинчатых теплообменников. Теплообменник имеет «проходы», сформированные в виде отдельных каналов для текучей среды, с поверхностями для теплообмена.

«Жидкостной сепаратор» или «резервуар разделения» представляет собой сосуд, в

котором жидкость, называемую конденсатом, отделяют от газообразного потока вещества или выделяют из двухфазного потока (который частично находится в жидком состоянии и частично в газообразном состоянии). Конденсат может быть удален по меньшей мере частично в газообразном состоянии из жидкостного сепаратора (обычно из верхней области, «сверху»).

В используемой в настоящей заявке терминологии «ректификационная колонна» представляет собой блок для разделения, предназначенный для по меньшей мере частичного разделения на фракции смеси компонентов (текучей среды), обеспеченной в газообразной или жидкой форме или в форме двухфазной смеси, имеющей жидкий и газообразный компоненты, возможно даже в сверхкритическом состоянии, то есть для получения чистых веществ или смеси компонентов в каждом случае из смеси компонентов, которые обогащены/обеднены или насыщены/бедны в отношении по меньшей мере одного компонента по сравнению со смесью компонентов в указанном выше смысле. Ректификационные колонны достаточно хорошо известны в области технологии разделения. Ректификационные колонны обычно имеют форму цилиндрических металлических сосудов, снабженных внутренними элементами, например, ректификационные тарелки или упорядоченные или неупорядоченные насадки. Одной из особенностей ректификационной колонны является то, что жидкая фракция отделяется в ее нижней области, называемой также кубом. Эту жидкую фракцию, называемую в данной заявке кубовой жидкостью, нагревают в ректификационной колонне с помощью ребойлера, так что часть кубовой жидкости непрерывно испаряется и поднимается в газообразном состоянии в ректификационной колонне. Ректификационная колонна также обычно снабжена так называемым верхним конденсатором, в который подают по меньшей мере часть газовой смеси, которая накапливается в верхней области ректификационной колонны, или соответствующий чистый газ, называемый в данной заявке верхним газом, частично сжижают с получением конденсата и применяют в качестве обратного потока жидкости в верхней части ректификационной колонны. Часть конденсата, полученного из верхнего газа, можно использовать некоторыми другими способами. Что касается конструкции и конкретной конфигурации ректификационных колонн, приводится ссылка на соответствующие учебники (см., например, Sattler, K: *Thermische Trennverfahren: Grundlagen, Auslegung, Apparate* [Thermal Separation Processes: Basics, Design, Apparatuses], 3rd edition 2001, Weinheim; Wiley-VCH).

В используемой в настоящей заявке терминологии «устройство перегонки» представляет собой устройство разделения, имеющее по меньшей мере два разных блока

перегонки. Устройство перегонки может, например, представлять собой ректификационную колонну или содержать компоненты, обычные для ректификационной колонны. Устройство перегонки может также принимать форму ректификационной колонны, имеющей две секции, отделенные одна от другой с помощью тарелки, где жидкость накапливается на тарелке и по желобу стекает в нижнюю секцию и, следовательно, образует обратный поток в нижнюю секцию. Обмен жидкости также возможен по контурам.

#### Преимущества настоящего изобретения

Настоящее изобретение проистекает из известного в этом отношении способа разделения смеси компонентов, содержащей по существу углеводороды, имеющие два или два или более атомов углерода, и метан и водород. Как указывалось выше, смесь компонентов этого типа может принимать форму крекинг-газа, который был обработан, но еще не был подвержен способам разделения, или же С<sub>2</sub>минус фракции. Способ такого типа проводят, используя устройство перегонки, в котором поток вещества, содержащий метан и водород, отделяют от более тяжелой фракции, то есть образуется смесь компонентов, содержащая по существу углеводороды, имеющие два или два или более атомов углерода, и смесь компонентов, содержащая по существу метан и водород.

В таком способе текучую среду из смеси компонентов при первом уровне давления постепенно охлаждают от первого уровня температуры через два или более промежуточных уровней температуры до второго уровня температуры. На каждом из промежуточных уровней температуры из текучей среды отделяют конденсаты при первом уровне давления, то есть в каждом случае без расширения.

Если в данной заявке указано, что «текучая среда из потока вещества» или «текучая среда из смеси компонентов» обработана каким-то образом, это означает, например, что используют всю текучую среду, текучую среду, полученную из исходной текучей среды, или подпоток потока вещества, который образовался из соответствующей текучей среды. Более конкретно, на указанной выше стадии способа конденсат и фракция, которая остается в газообразном состоянии, образуются в каждом случае из соответствующей текучей среды. Фракцию, которая остается в газообразном состоянии, охлаждают в каждом случае до следующего уровня наиболее низкой температуры (то есть промежуточных уровней температуры или, в итоге, второго уровня температуры).

Текучую среду из смеси компонентов, которая остается в газообразном состоянии при втором уровне температуры, то есть текучую среду, которая не отделяется в форме

соответствующих конденсатов, подают в детандер при первом уровне давления и расширяют до второго уровня давления, причем результатами расширения являются охлаждение и частичная конденсация и, следовательно, образование двухфазного потока, содержащего жидкую и газообразную часть.

Каждый из конденсатов, образованных путем охлаждения до промежуточных уровней температуры и второго уровня температуры, и двухфазного потока подают, по меньшей мере частично, в устройство перегонки, которое эксплуатируют при втором уровне давления, где по меньшей мере один жидкий поток вещества, содержащий по существу углеводороды, имеющие два или два или более атомов углерода, и газообразный поток вещества, содержащий по существу метан и водород, получают в устройстве перегонки и извлекают из устройства перегонки.

