

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(21) **202291287** (13) **A1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2022.07.12

(22) Дата подачи заявки
2020.10.15

(51) Int. Cl. *C07C 2/76* (2006.01)
B01J 29/40 (2006.01)
C07C 15/04 (2006.01)
C07C 15/06 (2006.01)
C07C 15/08 (2006.01)

(54) СПОСОБ ПРЕВРАЩЕНИЯ ЛЁГКИХ АЛКАНОВ В АРОМАТИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ С УЛУЧШЕННОЙ СЕЛЕКТИВНОСТЬЮ

(31) PA 2019 01251

(32) 2019.10.24

(33) DK

(86) PCT/EP2020/078992

(87) WO 2021/078615 2021.04.29

(71) Заявитель:
ХАЛЬДОР ТОПСЁЭ А/С (DK)

(72) Изобретатель:
Йонсен Финн (DK)

(74) Представитель:
Квашнин В.П. (RU)

(57) В способе каталитического превращения низших углеводов в ароматические соединения, включающие бензол, толуол и ксилолы, технологический поток, содержащий низшие углеводороды, контактирует с цеолитным катализатором, имеющим структуру MFI и содержащим от 0,1 до 10 мас.% соединения цинка. Этот технологический поток для улучшения селективности дополнительно содержит одно или несколько соединений серы, в частности сероводород.

202291287
A1

202291287

A1

СПОСОБ ПРЕВРАЩЕНИЯ ЛЁГКИХ АЛКАНОВ В АРОМАТИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ С УЛУЧШЕННОЙ СЕЛЕКТИВНОСТЬЮ

Описание

Настоящее изобретение относится к способу превращения легких алканов, в частности, малоценных, с высоким содержанием этана, потоков, в ароматические соединения, в частности, высокоценные БТК (англ. ВТХ), то есть, смеси бензола, толуола и ксилолов, все из которых являются ароматическими углеводородами. Более конкретно, изобретение относится к способу, в котором поток с высоким содержанием этана может быть эффективно превращен в продукт с высоким содержанием бензола, толуола и ксилолов, лишь с минимальным образованием высших (C₉₊) ароматических соединений и с сильно пониженной селективностью в отношении метана, в присутствии небольших количеств (порядка 50 частей на млн.) серы, например, H₂S. Предпочтительный катализатор содержит цеолит, предпочтительно, типа MFI, содержащий от 0,1 до 10 % масс. Zn и при желании от 1 до 5 % масс. соединения фосфора. Цеолит предпочтительно является внедренным в матрицу связующего, такого как оксид алюминия.

Природный газ в основном содержит метан и небольшие количества этана, пропана, бутана и более тяжелых углеводородов, а также различные количества водяного пара, диоксида углерода, соединений серы и других неуглеводородных соединений. Этан, пропан, бутан и пропан известны как попутные газы. Удаление этих газов из сырого природного газа может быть желательным для удовлетворения технических требований потребителя к природному газу или для получения индивидуальных углеводородов из природного газа. Для извлечения попутных газов из природного газа могут использоваться различные технологии, такие как сжатие, охлаждение, абсорбция, адсорбция или их комбинации.

Извлечение жидких фракций природного газа (англ. NGL - natural-gas liquids) из природного газа является довольно распространенным в переработке природного газа. Извлечение обычно делается с целью:

- получения пригодного для транспортировки газа (содержащего достаточно малое количество более тяжелых углеводородов во избежание конденсации в трубопроводе),
- соответствия техническим требованиям для газа для продажи и/или
- максимизации извлечения жидкости (когда жидкие продукты являются более ценными, чем метан).

Жидкие фракции природного газа (NGL) представляют собой углеводороды, принадлежащие к тому же семейству молекул, что и природный газ и сырая нефть. Они состоят исключительно из углерода и водорода, за исключением незначительных количеств, например, диоксида углерода и соединений серы. Низшие алканы, следующие за метаном, то есть, этан, пропан, *n*-бутан, изобутан и пентан, все представляют собой NGL. Существует много применений для NGL, охватывающих почти все технические области. NGL можно использовать в качестве подаваемого сырья для нефтехимических заводов, их можно сжигать с целью отопления и приготовления пищи, и их можно смешивать с автомобильными топливами. Высокая ценность NGL послужила стимулом для бурения пластов богатых содержанием жидких веществ ресурсов со значительным содержанием NGL.

Химический состав этих отдельных углеводородов сходен, однако области их применения значительно различаются. Этан занимает самую большую долю в области добычи NGL. Большую часть используют для производства этилена, который затем может быть превращен в пластики. Большая часть пропана, напротив, сжигается с целью обогрева, хотя значительное количество используется в качестве сырья для нефтехимии. Смесь пропана и бутана, называемая сжиженным нефтяным газом (англ. LPG- liquefied petroleum gas), является довольно популярным топливом в некоторых частях Европы и Азии. Газовый бензин (C_{5+}) можно смешивать с различными видами топлива для двигателей внутреннего сгорания, а

также его можно использовать для извлечения энергии из скважин и нефтеносных песков.

NGL можно удалить из сырого природного газа с помощью различных технологий обработки газа. Эти NGL представляют собой этан (C_2), пропан (C_3), бутан (C_4) и пентан-плюс (C_{5+} , газовый бензин), содержащиеся в природном газе. Смесь NGL можно разделить на отдельные соединения путем фракционирования.

Обычно также удаляют серу, поскольку она считается примесью, то есть, загрязняющим веществом для последующих каталитических процессов.

