

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **041952**(13) **B1**(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента

2022.12.19

(21) Номер заявки

202190912

(22) Дата подачи заявки

2019.10.17(51) Int. Cl. **C07C 5/327** (2006.01)**C07C 4/04** (2006.01)**C07C 7/00** (2006.01)**C07C 7/04** (2006.01)**C07C 11/04** (2006.01)**(54) СПОСОБ И СИСТЕМА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЭТИЛЕНА**(31) **18201329.2**(32) **2018.10.18**(33) **EP**(43) **2021.07.05**(86) **PCT/EP2019/078303**(87) **WO 2020/079199 2020.04.23**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:

ЛИНДЕ ГМБХ (DE)

(72) Изобретатель:

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.,
Бучака С.М., Бельтюкова М.В. (RU)**

(56) Heinz Zimmermann ET AL.
"Ethylene" In: Ullmann's Encyclopedia of Industrial
Chemistry, Weinheim: Wiley-VCH Verlag, 15
April 2009 (2009-04-15), ISBN: 978-3-52-730673-2.
XP055007506, cited in the application, section 5.3

(57) В изобретении предложен способ (100, 200, 300) получения этилена, в котором первый исходный газ (A) и второй исходный газ (B) подают в реактор (1) и обрабатывают в нем паровым крекингом с получением смеси (C) продуктов, при этом первый исходный газ (A) содержит более 90 мас.% насыщенных углеводородов и более 80 мас.% этана, и смесь (C) продуктов или ее часть подвергают обработке (2, 3, 4), и полученную смесь (F) или ее часть подвергают разделению (10) с получением полученной смеси (F), содержащей водород, метан, этан, этилен и углеводороды, содержащие три, четыре и по меньшей мере пять атомов углерода. Разделение (10) обеспечено так, что оно включает стадию (7) отделения этилена, на которую подают, по меньшей мере, этан, этилен и углеводороды, содержащие три атома углерода, из последующей смеси (F) или ее части, не отделенные друг от друга в общей подаче (S, V, X) разделения, причем на стадии (7) отделения этилена образуются легкая фракция (K), содержащая более 95 мол.% этилена, и тяжелая фракция (T, W, Y), содержащая по меньшей мере часть этана из подачи (S, V, X) разделения и по меньшей мере 15 мас.% углеводородов, содержащих три и четыре атома углерода, из подачи (S, V, X) разделения, и при этом тяжелый продукт (T, W, Y) разделения со стадии (7) отделения этилена или его часть используют в качестве части второго исходного газа (B) или для образования второго исходного газа (B). Также предложена соответствующая установка.

B1**041952****041952****B1**

Изобретение относится к способу получения этилена и соответствующему устройству согласно ограничительной части независимых пунктов формулы изобретения.

Уровень техники

Олефины, такие как этилен или пропилен, а также диолефины, такие как бутadiен, и ароматические углеводороды могут быть получены из парафинов путем парового крекинга. Такие способы давно известны. Для получения подробной информации сделана ссылка на техническую литературу, такую как статья "Ethylene" в Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Online Edition, 15 April 2007, DOI 10.1002/14356007.a10_045.pub2.

При паровом крекинге получают так называемый крекинг-газ, который помимо целевых продуктов содержит непрореагировавшие углеводороды и нежелательные побочные продукты. Этот крекинг-газ сначала подвергают обработке в известных процессах перед тем, как его подают на фракционирование или разделение для извлечения различных углеводородов или фракций. Подробности описаны в цитируемой статье, в частности в разделе 5.3.2.1, "Front-End Section" и разделе 5.3.2.2 "Hydrocarbon Fractionation Section".

Соответствующая обработка включает, в частности, так называемое удаление кислого газа, при котором от крекинг-газа отделяют такие компоненты, как диоксид углерода, сероводород и меркаптаны. Крекинг-газ обычно сжимают до и после соответствующей обработки. Например, крекинг-газ можно отводить из так называемого компрессора для сырого газа при промежуточном уровне давления, подвергать удалению кислого газа, а затем подвергать дальнейшему сжатию в компрессоре для сырого газа.

Иногда желательно преобразовывать богатое этаном сырье в этилен путем парового крекинга с образованием как можно меньшего количества побочных продуктов. В этой связи, помимо непрореагировавшего этана, обычно в используемый(е) реактор(ы) возвращают углеводороды с тремя и четырьмя атомами углерода, образовавшиеся во время парового крекинга. Чтобы избежать отдельного гидрирования этих рециркулируемых фракций, весь крекинг-газ можно гидрировать в ходе обработки (так называемое гидрирование сырого газа).

Поскольку рециркулируемые углеводороды с тремя и четырьмя атомами углерода обычно составляют небольшую часть всего сырья, подлежащего превращению, эти углеводороды обычно подвергают крекингу вместе со вновь подаваемым или рециркулируемым этаном. Другими словами, отсутствует потребность в отдельных установках парового крекинга.

На фиг. 1 показан соответствующий способ в виде схематической блок-схемы, которая подробно пояснена ниже со ссылкой на фиг. 1. Однако, как там указано, этот способ включает разделение, которое является более обременительным, чем необходимо для поясненных целей.

Исходя из этого, задача изобретения состоит в том, чтобы улучшить соответствующий способ и упростить его с точки зрения технологии разделения, тем самым снижая капитальные и/или производственные расходы.

Краткое описание изобретения

С учетом вышеизложенного, в изобретении предложен способ производства этилена и соответствующее устройство согласно ограничительной части соответствующих независимых пунктов формулы изобретения. Предпочтительные воплощения определены в зависимых пунктах формулы изобретения, а также раскрыты в нижеследующем описании.

Перед пояснением преимуществ изобретения некоторые термины, используемые в описании изобретения, определены более подробно ниже.