В этом способе текучую среду из каждого из конденсатов, образованных при охлаждении до промежуточных уровней температуры и второго уровня температуры, и из двухфазного потока расширяют от первого уровня давления до второго уровня давления, который ниже первого уровня давления, и подают в устройство перегонки, которое эксплуатируют при втором уровне давления.

Согласно настоящему изобретению, указанный второй уровень температуры составляет от  $-125$  до  $-150^{\circ}\text{C}$ , в частности примерно  $-145^{\circ}\text{C}$ . Это значительно ниже соответствующих уровней температуры, используемых в способах согласно уровню техники при охлаждении соответствующих подаваемых смесей. Ссылка сделана на пример на фиг. 1. Благодаря последовательному сжатию, уровень температуры значительно снижается еще раз, в данном примере от примерно  $-145^{\circ}\text{C}$  до, в частности, примерно  $-162^{\circ}\text{C}$ .

Согласно настоящему изобретению, устройство перегонки содержит первый блок перегонки и второй блок перегонки, причем первый блок перегонки эксплуатируют при третьем уровне температуры в его верхней части, который ниже второго уровня температуры, причем второй блок перегонки эксплуатируют при четвертом уровне температуры в его верхней части, который выше второго уровня температуры. Жидкую часть двухфазного потока, по меньшей мере частично, подают в первый блок перегонки. Однако это не исключает возможности, что газообразную часть двухфазного потока также можно подавать, по меньшей мере частично, в первый блок перегонки. С другой стороны, жидкую часть двухфазного потока используют в качестве флегмы. Дополнительный эффект, однако, состоит в том, что низкая температура расширенного двухфазного потока (например, приблизительно  $-162^{\circ}\text{C}$ ) дает еще больше жидкости из поднимающегося потока

газа из первого блока разделения. Это происходит потому, что уровень температуры двухфазного потока после расширения еще ниже, чем третий уровень температуры в верхней части колонны (например, приблизительно  $-152^{\circ}\text{C}$ ). Указанные прямые и не прямые эффекты могут вносить равный вклад в образование флегмы.

В частности, жидкая часть двухфазного потока или его соответствующее частичное количество подают в верхнюю область, близкую к верхней части первого блока перегонки, или вблизи его верхней части, при этом область, близкая к верхней части, представляет, в частности, область без тарелок и/или насадок, которая расположена непосредственно ниже верхнего крана первого блока перегонки. Термином «голова» обозначают самую верхнюю часть блока перегонки, выше которой соответствующий блок перегонки не имеет дополнительных разделяющих тарелок или насадок.

Предпочтительно, в контексте настоящего изобретения, первый блок перегонки эксплуатируют без флегмы, которая образуется текучей средой, выводимой в газообразном состоянии из первого блока перегонки. Другими словами, первый блок перегонки преимущественно эксплуатируют без головного конденсатора. Второй блок перегонки, который может, в частности, располагаться по вертикали ниже первого блока перегонки, эксплуатируют, в частности, с головным конденсатором, который также может располагаться выше первого блока перегонки по вертикали. Назначение головного конденсатора в блоке перегонки возникает как результат текучей среды или обработанного там головного газа, но не расположения.

Жидкий поток вещества, включающий по существу углеводороды, имеющие два или два или более атомов углерода, извлекают из куба второго блока перегонки, а газообразный поток вещества, включающий по существу метан и водород, - из верхней области первого блока перегонки.

Третий уровень температуры, который ниже второго уровня температуры, в верхней части первого блока перегонки является, в частности, следствием подачи текучей среды, которую охладили до второго уровня температуры и затем расширили, то есть двухфазного потока. Преимущественно, газообразную текучую среду, которую возвращают рециклом в первый блок перегонки в качестве обратного потока в сжиженном состоянии, не выводят из первого блока перегонки; вместо этого, всю текучую среду, подаваемую в первый блок перегонки в жидком состоянии, обеспечивают исключительно в виде конденсатов, образованных путем охлаждения до промежуточных уровней температуры и второго уровня температуры, и/или в виде жидкой фракции двухфазного потока, или части каждого из них.

Эксплуатация первого блока перегонки при третьем уровне температуры в верхней части и подача, в частности, двухфазного потока в первый блок перегонки или жидкой флегмы в него означает, что возможно получить верхний поток, который по существу свободен от углеводородов, имеющих два атома углерода, а именно газообразный поток уже указанного вещества, который содержит по существу метан и водород, без необходимости образования флегмы из верхних газов с помощью отдельных теплообменников, которые, в частности, расположены выше верхней части ректификационной колонны, как сделано для этой цели в уровне техники.

Четвертый уровень температуры, который выше второго уровня температуры, в верхней области второго блока перегонки достигают, в частности, с помощью температур конденсаторов, подаваемых в устройство перегонки, которые получают путем охлаждения до промежуточных уровней температуры и второго уровня температуры. Эксплуатация при соответственно более высоком уровне температуры, который также выше соответствующего уровня температуры согласно уровню техники, обеспечивает образование обратного потока во втором блоке перегонки без необходимости значительного охлаждения, как для этой цели сделано в уровне техники. Вместо этого, можно использовать для этой цели известные охладители, такие как этилен. Этиленовый охлаждающий контур в любом случае присутствует в соответствующей установке для охлаждения подаваемой смеси, как уже указано.

В настоящем изобретении возвращаемый рециклом газообразный поток вещества выводится так, как и в уровне техники, из устройства перегонки, но только из указанного второго блока перегонки, подается в конденсатор, охлаждается в конденсаторе и сжимается, и применяется в устройстве для перегонки или втором блоке его перегонки в качестве обратного потока. В то же время, конденсатор эксплуатируют при уровне температуры, который выше второго уровня температуры. Таким образом, устройство перегонки преимущественно имеет конденсатор, который эксплуатируют при таком уровне температуры.

