

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **042704**(13) **B1**(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2023.03.16

(21) Номер заявки
201990429

(22) Дата подачи заявки
2017.07.31

(51) Int. Cl. **C07C 5/327** (2006.01)
C07C 5/48 (2006.01)
C07C 11/04 (2006.01)

(54) СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ЭТИЛЕНА И ХИМИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЭТИЛЕНА

(31) **16182435.4**

(32) **2016.08.02**

(33) **EP**

(43) **2019.07.31**

(86) **PCT/EP2017/069266**

(87) **WO 2018/024650 2018.02.08**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**ШЕЛЛ ИНТЕРНЭШНЛ РИСЕРЧ
МААТСХАППИЙ Б.В. (NL)**

(72) Изобретатель:
**Миткидис Георгиос, Ван Россум Гус,
Сан Роман Масия Мария (NL), Шах
Ватсал Мукундлал (US)**

(74) Представитель:
Медведев В.Н. (RU)

(56) CN-A-103086821
Heinz Zimmermann ET AL.: "Ethylene"
In: "Ullmann's Encyclopedia of Industrial
Chemistry", 15 April 2009 (2009-04-15), Wiley-
VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim,
Germany, XP055007506, ISBN: 978-3-52-730673-2
DOI: 10.1002/14356007.a10_045.pub3, the whole
document, Tables 3 and 6-8; Figures 34-36
US-A1-2010256432

(57) Данное изобретение относится к способу получения этилена из этана, включающему переработку потока, содержащего этан, в условиях парового крекинга в установке парового крекинга, которая является частью схемы парового крекинга, с получением потока, содержащего непрореагировавший этан, этилен и водород; подачу потока, содержащего непрореагировавший этан, этилен и водород, в разделительную установку, которая является частью схемы парового крекинга, и разделение указанного потока в указанной разделительной установке на поток, содержащий водород, и поток, содержащий непрореагировавший этан и этилен; подачу потока, содержащего непрореагировавший этан и этилен, в установку разделения C2, которая является частью схемы парового крекинга, и разделение указанного потока в указанной установке разделения C2 на поток, содержащий этилен, и поток, содержащий непрореагировавший этан; необязательный рецикл непрореагировавшего этана из потока, содержащего непрореагировавший этан, поступающего из установки разделения C2, в установку парового крекинга; переработку потока, содержащего этан, в условиях окислительного дегидрирования (ODH) в установке ODH, которая является частью схемы ODH, с получением потока, содержащего непрореагировавший этан, этилен и воду; подачу потока, содержащего непрореагировавший этан, этилен и воду, в установку конденсации воды, которая является частью схемы ODH, и удаление воды из указанного потока посредством конденсации воды в установке конденсации воды с получением потока, содержащего непрореагировавший этан и этилен; подачу исходящего потока, поступающего из схемы ODH, который содержит непрореагировавший этан и этилен, в схему парового крекинга; необязательный рецикл непрореагировавшего этана из потока, содержащего непрореагировавший этан, поступающего из установки разделения C2, в установку ODH. Кроме того, данное изобретение относится к химическому комплексу, пригодному для осуществления такого способа получения этилена.

042704
B1

042704
B1

Область техники

Данное изобретение относится к способу получения этилена из этана, а также к химическому комплексу, пригодному для осуществления такого способа получения этилена.

Уровень техники

Известен способ получения этилена из этана паровым крекингом потока этана под действием тепла с получением потока продукта, содержащего этилен и водород. Перед любой последующей стадией, на которой этилен дополнительно перерабатывают в ценные химические полупродукты, потока продукта, содержащий этилен, необходимо подвергать очистке. Помимо этилена и водорода, поток продуктов из установки парового крекинга также может содержать ацетилен и непрореагировавший этан. Кроме того, указанный поток продуктов может содержать некоторое количество монооксида углерода и диоксида углерода в качестве примесей. Диоксид углерода может образовываться в присутствии кислорода (вследствие попадания небольшого количества воздуха в установку парового крекинга) и/или в реакциях конверсии углеводородов с водяным паром. Кроме того, монооксид углерода и диоксид углерода могут присутствовать в сырье в виде примесей. Более того, указанный поток продуктов может содержать метан и углеводороды C₃+, и эти примеси могут образовываться в процессе парового крекинга этана, который обычно представляет собой некаталитический, неселективный процесс конверсии. Последние из указанных примесей также могут поступать из потока этанового сырья. Все компоненты, кроме этилена, необходимо удалять из потока продуктов, поскольку они могут мешать на любой последующей стадии дальнейшей переработки этилена.

Обычно диоксид углерода удаляют из потока продуктов установки парового крекинга посредством пропускания указанного потока через установку удаления диоксида углерода, где его можно приводить в контакт с водным раствором основания, например, гидроксида натрия (промывочный раствор каустической соды). Водород и метан можно отделять от других компонентов криогенной перегонкой. Альтернативно, водород и метан можно отделять от любых углеводородов C₃+ в потоке продуктов вместе с углеводородами C₂, содержащими этилен, любой непрореагировавший этан и любой ацетилен. Затем углеводороды C₂ необходимо отделить от полученного потока, содержащего водород, метан и углеводороды C₂. Ацетилен можно удалять посредством его гидрирования до этилена. Наконец, от этилена необходимо отделять этан, что также можно осуществлять перегонкой. Необходимость удаления всех указанных компонентов из потока продуктов установки парового крекинга, содержащего этилен, является весьма трудоемкой и приводит к относительно высоким затратам на получение этилена. Например, известен способ отделения этана от этилена посредством криогенной перегонки в так называемых колоннах "отгонки C₂". Для такой криогенной перегонки используют относительно высокое давление и относительно низкую (криогенную) температуру для достижения эффекта разделения этана и этилена.

Следующая секция схемы парового крекинга этана, которая представляет собой следующую секцию переработки и может содержать несколько установок для осуществления вышеописанных функций удаления диоксида углерода, выделения компонентов (например, посредством перегонки) и гидрирования ацетилена, имеет определенную мощность, которую определяют по установке, имеющей наименьшую производительность. В целом, может возникнуть ситуация, в которой мощность установки парового крекинга, расположенной до последующей секции в схеме парового крекинга, не соответствует более высокой производительности следующей секции. В таком случае мощность следующей секции загружена не полностью, что обуславливает технически невыгодный, неэффективный и менее экономичный процесс получения этилена из этана.

Вышеупомянутая ситуация, в которой мощность установки парового крекинга (содержащей одну или более печей), расположенной до следующей секции в схеме парового крекинга этана, не соответствует более высокой производительности последующей секции, обычно может возникать при наличии узкого места в существующей схеме парового крекинга или при необходимости расширения общей мощности схемы парового крекинга. Это может включать ситуацию, в которой срок службы печи парового крекинга истекает или подходит к концу. Кроме того, это может включать ситуацию, в которой необходимо использовать нереализованный потенциал в завершающей секции разделения существующей схемы парового крекинга за счет проектного запаса (проектного резерва дистилляционных колонн или установки внутренних элементов более высокой мощности) и/или при производительности печи(ей) парового крекинга ниже расчетной. Последний случай также может быть результатом реконструкции существующей схемы парового крекинга жидкого сырья в схему парового крекинга газа (этана). Кроме того, это может относиться к ситуациям, в которых необходимо вывести из эксплуатации 1 или более из множества установок парового крекинга (например, для технического обслуживания или по любой другой причине).

Задача данного изобретения заключается в обеспечении способа получения этилена из этана, который может иметь техническое преимущество, который может быть эффективным и недорогим способом, и который включает паровой крекинг этана в этилен и водород в установке парового крекинга, являющейся частью схемы парового крекинга, более конкретно, в такой ситуации, в которой мощность установки парового крекинга, расположенной до следующей секции в схеме парового крекинга, не соответствует более высокой производительности следующей секции. Такой технически выгодный способ пред-

почтительно обеспечит снижение расхода энергии и/или сокращение капитальных затрат.

Сущность изобретения

Неожиданно было обнаружено, что вышеупомянутая задача может быть решена посредством подачи потока, выходящего из схемы окислительного дегидрирования (ODH), в схему парового крекинга, при этом этан в схеме ODH подвергают окислительному дегидрированию до этилена и воды, а исходящий поток, поступающий из схемы ODH и подаваемый в схему парового крекинга, содержит непрореагировавший этан и этилен.

Соответственно данное изобретение относится к способу получения этилена, включающему переработку потока, содержащего этан или нефть, в условиях парового крекинга в установке парового крекинга, которая является частью схемы парового крекинга, с получением потока, содержащего непрореагировавший этан, этилен и водород;

подачу потока, содержащего непрореагировавший этан, этилен и водород, в разделительную установку, которая является частью схемы парового крекинга, и разделение указанного потока в указанной разделительной установке на поток, содержащий водород, и поток, содержащий непрореагировавший этан и этилен;

подачу потока, содержащего непрореагировавший этан и этилен, в установку разделения C₂, которая является частью схемы парового крекинга, и разделение указанного потока в указанной установке разделения C₂ на поток, содержащий этилен, и поток, содержащий непрореагировавший этан;

необязательный рецикл не прореагировавшего этана из потока, содержащего непрореагировавший этан, поступающего из установки разделения C₂, в установку парового крекинга;

переработку потока, содержащего этан, в условиях окислительного дегидрирования (ODH) в установке ODH, которая является частью схемы ODH, с получением потока, содержащего непрореагировавший этан, этилен и воду;

подачу потока, содержащего непрореагировавший этан, этилен и воду, в установку конденсации воды, которая является частью схемы ODH, и удаление воды из указанного потока посредством конденсации воды в установке конденсации воды с получением потока, содержащего непрореагировавший этан и этилен;

подачу исходящего потока, поступающего из схемы ODH, который содержит непрореагировавший этан и этилен, в схему парового крекинга;

необязательный рецикл не прореагировавшего этана из потока, содержащего непрореагировавший этан, поступающего из установки разделения C₂, в установку ODH.

Кроме того, данное изобретение относится к химическому комплексу, который содержит схему парового крекинга и схему окислительного дегидрирования (ODH), в котором

схема парового крекинга содержит установку парового крекинга, установку удаления диоксида углерода, необязательную сушильную установку, 1-ую разделительную установку, 2-ую разделительную установку, необязательную установку гидрирования ацетилену и установку разделения C₂, причем каждая установка содержит одну или более питающих линий и одну или более линий выпуска;

схема ODH содержит установку ODH, установку конденсации воды, необязательную установку удаления диоксида углерода и необязательную сушильную установку, причем каждая установка содержит одну или более линий подачи и одну или более линий выпуска;

схема ODH интегрирована со схемой парового крекинга в положении до необязательной установки гидрирования ацетилену и до установки разделения C₂ и

ни одна линия подачи установки ODH не интегрирована с линией подачи или линией выпуска установки в схеме парового крекинга, за исключением того, что линия подачи установки парового крекинга и линия подачи установки ODH могут быть интегрированы, и/или того, что необязательная линия рецикла потока, выходящего из установки разделения C₂, и линия подачи установки ODH могут быть интегрированы.