Смеси компонентов могут быть богатыми или бедными одним или более компонентом в используемых здесь терминах, где термин "богатый" может означать содержание по меньшей мере 75, 80, 90, 95 или 99%, а термин "бедный" содержание не более 25, 20, 10, 5 или 1% на молярной, массовой или объемной основе. Смеси компонентов также могут быть обогащены или обеднены одним или более компонентами в используемых в этом документе терминах, где эти термины относятся к соответствующему содержанию в другой смеси компонентов, с использованием которой была образована рассматриваемая смесь компонентов. Рассматриваемая смесь компонентов считается "обогащенной", если она содержит по меньшей мере в 1,5, 2, 5, 10, 100 или 1000 раз больше указанного компонента(ов), и "обедненной", если она содержит не более 0,75, 0,5, 0,1, 0,01 или 0,001 от содержания обозначенного(ых) компонента(ов). Смесь компонентов, "преимущественно" содержащая один или более компонентов, особенно богата этим или этими компонентами в только что поясненном смысле.

Если в этом документе идет речь о смеси компонентов, "образованной" с использованием другой смеси компонентов, это означает, что рассматриваемая смесь компонентов содержит, по меньшей мере, некоторые компоненты, содержащиеся в другой смеси компонентов или образованные другой смесью компонентов. Образование смеси компонентов из другой может включать, например, отделение части смеси компонентов, смешивание одного или более других компонентов или смесей компонентов, химическое или физическое преобразование, по меньшей мере, некоторых компонентов, а также нагревание, охлаждение, испарение, конденсацию и т.д. "Образование" смеси компонентов из другой смеси компонентов может также включать только предоставление другой смеси компонентов в подходящей форме, например в контейнере или трубе.

В заявке используют термины "уровень давления" и "уровень температуры" для характеристики давлений и температур, которые предназначены для выражения того, что соответствующие давления и температуры в соответствующей установке не должны использоваться в форме точных значений давления или температуры. Однако такие давления и температуры обычно лежат в определенных диапазонах, таких как $\pm 1, 5, 10, 20$ или 25% от среднего значения. Соответствующие уровни давления и температуры могут находиться в разделенных диапазонах или в перекрывающихся диапазонах. Тот же самый уровень давления может все еще присутствовать, например, если происходят неизбежные потери напора. То же касается и уровней температуры. Уровни давления, указанные здесь в барах, представляют собой абсолютное давление.

Преимущества изобретения

В этом изобретении предложен способ получения этилена, в котором первый исходный газ (свежий исходный газ) и второй исходный газ (рециркулированный исходный газ) подают в реактор, где их обрабатывают паровым крекингом с получением смеси продуктов (крекинг-газ). Первый исходный газ может состоять, в частности, из так называемого сырого этана с обычными характеристиками, и его можно подавать, в частности, от границы установки. Первый исходный газ содержит более $90 \text{ мас.}\%$, в частности более $95 \text{ мас.}\%$ насыщенных углеводородов и более $80 \text{ мас.}\%$, в частности более $85, 90$ или $95 \text{ мас.}\%$ этана. Содержание пропана в первом исходном газе составляет, в частности, вплоть до $15 \text{ мас.}\%$, например вплоть до 10 или вплоть до $5 \text{ мас.}\%$.

Первый исходный газ, в частности, беден или (по существу) не содержит более тяжелых углеводородов, содержание которых может, в частности, составлять максимум 5 или $1 \text{ мас.}\%$. Термин "более тяжелые углеводороды" здесь относится, в частности, к углеводородам с четырьмя или более атомами углерода.

Первый исходный газ может содержать до $5 \text{ мас.}\%$ метана. В частности, он не содержит или, по меньшей мере, беден диоксидом углерода и другими следовыми компонентами. Все пояснения, касающиеся "исходного газа", относятся к свежему сырью непосредственно в реакторе, то есть соответствующий исходный газ мог уже быть предварительно обработан, например обеднен CO_2 .

Паровой крекинг в контексте изобретения проводят, в частности, чтобы избежать чрезмерного образования побочных продуктов со средней или низкой степенью превращения этана, например 65 или менее, 60 или менее, 55 или менее, 50 или менее, или 45 или менее, и 10 или более, 20 или более, или 30% или более. Поэтому в смеси продуктов остается сравнительно большое количество этана. Дополнительные настройки параметров парового крекинга могут быть выполнены специалистом по мере необходимости. В частности, соответствующие настройки параметров, таких как разбавление водяным паром и давление в реакторе, выбирают таким образом, чтобы из преобразованного этана получать сравнительно большое количество этилена и сравнительно небольшое количество углеводородов с тремя или более атомами углерода.

Если в описании говорится об "одном" реакторе в каждом случае, подразумевают, что вместо одного реактора можно также использовать несколько реакторов в последовательной или параллельной работе, в которые затем можно подавать один или более соответствующих исходных газов. Некоторые из этих реакторов ("крекинг-печи") могут работать одинаково или по-разному.

В изобретении смесь продуктов, которую удаляют из реактора, или ее часть подвергают обработке для получения последующей смеси, содержащей водород, метан, этан, этилен и углеводороды, содержащие три, четыре и по меньшей мере пять атомов углерода, и, в частности, состоящей (по существу) из этих компонентов. Обработку можно проводить обычным способом (см. выше). В частности, такая обработка может включать гидрирование ацетилена и частичное гидрирование, в частности, моно- и полиненасыщенных углеводородов, содержащих три атома углерода, чтобы избежать соответствующего гидрирования во время рециркуляции компонентов. Соответственно образованную последующую смесь или ее часть затем подвергают разделению в рамках изобретения.