Применение мер согласно изобретению позволяет избежать необходимости, как в уровне техники, охлаждать первый газообразный поток вещества из ректификационной колонны в первом пластинчатом теплообменнике и второй газообразный поток вещества во втором теплообменнике до очень низких температур и сжимать их, чтобы иметь возможность обеспечить обратный поток в ректификационную колонну. В отличие от известного способа, настоящее изобретение таким образом дает возможность отказаться от двух пластинчатых теплообменников в верхней области ректификационной колонны, в

которых, как правило, используют практически всю С1минус фракцию в качестве охладителя, и которую нужно передавать в пластинчатые теплообменники сложным образом.

Согласно настоящему изобретению, указанный третий уровень температуры составляет от  $-150$  до  $-170^{\circ}\text{C}$ , в частности примерно  $-162^{\circ}\text{C}$ . Это значительно ниже уровней температуры, который используют в способах согласно уровню техники при охлаждении соответствующих подаваемых смесей. Ссылка сделана на пример на фиг. 1. Указанный четвертый уровень температуры составляет от  $-50$  до  $-130^{\circ}\text{C}$ . То же справедливо для уровня температуры в указанном конденсаторе. Первый уровень давления в частности составляет от 25 до 30 бар, второй уровень давления - от 10 до 15 бар.

Применение решения согласно настоящему изобретению сохраняет массовый баланс и энергетический баланс соответствующей системы практически неизменными и не оказывает какого-либо дополнительного влияния на способ в целом. Настоящее изобретение позволяет снизить капитальные затраты и упростить монтаж установки.

Преимущественно, текучую среду из газообразного потока вещества, извлеченного из устройства перегонки, который содержит по существу метан и водород, то есть верхний газ из устройства перегонки или из первого блока перегонки устройства перегонки, используют по меньшей мере для охлаждения текучей среды из смеси углеводородов от первого уровня температуры через промежуточные уровни температуры до второго уровня температуры. Это обеспечивает эффективное охлаждение соответствующей текучей среды. В этом случае, в частности, можно провести дополнительное охлаждение, чтобы получить необходимые низкие температуры. Газообразный поток вещества, извлеченный из устройства перегонки, выводят из него, например, при температуре от  $-150$  до  $-160^{\circ}\text{C}$ , в частности примерно  $-153^{\circ}\text{C}$ . Соответствующий уровень температуры на этом этапе называют также пятым уровнем температуры.

Один из промежуточных уровней температуры преимущественно составляет от  $-120$  до  $-125^{\circ}\text{C}$ , и один из промежуточных уровней температуры – от  $-140$  до  $-145^{\circ}\text{C}$ . Холодный верхний газ с пятого уровня температуры предпочтительно используют для охлаждения фракции смеси компонентов, которая осталась в газообразном состоянии при конденсации выше по потоку от промежуточного уровня температуры при от  $-120$  до  $-125^{\circ}\text{C}$  до промежуточного уровня температуры при от  $-140$  до  $-145^{\circ}\text{C}$ , с нагреванием верхнего газа до уровня температуры от  $-120$  до  $-130^{\circ}\text{C}$ , например, примерно  $-126^{\circ}\text{C}$ .

После этого верхний газ предпочтительно охлаждают в детандере до уровня температуры от  $-150$  до  $-160^{\circ}\text{C}$ , например, примерно  $-157^{\circ}\text{C}$  и используют для охлаждения в соответствующих конденсациях фракций смеси компонентов выше по потоку, которые остались в газообразном состоянии, до промежуточных уровней температуры, например, от  $-120$  до  $-125^{\circ}\text{C}$ , от  $-95$  до  $-100^{\circ}\text{C}$ , от  $-74$  до  $-79^{\circ}\text{C}$  и от  $-48$  до  $-53^{\circ}\text{C}$ . Кроме того, этиленовый охладитель используют для проведения соответствующего охлаждения до промежуточных уровней температуры.

Предпочтительно кубовую жидкость из первого блока разделения собирают и передают во второй блок разделения, чтобы он служил в качестве обратного потока или в качестве охладителя во втором блоке разделения.

Способ согласно настоящему изобретению особенно подходит для разделения смеси компонентов, которую получают из крекинг-газа, полученного с помощью способа парового крекинга.

В настоящем изобретении также предложено соответствующее устройство разделения. Устройство разделения предназначено для разделения смеси компонентов, содержащей по существу углеводороды, имеющие два или два или более атомов углерода, и метан и водород, и имеет устройство перегонки, конденсатор и по меньшей мере один детандер. Что касается других составляющих соответствующей установки, сделана ссылка на приведенные выше указания.

Настоящее изобретение и воплощения настоящего изобретения более конкретно поясняются со ссылкой на прилагаемые чертежи.

#### Краткое описание чертежей

На фиг. 1 показано устройство разделения для разделения смеси компонентов согласно уровню техники.

На фиг. 2 показано устройство разделения для разделения смеси компонентов в одном воплощении настоящего изобретения.

На фиг. 3 показано устройство разделения для разделения смеси компонентов во втором воплощении настоящего изобретения.

На фиг. 4 показано устройство разделения для разделения смеси компонентов в третьем воплощении настоящего изобретения.

#### Подробное описание чертежей

На чертежах соответствующие элементы имеют одинаковые ссылочные

обозначения и для ясности повторно не поясняются. На следующих чертежах изобретение описано со ссылкой на разделительную обработку смеси компонентов, содержащей по существу углеводороды, имеющие два атома углерода, и метан и водород. Но он также подходит для разделения смеси компонентов, содержащей по существу углеводороды, имеющие два или более атомов углерода, и метан и водород.