Краткое описание графических материалов

На фиг. 1 представлен один из вариантов реализации данного изобретения, в котором поток, выходящий из установки конденсации воды в схеме окислительного дегидрирования (ODH) и содержащий непрореагировавший этан и этилен, подают в схему парового крекинга.

На фиг. 2 представлен один из вариантов реализации данного изобретения, в котором поток, выходящий из установки удаления диоксида углерода в схеме ODH и содержащий непрореагировавший этан и этилен, подают в схему парового крекинга.

На фиг. 3 представлен один из вариантов реализации данного изобретения, в котором поток, выходящий из сушильной установки в схеме ODH и содержащий непрореагировавший этан и этилен, подают в схему парового крекинга.

Подробное описание изобретения

В интегрированном способе по данному изобретению используют и схему парового крекинга, и схему окислительного дегидрирования (ODH).

Вышеупомянутая схема парового крекинга содержит:

(а) установку парового крекинга, в которой поток, содержащий этан, подвергают действию условий

парового крекинга с получением потока, содержащего непрореагировавший этан, этилен и водород;

(b) разделительную установку, в которой поток, содержащий непрореагировавший этан, этилен и водород, разделяют на поток, содержащий водород, и поток, содержащий непрореагировавший этан и этилен;

(c) установку разделения C2, в которой поток, содержащий непрореагировавший этан и этилен, разделяют на поток, содержащий этилен, и поток, содержащий непрореагировавший этан.

Кроме того, в соответствии с данным изобретением, схема парового крекинга может содержать установку удаления диоксида углерода, сушильную установку, одну или более разделительных установок, отличных от вышеупомянутой установки разделения C2, установку гидрирования ацетилена и/или один или более компрессоров.

Вышеупомянутая схема окислительного дегидрирования (ODH) содержит:

(i) установку ODH, в которой поток, содержащий этан, подвергают действию условий ODH с получением потока, содержащего непрореагировавший этан, этилен и воду;

(ii) установку конденсации воды, в которой воду удаляют из потока, содержащего непрореагировавший этан, этилен и воду, посредством конденсации с получением потока, содержащего непрореагировавший этан и этилен.

Кроме того, в соответствии с данным изобретением схема ODH может содержать установку удаления диоксида углерода и сушильную установку.

В соответствии с данным изобретением интеграция между вышеупомянутой схемой парового крекинга и схемой ODH осуществлена посредством подачи исходящего потока, поступающего из схемы ODH и содержащего непрореагировавший этан и этилен, в схему парового крекинга. В частности, в соответствии с данным изобретением исходящий поток, поступающий из схемы ODH и содержащий непрореагировавший этан и этилен, подают в схему парового крекинга в положении после установки парового крекинга.

В WO 2014134703 описано внедрение процесса ODH этана в процесс выделения продукта, который осуществляют в следующей секции схемы парового крекинга этана, при этом установка ODH становится частью схемы парового крекинга, а сырьевой поток, содержащий этан, для установки ODH исходит только из схемы парового крекинга.

На фиг. 4 WO 2014134703 колонна отгонки C2 для отделения этилена от этана, которая является частью схемы парового крекинга, соединена с установкой ODH в нижней части колонны отгонки C2. То есть в способе, изображенном на указанной фиг. 4, этан из нижней части колонны отгонки C2 подают в установку ODH, расположенную после колонны отгонки C2. В способе, изображенном на фиг. 6 WO 2014134703, этан и этилен из средней части колонны отгонки C2 подают в установку ODH, расположенную после колонны отгонки C2. В способе, изображенном на фиг. 8 WO 2014134703, этан и этилен из установок гидрирования, которые являются частью схемы парового крекинга, подают в установку ODH, которая расположена после указанных установок гидрирования. Во всех указанных способах, изображенных на фиг. 4, 6 и 8 WO 014134703, ни один исходящий поток из установки ODH не подают в схему парового крекинга ни в одном положении.

Кроме того, на фиг. 7 WO 2014134703 этан и этилен из установки парового крекинга подают в установку ODH, исходящий поток которой направляют в колонну отгонки C2 для отделения этилена от этана, и указанная колонна отгонки является частью схемы парового крекинга. То есть в способе, изображенном на указанной фиг. 7, этан и этилен из установки парового крекинга подают в установку ODH, расположенную до колонны отгонки C2. В способе, изображенном на фиг. 7 WO 2014134703, установка ODH является частью схемы парового крекинга. Нет отдельной схемы ODH. Поскольку поток, поступающий в установку ODH, исходит из установки парового крекинга, а исходящий поток из установки ODH подают в колонну отгонки C2, то и установка парового крекинга, и колонна отгонки C2 являются частью схемы парового крекинга.

Во всех вышеупомянутых способах, изображенных на фиг. 4, 6, 7 и 8 WO 2014134703, установка ODH, внедренная в схему парового крекинга, не может быть средством для обеспечения возможности полного использования производственной мощности следующей секции в схеме парового крекинга, в той ситуации, в которой производительность установки парового крекинга, расположенной до указанной следующей секции, не соответствует более высокой производительности последующей секции. Поскольку потоки, которые поступают в установки ODH на указанных фиг. 4, 6, 7 и 8, исходят прямо или косвенно из потока, выходящего из установки парового крекинга. Как указано в WO 2014134703 (см. стр. 46), изобретение, описанное в WO 2014134703, основано на превращении (еще не прореагировавшего) этана из потока продуктов крекинг-установки в этилен в совместно работающей установке ODH, с целью снижения этановой нагрузки на систему разделительных установок. Это отличается от предложенного изобретения, в котором в следующую секцию схемы парового крекинга можно подавать большее количество исходящего потока, то есть и исходящий поток из установки парового крекинга, и исходящий поток из установки ODH, по сравнению с другими случаями, в которых количество исходящего потока, которое можно подавать в указанную последующую секцию схемы парового крекинга, может определяться только исходящим потоком, поступающим из установки парового крекинга. Примеры указанных

других случаев представляют собой (i) случаи, в которых вообще не используют установку ODH; или (ii) вышеописанные случаи, иллюстрированные способами, изображенными на фиг. 4, 6, 7 и 8 в WO 2014134703, в которых процесс ODH этана внедрен в процесс выделения продукта, осуществляемый в следующей секции схемы парового крекинга этана, где установка ODH становится частью схемы парового крекинга, а сырьевой поток, содержащий этан, для установки ODH исходит только из схемы парового крекинга.

Таким образом, в данном изобретении предложен способ получения этилена из этана, включающий паровой крекинг этана до этилена и водорода, и указанный способ может быть технически более выгодным, более эффективным и более экономичным, по сравнению с другими случаями, описанными выше. Такой технически выгодный способ может предпочтительно обеспечить снижение расхода энергии и/или сокращение капитальных затрат.

В частности, благодаря интеграции схемы ODH со схемой парового крекинга через подачу исходящего потока, поступающего из схемы ODH и содержащего непрореагировавший этан и этилен, в схему парового крекинга, в частности, в следующую по ходу переработки секцию схемы парового крекинга, посредством подачи указанного исходящего потока в схему парового крекинга в положении после установки парового крекинга, данное изобретение является пригодным для преодоления узкого места в существующей схеме парового крекинга или для расширения общей мощности схемы парового крекинга. Таким образом, может быть преимущественно полностью использована относительно высокая мощность следующей секции в схеме парового крекинга этана, по сравнению с мощностью установки парового крекинга (содержащей одну или более печей), расположенной до указанной следующей секции. Это может включать ситуацию, в которой срок службы печи парового крекинга истекает или подходит к концу. Кроме того, это включает ситуацию, в которой необходимо использовать нереализованный потенциал в завершающей секции разделения существующей схемы парового крекинга за счет проектного запаса (проектного резерва дистилляционных колонн или установки внутренних элементов более высокой мощности) и/или при производительности печи(ей) парового крекинга ниже расчетной. Последний случай также может быть результатом реконструкции существующей схемы парового крекинга жидкого сырья в схему парового крекинга газа (этана). Кроме того это может относиться к ситуациям, в которых необходимо вывести из эксплуатации 1 или более из множества установок парового крекинга (например, для технического обслуживания или по любой другой причине). Приведенные выше примеры демонстрируют, что внедрение данного изобретения можно преимущественно применять во многих практических ситуациях для достижения технически выгодного, эффективного и экономичного интегрированного способа получения этилена из этана, включающего и паровой крекинг этана до этилена и водорода, и окислительное дегидрирование этана до этилена и воды.

Помимо обеспечения возможности полного использования относительно высокой мощности следующей секции в схеме парового крекинга этана, как описано выше, данное изобретение также имеет следующие дополнительные преимущества. Схема ODH этана, содержащая установку ODH (например, реактор ODH) и установку конденсации воды, занимает меньшую площадь (необходима меньшая материальная площадь), имеет меньшую капиталоемкость, низкое энергопотребление и, следовательно, небольшие общие выбросы CO₂. В процессе ODH этана необходимо меньшее количество энергии для компрессоров и дистилляционных колонн, поскольку отходящий газ ODH имеет более высокую молекулярную массу (исходящий поток ODH по существу не содержит легких компонентов, таких как водород и метан, по сравнению, например, с паровым крекингом этана), процесс ODH можно проводить при высоком давлении (например, 2-10 бар) и, наконец, он представляет собой экзотермический химический процесс, в результате которого образуется чистый пар высокого давления, который также можно преимущественно использовать в химическом комплексе по данному изобретению. В отношении последнего пар, получаемый в процессе ODH, можно преимущественно использовать в схеме парового крекинга предложенного химического комплекса. И, наоборот, пар, получаемый в процессе парового крекинга, можно преимущественно использовать в схеме ODH предложенного химического комплекса. Кроме того, в процессе ODH обычно получают гораздо более узкий ассортимент продуктов (т.е. отсутствие или меньшее количество побочных продуктов, таких как метан и углеводороды C₃⁺, которые получают при паровом крекинге этана), но при этом исходящие потоки ODH все еще химически совместимы с исходящими потоками установок парового крекинга этана, что значительно упрощает требования к компоновке и разделению и снижает капитальные и энергетические затраты.

Эти и другие преимущества данного изобретения также станут понятны из следующего подробного описания.

В контексте данного описания следующие термины имеют следующие значения.

"Углеводороды C₃⁺" включают углеводороды, содержащие 3 или более атомов углерода. Углеводороды C₃⁺ могут включать пропан и/или пропилен.

"Углеводороды C₂⁺" включают углеводороды, содержащие 2 или более атомов углерода. Углеводороды C₂⁺ могут включать этан, этилен, ацетилен, пропан и/или пропилен.

"Углеводороды C₂" включают углеводороды, содержащие 2 атома углерода. Углеводороды C₂ могут включать этан, этилен и/или ацетилен.

В отношении способа по данному изобретению "установка парового крекинга" означает установку, в которой этан под действием условий парового крекинга превращают в этилен и водород. В отношении комплекса по данному изобретению "установка парового крекинга" означает установку, которая пригодна для превращения этана под действием условий парового крекинга в этилен и водород. Установка парового крекинга может содержать печь.

В отношении способа по данному изобретению "установка окислительного дегидрирования" означает установку, в которой этан под действием условий окислительного дегидрирования (ODH) превращают в этилен и воду. В отношении комплекса по данному изобретению "установка окислительного дегидрирования" означает установку, которая пригодна для превращения этана под действием условий ODH в этилен и воду. Установка ODH может содержать реактор, который может представлять собой каталитический реактор, который является реактором, содержащим катализатор.