Изобретение отличается тем, что разделение включает стадию отделения этилена, на которую подают без разделения друг от друга, по меньшей мере, этан, этилен и углеводороды с тремя атомами углерода из последующей смеси или ее части в общей подаче на разделение. Поэтому, в отличие от известных стадий отделения этилена, которые в современном уровне техники обычно состоят, по существу, из отделения этана и этилена друг от друга (в так называемой этаноотгонной колонне), в изобретении на соответствующей стадии отделения этилен отделяют от оставшейся фракции, которая содержит не только этан, но также значительное количество более тяжелых углеводородов из смеси продуктов. Поскольку в контексте изобретения сравнительно небольшое количество углеводородов с тремя атомами углерода образуется в целом из-за состава первого исходного газа и, таким образом, присутствует в смеси продуктов, оставшаяся фракция все еще содержит, в частности, более $50 \text{ мас.}\%$, в частности более $60, 70, 80$ или более $85 \text{ мас.}\%$, и, в частности, вплоть до 95 или вплоть до $90 \text{ мас.}\%$ этана, а также другие более тяжелые углеводороды по меньшей мере с тремя атомами углерода. Однако более тяжелые углеводороды не отделяют перед стадией отделения этилена, как в обычных способах. Это относится, по меньшей мере, к углеводородам с тремя атомами углерода, как указано ниже.

В зависимости от схемы способа в соответствии с изобретением, на стадию отделения этилена так-

же можно подавать углеводороды с четырьмя и, возможно, пятью атомами углерода, как подробно пояснено ниже. Отделенный здесь этилен или легкую фракцию со стадии отделения этилена можно поставлять в качестве этиленового продукта способа. Существенным аспектом изобретения является неотделимая подача вышеупомянутых компонентов на стадию отделения этилена. Это облегчает разделение выше по потоку и способствует сокращению усилий по разделению.

Если в этом документе указано, что, по меньшей мере, этан, этилен и углеводороды с тремя атомами углерода из последующей смеси или ее части подают "без разделения" на стадию отделения этилена, следует понимать, что эти компоненты перемещают далее, по меньшей мере частично, в непрерывном потоке материала (от которого, однако, может быть отделена часть или определенные компоненты, включая углеводороды с тремя атомами углерода) из реактора на стадию отделения этилена. В зависимости от конкретной схемы способа, подача на разделение для стадии отделения этилена может также включать, в частности, углеводороды с четырьмя атомами углерода или углеводороды с четырьмя и по меньшей мере пятью атомами углерода, которые, таким образом, также без разделения подают на стадию отделения этилена.

На стадии отделения этилена образуют вышеуказанную легкую фракцию, содержащую более 95 мол.%, в частности более 99 мол.% этилена, и, в частности, (по существу) состоящую из этилена, и тяжелую фракцию, содержащую по меньшей мере часть этана из подачи (S, V, X) на разделение и по меньшей мере 15 мас.% углеводородов, содержащих три и четыре атома углерода (возможно также более тяжелые углеводороды). В частности, тяжелая фракция может содержать более 20, более 30, более 40, более 50, более 60, более 70, более 80 или более 90 мас.% углеводородов, содержащих три и четыре атома углерода (или более тяжелые углеводороды, в зависимости от обстоятельств), причем последние значения также можно использовать для определения верхних пределов для соответствующих диапазонов. Значения получены из-за сравнительно высокого разбавления этих компонентов этаном. Тяжелая фракция может (по существу) не содержать этилен. Тяжелую фракцию со стадии отделения этилена, или ее часть (непосредственно или с отделением любых содержащихся более тяжелых компонентов) используют для образования второго исходного газа.

Чтобы уменьшить усилия по разделению, изобретение, в частности, можно использовать для "мягкой" или "нечеткой" дезэтанзации, при которой не образуют фракцию, содержащую этан и этилен, как известно из уровня техники, которая (по существу) не содержит других компонентов, в частности более тяжелых компонентов. Это сочетают с деметанизацией. Однако также можно проводить только деметанизацию.

Таким образом, в изобретении подачу на разделение, поступающую на стадию отделения этилена, можно образовать с использованием первой стадии предварительного разделения и второй стадии предварительного разделения, при этом последующую смесь или ее часть, подвергнутую разделению, подают на первую стадию предварительного разделения в неизменном составе, при этом на первой стадии предварительного разделения образуют легкую фракцию и тяжелую фракцию, при этом легкую фракцию с первой стадии предварительного разделения или ее часть подают на вторую стадию предварительного разделения, где на второй стадии предварительного разделения образуют легкую фракцию и тяжелую фракцию, и тяжелую фракцию со второй стадии предварительного разделения или ее часть используют в качестве подачи на разделение или ее части, которую подают на стадию отделения этилена. Первая стадия предварительного разделения соответствует уже указанной мягкой дезэтанзации, вторая стадия предварительного разделения соответствует деметанизации (соответствующей обычной).

Пределы разделения при мягкой дезэтанзации, используемой согласно изобретению, могут быть установлены по-разному. В первом альтернативном варианте легкая фракция с первой стадии предварительного разделения может содержать менее 1 мол.% углеводородов с четырьмя и по меньшей мере пятью атомами углерода, а остальное составляет метан, этан, этилен и углеводороды с тремя атомами углерода. В этом случае тяжелая фракция с первой стадии предварительного разделения может содержать менее 1 мол.% водорода, метана и этилена, а остальное составляет этан, углеводороды с тремя, четырьмя и по меньшей мере пятью атомами углерода. Задача этой стадии разделения в первом альтернативном варианте состоит, в частности, в разделении этилена и углеводородов с четырьмя и по меньшей мере пятью атомами углерода, тогда как углеводороды с тремя атомами углерода содержатся в обеих фракциях. В этом первом альтернативном варианте легкая фракция со второй стадии предварительного разделения, то есть деметанизации, также содержит в общем более 99 мол.% метана и водорода, а тяжелая фракция со второй стадии предварительного разделения содержит в общем менее 1 мол.% метана и водорода, а остальное составляют этан, этилен и углеводороды с тремя атомами углерода.