На фиг. 1 приведено устройство разделения для разделения смеси компонентов в воплощении, не относящемся к настоящему изобретению. Устройство разделения в целом обозначено 200 и предназначено для разделения смеси компонентов, содержащей по существу углеводороды, имеющие два атома углерода, метан и водород (то есть C<sub>2</sub>минус фракции). C<sub>2</sub>минус фракцию подают в устройство 200 разделения в форме потока а вещества.

Устройство 200 разделения содержит первый теплообменник 1, второй теплообменник 2 и третий теплообменник 3. Поток а вещества сначала направляют через первый теплообменник 1 и там охлаждают. Потом его подают в первый жидкостной сепаратор 31. Охлаждение в первом теплообменнике 1 проводят путем отделения жидкого конденсата в первом жидкостном сепараторе 31. Его извлекают у основания первого жидкостного сепаратора 31 в качестве потока б вещества. Дальнейшее использование потока б вещества поясняется ниже.

Фракцию потока а вещества, которая осталась в газообразном состоянии в первом жидкостном сепараторе 31, направляют в виде потока с вещества через второй теплообменник 2 и затем подают во второй жидкостной сепаратор 32. В последнем также отделяют жидкий конденсат у основания и извлекают в виде потока d вещества. Фракцию потока с вещества, которая еще осталась в газообразном состоянии, направляют в виде потока e вещества через третий теплообменник 3 и затем подают в третий жидкостной сепаратор 33. В последнем также отделяют жидкий конденсат у основания и извлекают в виде потока f вещества. Фракцию потока e вещества, которая еще осталась в газообразном состоянии, направляют в детандер 20 в виде потока k вещества, расширяют и по меньшей мере частично сжижают. Двухфазный поток, образованный таким образом, обеспечивают в виде потока l вещества.

Устройство 200 разделения также содержит ректификационную колонну 50, которую эксплуатируют с ребойлером 14, который больше не будет указываться далее, теплообменник, который работает, например, с потоком пропилена, который поступает из других компонентов установки. К ректификационной колонне 50 также относятся два пластинчатых теплообменника 15 и 16, работа которых будет пояснена ниже.

Ректификационная колонна 50 имеет две секции 51 и 52.

Благодаря последовательному охлаждению потоков а, с, е и к вещества, конденсаты, полученные соответственно, которые получают в виде потоков b, d, f и l вещества, имеют разные содержания углеводородов, имеющих два атома углерода, метан и водород. Более конкретно, поток l вещества имеет более высокое содержание метана и водорода, чем поток f вещества, поток f вещества имеет более высокое содержание метана и водорода, чем поток d вещества, и поток d вещества имеет более высокое содержание метана и водорода, чем поток b вещества.

Потоки b, d, f и l вещества, следовательно, подают в ректификационную колонну 50 на разных уровнях, которая имеет устройства ввода, подходящие для этой цели, между тарелками, которые показаны здесь в очень схематичном виде.

Газообразный поток n вещества извлекают из верхней части ректификационной колонны 50 и расширяют в детандере 21 и в результате существенно охлаждают или по меньшей мере частично сжижают. Поток n вещества преимущественно содержит метан и водород (это, таким образом, «С1минус» фракция). Сжиженный поток n вещества проводят через два пластинчатых теплообменника 15 и 16 и используют для охлаждения в нем. После этого поток n вещества проводят через теплообменник 2 и используют для охлаждения газообразного потока с вещества, и проводят через теплообменник 1 и используют для охлаждения газообразного потока а вещества. После этого поток n вещества, в частности после использования в блоке 99 предварительного охлаждения, проводят через два бустера 22 и 23, соединенных с детандерами 20 и 21, и выгружают из установки в виде хвостового газа.

В кубе ректификационной колонны 50 отделяют жидкий конденсат, по существу состоящий из углеводородов, имеющих два атома углерода (то есть «С2» фракцию). Конденсат извлекают в виде потока о вещества, нагревают в первом теплообменнике 1 и потом, например, направляют в дополнительное устройство разделения, такое как С2 отгонная колонна.

Газообразный поток m1 вещества выводят в газообразном состоянии из ректификационной колонны 50 в первом положении, охлаждают в пластинчатом теплообменнике 16 и, таким образом, по меньшей мере частично сжижают и направляют в ректификационную колонну 50 во втором положении в виде обратного потока, то есть направляют обратно в ректификационную колонну 50 самотеком. Дополнительный газообразный поток m2 вещества выводят в газообразном состоянии из ректификационной колонны 50 в третьем положении, охлаждают в пластинчатом

теплообменнике 15 и, таким образом, по меньшей мере частично сжижают и направляют в ректификационную колонну 50 в четвертом положении в виде обратного потока, то есть направляют обратно в ректификационную колонну 50 самотеком, при этом первое положение расположено ниже второго положения, второе положение расположено ниже третьего положения, и третье положение расположено ниже четвертого положения. Как указано выше, в пластинчатых теплообменниках 15 и 16 сжиженный поток  $n$  вещества используют для охлаждения потоков  $m1$  и  $m2$  вещества, и он сложным путем должен быть перемещен в пластинчатые теплообменники, которые находятся высоко. Монтаж этих пластинчатых теплообменников 15 и 16 в верхней части ректификационной колонны 50 является неудобным и затратным.

На фиг. 2 приведено устройство 100 разделения в одном воплощении настоящего изобретения. Устройство 100 разделения содержит существенные компоненты устройства 200 разделения, показанные на фиг. 1. Они не будут описываться еще раз.