В отношении способа по данному изобретению "установка удаления диоксида углерода" означает установку, в которой диоксид углерода удаляют из потока, содержащего этилен, водород и диоксид углерода. В отношении комплекса по данному изобретению "установка удаления диоксида углерода" означает установку, которая пригодна для удаления диоксида углерода из потока, содержащего этилен, водород и диоксид углерода. Агент для удаления диоксида углерода, который подают в установку удаления диоксида углерода, может представлять собой водный раствор основания, например гидроксида натрия или амина.

В отношении способа по данному изобретению "сушильная установка" означает установку, в которой удаляют воду из потока, содержащего этилен, водород и воду. В отношении комплекса по данному изобретению "сушильная установка" означает установку, которая пригодна для удаления воды из потока, содержащего этилен, водород и воду.

В отношении способа по данному изобретению "установка гидрирования ацетилена" означает установку, в которой ацетилен под действием условий гидрирования превращают в этилен. В отношении комплекса по данному изобретению "установка гидрирования ацетилена" означает установку, которая пригодна для превращения ацетилена под действием условий гидрирования в этилен. Установка гидрирования ацетилена может содержать реактор, который может представлять собой каталитический реактор, который является реактором, содержащим катализатор.

В отношении способа по данному изобретению "установка разделения C₂" означает установку, в которой этилен отделяют от этана. В отношении комплекса по данному изобретению "установка разделения C₂" означает установку, которая пригодна для отделения этилена от этана. Этилен можно отделять от этана любым способом, например, посредством перегонки, абсорбции или адсорбции.

Кроме того, несмотря на то, что способ и химический комплекс, а также схемы по данному изобретению и поток или потоки, используемые в указанном способе, описаны в терминах "содержащий", "имеющий в составе" или "включающий" одну или более различных описанных стадий, или установок, или компонентов, они также могут "состоять по существу" или "состоять из" указанной одной или более различных описанных стадий, или установок, или компонентов.

В контексте данного изобретения, в том случае, если поток содержит два или более компонентов, указанные компоненты следует выбирать в общем количестве, не превышающем 100 об.% или 100 мас.%.

Предложенный способ представляет собой способ получения этилена из этана, включающий переработку потока, содержащего этан, в условиях парового крекинга в установке парового крекинга, которая является частью схемы парового крекинга, с получением потока, содержащего непрореагировавший этан, этилен и водород;

подачу потока, содержащего непрореагировавший этан, этилен и водород, в разделительную установку, которая является частью схемы парового крекинга, и разделение указанного потока в указанной разделительной установке на поток, содержащий водород, и поток, содержащий непрореагировавший этан и этилен;

подачу потока, содержащего непрореагировавший этан и этилен, в установку разделения C₂, которая является частью схемы парового крекинга, и разделение указанного потока в указанной установке разделения C₂ на поток, содержащий этилен, и поток,

содержащий непрореагировавший этан;

необязательный рецикл не прореагировавшего этана из потока, содержащего непрореагировавший этан, поступающего из установки разделения C₂, в установку парового крекинга;

переработку потока, содержащего этан, в условиях окислительного дегидрирования (ODH) в установке ODH, которая является частью схемы ODH, с получением потока, содержащего непрореагировавший этан, этилен и воду;

подачу потока, содержащего непрореагировавший этан, этилен и воду, в установку конденсации воды, которая является частью схемы ODH, и удаление воды из указанного потока посредством конденсации воды в установке конденсации воды с получением потока, содержащего непрореагировавший этан и этилен;

подачу исходящего потока, поступающего из схемы ODH, который содержит непрореагировавший

этан и этилен, в схему парового крекинга;

необязательный рецикл не прореагировавшего этана из потока, содержащего непрореагировавший этан, поступающего из установки разделения C2, в установку ODH.

Как описано выше, в соответствии с данным изобретением интеграцию между схемой парового крекинга и схемой ODH осуществляют посредством подачи исходящего потока, поступающего из схемы ODH и содержащего непрореагировавший этан и этилен, в схему парового крекинга, в частности, в положении после установки парового крекинга. Кроме того, в частности, непрореагировавший этан из исходящего потока, поступающего из схемы парового крекинга, не подают в установку ODH в схеме ODH, за исключением необязательного рецикла не прореагировавшего этана из исходящего потока, поступающего из установки разделения C2 в схеме парового крекинга, в установку ODH в схеме ODH. Более того, в частности, в установку ODH подают этан, который получают из одного или более источников, выбранных из группы, состоящей из: а) источника свежего этана, который используют для подачи этана в установку парового крекинга; б) другого источника свежего этана, отличного от указанного первого источника, упомянутого в пункте а); и с) не прореагировавшего этана из исходящего потока, поступающего из установки разделения C2. В контексте данного описания под "свежим этаном" понимают этан, который не содержит непрореагировавший этан. В контексте данного описания под "не прореагировавшим этаном" понимают этан, который был подвержен либо действию условий парового крекинга, либо действию условий окислительного дегидрирования в способе по данному изобретению, но не прореагировал. В отношении указанных источников свежего этана, упомянутых выше в пунктах а) и б), свежий этан, который подвергают действию условий парового крекинга и/или условий окислительного дегидрирования в способе по данному изобретению, может быть получен с завода, вырабатывающего поток, содержащий этан, либо в качестве основного потока, либо в качестве побочного потока, такого как газодобывающий завод, газоперерабатывающий завод, завод по регенерации и фракционированию широкой фракции легких углеводородов (ШФЛУ), завод по производству сжиженного природного газа (СПГ) и т.д., и указанные заводы также могут быть упомянуты в общем как заводы по "транспортировке и хранению углеводородов". Таким образом, предложенный способ можно интегрировать с любым из таких заводов по транспортировке и хранению углеводородов. Однако в соответствии с данным изобретением происхождение свежего этана не является принципиальным.

В целом, в соответствии с данным изобретением, сырье для установки ODH может включать: 1) непрореагировавший этан и отсутствие свежего этана; или 2) непрореагировавший этан и свежий этан; или 3) свежий этан и отсутствие не прореагировавшего этана. Таким же образом, в целом, в соответствии с данным изобретением сырье для установки парового крекинга может включать: 1) непрореагировавший этан и отсутствие свежего этана; или 2) непрореагировавший этан и свежий этан; или 3) свежий этан и отсутствие не прореагировавшего этана. В частности, свежий этан можно подавать в установку ODH. Кроме того, в частности, свежий этан можно подавать в установку парового крекинга. Кроме того, в частности, свежий этан можно подавать в установку ODH, и в установку парового крекинга. Как описано выше, подача свежего этана подразумевает подачу этана, который не был подвержен ни действию условий парового крекинга, ни действию условий окислительного дегидрирования (ODH). Свежий этан, подаваемый в установку ODH, и свежий этан, подаваемый в установку парового крекинга, может быть получен из одного и того же источника или из разных источников.

В соответствии с предложенным способом исходящий поток, поступающий из схемы ODH и содержащий непрореагировавший этан и этилен, который подают в схему парового крекинга, может представлять собой поток, содержащий непрореагировавший этан и этилен, поступающий из установки конденсации воды в схеме ODH. Предпочтительно непрореагировавший этан и этилен из потока, содержащего непрореагировавший этан и этилен, поступающего из установки конденсации воды в схеме ODH, подают в установку разделения C2 в схеме парового крекинга.

В соответствии с предложенным способом поток, поступающий из установки парового крекинга в схеме парового крекинга, может содержать непрореагировавший этан, этилен, водород, метан, монооксид углерода, диоксид углерода и углеводороды C3+; а поток, поступающий из установки ODH в схеме ODH, может содержать непрореагировавший этан, этилен, воду, монооксид углерода и диоксид углерода. В таком случае способ получения этилена по данному изобретению может включать следующие стадии:

переработку потока, содержащего этан, в условиях парового крекинга в установке парового крекинга, которая является частью схемы парового крекинга, с получением потока, содержащего непрореагировавший этан, этилен, водород, метан, монооксид углерода, диоксид углерода и углеводороды C3+;

подачу потока, содержащего непрореагировавший этан, этилен, водород, метан, монооксид углерода, диоксид углерода и углеводороды C3+, в установку удаления диоксида углерода, которая является частью схемы парового крекинга, и удаление диоксида углерода из указанного потока в указанной установке удаления диоксида углерода с получением потока, содержащего непрореагировавший этан, этилен, водород, метан, монооксид углерода и углеводороды C3+;

подачу потока, содержащего непрореагировавший этан, этилен, водород, метан, монооксид углерода и углеводороды C3+, в разделительную установку, которая является частью схемы парового крекинга,

и разделение указанного потока в указанной разделительной установке на поток, содержащий водород, метан и монооксид углерода, и поток, содержащий углеводороды C3+;

подачу не прореагировавшего этана и этилена из потока, содержащего непрореагировавший этан, этилен, водород, метан, монооксид углерода и углеводороды C3+, в установку разделения C2, которая является частью схемы парового крекинга, и разделение указанного потока в указанной установке разделения C2 на поток, содержащий этилен, и поток, содержащий непрореагировавший этан;

необязательный рецикл не прореагировавшего этана из потока, содержащего непрореагировавший этан, поступающего из установки разделения C2, в установку парового крекинга;

переработку потока, содержащего этан, в условиях окислительного дегидрирования (ODH) в установке ODH, которая является частью схемы ODH, с получением потока, содержащего непрореагировавший этан, этилен, воду, монооксид углерода и диоксид углерода;

подачу потока, содержащего непрореагировавший этан, этилен, воду, монооксид углерода и диоксид углерода, в установку конденсации воды, которая является частью схемы ODH, и удаление воды из указанного потока посредством конденсации воды в установке конденсации воды с получением потока, содержащего непрореагировавший этан, этилен, монооксид углерода и диоксид углерода;

подачу исходящего потока, поступающего из схемы ODH, который содержит непрореагировавший этан и этилен, в схему парового крекинга;

необязательный рецикл не прореагировавшего этана из потока, содержащего непрореагировавший этан, поступающего из установки разделения C2, в установку ODH.

Кроме того, поток, поступающий из установки ODH в схеме ODH, может также содержать непрореагировавший кислород (используемый в качестве окислительного агента в процессе ODH). Предпочтительно указанный непрореагировавший кислород удаляют перед подачей исходящего потока, поступающего из схемы ODH и содержащего непрореагировавший этан и этилен, в схему парового крекинга, по соображениям безопасности и с учетом присутствия водорода в исходящих потоках установки парового крекинга.

На стадии удаления диоксида углерода вышеописанного способа поток, содержащий непрореагировавший этан, этилен, водород, метан, монооксид углерода, диоксид углерода и углеводороды C3+, подают в установку удаления диоксида углерода в схеме парового крекинга. Последний поток может представлять собой поток, поступающий из установки парового крекинга. Необязательно, если поток, содержащий непрореагировавший этан, этилен, водород, метан, монооксид углерода и углеводороды C3+, получаемый на стадии удаления диоксида углерода, содержит воду, то указанный поток подают в сушильную установку, которая является частью схемы парового крекинга, для удаления воды.