Во втором альтернативном варианте предел разделения при мягкой дезэтанзации может быть установлен так, что легкая фракция с первой стадии предварительного разделения содержит в целом менее 1 мол.% углеводородов, имеющих по меньшей мере пять атомов углерода, а остальное составляет метан, этан, этилен и углеводороды, содержащие три и четыре атома углерода, а тяжелая фракция с первой стадии предварительного разделения содержит в целом менее 1 мол.% водорода, метана и этилена, а остальное составляют этан и углеводороды, содержащие три, четыре и по меньшей мере пять атомов углерода. Задача этой стадии разделения во втором альтернативном варианте состоит, в частности, в разде-

лении этилена и углеводородов, содержащих по меньшей мере пять атомов углерода. В этом втором альтернативном варианте легкая фракция со второй стадии предварительного разделения, то есть деметанизации, в основном содержит более 99 мол.% метана и водорода, как указано выше. Тяжелая фракция со второй стадии предварительного разделения также содержит в целом менее 1 мол.% метана и водорода, а остальное составляет этан, этилен и углеводороды с тремя и четырьмя атомами углерода.

В обоих альтернативных вариантах, описанных выше, тяжелая фракция с первой стадии предварительного разделения или ее часть может быть подвергнута дополнительной стадии разделения, на которой образуются легкая фракция и тяжелая фракция. Легкая фракция содержит либо менее 1 мол.% углеводородов, содержащих по меньшей мере шесть атомов углерода, а остальное составляют углеводороды, содержащие три, четыре и пять атомов углерода, либо менее 1 мол.% углеводородов, содержащих по меньшей мере пять атомов углерода, а остальное составляют углеводороды, содержащие три и четыре атома углерода. В этом случае тяжелая фракция может содержать либо, в соответствии с первым альтернативным вариантом для состава только что указанной легкой фракции, преимущественно или исключительно углеводороды, содержащие по меньшей мере шесть атомов углерода, либо, в соответствии со вторым альтернативным вариантом для состава только что указанной легкой фракции, преимущественно или исключительно углеводороды, содержащие по меньшей мере пять атомов углерода.

Задача последней поясненной стадии разделения состоит в том, чтобы получить подходящий рециркулируемый газ. Следует удалить, по меньшей мере, углеводороды с шестью атомами углерода, возможно также углеводороды с пятью атомами углерода. В последнем случае эта дополнительная стадия разделения, следовательно, является типичной стадией дебутанизации, как это в общем известно из уровня техники.

Однако согласно третьему альтернативному варианту, подача на разделение, подаваемая на стадию отделения этилена, также может быть получена с использованием только одной стадии предварительного разделения, на которую подают последующую смесь неизменного состава. Это также включает деметанизацию. На этой единственной стадии предварительного разделения образуют легкую фракцию, содержащую более 99 мол.% метана и водорода. Из-за добавления углеводородов тяжелая фракция, образующаяся на единственной стадии предварительного разделения, содержит менее 1 мол.% метана и водорода, а остальное составляет этан, этилен и углеводороды, содержащие три, четыре и по меньшей мере пять атомов углерода. Эту тяжелую фракцию с единственной стадии предварительного разделения или ее часть следует использовать в качестве подачи на разделение или части добавляемой подачи разделения, подаваемой на стадию отделения этилена.

Если вместо первой и второй стадий предварительного разделения используют одну стадию предварительного разделения, как в только что поясненном третьем альтернативном варианте, по меньшей мере часть тяжелой фракции, остающейся после стадии отделения этилена, преимущественно подают на дополнительную стадию разделения, на которой образуют легкую фракцию и тяжелую фракцию. Легкая фракция содержит либо менее 1 мол.% углеводородов, содержащих по меньшей мере шесть атомов углерода, а остальное составляют углеводороды, содержащие три, четыре и пять атомов углерода, либо менее 1 мол.% углеводородов, содержащих по меньшей мере пять атомов углерода, а остальное составляют углеводороды, содержащие три и четыре атома углерода. В этом случае тяжелая фракция может содержать либо, в соответствии с первым альтернативным вариантом для состава только что указанной легкой фракции, преимущественно или исключительно углеводороды, содержащие по меньшей мере шесть атомов углерода, либо, в соответствии со вторым альтернативным вариантом для состава только что указанной легкой фракции, преимущественно или исключительно углеводороды, содержащие по меньшей мере пять атомов углерода.

Здесь также задача последней поясненной стадии разделения состоит в том, чтобы создать подходящий способ рециркуляции, в котором удаляют, по меньшей мере, углеводороды с шестью атомами углерода и, возможно, также углеводороды с пятью атомами углерода. Эта дополнительная стадия разделения в последнем случае является типичным этапом дебутанизации, как это в общем известно из уровня техники.

Понятно, что в каждом из случаев, когда углеводороды, содержащие по меньшей мере шесть атомов углерода, переходят во фракцию, как описано выше и ниже, эти углеводороды содержатся в смеси продуктов.

Во всех случаях, когда используют стадию разделения, ранее называемую "дополнительной стадией разделения", ее легкую фракцию или ее часть используют для образования второго исходного газа, поскольку она бедна или не содержит углеводородов с шестью и, возможно, большим количеством углеродных атомов и, возможно, также с пятью атомами углерода, и содержит углеводороды, которые подходят для рециркуляции при паровом крекинге. Это особенно подходит, если обработка крекинг-газа, о которой неоднократно говорилось, включает гидрирование. Легкая фракция с дополнительной стадией разделения может быть объединена с тяжелой фракцией со стадии отделения этилена в первом и втором альтернативных вариантах.

С другой стороны, тяжелую фракцию, полученную на дополнительной стадии разделения, обычно удаляют из способа вместе с фракцией после обработки, которая содержит углеводороды по меньшей

мере с пятью или по меньшей мере шестью атомами углерода. Это так называемый пиролизный бензин, который можно использовать известным способом, например, в качестве топлива или для производства ароматических углеводородов.

Три альтернативных варианта изобретения, описанные выше (с первой и второй стадиями предварительного разделения с разными пределами разделения на первой стадии предварительного разделения и с альтернативным вариантом без первой стадии предварительного разделения), имеют различные преимущества в отношении производства и эксплуатационных затрат, которые кратко изложены ниже. Поэтому специалист выбирает альтернативные варианты, описанные выше, в соответствии с требованиями.