В устройстве 100 разделения ректификационная колонна тоже снабжена двумя секциями. Она обозначена в данной заявке как устройство 10 перегонки. Две ее секции обозначены в данной заявке как первый блок 11 перегонки и второй блок 12 перегонки. Устройство разделения снабжено конденсатором 13. В устройстве 100 разделения первый блок 11 перегонки расположен выше второго блока 12 перегонки. Конденсатор 13 также расположен выше первого блока 11 перегонки. Однако, в отличие от устройства 200 разделения, показанного на фиг. 1, здесь не использовали пластинчатые теплообменники 15 и 16. Поток  $m$  вещества, соответствующий потоку  $m1$  вещества в устройстве 100 разделения, охлаждают с помощью этиленового охладителя в конденсаторе 13 и по меньшей мере частично сжижают. Газообразный поток  $m$  вещества выводят из верхней области второго блока 12 перегонки и подают в нижнюю область первого блока 11 перегонки. Поскольку первый блок 11 перегонки и второй блок 12 перегонки отделены друг от друга с помощью поддерживающей тарелки для жидкости, рециклированный поток  $m$  вещества служит для обеспечения обратного потока во второй блок 12 перегонки. Здесь нет потока вещества, соответствующего потоку  $m2$  вещества в устройстве 100 разделения. Вместо этого, обеспечивают обратный поток в первый блок 11 перегонки, как поясняется ниже.

Последовательное охлаждение  $S2$ минус потока  $a$  продолжают с помощью теплообменника 4 для охлаждения газообразного потока  $g$  вещества и теплообменника 5 для охлаждения газообразного потока  $i$  вещества. Дополнительно к конденсатам или

потокам b, d, f и l вещества, конденсаты или потоки h и j вещества отделяют в дополнительных жидкостных сепараторах 34 и 35. Фракции, которые остаются в газообразном состоянии в каждом случае, направляют через теплообменники 4 и 5 в форме потоков g и i вещества и охлаждают до промежуточных уровней температуры при от  $-120$  до  $-125^{\circ}\text{C}$  (поток g) или от  $-140$  до  $-145^{\circ}\text{C}$  (поток i). Поскольку поток j вещества имеет более высокое содержание метана и водорода, чем поток h вещества, а поток h вещества имеет более высокое содержание метана и водорода, чем поток f вещества, их подают в устройство 10 перегонки на разных уровнях.

Поток l вещества образуется в устройстве 200 разделения аналогично потоку l вещества в устройстве 100 разделения, но находится при значительно более низкой температуре благодаря дополнительному охлаждению в теплообменниках 4 и 5. Благодаря дополнительному охлаждению, можно, в частности, использовать потоки j и l вещества в качестве обратного потока в первый блок 11 перегонки. Следовательно, сжижение потока m2 вещества, как в устройстве 100 разделения, не требуется, и поэтому, как указывалось, можно обойтись без теплообменников 15 и 16.

Поскольку в настоящем изобретении газообразный поток n вещества, который выводят в верхней части устройства перегонки, не нужно использовать для охлаждения в пластинчатых теплообменниках 15 и 16, его можно использовать для охлаждения в теплообменниках 1, 2, 3, 4 и 5. Таким образом можно достичь указанных низких температур.

На фиг. 3 приведено устройство 300 разделения в еще одном воплощении настоящего изобретения. В этом случае, устройство разделения согласно уровню техники дополнительно снабжено только теплообменником 4 и жидкостным сепаратором 34.

На фиг. 1-3, каждый теплообменник 1-3 охлаждают с использованием дополнительных потоков u, v, w и x вещества. Потоки u, v и w вещества представляют собой этиленовый охладитель при разных уровнях давления; поток x вещества представляет собой, например, возвращенный рециклом поток этана. Поток w соответственно обозначает поток этиленового охладителя через конденсатор 13.

На фиг. 4 показан блок 40 перегонки в еще одном воплощении настоящего изобретения. В этом случае, конденсатор 13 расположен между первым блоком 11 перегонки и вторым блоком 12 перегонки, причем первый блок 11 перегонки расположен выше конденсатора, а конденсатор 13 - выше второго блока 12 перегонки. Массоперенос

осуществляется в форме потока  $p$  вещества и потока  $q$  вещества.

Кроме того, можно было бы напрямую интегрировать конденсатор 13 в блок 40 перегонки, например, в форме кожухотрубчатого устройства или блок между первым блоком 11 перегонки и вторым блоком 12 перегонки. Соответственно, можно было бы обойтись без внутренних элементов, таких как жидкостное уплотнение.

В таблице ниже приведены температуры выбранных потоков вещества. Числа в скобках представляют собой предпочтительные интервалы температур; значения после скобок относятся к предпочтительному примеру.

<b>Устройство разделения</b>	<b>200</b>	<b>100</b>	<b>300</b>
Поток а вещества выше по потоку от теплообменника 1	(от -25 до -35°C) -32°C	(от -25 до -35°C) -32°C	(от -25 до -35°C) -32°C
Поток а вещества ниже по потоку от теплообменника 1	(от -45 до -55°C) -51°C	(от -45 до -55°C) -51°C	(от -45 до -55°C) -51°C
Поток с вещества ниже по потоку от теплообменника 2	(от -70 до -80°C) -76°C	(от -74 до -80°C) -76°C	(от -74 до -80°C) -76°C
Поток е вещества ниже по потоку от теплообменника 3	(от -95 до -100°C) -97°C	(от -95 до -100°C) -97°C	(от -95 до -100°C) -97°C
Поток g вещества ниже по потоку от теплообменника 4		(от -115 до -125°C) -122°C	(от -135 до -145°C) -143°C
Поток i вещества ниже по потоку от теплообменника 5		(от -135 до -145°C) -143°C	
Поток l вещества ниже по потоку от детандера 20	(от -112 до -118°C) -115°C	(от -155 до -165°C) -162°C	(от -155 до -165°C) -162°C
Поток n вещества после вывода	(от -150 до -155°C) -152°C	(от -150 до -155°C) -153°C	(от -150 до -155°C) -153°C
Поток о вещества после вывода	(от -35 до -45°C) -36°C	(от -35 до -45°C) -36°C	(от -35 до -45°C) -36°C