Кроме того, в вышеописанном способе поток, содержащий непрореагировавший этан, этилен, водород, метан, монооксид углерода и углеводороды C3+, подают в разделительную установку схемы парового крекинга. Последний поток может представлять собой поток, поступающий из вышеупомянутой установки удаления диоксида углерода или необязательной сушильной установки. В последней разделительной установке последний поток разделяют на поток, содержащий водород, метан и монооксид углерода, и поток, содержащий углеводороды C3+. В 1-ом варианте реализации изобретения указанный поток, содержащий непрореагировавший этан, этилен, водород, метан, монооксид углерода и углеводороды C3+, разделяют на поток, содержащий водород, метан и монооксид углерода, и поток, содержащий углеводороды C2+, и указанные углеводороды C2+ содержат непрореагировавший этан, этилен и углеводороды C3+. Во 2-ом варианте реализации изобретения указанный поток, содержащий непрореагировавший этан, этилен, водород, метан, монооксид углерода и углеводороды C3+, разделяют на поток, содержащий водород, метан, монооксид углерода и углеводороды C2, причем углеводороды C2 содержат непрореагировавший этан и этилен, и поток, содержащий углеводороды C3+. В указанном 1-ом варианте реализации выделенный поток, содержащий углеводороды C2+, можно подавать в следующую разделительную установку, где указанный поток разделяют на поток, содержащий углеводороды C2, и поток, содержащий углеводороды C3+. В указанном 2-ом варианте реализации выделенный поток, содержащий водород, метан, монооксид углерода и углеводороды C2, можно подавать в следующую разделительную установку, где указанный поток разделяют на поток, содержащий водород, метан и монооксид углерода, и поток, содержащий углеводороды C2. В обоих указанных вариантах реализации выделенный поток, содержащий углеводороды C2, поступающий из указанной следующей разделительной установки, можно подавать в вышеуказанную установку разделения C2 в схеме парового крекинга, где последний поток разделяют на поток, содержащий этилен, и поток, содержащий непрореагировавший этан.

Кроме того, в вышеописанном способе поток, содержащий непрореагировавший этан, этилен, монооксид углерода и диоксид углерода, который поступает из установки конденсации воды в схеме ODH, можно подавать в установку удаления диоксида углерода, которая является частью схемы ODH, где диоксид углерода удаляют из указанного потока с получением потока, содержащего непрореагировавший этан, этилен и монооксид углерода. Необязательно, если поток, содержащий непрореагировавший этан, этилен и монооксид углерода, получаемый на стадии удаления диоксида углерода, содержит воду, то указанный поток можно подавать в сушильную установку, которая является частью схемы ODH, для удаления воды.

Кроме того, в вышеописанном способе исходящий поток, поступающий из схемы OD и содержащий непрореагировавший этан и этилен, подают в схему парового крекинга. В частности, указанный исходящий поток, поступающий из схемы ODH, представляет собой исходящий поток, прямо или косвенно поступающий из установки ODH.

В вышеописанном способе вышеуказанный исходящий поток, поступающий из схемы ODH и содержащий непрореагировавший этан и этилен, который подают в схему парового крекинга, может представлять собой поток, содержащий непрореагировавший этан, этилен, монооксид углерода и диоксид углерода, поступающий из установки конденсации воды в схеме ODH. Предпочтительно последний поток, содержащий непрореагировавший этан, этилен, монооксид углерода и диоксид углерода, поступающий из установки конденсации воды в схеме ODH, подают в установку удаления диоксида углерода в схеме парового крекинга. Это показано на фиг. 1 (линией 35).

Кроме того, в вышеописанном способе вышеупомянутый исходящий поток, поступающий из схемы ODH и содержащий непрореагировавший этан и этилен, который подают в схему парового крекинга, может представлять собой поток, содержащий непрореагировавший этан, этилен и монооксид углерода, поступающий из необязательной установки удаления диоксида углерода в схеме ODH. Предпочтительно последний поток, содержащий непрореагировавший этан, этилен и монооксид углерода, поступающий из необязательной установки удаления диоксида углерода в схеме ODH, подают в разделительную установку схемы парового крекинга, где поток, содержащий непрореагировавший этан, этилен, водород, метан, монооксид углерода и углеводороды C3+, разделяют на поток, содержащий водород, метан и монооксид углерода, и потто, содержащий углеводороды C3+. В том случае, если потоки, образующиеся на стадиях удаления диоксида углерода, содержат воду, как описано выше, то поток, поступающий из установки удаления диоксида углерода в схеме ODH, можно подавать в вышеупомянутую сушильную установку в схеме парового крекинга. Это показано на фиг. 2 (линией 40). Кроме того, в том случае, если потоки, образующиеся на стадиях удаления диоксида углерода, содержат воду, и схема ODH содержит сушильную установку, как описано выше, то поток, поступающий из сушильной установки в схеме ODH и содержащий непрореагировавший этан, этилен и монооксид углерода, можно подавать в указанную разделительную установку в схеме парового крекинга, в которой поток, содержащий непрореагировавший этан, этилен, водород, метан, монооксид углерода и углеводороды C3+, разделяют на поток, содержащий водород, метан и монооксид углерода, и поток, содержащий углеводороды C2+ (вышеописанный "1-ый вариант реализации изобретения"). Это показано на фиг. 3 (линией 45). Кроме того, в том случае, если потоки, образующиеся на стадиях удаления диоксида углерода, содержат воду, и схема ODH содержит сушильную установку, как описано выше, то поток, поступающий из сушильной установки в схеме ODH и содержащий непрореагировавший этан, этилен и монооксид углерода, можно подавать в указанную разделительную установку в схеме парового крекинга, в которой поток, содержащий водород, метан, монооксид углерода и углеводороды C2, разделяют на поток, содержащий водород, метан и монооксид углерода, и поток, содержащий углеводороды C2 (вышеописанный "2-ой вариант реализации изобретения"). Это также показано на фиг. 3 (линией 46).

В предложенном способе поток, поступающий из установки парового крекинга схемы парового крекинга, может дополнительно содержать ацетилен; и поток, поступающий из установки ODH схемы ODH, может дополнительно содержать ацетилен. В таком случае способ получения этилена по данному изобретению может включать стадию гидрирования ацетилена, на которой в установке гидрирования ацетилена поток, содержащий непрореагировавший этан, этилен и ацетилен, подвергают действию условий гидрирования для превращения ацетилена в этилен.

Предпочтительно установка гидрирования ацетилена является частью схемы парового крекинга. В последнем случае поток, содержащий непрореагировавший этан, этилен и ацетилен, можно подавать в установку гидрирования ацетилена в схеме парового крекинга с получением потока, содержащего непрореагировавший этан и этилен, и указанный последний поток можно подавать в вышеупомянутую установку разделения C2. В таком случае поток, содержащий водород, можно подавать в установку гидрирования ацетилена в схеме парового крекинга. Водород представляет собой гидрирующий агент, который может гидрировать ацетилен до этилена и который можно получать из схемы парового крекинга.

Более конкретно, в предложенном способе при наличии ацетилена, как описано выше, в вышеупомянутом 1-ом варианте реализации изобретения, поток, содержащий непрореагировавший этан, этилен, ацетилен, водород, метан, монооксид углерода и углеводороды C3+, разделяют на поток, содержащий водород, метан и монооксид углерода, и поток, содержащий углеводороды C2+, причем углеводороды C2+ включают непрореагировавший этан, этилен, ацетилен и углеводороды C3+. Кроме того, в вышеупомянутом 2-ом варианте реализации изобретения поток, содержащий непрореагировавший этан, этилен, ацетилен, водород, метан, монооксид углерода и углеводороды C3+, разделяют на поток, содержащий водород, метан, монооксид углерода и углеводороды C2, причем углеводороды C2 содержат непрореагировавший этан, этилен и ацетилен, и поток, содержащий углеводороды C3+. В указанном 1-ом варианте реализации выделенный поток, содержащий углеводороды C2+, можно подавать в следующую разделительную установку, где указанный поток разделяют на поток, содержащий углеводороды C2, и поток, содержащий углеводороды C3+. В указанном 2-ом варианте реализации выделенный поток, со-

державший водород, метан, монооксид углерода и углеводороды C₂, можно подавать в следующую разделительную установку, где указанный поток разделяют на поток, содержащий водород, метан и монооксид углерода, и поток, содержащий углеводороды C₂. В обоих указанных вариантах реализации изобретения выделенный поток, содержащий углеводороды C₂, поступающий из указанной следующей разделительной установки, можно подавать в установку гидрирования ацетилена, которая является частью схемы парового крекинга, где ацетилен превращают в этилен с получением потока, содержащего непрореагировавший этан и этилен, и указанный последний поток можно затем подавать в вышеупомянутую установку разделения C₂ в схеме парового крекинга, где указанный последний поток разделяют на поток, содержащий этилен, и поток, содержащий непрореагировавший этан.

В способе по данному изобретению поток, содержащий этан, подвергают действию условий парового крекинга в установке парового крекинга, которая является частью схемы парового крекинга, с получением потока, содержащего непрореагировавший этан, этилен и водород. Пригодные условия парового крекинга для данной стадии парового крекинга описаны ниже.

В частности, на вышеупомянутой стадии парового крекинга в установку парового крекинга не подают поток, содержащий кислород, поскольку нет необходимости в использовании кислорода в качестве окислительного агента. Однако диоксид углерода все еще может образовываться как примесь в присутствии кислорода (вследствие попадания небольшого количества воздуха в установку парового крекинга) и/или в реакциях конверсии углеводородов с водяным паром. Кроме того, монооксид углерода и диоксид углерода могут поступать в процесс парового крекинга в виде примесей в сырье.

Кроме того, в частности, на вышеупомянутой стадии парового крекинга не используют катализатор. Предпочтительно, указанную стадию парового крекинга проводят при повышенной температуре, более предпочтительно в диапазоне от 650 до 1000°C, наиболее предпочтительно от 750 до 950°C. Способы парового крекинга углеводородов являются общеизвестными. Например, см. Kniel et al., Ethylene, Keystone to the petrochemical industry, Marcel Dekker, Inc, Нью-Йорк, 1980, в частности, главы 6 и 7.

В способе по данному изобретению поток, содержащий этан, подвергают действию условий окислительного дегидрирования (ODH) в установке ODH, которая является частью схемы ODH, с получением потока, содержащего непрореагировавший этан, этилен и воду. Пригодные условия ODH для данной стадии ODH описаны ниже.

На вышеупомянутой стадии ODH переработка потока, содержащего этан, в условиях ODH, может включать приведение в контакт потока, содержащего этан, с кислородом (O₂). Указанный кислород является окислительным агентом в данной реакции ODH. На стадии ODH кислород (O₂) и поток, содержащий этан, можно подавать в установку ODH. Установка ODH может содержать реактор, который может содержать катализатор ODH, в частности смешанный катализатор на основе оксидов металлов, содержащий молибден, ванадий, ниобий и необязательно теллур. Затем кислород и этан приводят в контакт с указанным катализатором в реакторе ODH, что приводит к окислительному дегидрированию этана.