Согласно первому альтернативному варианту можно достичь снижения требуемой полезной мощности на 3,6, на 6,3 МВт во втором альтернативном варианте и на 6,9 МВт в третьем альтернативном варианте (здесь и ниже "снижение" относится к сравнению со способом, не являющимся способом по изобретению, как проиллюстрировано на фиг. 1). Это связано с мягким разделением в деэтанализаторе или отсутствием разделения. Также снижается количество необходимого пара низкого давления (выраженное в количестве энергии, необходимой для его производства) на 10,8 МВт (первый альтернативный вариант), 13 МВт (второй альтернативный вариант) и 16 МВт (третий альтернативный вариант) соответственно. Это может быть связано с уменьшением или отсутствием мощности нагрева при деэтанализации.

Во втором альтернативном варианте деэтанализация может происходить при значительно более низком давлении, чем в первом альтернативном варианте и в схеме, не соответствующей изобретению, что приводит не только к более низкой мощности компрессора, но и к экономии материалов. То же самое относится к количеству тарелок при деэтанализации, которое также может быть уменьшено во втором альтернативном варианте. В третьем альтернативном варианте может быть выгодно снабдить дебутанизацию дополнительным абсорбером низкого давления.

В третьем альтернативном варианте возможно уменьшение площади пластинчато-ребристого теплообменника приблизительно на 600 кВт/К, в частности, благодаря исключению деэтанализации. Уменьшение площади теплообменника типа труба в трубе составляет приблизительно 750 кВт/К в первом альтернативном варианте, приблизительно 1450 кВт/К во втором альтернативном варианте и приблизительно 1800 кВт/К в третьем альтернативном варианте. Площадь кожухотрубного теплообменника может быть уменьшена приблизительно на 2600 кВт/К в первом альтернативном варианте, приблизительно 4300 кВт/К во втором альтернативном варианте и приблизительно 5700 кВт/К в третьем альтернативном варианте.

Это изобретение также относится к устройству для получения этилена, для которого сделана ссылка на соответствующий независимый пункт формулы изобретения. Ссылка сделана на приведенные выше пояснения относительно признаков и преимуществ такой установки, которая, в частности, может быть разработана для реализации способа, как это подробно пояснено ранее в различных формах.

Ниже изобретение пояснено более подробно со ссылкой на прилагаемые чертежи, которые иллюстрируют воплощения изобретения в сравнении с воплощением, не соответствующим изобретению.

Краткое описание чертежей

На фиг. 1 показан способ согласно схеме, которая не соответствует изобретению.

На фиг. 2 показан способ согласно одному воплощению изобретения.

На фиг. 3 показан способ согласно еще одному воплощению изобретения.

На фиг. 4 показан способ согласно еще одному воплощению изобретения.

Подробное описание чертежей

На приведенных чертежах конструкционные или функциональные элементы, соответствующие друг другу, обозначены идентичными номерами позиций. То же самое относится к потокам материалов, обозначенным заглавными буквами. Понятно, что в каждом случае соответствующие компоненты могут включать различные конструктивные решения или соответствующие потоки материалов могут быть составлены по-разному в некоторых случаях, не будучи обозначенными по-разному в каждом случае.

Далее описаны способы согласно воплощению, не связанному с изобретением, и воплощениям по изобретению. Однако соответствующие пояснения таким же образом относятся к устройствам для осуществления таких способов. Следовательно, если далее сделана ссылка на стадии способа, соответствующие пояснения применимы таким же образом к компонентам устройства, предназначенным для реализации соответствующих этапов способа.

На фиг. 1 показан способ получения этилена согласно воплощению, не соответствующему изобретению, в виде схемы технологического процесса, и в общем он обозначен номером 400.

В способе 400 исходный газ А подают в реактор 1 от границы установки (как показано стрелкой). Этот исходный газ А ранее в заявке называли "первым" исходным газом, и ниже его называют "первым" исходным газом. Например, это по существу чистый этан. Информацию о возможном содержании этилена в соответствующем первом исходном газе см. в пояснениях выше. Кроме того, в реактор подают дополнительный исходный газ, ранее и далее называемый "вторым" исходным газом. Этот второй исходный газ представляет собой газовую смесь, которую рециркулируют от способа 400, содержащую, в частности, этан и углеводороды с тремя и четырьмя атомами углерода. Ссылка сделана на нижеследующие пояснения образования второго исходного газа.

Первый исходный газ А и второй исходный газ В подают в реактор 1 и обрабатывают там с помощью водяного пара (не показан) путем парового крекинга. Таким образом получают смесь С продуктов, также известную как крекинг-газ. Помимо продуктов и побочных продуктов парового крекинга, смесь С продуктов также содержит непрореагировавшие исходные материалы, в данном случае в особенности этан, а также воду из добавленного пара. Поэтому смесь С продуктов подают на обработку со стадиями 2-4 способом и разделением, обозначенным в целом номером 10, для удаления соответствующих нежелательных компонентов.

Обработка первоначально включает закалку водой для охлаждения и конденсации технологического пара, а также сжатие, обычно в многоступенчатом компрессоре на стадии 2 способом. Углеводороды с пятью или более атомами углерода, т.е. компоненты так называемого пиролизного бензина, уже можно отделить от смеси С продуктов. Соответствующие компоненты могут быть извлечены со стадии 2 способом в виде потока D материала. Затем поток D материала используют для производства соответствующих компонентов. Также можно удалить кислый газ. Сжатую газовую смесь, которая освобождена по меньшей мере от части углеводородов с пятью атомами углерода и которая теперь называется Е, теперь можно подавать в способ 3 предварительного охлаждения и сушки. В ходе этих предварительного охлаждения и сушки также можно проводить гидрирование 4, так называемое гидрирование сырого газа, при котором, в частности, ацетилен превращают в этилен, и моно- и полиненасыщенные углеводороды с тремя или более атомами углерода, и более тяжелые компоненты частично превращают в менее ненасыщенные компоненты. Гидрирование также может происходить при разделении, описанном ниже, которое, однако, имеет тот недостаток, что в большинстве форм ацетилен и углеводороды, возвращаемые в реактор, которые изначально являются ненасыщенными и имеют три или четыре атома углерода, должны подвергаться гидрированию отдельно (не описано далее). Газовую смесь F, обработанную на стадиях 2-4 способом, ранее и далее называемую "последующей смесью", подают на разделение 10.