## Формула изобретения

1. Способ разделения смеси компонентов (С<sub>2</sub>минус), содержащей по существу углеводороды, имеющие два или два или более атомов углерода, метан и водород, с помощью устройства (10) для перегонки, в котором:

– текучую среду (а, с, е, g, i) из смеси компонентов (С<sub>2</sub>минус) при первом уровне давления постепенно охлаждают от первого уровня температуры через два или более промежуточных уровней температуры до второго уровня температуры, с выделением конденсатов (b, d, f, h, j) из текучей среды (а, с, е, g, i) на каждом из промежуточных уровней температуры,

– текучую среду (k) из смеси компонентов (С<sub>2</sub>минус), которая остается в газообразном состоянии при втором уровне температуры, охлаждают путем расширения от первого уровня давления до второго уровня давления, который ниже первого уровня давления, с образованием двухфазного потока (l), содержащего жидкую и газообразную часть,

– текучую среду из конденсатов (b, d, f, h, j) и текучую среду из двухфазного потока (l) подают в устройство (10) перегонки, которое эксплуатируют при втором уровне давления, где по меньшей мере один жидкий поток (o) вещества, содержащий по существу углеводороды, имеющие два или два или более атомов углерода, и газообразный поток (n) вещества, содержащий по существу метан и водород, получают в устройстве (10) перегонки и извлекают из устройства (10) перегонки,

**отличающийся тем, что**

– второй уровень температуры составляет от -125 до -150°С,  
– устройство (10) перегонки имеет первый блок (11) перегонки и второй блок (12) перегонки, причем первый блок (11) перегонки эксплуатируют при третьем уровне температуры в его верхней части, который ниже второго уровня температуры, а второй блок (12) перегонки эксплуатируют при четвертом уровне температуры в его верхней части, который ниже второго уровня температуры, и

– жидкую часть двухфазного потока, по меньшей мере частично, подают в первый блок (11) перегонки.

2. Способ по п. 1, в котором устройство (10) перегонки имеет конденсатор (13), который эксплуатируют на температурном уровне, который выше второго уровня температуры.

3. Способ по п. 2, в котором текучую среду из конденсатов (b, d, f, h, j) подают, по меньшей мере частично, в первый и второй блоки (11) перегонки устройства (10) перегонки.

4. Способ по любому из пп. 2 и 3, в котором газообразный поток (m) вещества извлекают из второго блока (12) перегонки устройства (10) перегонки, охлаждают в конденсаторе (13) и используют для обеспечения жидкого обратного потока во второй блок (12) перегонки.

5. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором жидкий поток (o) вещества расширяют от второго уровня давления до уровня давления, который ниже второго уровня давления.

6. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором текучую среду (a, c, e, g, i) из смеси компонентов (C2минус) охлаждают с использованием этанового и/или этиленового охладителя при разных уровнях давления от первого уровня температуры через промежуточные уровни до второго уровня температуры.

7. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором промежуточные уровни температуры включают промежуточный уровень температуры при от -48 до -53°C, и/или промежуточный уровень температуры при от -74 до -79°C, и/или промежуточный уровень температуры при от -95 до -100°C, и/или промежуточный уровень температуры при от -120 до -125°C, и/или промежуточный уровень температуры при от -140 до -145°C.

8. Способ по любому из пп. 2-4, в котором газообразный поток (m) вещества охлаждают в конденсаторе (13) этиленовым охладителем.

9. Способ по любому из пп. 2-4 или 8, в котором конденсатор (13) расположен между первым блоком (11) перегонки и вторым блоком (12) перегонки.

10. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором текучую среду из газообразного потока (n) вещества, которую извлекают из устройства (10) перегонки, используют по меньшей мере для охлаждения текучей среды (a, c, e, g, i) из углеродной смеси (C2минус) от первого уровня температуры через промежуточные уровни температуры до второго уровня температуры.

11. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором текучую среду из газообразного потока (n) вещества, который извлекают из устройства (10) перегонки, расширяют в дополнительном детандере (21) до третьего уровня давления, который ниже второго уровня давления.

12. Способ по п. 11, в котором текучую среду из газообразного потока (n) вещества, который извлекают из устройства (10) перегонки, после использования для охлаждения текучей среды (a, c, e, g, i) из углеродной смеси (C2минус), сжимают, используя для сжатия компрессоры, соединенные с детандером (20, 21).

13. Способ по любому из предшествующих пунктов, который используют для разделения смеси компонентов (C2минус), которую получают из крекинг-газа, полученного с помощью способа парового крекинга.

14. Устройство (100) разделения, предназначенное для разделения смеси компонентов, содержащей по существу углеводороды, имеющие два или два или более атомов углерода, метан и водород, где устройство (100) разделения содержит:

- несколько теплообменников (1, 2, 3, 4, 5) непрямого действия, которые приспособлены для охлаждения текучей среды (a, c, e, g, i) из смеси компонентов (C2минус) при первом уровне давления постепенно от первого уровня температуры через два или более промежуточных уровней температуры до второго уровня температуры, и несколько жидкостных сепараторов (31, 32, 33, 34, 35), которые приспособлены для выделения конденсатов (b, d, f, h, j) из текучей среды (a, c, e, g, i) на каждом из промежуточных уровней температуры,

- один или более детандеров (20), который или которые приспособлены для охлаждения текучей среды (k) из смеси компонентов (C2минус), которая остается в газообразном состоянии при втором уровне температуры, путем расширения от первого уровня давления до второго уровня давления, который ниже первого уровня давления, с образованием при этом двухфазного потока (l), содержащего жидкую часть и газообразную часть,