На стадии ODH способа по данному изобретению кислород и этан можно подавать в реактор вместе или по отдельности. То есть в реактор можно подавать один или более сырьевых потоков, в частности газообразных потоков, содержащих один или более из указанных 2 компонентов. Например, в реактор можно подавать один сырьевой поток, содержащий кислород и этан. Альтернативно, в реактор можно подавать два или более сырьевых потоков, в частности, газообразных потоков, и указанные сырьевые потоки могут образовывать объединенный поток внутри реактора. Например, в реактор можно отдельно подавать один сырьевой поток, содержащий кислород, и другой сырьевой поток, содержащий этан.

Кроме того, на стадии ODH способа по данному изобретению, в частности, при приведении в контакт кислорода и этана с катализатором ODH, температура составляет от 300 до 500°C. Более предпочтительно, указанная температура составляет от 310 до 450°C, более предпочтительно от 320 до 420°C, наиболее предпочтительно от 330 до 420°C.

Более того, на вышеупомянутой стадии ODH, в частности, при приведении в контакт кислорода и этана с катализатором ODH, типичное давление составляет 0,1-30 или 0,1-20 бар абс. (т.е. "бар абсолютного давления"). Кроме того, указанное давление предпочтительно составляет от 0,1 до 15 бар абс., более предпочтительно от 1 до 8 бар абс., наиболее предпочтительно от 3 до 8 бар абс.

Продукт вышеупомянутой стадии ODH содержит дегидрированный аналог этана, то есть этилен. На указанной стадии изначально получают этилен. Однако на этой же указанной стадии этилен можно дополнительно окислять при тех же условиях до соответствующей карбоновой кислоты, то есть до уксусной кислоты.

Помимо кислорода и этана в реактор ODH также можно подавать инертный газ. Указанный инертный газ может быть выбран из группы, состоящей из благородных газов и азота (N₂). Предпочтительно инертный газ представляет собой азот или аргон, более предпочтительно азот. Указанный кислород является окислительным агентом, обеспечивающим окислительное дегидрирование этана. Указанный кислород можно получать из любого источника, такого как, например, воздух. Диапазоны пригодных мольных отношений кислорода к этану составляют от 0,01 до 1, более конкретно от 0,05 до 0,5. Указанное отношение кислорода к этану представляет собой отношение до приведения в контакт кислорода и этана

с катализатором. Другими словами, указанное отношение кислорода к этану представляет собой отношение кислорода как сырьевого материала к этану как сырьевому материалу. Очевидно, что после приведения в контакт с катализатором расходуется по меньшей мере часть кислорода и этана.

Предпочтительно на стадии ODH способа по данному изобретению катализатор ODH представляет собой гетерогенный катализатор. Кроме того, катализатор ODH предпочтительно представляет собой смешанный катализатор на основе оксидов металлов, содержащий молибден, ванадий, ниобий и необязательно теллур в качестве металлов, и указанный катализатор может иметь следующую формулу:



где

a, b, c и n представляют собой отношение молярного количества рассматриваемого элемента к молярному количеству молибдена (Mo);

a (для V) составляет от 0,01 до 1, предпочтительно от 0,05 до 0,60, более предпочтительно от 0,10 до 0,40, более предпочтительно от 0,20 до 0,35, наиболее предпочтительно от 0,25 до 0,30;

b (для Te) составляет от 0 или от >0 до 1, предпочтительно от 0,01 до 0,40, более предпочтительно от 0,05 до 0,30, более предпочтительно от 0,05 до 0,20, наиболее предпочтительно от 0,09 до 0,15;

c (для Nb) составляет от >0 до 1, предпочтительно от 0,01 до 0,40, более предпочтительно от 0,05 до 0,30, более предпочтительно от 0,10 до 0,25, наиболее предпочтительно от 0,14 до 0,20 и

n (для O) представляет собой значение, которое определяют по валентности и количеству элементов, отличных от кислорода.

Количество катализатора на вышеупомянутой стадии ODH не является принципиальным. Предпочтительно используют каталитически эффективное количество катализатора, то есть количество, достаточное для ускорения реакции окислительного дегидрирования этана.

Реактор ODH, который можно использовать на вышеупомянутой стадии ODH, может представлять собой любой реактор, включая реакторы с неподвижным слоем и реакторы с псевдооживленным слоем. В частности, реактор представляет собой реактор с неподвижным слоем.

Примеры способов окислительного дегидрирования, включая катализаторы и технологические условия, описаны, например, в вышеупомянутых документах US 7091377, WO 2003064035, US 20040147393, WO 2010096909 и US 20100256432, содержание которых включено в данный документ посредством ссылки.

Во время реакции ODH этана, которая протекает на стадии ODH предложенного способа, образуется вода. В способе по данному изобретению поток, содержащий непрореагировавший этан, этилен и воду, в частности, поток, содержащий непрореагировавший этан, этилен и воду, получаемый на указанной стадии ODH, подают в установку конденсации воды, которая является частью схемы ODH, и удаляют воду из указанного потока посредством конденсации в установке конденсации воды с получением потока, содержащего непрореагировавший этан и этилен. На указанной стадии конденсации воды можно легко конденсировать воду в потоке, содержащем непрореагировавший этан, этилен и воду, посредством охлаждения последнего потока до более низкой температуры, например, до комнатной температуры, после чего конденсированную воду можно удалить из потока, содержащего непрореагировавший этан, этилен и воду.

Согласно данному изобретению из потоков, содержащих диоксид углерода, можно удалять диоксид углерода любым из общеизвестных способов. Как упомянуто выше, пригодный агент для удаления диоксида углерода, который можно подавать в установку удаления диоксида углерода, может представлять собой водный раствор основания, например, гидроксида натрия или амина. После такого удаления диоксида углерода указанный поток необходимо высушить в сушильной установке для удаления из потока остаточной воды. Приведение в контакт водного раствора амина с потоком, содержащим диоксид углерода, является предпочтительным в том случае, если содержание диоксида углерода относительно велико, например, в случае исходящего потока установки ODH этана. Приведение в контакт водного раствора гидроксида натрия с потоком, содержащим диоксид углерода, является предпочтительным в том случае, если содержание диоксида углерода относительно низкое, например, 1) в случае исходящего потока установки парового крекинга этана или 2) в случае исходящего потока установки ODH этана, который обработан водным раствором амина и все еще содержит небольшое количество остаточного диоксида углерода. В соответствии с данным изобретением установка удаления диоксида углерода как часть схемы парового крекинга может содержать блок, где диоксид углерода удаляют с помощью водного раствора амина, а также следующий блок, где диоксид углерода удаляют с помощью водного раствора гидроксида натрия. В последнем случае может быть предпочтительно, что содержащий диоксид углерода поток, исходящий из установки конденсации воды в схеме ODH, подают в первый блок, где диоксид углерода удаляют с помощью водного раствора амина. Кроме того, установка удаления диоксида углерода как часть схемы парового крекинга может содержать только установку, в которой диоксид углерода удаляют с помощью водного раствора гидроксида натрия. В последнем случае может быть предпочтительно, что содержащий диоксид углерода поток, исходящий из установки конденсации воды в схеме ODH, сначала подают в установку удаления диоксида углерода, которая является частью схемы ODH, где диоксид уг-

лерода удаляют с помощью водного раствора амина, а затем подают в установку удаления диоксида углерода в схеме парового крекинга, где диоксид углерода удаляют с помощью водного раствора гидроксида натрия.

Кроме того, данное изобретение относится к химическому комплексу, пригодному для осуществления вышеописанного способа получения этилена по данному изобретению, более конкретно к химическому комплексу, который содержит схему парового крекинга и схему окислительного дегидрирования (ODH), где

схема парового крекинга содержит установку парового крекинга, установку удаления диоксида углерода, необязательную сушильную установку, 1-ую разделительную установку, 2-ую разделительную установку, необязательную установку гидрирования ацетилена и установку разделения C_2 , причем каждая установка содержит одну или более питающих линий и одну или более линий выпуска;

схема ODH содержит установку ODH, установку конденсации воды, необязательную установку удаления диоксида углерода и необязательную сушильную установку, причем каждая установка содержит одну или более питающих линий и одну или более линий выпуска;

схема ODH интегрирована со схемой парового крекинга в положении перед необязательной установкой гидрирования ацетилена и перед установкой разделения C_2 и

ни одна линия подачи установки ODH не интегрирована с линией подачи или линией выпуска установки в схеме парового крекинга, за исключением того, что линия подачи установки парового крекинга и линия подачи установки ODH могут быть интегрированы, и/или того, что необязательная линия рецикла потока, выходящего из установки разделения C_2 , и линия подачи установки ODH могут быть интегрированы.

В частности, в вышеописанном химическом комплексе схема парового крекинга содержит следующие установки, расположенные в следующем порядке, от предшествующих к последующим: установка парового крекинга, установка удаления диоксида углерода, необязательная сушильная установка, 1-ая разделительная установка, 2-ая разделительная установка, необязательная установка гидрирования ацетилена и установка разделения C_2 . Кроме того, схема парового крекинга может содержать охлаждающую установку (башенный охладитель) и/или 1 или более компрессионных установок (компрессоров).

Кроме того, в частности, в вышеописанном химическом комплексе схема ODH содержит следующие установки, расположенные в следующем порядке, от предшествующих к последующим: установка ODH, установка конденсации воды, необязательная установка удаления диоксида углерода и необязательная сушильная установка. Кроме того, схема ODH может содержать установку удаления кислорода и/или 1 или более компрессионных установок (компрессоров).

В первом варианте реализации вышеописанного химического комплекса, 1-ая разделительная установка представляет собой разделительную установку, пригодную для разделения потока, содержащего углеводороды C_3+ , углеводороды C_2 , водород, необязательно монооксид углерода и необязательно метан, на поток, содержащий водород, необязательно монооксид углерода и необязательно метан, и поток, содержащий углеводороды C_2+ ; и 2-ая разделительная установка представляет собой разделительную установку, пригодную для разделения потока, содержащего углеводороды C_2+ , на поток, содержащий углеводороды C_2 , и поток, содержащий углеводороды C_3+ .

Во втором варианте реализации вышеописанного химического комплекса, 1-ая разделительная установка представляет собой разделительную установку, пригодную для разделения потока, содержащего углеводороды C_3+ , углеводороды C_2 , водород, необязательно монооксид углерода и необязательно метан, на поток, содержащий углеводороды C_2 , водород, необязательно монооксид углерода и необязательно метан, и поток, содержащий углеводороды C_3+ ; и 2-ая разделительная установка представляет собой разделительную установку, пригодную для разделения потока, содержащего углеводороды C_2 , водород, необязательно монооксид углерода и необязательно метан, на поток, содержащий водород, необязательно монооксид углерода и необязательно метан, и поток, содержащий углеводороды C_2 .

Все признаки и варианты реализации изобретения, описанные выше в отношении схемы парового крекинга и схемы ODH, включая их установки, используемые в способе по данному изобретению, также относятся к соответствующим схемам и установкам в химическом комплексе по данному изобретению.

В частности, в химическом комплексе по данному изобретению линия исходящего потока из установки в схеме ODH может быть интегрирована с линией подачи или с линией исходящего потока из установки в схеме парового крекинга. В контексте данного описания "интеграция" линии из схемы ODH с линией из схемы парового крекинга в химическом комплексе по данному изобретению означает, что две рассматриваемые линии соединены.