В показанном примере разделение 10 сначала включает стадию дэтанализации 5', ранее и далее также называемую "первой стадией предварительного разделения", на которой образуются легкая фракция Н, по существу содержащая этан, этилен и соединения с более низкой температурой кипения, и тяжелая фракция G, в основном включающая углеводороды, содержащие три или более атомов углерода. Первую подвергают дэметанизации 6, ранее и далее также называемой "второй стадией предварительного разделения", а вторую - дэбутанизации 8, ранее и далее также называемой "дополнительной стадией разделения".

На второй стадии 6 предварительного разделения легкая фракция Н с первой стадии 5' предварительного разделения, которая, как указано выше, в основном содержит этан, этилен и низкокипящие соединения, освобождают от низкокипящих соединений. Таким образом образуется легкая фракция I, в основном содержащая метан и водород, которую можно отводить из способа 100 и/или использовать, например, для отопления реактора 1. Также возможно извлекать водород из соответствующей газовой смеси. Здесь следует отметить, что в других схемах последовательность стадии 5' предварительного разделения (или стадий 5 и 5') предварительного разделения в последующих примерах согласно изобретению) и стадии 6 предварительного разделения может быть изменена на обратную. Тяжелую фракцию К со второй стадии 6 предварительного разделения, газовую смесь, не содержащую метан и водород и все еще содержащую по существу этан и этилен в способе 400, затем подают на стадию отделения этилена 7', которая здесь соответствует классическому разделению C2, при котором образуются легкая фракция L, содержащая в основном этилен, и тяжелая фракция M, содержащая по существу этан. Первая может быть доставлена в виде потока L материала к границе установки, показанной символом стрелки, последнюю используют в форме потока M материала для образования второго исходного газа В.

На дополнительной стадии 8 разделения тяжелую фракцию G с первой стадии предварительного разделения превращают в легкую фракцию N, которая по существу содержит углеводороды с тремя и четырьмя (и возможно пятью, см. пояснения выше), и тяжелую фракцию O, которая по существу содержит углеводороды с пятью и возможно большим количеством атомов углерода. Первую объединяют с тяжелой фракцией M со стадии отделения этилена и, таким образом, используют для образования второго исходного газа В. Тяжелую фракцию O с дополнительной стадии 8 разделения объединяют с потоком D материала и удаляют в виде потока P пиролизного бензина.

Как отмечено выше, в способе 400, показанном на фиг. 1, выполняют полное отделение углеводородов с тремя и четырьмя атомами углерода от этана, что само по себе является излишним. В частности, способ 5 дэтанализации требует излишних усилий на разделение. Таким образом, в изобретении предложен способ в различных воплощениях, в котором снижены соответствующие усилия на разделение.

На фиг. 2 проиллюстрирован способ согласно воплощению по изобретению, в общем обозначенный номером 100. Эта схема соответствует "первому альтернативному варианту", упомянутому несколько раз выше.

Способ 100, показанный на фиг. 2, не обязательно отличается от способа 400, не относящегося к изобретению, который показан на фиг. 1, в отношении стадий 1-4. Поэтому в отношении этих технологических стадий сделана ссылка на приведенные выше пояснения. Однако в способе 100 в соответствии с фиг. 2 дэтанализацию, отличающуюся от способа 400 в соответствии с фиг. 1, выполняют как первую ста-

дию разделения, которая поэтому здесь обозначена иначе номером 5 позиции. В отличие от газовой смеси, по существу содержащей этан, этилен и более легкие компоненты (см. легкая фракция Н на фиг. 1), с одной стороны, и газовой смеси, по существу содержащей углеводороды с тремя или более атомами углерода, с другой стороны (см. легкая фракция G, как показано на фиг. 1), образуется легкая фракция Q, которая, помимо этана, этилена и более легких компонентов, также содержит часть углеводородов с тремя атомами углерода из последующей смеси F, добавленной на первой стадии 5 предварительного разделения, и тяжелая фракция R, которая содержит только часть углеводородов с тремя атомами углерода, и в противном случае более тяжелые углеводороды из последующей смеси F и, необязательно, этан. Легкая фракция Q по существу свободна от углеводородов с четырьмя или более атомами углерода. И наоборот, отводимая тяжелая фракция R бедна этиленом и легкокипящими компонентами или не содержит их.

Здесь легкую фракцию Q также подают на вторую стадию 6 предварительного разделения, на которой образуется легкая фракция Н, по существу содержащая метан и водород. Однако, в отличие от тяжелой фракции К со второй стадии 6 предварительного разделения способа 400 согласно фиг. 1, остающаяся тяжелая фракция S также содержит углеводороды с тремя атомами углерода в дополнение к этану и этилену. Ее подают на стадию 7 отделения этилена. В отличие от стадии 7" отделения этилена способа 400 согласно фиг. 1, здесь также образуется легкая фракция К, в основном содержащая этилен, но газовая смесь, состоящая в основном из этана и углеводородов с тремя атомами углерода, остается в виде тяжелой фракции Т. Затем газовую смесь отделяют от этилена на стадии 7" разделения способа 400 согласно фиг. 1. Это может происходить, в частности, в нижней части ректификационной колонны, используемой на стадии 7 отделения этилена. Тяжелую фракцию Т со стадии 7 отделения этилена используют проиллюстрированным образом при образовании второго исходного газа В. Фракция Т представляет собой то же, что и фракция Т со стадии 7 отделения этилена.