- устройство (10) перегонки и линии подачи, которые приспособлены для подачи текучей среды из конденсатов (b, d, f, h, j) и текучей среды из двухфазного потока (l) в устройство (10) перегонки, в котором устройство (10) перегонки сконфигурировано для эксплуатации при втором уровне давления и образования по меньшей мере одного

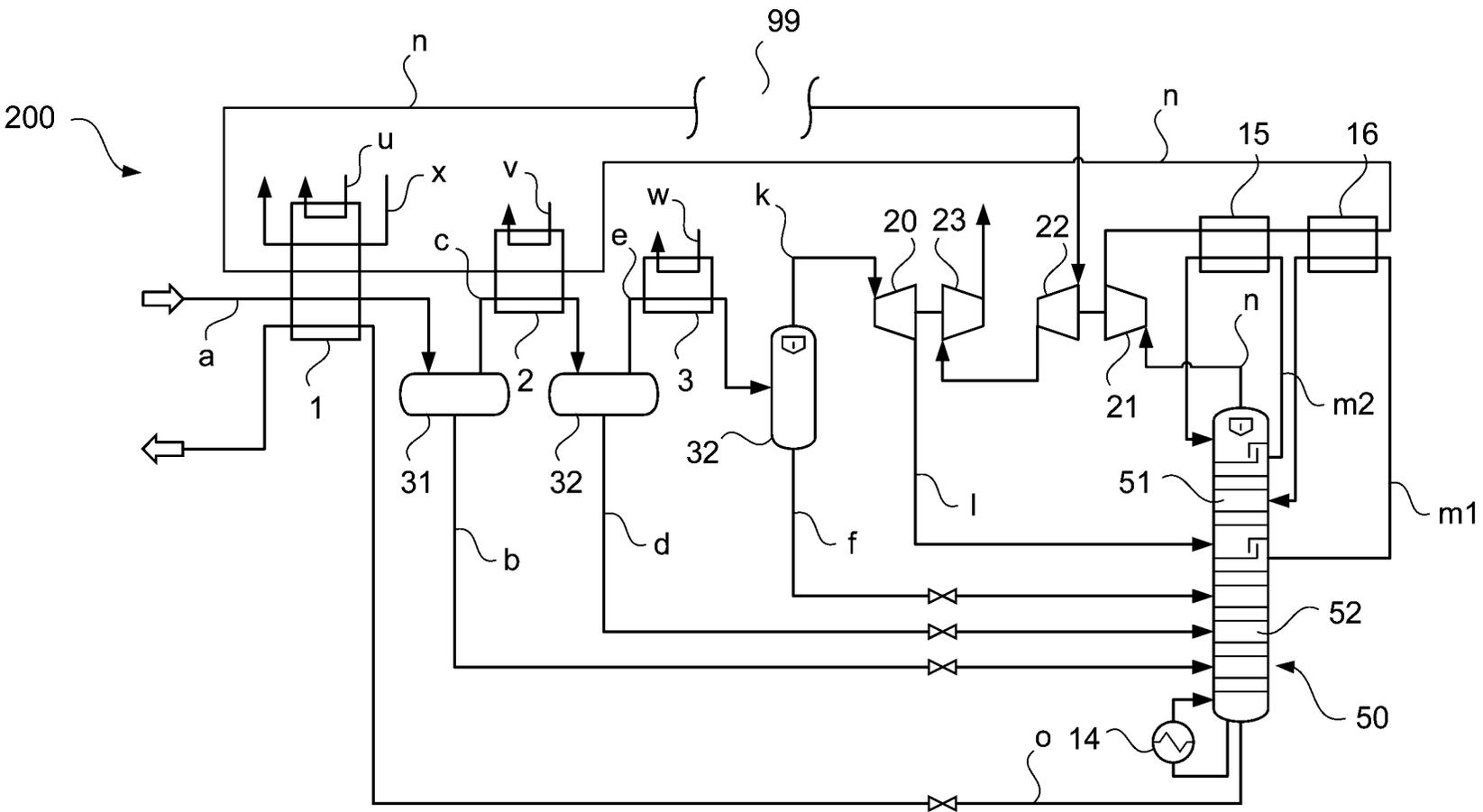
жидкого потока (о) вещества, содержащего по существу углеводороды, имеющие два атома углерода, и газообразного потока (п) вещества, содержащего по существу метан и водород, при этом обеспечена линия вывода, которая приспособлена для извлечения жидкого потока (п) вещества из устройства (10) перегонки,