В химическом комплексе по данному изобретению линия исходящего потока из установки в схеме ODH, которая может быть интегрирована с линией подачи или с линией исходящего потока из установки в схеме парового крекинга, может представлять собой одну или более из следующих: а) линия исходящего потока из установки конденсации воды; б) линия исходящего потока из необязательной установки удаления диоксида углерода и с) линия исходящего потока из необязательной сушильной установки.

В химическом комплексе по данному изобретению линия исходящего потока из установки конденсации воды в схеме ODH может быть интегрирована с линией подачи установки удаления диоксида уг-

лерода в схеме парового крекинга.

В химическом комплексе по данному изобретению линия исходящего потока из необязательной установки удаления диоксида углерода в схеме ODH может быть интегрирована с питающей линией необязательной сушильной установки в схеме парового крекинга.

В вышеупомянутом первом варианте реализации химического комплекса по данному изобретению линия исходящего потока из необязательной сушильной установки в схеме ODH может быть интегрирована с питающей линией 1-ой разделительной установки в схеме парового крекинга.

В вышеупомянутом втором варианте реализации химического комплекса по данному изобретению линия исходящего потока из необязательной сушильной установки в схеме ODH может быть интегрирована с питающей линией 2-ой разделительной установки в схеме парового крекинга.

Способ и химический комплекс по данному изобретению дополнительно представлены на фиг. 1-3.

На фиг. 1 представлена схема парового крекинга. Указанная схема парового крекинга содержит установку 2 парового крекинга, установку 4 удаления диоксида углерода, сушильную установку 8, разделительные установки 11, 15, 19 и 24 и установку 22 гидрирования ацетилена. Все указанные разделительные установки 11, 15, 19 и 24 представляют собой дистилляционные колонны. Кроме того, на фиг. 1 показана также схема окислительного дегидрирования (ODH), интегрированная с указанной схемой парового крекинга. Указанная схема ODH содержит установку 31 ODH и установку 33 конденсации воды.

На фиг. 1 поток 1, содержащий этан, подают в установку 2 парового крекинга, работающую в условиях парового крекинга. Поток 3 продуктов, поступающий из установки 2 парового крекинга, содержит углеводороды C₃⁺, этан, этилен, ацетилен, метан, водород, монооксид углерода и диоксид углерода. Указанный поток 3 подают в установку 4 удаления диоксида углерода. Агент для удаления диоксида углерода подают в установку 4 удаления диоксида углерода через поток 5. Указанный агент для удаления диоксида углерода может представлять собой водный раствор основания, например, гидроксида натрия или амина. Установка 4 удаления диоксида углерода может содержать блок, в котором диоксид углерода удаляют с помощью водного раствора амина, и следующий блок, в котором диоксид углерода удаляют с помощью водного раствора гидроксида натрия. Диоксид углерода удаляют с водным потоком 6. Поток 7, поступающий из установки 4 удаления диоксида углерода, который содержит углеводороды C₃⁺, этан, этилен, ацетилен, метан, водород, монооксид углерода и воду, подают в сушильную установку 8. В сушильной установке 8 удаляют воду с потоком 9. Поток 10, поступающий из сушильной установки 8, который содержит углеводороды C₃⁺, этан, этилен, ацетилен, метан, водород и монооксид углерода, подают в разделительную установку 11.

В 1-ом варианте реализации изобретения в разделительной установке 11 поток 10, содержащий углеводороды C₃⁺, этан, этилен, ацетилен, метан, водород и монооксид углерода, разделяют на верхний поток 12, содержащий метан, водород и монооксид углерода, и нижний поток 13, содержащий углеводороды C₃⁺, этан, этилен и ацетилен. В указанном 1-ом варианте реализации поток 13 подают в виде потока 14 в разделительную установку 15. В разделительной установке 15 поток 14 разделяют на верхний поток 17, содержащий этан, этилен и ацетилен, и нижний поток 16, содержащий углеводороды C₃⁺.

Во 2-ом варианте реализации изобретения в разделительной установке 11 поток 10, содержащий углеводороды C₃⁺, этан, этилен, ацетилен, метан, водород и монооксид углерода, разделяют на верхний поток 12, содержащий этан, этилен, ацетилен, метан, водород и монооксид углерода, и нижний поток 13, содержащий углеводороды C₃⁺. В указанном 2-ом варианте реализации поток 12 подают в виде потока 18 в разделительную установку 19. В разделительной установке 19 поток 12 разделяют на верхний поток 20, содержащий метан, водород и монооксид углерода, и нижний поток 21, содержащий этан, этилен и ацетилен.

Поток 17, содержащий этан, этилен и ацетилен (вышеупомянутый 1-ый вариант реализации), или поток 21, содержащий этан, этилен и ацетилен (вышеупомянутый 2-ой вариант реализации), подают в установку 22 гидрирования ацетилена. В установке 22 гидрирования ацетилена осуществляют гидрирование ацетилена потоком 22а водорода до этилена с получением потока 23, содержащего этан и этилен. Указанный поток 23 подают в разделительную установку 24 ("установку разделения C₂"), где поток 23 разделяют на верхний поток 25, содержащий этилен, и нижний поток 26, содержащий этан.

Кроме того, на фиг. 1 поток 28, содержащий этан, и поток 30, содержащий окислительный агент, подают в установку 31, содержащую катализатор ODH и работающую в условиях ODH. Источник этана, подаваемый в установку 2 парового крекинга и установку 31 ODH, может быть одним и тем же или может представлять собой разные источники. В случае одного и того же источника этан из потока 1 можно подавать через поток 29 и поток 28 в установку 31 ODH. Поток 32 продуктов, поступающий из установки 28 ODH, содержит воду, этан, этилен, ацетилен, монооксид углерода, диоксид углерода и уксусную кислоту. Указанный поток 32 подают в установку 33 конденсации воды. В установке 33 конденсации воды посредством конденсации удаляют воду и уксусную кислоту с потоком 34. На фиг. 1 поток 35, поступающий из установки 33 конденсации воды, который содержит этан, этилен, ацетилен, монооксид углерода и диоксид углерода, подают в установку 4 удаления диоксида углерода, которая является частью схемы парового крекинга. Кроме того, перед подачей поток 35 в установку 4 удаления диоксида углерода, поток 35 можно сначала подавать в другую установку удаления диоксида углерода (не показанную на

фиг. 1), которая не является частью схемы парового крекинга, и в которой можно удалять относительно более высокое количество диоксида углерода, чем в установке 4 удаления диоксида углерода, например, с применением водного раствора амина в качестве агента для удаления диоксида углерода. Обычно исходящий поток из установки ODH имеет относительно более высокое содержание диоксида углерода, чем исходящий поток из установки парового крекинга. В последнем случае установка 4 удаления диоксида углерода может содержать только блок, в котором диоксид углерода удаляют с помощью водного раствора гидроксида натрия.

Кроме того, на фиг. 1 этан из потока 26 можно возвращать в цикл в виде потока 27. Поток 27а, поступающий из потока 27 и содержащий этан, можно подавать в установку 2 парового крекинга. Поток 27б, поступающий из потока 27 и содержащий этан, можно подавать в установку 31 ODH.

На фиг. 2 представлена схема парового крекинга и схема окислительного дегидрирования (ODH), интегрированная с указанной схемой парового крекинга. Указанная схема парового крекинга идентична изображенной на фиг. 1. На фиг. 2 схема ODH содержит установку 31 ODH, установку 33 конденсации воды и установку 37 удаления диоксида углерода.

Способ, изображенный на фиг. 2, является таким же, как способ, изображенный на фиг. 1, за исключением того, что поток 35, поступающий из установки 33 конденсации воды, которая является частью схемы ODH, причем указанный поток 35 содержит этан, этилен, ацетилен, монооксид углерода и диоксид углерода, не подают в установку 4 удаления диоксида углерода, которая является частью схемы парового крекинга, а подают как поток 36 в установку 37 удаления диоксида углерода, которая является частью схемы ODH. Агент для удаления диоксида углерода подают в установку 37 удаления диоксида углерода через поток 38. Указанный агент для удаления диоксида углерода может представлять собой водный раствор основания, например, гидроксида натрия или амина. Диоксид углерода удаляют с водным потоком 39. На фиг. 2 поток 40, поступающий из установки 37 удаления диоксида углерода и содержащий этан, этилен, ацетилен, монооксид углерода и воду, подают в сушильную установку 8, которая является частью схемы парового крекинга. На фиг. 2 установка 4 удаления диоксида углерода может содержать только блок, в котором диоксид углерода удаляют с помощью водного раствора гидроксида натрия. Кроме того, на фиг. 2 установка 37 удаления диоксида углерода может содержать блок, в котором диоксид углерода удаляют с помощью водного раствора амина, и следующий блок, в котором диоксид углерода удаляют с помощью водного раствора гидроксида натрия.

На фиг. 3 представлена схема парового крекинга и схема окислительного дегидрирования (ODH), интегрированная с указанной схемой парового крекинга. Указанная схема парового крекинга идентична изображенной на фиг. 1 и 2. На фиг. 3 схема ODH содержит установку 31 ODH, установку 33 конденсации воды, установку 37 удаления диоксида углерода и сушильную установку 42.

Способ, изображенный на фиг. 3, является таким же, как способ, изображенный на фиг. 2, за исключением того, что поток 40, поступающий из установки 37 удаления диоксида углерода, которая является частью схемы ODH, причем указанный поток 40 содержит этан, этилен, ацетилен и монооксид углерода, не подают в сушильную установку 8, которая является частью схемы парового крекинга, а подают как поток 41 в сушильную установку 42, которая является частью схемы ODH. В сушильной установке 42 воду удаляют с потоком 43. Поток 44, поступающий из сушильной установки, содержит этан, этилен, ацетилен и монооксид углерода. В 1-ом варианте реализации фиг. 3, который соответствует 1-ому варианту реализации, описанному в отношении фиг. 1, поток 44 направляют как поток 45 в разделительную установку 11, которая является частью схемы парового крекинга. Во 2-ом варианте реализации фиг. 3, который соответствует 2-ому варианту реализации, описанному в отношении фиг. 1, поток 44 направляют, как поток 46 в разделительную установку 19, которая является частью схемы парового крекинга.

На фиг. 1-3 схема парового крекинга может содержать один или более компрессоров (не показанных на фиг. 1-3). Один компрессор может быть расположен между установкой 2 парового крекинга и установкой 4 удаления диоксида углерода. На фиг. 1 указанный компрессор может быть расположен между установкой 2 парового крекинга и точкой объединения потоков 3 и 35. Кроме того, другой компрессор может быть расположен между установкой 4 удаления диоксида углерода и сушильной установкой 8. На фиг. 2 указанный компрессор может быть расположен между сушильной установкой 8 и точкой объединения потоков 7 и 40.