Дополнительная стадия 8 разделения согласно способу 100 по существу соответствует стадии 8 разделения согласно способу 400 согласно фиг. 1, где, однако, в легкую фракцию N дополнительной стадии 8 разделения переходят только те углеводороды с тремя атомами углерода, которые еще не прошли через легкую фракцию Q и из первой стадии 5 предварительного разделения и тяжелой фракции S со второй стадии 6 предварительного разделения в тяжелую фракцию Т со стадии 7 отделения этилена.

На фиг. 3 проиллюстрирован способ согласно другому воплощению изобретения, в целом обозначенный номером 200. Способ 200 соответствует "второму альтернативному варианту", упомянутому несколько раз ранее. Он отличается от способа 100 согласно фиг. 2 по существу другим выполнением первой стадии 5 предварительного разделения. Поэтому первая стадия 5 предварительного разделения обозначена 5" в способе 200 согласно фиг. 3.

В отличие от первой стадии 5 предварительного разделения способа 100, на первой стадии 5" предварительного разделения способа 200 образуют легкую фракцию U, которая, помимо этана, этилена и более легкокипящих компонентов, содержит не только часть углеводородов с тремя атомами углерода, но также часть углеводородов с четырьмя атомами углерода из последующей смеси F. Первая стадия 5" предварительного разделения способа 200 предоставляет легкую фракцию U, которая, помимо этана, этилена и более легкокипящих компонентов, содержит не только часть углеводородов с тремя атомами углерода, но также часть углеводородов с четырьмя атомами углерода из последующей смеси F. Это приводит ко второй стадии 6 предварительного разделения. Тогда как легкая фракция Н, образованная на второй стадии 6 предварительного разделения, также содержит преимущественно или исключительно метан и водород, оставшаяся тяжелая фракция V содержит этан, этилен и углеводороды с тремя и четырьмя атомами углерода. На стадии отделения этилена, обозначенной здесь номером 7 позиции, как и прежде, образуются легкая фракция К, по существу содержащая этилен, и тяжелая фракция W, по существу содержащая этан, углеводороды с тремя и углеводороды с четырьмя атомами углерода.

Тяжелая фракция R, образованная на первой стадии 5" предварительного разделения, не содержит углеводородов с тремя и четырьмя атомами углерода, проходящих через фракции U и V во фракцию W, так что они не переходят в легкую фракцию N дополнительной стадии 8 разделения.

На фиг. 4 показано другое воплощение изобретения, которое в общем обозначено номером 300. Способ 300 соответствует "второму альтернативному варианту", упомянутому несколько раз ранее. Как проиллюстрировано способом 300 на фиг. 4, первая стадия 5', 5 или 5" предварительного разделения (см. предыдущие фиг. 1-3) также может быть полностью опущена в схеме в соответствии с изобретением. В этом случае весь поток F материала, т.е. описанную последующую смесь, подают на деметанизацию 6, то есть на единственную стадию предварительного разделения. Полученная при этом тяжелая фракция X содержит не только этан и этилен, но также углеводороды с тремя, четырьмя и по меньшей мере пятью атомами углерода. Эту фракцию X подают на стадию 7 отделения этилена, на которой также может быть образована и удалена легкая фракция К, содержащая в основном или исключительно этилен. Оставшуюся тяжелую фракцию Y можно подавать на дополнительную стадию разделения, которая может быть аналогична стадии 8 разделения в соответствии с чертежами и поэтому обозначена номером 8'. Легкая фракция, образующаяся на этой стадии 8' разделения, содержит этан и углеводороды с тремя и четырьмя (и возможно, пятью) атомами углерода. Поэтому ее используют непосредственно в качестве второго исходного газа В. Состав тяжелой фракции O не отличается от описанного выше в соответствии с изобретением.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ (100, 200, 300) получения этилена, в котором первый исходный газ (А) и второй исходный газ (В) подают в реактор (1) и осуществляют в нем паровой крекинг с получением смеси (С) продуктов, при этом первый исходный газ (А) содержит более 90 мас.% насыщенных углеводородов и более 80 мас.% этана, и в котором смесь (С) продуктов или ее часть подвергают обработке (2, 3, 4) с получением последующей смеси (F), содержащей водород, метан, этан, этилен и углеводороды, содержащие три, четыре и по меньшей мере пять атомов углерода, и последующую смесь (F) или ее часть подвергают разделению (10), отличающийся тем, что разделение (10) включает стадию (7) отделения этилена, на которую подают разделяемый поток (S, V, X), содержащий, по меньшей мере, этан, этилен и углеводороды, содержащие три атома углерода, из указанной последующей смеси (F) или ее части, не отделенные друг от друга, причем на стадии (7) отделения этилена образуются легкая фракция (K), содержащая более 95 мол.% этилена, и тяжелая фракция (T, W, Y), содержащая по меньшей мере часть этана из разделяемого потока (S, V, X) и по меньшей мере 15 мас.% углеводородов, содержащих три и четыре атома углерода, из разделяемого потока (S, V, X), и при этом тяжелую фракцию (T, W, Y) со стадии (7) отделения этилена или ее часть используют в качестве части второго исходного газа (В) или для образования второго исходного газа (В).

2. Способ (100, 200) по п.1, в котором разделяемый поток (S, V), подаваемый на стадию (7) отделения этилена, образуют с использованием первой стадии (5, 5'') предварительного разделения и второй стадии (6) предварительного разделения, при этом на первую стадию (5, 5'') предварительного разделения подают последующую смесь (F) или ее часть, подвергнутую разделению (10), в неизменном составе, на первой стадии предварительного разделения (5, 5'') образуются легкая фракция (Q, U) и тяжелая фракция (R), при этом легкую фракцию (Q, U) с первой стадии (5, 5'') предварительного разделения или ее часть подают на вторую стадию (6) предварительного разделения, где на второй (6) стадии предварительного разделения образуются легкая фракция (H) и тяжелая фракция (S, V), и тяжелую фракцию (S, V) со второй стадии (6) предварительного разделения или ее часть используют в качестве разделяемого потока (S, V) или в качестве части разделяемого потока (S, V), подаваемого на стадию (7) отделения этилена.