**отличающееся тем, что**

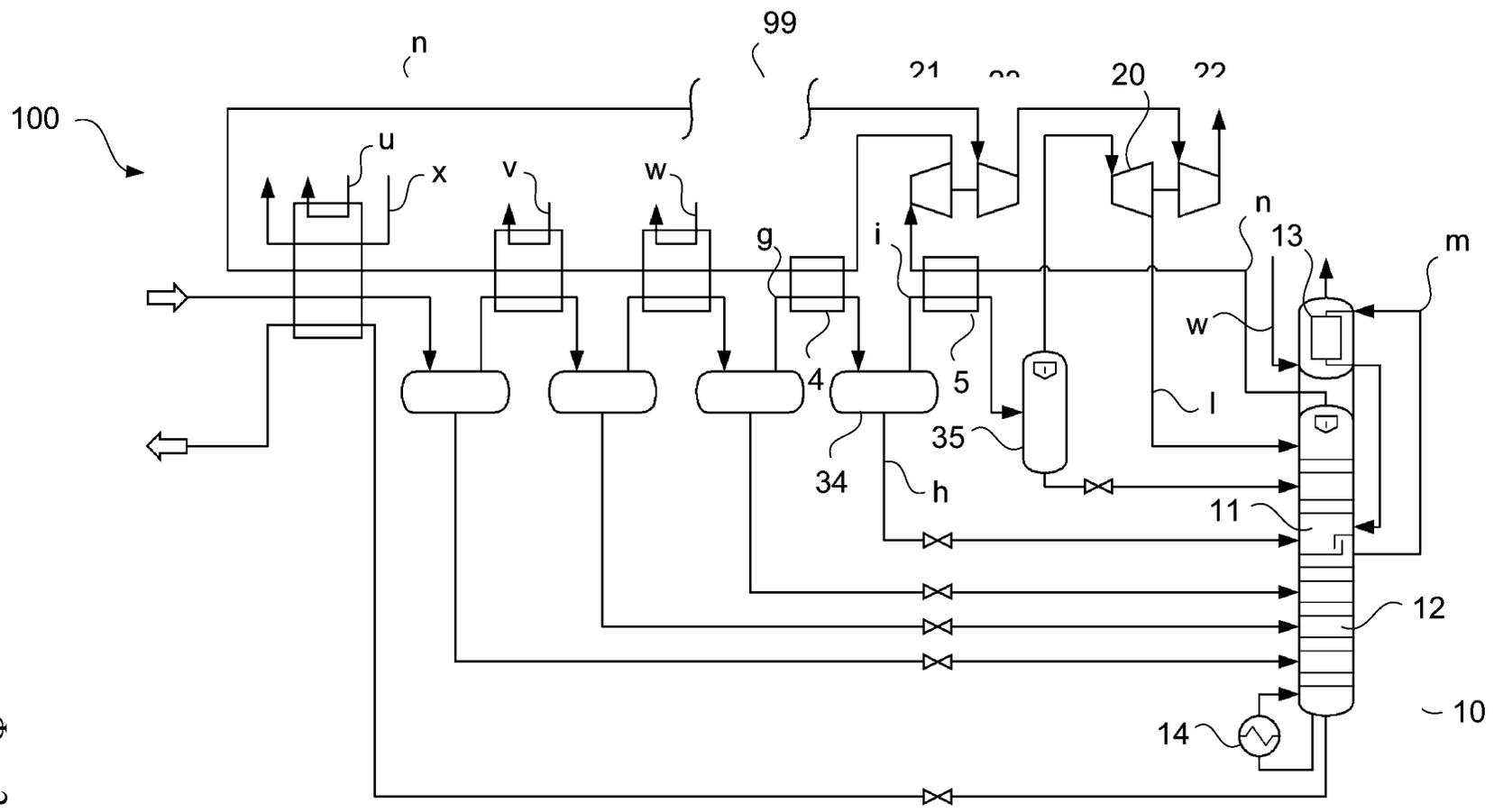
– блок перегонки (10) разделен на первый блок (11) перегонки и второй блок (12) перегонки, причем первый блок (11) перегонки сконфигурирован для эксплуатации в его верхней части при третьем уровне температуры, который ниже второго уровня температуры, а второй блок (12) перегонки сконфигурирован для эксплуатации в его верхней части при четвертом уровне температуры, который выше второго уровня температуры, и

– обеспечена линия флегмы, которая приспособлена для подачи жидкой части двухфазного потока, по меньшей мере частично, в виде флегмы в первый блок (10) перегонки.

15. Устройство (100) разделения по п. 14, предназначенное для проведения способа по любому из пп. 1-13.



Фиг. 1

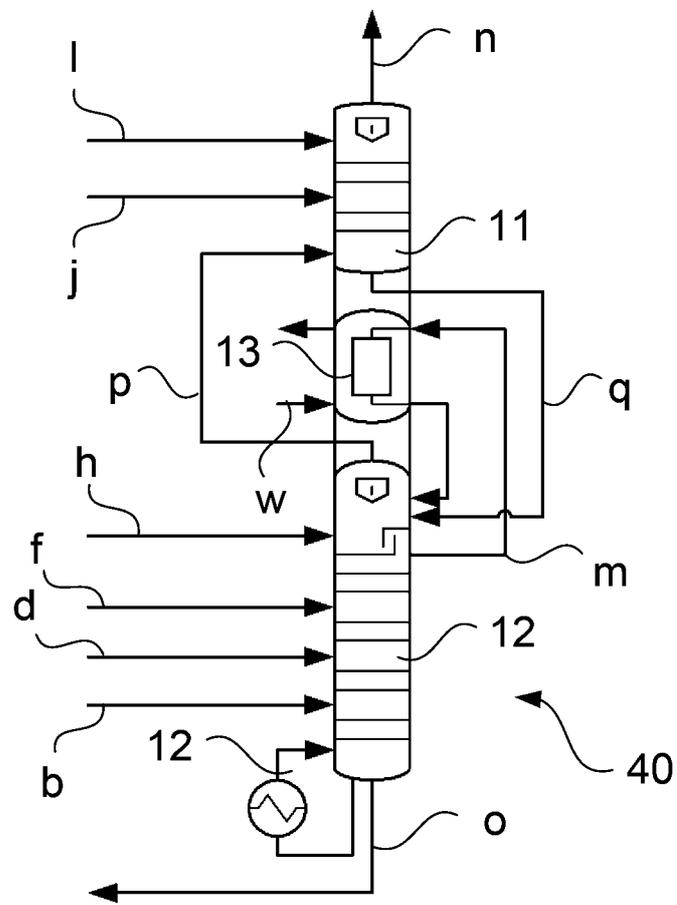


Фиг. 2



Способ разделения смеси компонентов и  
устройство разделения

4/4



Фиг. 4