Кроме того, на фиг. 1-3 установка 22 гидрирования ацетилена, которая является частью схемы парового крекинга, может быть расположена в другом положении схемы парового крекинга. На фиг. 1 установка 22 гидрирования ацетилена может быть расположена в любом из следующих положений (не показанных на фиг. 1): 1) между установкой 4 удаления диоксида углерода и точкой объединения потоков 3 и 35; 2) между установкой 4 удаления диоксида углерода и сушильной установкой 8; 3) между сушильной установкой 8 и разделительной установкой 11; 4) между разделительными установками 11 и 19 (только во 2-ом варианте реализации, описанном в отношении фиг. 1). На фиг. 2 установка 22 гидрирования ацетилена может быть расположена в любом из следующих положений (не показанных на фиг. 2): 1) между сушильной установкой 8 и точкой объединения потоков 7 и 40; 2) между сушильной установкой 8 и разделительной установкой 11; 3) между разделительными установками 11 и 19 (только во 2-ом варианте реализации, описанном в отношении фиг. 1). На фиг. 3 установка 22 гидрирования ацетилена

может быть расположена в любом из следующих положений (не показанных на фиг. 3): 1) между разделительной установкой 11 и точкой объединения потоков 10 и 45 (только в 1-ом варианте реализации, описанном в отношении фиг. 1); 2) между разделительной установкой 19 и точкой объединения потоков 18 и 46 (только во 2-ом варианте реализации, описанном в отношении фиг. 1). Во всех указанных случаях преимущественно нет необходимости подавать отдельный водородный поток 22а в установку 22 гидрирования ацетилена, поскольку водород все еще содержится в указанных потоках 3, 7, 10 и 18.

В дополнительном варианте реализации (не показанном на фиг. 1-3) сырье, содержащее свежий этан и необязательно пропан, подают в следующую секцию схемы парового крекинга, в частности, в линию 10, ведущую в колонну 11, или в линию 14, ведущую в колонну 15, где пропан из свежего этанового сырья преимущественно удаляют вместе с углеводородами C₃⁺, полученными в установке парового крекинга, что исключает необходимость применения отдельного, дополнительного депропанизатора. В указанном дополнительном варианте реализации свежий этан не обязательно должен напрямую поступать в реактор 31 ODH, и может быть достаточно рецикла этана из линии 27. Указанный рецикл этана из линии 27 все еще содержит свежий этан, то есть свежий этан, подаваемый в колонну 11 или 15, который не был подвержен ни действию условий парового крекинга, ни действию условий окислительного дегидрирования (ODH). Таким образом, свежий этан, подаваемый вышеуказанным способом (то есть косвенно, по линии 10 или линии 14) в установку ODH, получают из источника, отличного от источника свежего этана, который используют для подачи этана напрямую в установку парового крекинга. Кроме того, указанный рецикл этана из линии 27 содержит непрореагировавший этан, то есть непрореагировавший этан, выходящий из установки парового крекинга.

Данное изобретение также применимо к способу, в котором вместо переработки потока, содержащего этан, в условиях парового крекинга действию условий парового крекинга подвергают поток, содержащий нефть, в установке парового крекинга, которая является частью схемы парового крекинга по данному изобретению. Вышеописанные варианты реализации и предпочтения в отношении парового крекинга этана в равной степени относятся к вышеуказанному случаю, в котором схема парового крекинга нефти интегрирована со схемой ODH. В целом, поток, получаемый в результате парового крекинга нефти, подают на стадию охлаждения, на которой осуществляют охлаждение и удаление тяжелых компонентов. Такая стадия охлаждения может быть включена между установками 2 и 4 на фиг. 1-3.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ получения этилена, включающий следующие стадии:

переработку потока, содержащего этан или нефть, в условиях парового крекинга в установке парового крекинга, которая является частью схемы парового крекинга, с получением потока, содержащего непрореагировавший этан, этилен, водород, метан, монооксид углерода, диоксид углерода и углеводороды C₃⁺;

подачу потока, содержащего непрореагировавший этан, этилен, водород, метан, монооксид углерода, диоксид углерода и углеводороды C₃⁺, в установку удаления диоксида углерода, которая является частью схемы парового крекинга, и удаление диоксида углерода из указанного потока в указанной установке удаления диоксида углерода с получением потока, содержащего непрореагировавший этан, этилен, водород, метан, монооксид углерода и углеводороды C₃⁺;

переработку потока, содержащего этан, в условиях окислительного дегидрирования (ODH) в установке ODH, которая является частью схемы ODH, с получением потока, содержащего непрореагировавший этан, этилен, воду, монооксид углерода и диоксид углерода;

подачу потока, содержащего непрореагировавший этан, этилен, воду, монооксид углерода и диоксид углерода, в установку конденсации воды, которая является частью схемы ODH, и удаление воды из указанного потока посредством конденсации воды в установке конденсации воды с получением потока, содержащего непрореагировавший этан, этилен, монооксид углерода и диоксид углерода;

подачу исходящего потока, поступающего из схемы ODH, который содержит непрореагировавший этан и этилен, в схему парового крекинга в положении после установки парового крекинга; и

где поток, содержащий непрореагировавший этан, этилен, водород, метан, монооксид углерода и углеводороды C₃⁺, разделяют в разделительной установке, которая является частью схемы парового крекинга, на поток, содержащий водород, метан и монооксид углерода, и поток, содержащий углеводороды C₂⁺, и указанные углеводороды C₂⁺ содержат непрореагировавший этан, этилен и углеводороды C₃⁺;

выделенный поток, содержащий углеводороды C₂⁺, подают в следующую разделительную установку, где указанный поток разделяют на поток, содержащий углеводороды C₂, причем указанные углеводороды C₂ содержат непрореагировавший этан и этилен, и поток, содержащий углеводороды C₃⁺; и

выделенный поток, содержащий углеводороды C₂, поступающий из следующей разделительной установки, подают в установку разделения C₂, которая является частью схемы парового крекинга, где последний поток разделяют на поток, содержащий этилен, и поток, содержащий непрореагировавший этан; и

где непрореагировавший этан и этилен из потока, содержащего непрореагировавший этан и этилен, поступающего из установки конденсации воды в схеме ODH, подают в установку разделения C2 в схеме парового крекинга

2. Способ получения этилена, включающий следующие стадии:

переработку потока, содержащего этан или нефть, в условиях парового крекинга в установке парового крекинга, которая является частью схемы парового крекинга, с получением потока, содержащего непрореагировавший этан, этилен, водород, метан, монооксид углерода, диоксид углерода и углеводороды C3+;

подачу потока, содержащего непрореагировавший этан, этилен, водород, метан, монооксид углерода, диоксид углерода и углеводороды C3+, в установку удаления диоксида углерода, которая является частью схемы парового крекинга, и удаление диоксида углерода из указанного потока в указанной установке удаления диоксида углерода с получением потока, содержащего непрореагировавший этан, этилен, водород, метан, монооксид углерода и углеводороды C3+;

переработку потока, содержащего этан, в условиях окислительного дегидрирования (ODH) в установке ODH, которая является частью схемы ODH, с получением потока, содержащего

непрореагировавший этан, этилен, воду, монооксид углерода и диоксид углерода;

подачу потока, содержащего непрореагировавший этан, этилен, воду, монооксид углерода и диоксид углерода, в установку конденсации воды, которая является частью схемы ODH, и удаление воды из указанного потока посредством конденсации воды в установке конденсации воды с получением потока, содержащего непрореагировавший этан, этилен, монооксид углерода и диоксид углерода;

подачу исходящего потока, поступающего из схемы ODH, который содержит непрореагировавший этан и этилен, в схему парового крекинга в положении после установки парового крекинга; и

где поток, содержащий непрореагировавший этан, этилен, водород, метан, монооксид углерода и углеводороды C3+, разделяют в разделительной установке, которая является частью схемы парового крекинга, на поток, содержащий водород, метан, монооксид углерода и углеводороды C2, причем углеводороды C2 содержат непрореагировавший этан и этилен, и поток, содержащий углеводороды C3+;

выделенный поток, содержащий водород, метан, монооксид углерода и углеводороды C2, подают в следующую разделительную установку, где указанный поток разделяют на поток, содержащий водород, метан и монооксид углерода, и поток, содержащий углеводороды C2;

выделенный поток, содержащий углеводороды C2, поступающий из следующей разделительной установки, подают в установку разделения C2, которая является частью схемы парового крекинга, где последний поток разделяют на поток, содержащий этилен, и поток, содержащий непрореагировавший этан;

и

где непрореагировавший этан и этилен из потока, содержащего непрореагировавший этан и этилен, поступающего из установки конденсации воды в схеме ODH, подают в установку разделения C2 в схеме парового крекинга.

3. Способ по п.1 или 2, отличающийся тем, что в установку ODH подают этан, который получают из одного или более источников, выбранных из группы, состоящей из: а) источника свежего этана, который используют для подачи этана в установку парового крекинга; б) другого источника свежего этана, отличного от указанного первого источника, упомянутого в пункте а); и с) не прореагировавшего этана из исходящего потока, поступающего из установки разделения C2.

4. Способ по пп.1, 2 или 3, отличающийся тем, что поток, поступающий из установки парового крекинга в схеме парового крекинга, дополнительно содержит ацетилен; поток, поступающий из установки ODH в схеме ODH, дополнительно содержит ацетилен; и указанный способ включает следующую дополнительную стадию:

стадию гидрирования ацетилена, на которой поток, содержащий непрореагировавший этан, этилен и ацетилен, подвергают действию условий гидрирования в установке гидрирования ацетилена, которая является частью схемы парового крекинга, для превращения ацетилена в этилен.

5. Химический комплекс, содержащий схему парового крекинга и схему окислительного дегидрирования (ODH), в котором

схема парового крекинга содержит следующие установки в следующем порядке по ходу потока: установку парового крекинга, установку удаления диоксида углерода, 1-ю разделительную установку, 2-ю разделительную установку и установку разделения C₂, причем каждая установка содержит одну или более питающих линий и одну или более линий выпуска;

схема ODH содержит следующие установки в следующем порядке по ходу потока: установку ODH и установку конденсации воды, причем каждая установка содержит одну или более питающих линий и одну или более линий выпуска;

схема ODH интегрирована со схемой парового крекинга в положении перед установкой разделения C2 и

ни одна линия подачи установки ODH не интегрирована с линией подачи или линией выпуска установки в схеме парового крекинга, за исключением того, что линия подачи установки парового крекинга и линия подачи установки ODH могут быть интегрированы, и/или того, что линия рецикла потока, выхо-

дящего из установки разделения C₂, и линия подачи установки ODH могут быть интегрированы;

где

1-я разделительная установка представляет собой разделительную установку, пригодную для разделения потока, содержащего углеводороды C₃⁺, углеводороды C₂ и водород, на поток, содержащий водород и поток, содержащий углеводороды C₂⁺; и

2-я разделительная установка представляет собой разделительную установку, пригодную для разделения потока, содержащего углеводороды C₂⁺, на поток, содержащий углеводороды C₂, и поток, содержащий углеводороды C₃⁺; и

где:

а) линия исходящего потока из установки конденсации воды в схеме ODH интегрирована с линией подачи установки удаления диоксида углерода в схеме парового крекинга.