3. Способ (100) по п.2, в котором легкая фракция (Q) с первой стадии (5) предварительного разделения содержит в общем менее 1 мол.% углеводородов, содержащих четыре и по меньшей мере пять атомов углерода, а остальное составляет метан, этан, этилен и углеводороды, содержащие три атома углерода, а тяжелая фракция (R) с первой стадии (5) предварительного разделения содержит в общем менее 1 мол.% водорода, метана и этилена, а остальное составляет этан, углеводороды, содержащие три, четыре и по меньшей мере пять атомов углерода.

4. Способ (100) по п.3, в котором легкая фракция (H) со второй стадии (6) предварительного разделения содержит более 99 мол.% метана и водорода в общем, а тяжелая фракция со второй стадии (6) предварительного разделения содержит менее 1 мол.% метана и водорода в общем, а остальное составляет этан, этилен и углеводороды, содержащие три атома углерода.

5. Способ (200) по п.2, в котором легкая фракция (U) с первой стадии (5'') предварительного разделения содержит в общем менее 1 мол.% углеводородов, содержащих по меньшей мере пять атомов углерода, а остальное составляет метан, этан, этилен и углеводороды, содержащие три и четыре атома углерода, а тяжелая фракция (R) с первой стадии (5) предварительного разделения содержит в общем менее 1 мол.% водорода, метана и этилена, а остальное составляет этан и углеводороды, содержащие три, четыре и по меньшей мере пять атомов углерода.

6. Способ (100) по п.5, в котором легкая фракция (H) со второй стадии (6) предварительного разделения содержит в общем более 99 мол.% метана и водорода, а тяжелая фракция со второй стадии (6) предварительного разделения содержит в общем менее 1 мол.% метана и водорода, а остальное составляет этан, этилен и углеводороды, содержащие три и четыре атома углерода.

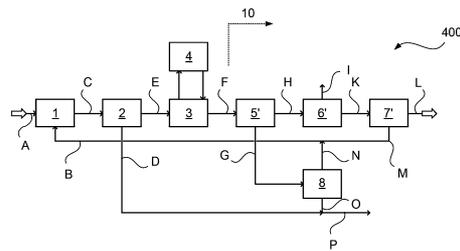
7. Способ (100, 200) по любому из предшествующих пп.3-6, который включает обработку тяжелой фракции (S, V) с первой стадии (5, 5'') предварительного разделения или ее части на дополнительной стадии (8) разделения, на которой образуются легкая фракция (N) и тяжелая фракция (O), при этом легкая фракция содержит либо менее 1 мол.% углеводородов, содержащих по меньшей мере шесть атомов углерода, а остальное составляют углеводороды, содержащие три, четыре и пять атомов углерода, либо менее 1 мол.% углеводородов, содержащих по меньшей мере пять атомов углерода, а остальное составляют углеводороды, содержащие три и четыре атома углерода.

8. Способ (300) по п.1, в котором разделяемый поток (X), подаваемый на стадию (7) отделения этилена, образуют с использованием единственной стадии (6) предварительного разделения, на которую подают последующую смесь (F) в неизменном составе, и на которой образуются легкая фракция (H), содержащая более 99 мол.% метана и водорода в общем, и тяжелая фракция (X), которая содержит менее 1 мол.% метана и водорода в общем, и остальное составляет этан, этилен и углеводороды, содержащие три, четыре и по меньшей мере пять атомов углерода, при этом тяжелую фракцию (X) с единственной стадии (6) предварительного разделения или ее часть используют в качестве разделяемого потока (X) или в качестве части разделяемого потока (X), подаваемого на стадию (7) отделения этилена.

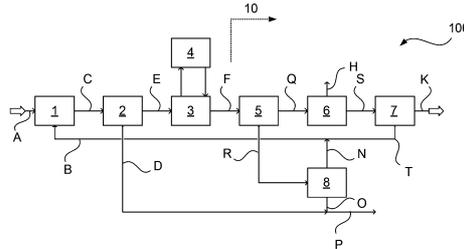
9. Способ (300) по п.8, в котором по меньшей мере часть тяжелой фракции (X) с единственной стадии (6) предварительного разделения, остающейся после стадии (7) отделения этилена, подают на дополнительную стадию (8') разделения, на которой образуются легкая фракция (V) и тяжелая фракция (O), при этом легкая фракция содержит либо менее 1 мол.% углеводородов, содержащих по меньшей мере шесть атомов углерода, а остальное составляют углеводороды, содержащие три, четыре и пять атомов углерода, либо менее 1 мол.% углеводородов, содержащих по меньшей мере пять атомов углерода, а остальное составляют углеводороды, содержащие три и четыре атома углерода.

10. Способ (100, 200, 300) по п.7 или 9, в котором легкую фракцию (N, V) с дополнительной стадии (8) разделения или ее часть используют для образования второго исходного газа (B).

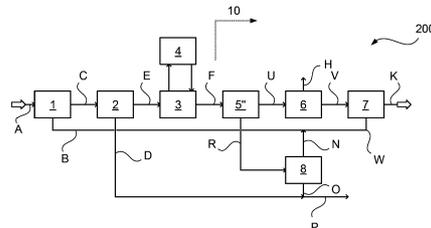
11. Способ по любому из пп.7, 9 или 10, в котором тяжелую фракцию (O) с дополнительной стадии (8, 8') разделения выводят из способа (100, 200, 300) вместе с фракцией (D) после обработки (2), содержащей углеводороды, содержащие по меньшей мере пять или по меньшей мере шесть атомов углерода.



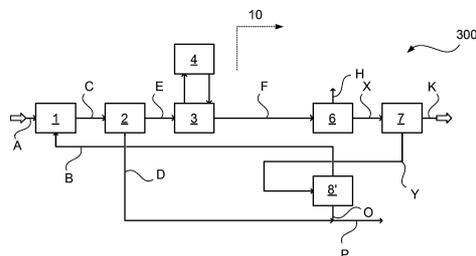
Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4