6. Химический комплекс, содержащий схему парового крекинга и схему окислительного дегидрирования (ODH), в котором

схема парового крекинга содержит следующие установки в следующем порядке по ходу потока: установку парового крекинга, установку удаления диоксида углерода, 1-ю разделительную установку, 2-ю разделительную установку и установку разделения C₂, причем каждая установка содержит одну или более питающих линий и одну или более линий выпуска;

схема ODH содержит следующие установки в следующем порядке по ходу потока: установку ODH и установку конденсации воды, причем каждая установка содержит одну или более питающих линий и одну или более линий выпуска;

схема ODH интегрирована со схемой парового крекинга в положении перед установкой разделения C₂ и

ни одна линия подачи установки ODH не интегрирована с линией подачи или линией выпуска установки в схеме парового крекинга, за исключением того, что линия подачи установки парового крекинга и линия подачи установки ODH могут быть интегрированы, и/или того, что линия рецикла потока, выходящего из установки разделения C₂, и линия подачи установки ODH могут быть интегрированы; и

где

1-я разделительная установка представляет собой разделительную установку, пригодную для разделения потока, содержащего углеводороды C₃⁺, углеводороды C₂ и водород на поток, содержащий водород и поток, содержащий углеводороды C₂⁺; и

2-я разделительная установка представляет собой разделительную установку, пригодную для разделения потока, содержащего углеводороды C₂⁺, на поток, содержащий углеводороды C₂, и поток, содержащий углеводороды C₃⁺; и

где:

б) схема парового крекинга дополнительно включает сушильную установку и схема ODH дополнительно включает установку удаления диоксида углерода, где линия исходящего потока из установки удаления диоксида углерода в схеме ODH интегрирована с питающей линией сушильной установки в схеме парового крекинга.

7. Химический комплекс, содержащий схему парового крекинга и схему окислительного дегидрирования (ODH), в котором

схема парового крекинга содержит следующие установки в следующем порядке по ходу потока: установку парового крекинга, установку удаления диоксида углерода, 1-ю разделительную установку, 2-ю разделительную установку и установку разделения C₂, причем каждая установка содержит одну или более питающих линий и одну или более линий выпуска;

схема ODH содержит следующие установки в следующем порядке по ходу потока: установку ODH и установку конденсации воды, причем каждая установка содержит одну или более питающих линий и одну или более линий выпуска;

схема ODH интегрирована со схемой парового крекинга в положении перед установкой разделения C₂ и

ни одна линия подачи установки ODH не интегрирована с линией подачи или линией выпуска установки в схеме парового крекинга, за исключением того, что линия подачи установки парового крекинга и линия подачи установки ODH могут быть интегрированы, и/или того, что линия рецикла потока, выходящего из установки разделения C₂, и линия подачи установки ODH могут быть интегрированы;

где

1-я разделительная установка представляет собой разделительную установку, пригодную для разделения потока, содержащего углеводороды C₃⁺, углеводороды C₂ и водород на поток, содержащий водород и поток, содержащий углеводороды C₂⁺; и

2-я разделительная установка представляет собой разделительную установку, пригодную для разделения потока, содержащего углеводороды C₂⁺, на поток, содержащий углеводороды C₂, и поток, содержащий углеводороды C₃⁺; и

где:

с) схема ODH дополнительно включает сушильную установку и линия исходящего потока из су-

сушильной установки в схеме ODH интегрирована с питающей линией 1-й разделительной установки в схеме парового крекинга.

8. Химический комплекс, содержащий схему парового крекинга и схему окислительного дегидрирования (ODH), в котором

схема парового крекинга содержит следующие установки в следующем порядке по ходу потока: установку парового крекинга, установку удаления диоксида углерода, 1-ю разделительную установку, 2-ю разделительную установку и установку разделения C₂, причем каждая установка содержит одну или более питающих линий и одну или более линий выпуска;

схема ODH содержит следующие установки в следующем порядке по ходу потока: установку ODH и установку конденсации воды, причем каждая установка содержит одну или более питающих линий и одну или более линий выпуска;

схема ODH интегрирована со схемой парового крекинга в положении перед установкой разделения C₂;

ни одна линия подачи установки ODH не интегрирована с линией подачи или линией выпуска установки в схеме парового крекинга, за исключением того, что линия подачи установки парового крекинга и линия подачи установки ODH могут быть интегрированы, и/или того, что линия рецикла потока, выходящего из установки разделения C₂, и линия подачи установки ODH могут быть интегрированы; и

где

1-я разделительная установка представляет собой разделительную установку, пригодную для разделения потока, содержащего углеводороды C₃+, углеводороды C₂ и водород на поток, содержащий углеводороды C₂ и водород, и поток, содержащий углеводороды C₃+; и

2-я разделительная установка представляет собой разделительную установку, пригодную для разделения потока, содержащего углеводороды C₂ и водород на поток, содержащий водород и поток, содержащий углеводороды C₂; и

где

а) линия исходящего потока из установки конденсации воды в схеме ODH интегрирована с линией подачи установки удаления диоксида углерода в схеме парового крекинга.

9. Химический комплекс, содержащий схему парового крекинга и схему окислительного дегидрирования (ODH), в котором

схема парового крекинга содержит следующие установки в следующем порядке по ходу потока: установку парового крекинга, установку удаления диоксида углерода, 1-ю разделительную установку, 2-ю разделительную установку и установку разделения C₂, причем каждая установка содержит одну или более питающих линий и одну или более линий выпуска;

схема ODH содержит следующие установки в следующем порядке по ходу потока: установку ODH и установку конденсации воды, причем каждая установка содержит одну или более питающих линий и одну или более линий выпуска;

схема ODH интегрирована со схемой парового крекинга в положении перед установкой разделения C₂ и

ни одна линия подачи установки ODH не интегрирована с линией подачи или линией выпуска установки в схеме парового крекинга, за исключением того, что линия подачи установки парового крекинга и линия подачи установки ODH могут быть интегрированы, и/или того, что линия рецикла потока, выходящего из установки разделения C₂, и линия подачи установки ODH могут быть интегрированы; и

где

1-я разделительная установка представляет собой разделительную установку, пригодную для разделения потока, содержащего углеводороды C₃+, углеводороды C₂ и водород на поток, содержащий углеводороды C₂ и водород и поток, содержащий углеводороды C₃+; и

2-я разделительная установка представляет собой разделительную установку, пригодную для разделения потока, содержащего углеводороды C₂ и водород на поток, содержащий водород и поток, содержащий углеводороды C₂; и

где

б) схема парового крекинга дополнительно включает сушильную установку и схема ODH дополнительно включает установку удаления диоксида углерода, где линия исходящего потока из установки удаления диоксида углерода в схеме ODH интегрирована с питающей линией сушильной установки в схеме парового крекинга.

10. Химический комплекс, содержащий схему парового крекинга и схему окислительного дегидрирования (ODH), в котором

схема парового крекинга содержит следующие установки в следующем порядке по ходу потока: установку парового крекинга, установку удаления диоксида углерода, 1-ю разделительную установку, 2-ю разделительную установку и установку разделения C₂, причем каждая установка содержит одну или более питающих линий и одну или более линий выпуска;

схема ODH содержит следующие установки в следующем порядке по ходу потока: установку ODH и установку конденсации воды, причем каждая установка содержит одну или более питающих линий и

одну или более линий выпуска;

схема ODH интегрирована со схемой парового крекинга в положении перед установкой разделения C2 и

ни одна линия подачи установки ODH не интегрирована с линией подачи или линией выпуска установки в схеме парового крекинга, за исключением того, что линия подачи установки парового крекинга и линия подачи установки ODH могут быть интегрированы, и/или того, что линия рецикла потока, выходящего из установки разделения C2, и линия подачи установки ODH могут быть интегрированы; и

где

1-я разделительная установка представляет собой разделительную установку, пригодную для разделения потока, содержащего углеводороды C3+, углеводороды C2 и водород на поток, содержащий углеводороды C2 и водород, и поток, содержащий углеводороды C3+; и

2-я разделительная установка представляет собой разделительную установку, пригодную для разделения потока, содержащего углеводороды C2 и водород на поток, содержащий водород и поток, содержащий углеводороды C2; и

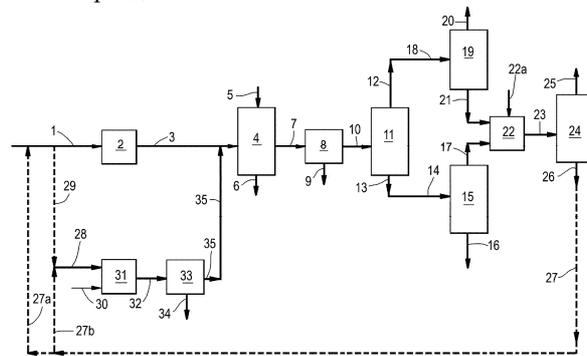
где:

d) схема ODH дополнительно включает сушильную установку и линия исходящего потока сушильной установки в схеме ODH интегрирована с питающей линией 2-ой разделительной установки в схеме парового крекинга.

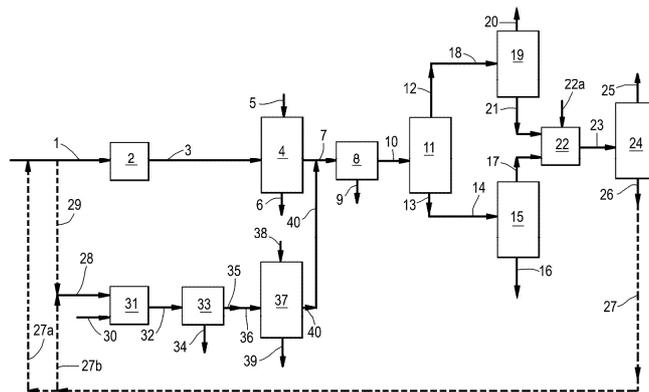
11. Химический комплекс по любому одному из пп.5-10, где

схема парового крекинга дополнительно включает установку гидрирования ацетилена, где установка содержит одну или более питающих линий и одну или более линий выпуска; и

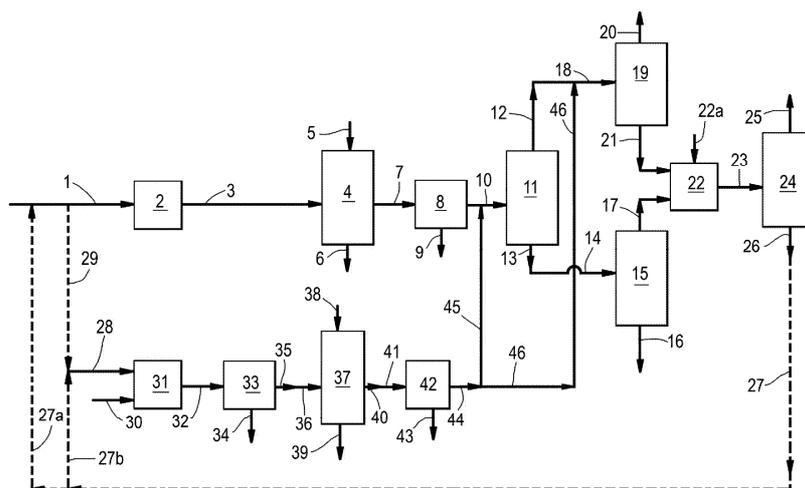
схема ODH интегрирована со схемой парового крекинга в положении перед установкой гидрирования ацетилена и перед установкой разделения C2.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3