Настоящее изобретение раскрывает катализатор и способ, с помощью которых поток с высоким содержанием этана может быть эффективно превращен в продукт БТК лишь с минимальным образованием высших (C_{9+}) ароматических соединений и с сильно пониженной селективностью в отношении метана, в присутствии небольших количеств (примерно 50 частей на млн.) серы, например, в виде H_2S .

С помощью настоящего изобретения становится возможным превращать этан, имеющий малую ценность, в жидкий продукт, который имеет высокое содержание ароматических соединений, и в газообразный продукт, который имеет высокое содержание этилена, тем самым обеспечивая возможность потребления для богатых этаном потоков, которые находятся в значительном переизбытке за счет добычи природного газа из

сланцевого газа. Этилен сам по себе является ценным продуктом, который можно либо отделить от выходящего потока, либо его можно подвергать рециркуляции обратнов реактор, где он, в конечном счете, будет превращен в ароматические соединения.

Стандартное решение относительно того, что делать с избыточным этаном, состоит в том, чтобы подавать этот этан в установки парового крекинга для производства этилена. Однако установки парового крекинга требуют больших капитальных затрат, а кроме того, рынок уже перенасыщен избыточным этаном. Часть этого этана сжижается и экспортируется или просто используется в качестве топлива. Он может быть превращен в БТК, например, посредством катализаторов Zn/ZSM-5, хотя этот подход еще не достиг промышленного масштаба. Возможно, это связано с тем фактом, что в качестве побочных продуктов образуются заметные количества тяжелых ароматических соединений, например, ароматических соединений C₉₊.

Согласно изобретению предпочтительный катализатор содержит цеолит, предпочтительно, типа MFI, содержащий 0,1-10 % масс. Zn и при желании 1-5 % масс. P. Этот цеолит предпочтительно является внедренным в матрицу связующего, такого как оксид алюминия.

Технические характеристики способа согласно изобретению можно резюмировать следующим образом: температура T: 550 – 600 °C;

давление P: 3-20 бар абс.; 10-100 частей на млн. S в потоке исходного сырья; при желании рециркуляция непрореагировавших олефинов.

Что касается предшествующего уровня техники, то патент США US 2012/0036889 описывает способ превращения метанового исходного сырья в ароматический углеводород, причем указанный способ интегрирован с производством сжиженного природного газа (LNG) и/или трубопроводного газа. Углеводородное исходное сырье подают в зону конверсии, включающую катализатор дегидроароматизации, где оно превращается в газообразный выходящий поток, содержащий по меньшей мере одно ароматическое соединение, непрореагировавший метан и водород. Этот выходящий поток разделяют на первый поток, содержащий по меньшей мере одно ароматическое соединение, и второй поток, содержащий метан и водород. Метан направляют на производство LNG и/или трубопроводного газа. Газообразное углеводородное исходное сырье имеет по меньшей мере одно из следующих свойств: (i) уровень содержания серы по меньшей мере 25 частей на миллион по объему, (ii) уровень содержания CO₂ по меньшей мере 25 частей на миллион по объему и (iii) точка росы по меньшей мере -70,15 °C. Предпочтительные катализаторы, используемые в зоне конверсии, включают молибден (Mo), вольфрам (W), цинк (Zn), рений (Re) и их соединения и комбинации, нанесенные на ZSM-5, диоксид кремния или оксид алюминия.

Способ удаления высших углеводородов из природного газа, дополнительно содержащего соединения серы, описан в патенте США

US7,057,084 B2, принадлежащем заявителю. Этот способ основан на одновременной конверсии углеводородов до ароматических соединений и метана с использованием определенных кристаллических алюмосиликатов в качестве катализаторов для удаления высших углеводородов из природного газа в результате конверсии (ароматизации), что дает возможность последующего отделения ароматизованных молекул от метана.

Способ превращения алканов C1-C4 в ароматические соединения, такие как БТК, с использованием катализатора из кристаллического цеолита, на котором была осаждена платина, описан в патенте США US 2005/0143610 A1. Этот катализатор, в частности, может представлять собой содержащий платину (Pt) катализатор ZSM-5, который подавляет образование метана и повышает селективность в отношении БТК. Высокое содержание этана по отношению к метану в легкой газовой фракции позволяет технологическому выходящему потоку быть потоком исходного сырья для установки парового крекинга.

Европейский патент EP 3 110 919 B1 описывает способ получения БТК из смешанного потока углеводородов, который включает пиролиз, раскрытие ароматического кольца и извлечение полученных БТК.

Патент США, принадлежащий заявителю, US 2003/0118496 A1 раскрывает способ удаления углеводородов из природного газа, который дополнительно содержит соединения серы, путем одновременного

превращения углеводородов в ароматические соединения и метан, в присутствии катализатора, содержащего кристаллический алюмосиликат, такой как цеолит H-ZSM-5.

Патент СШАUS 2010/0048969 A1 раскрывает способ получения ароматических соединений из низших алканов с пониженным образованием метана с помощью использованияцеолитного катализатора, такого как ZSM-5, содержащего Pt и разбавляющий металл, состоящий из олова, свинца и германия.

Патент СШАUS 2011/0301394 A1 раскрывает способ ароматизации низших алканов с неподвижным слоем катализатора с использованием катализатора, разбавленного вторым инертным твердым материалом.

Международная заявка WO 2019/164610 A1 раскрывает общий процесс превращения исходного сырого природного газа, содержащего сероводород и этан, в ароматические углеводороды, в частности, путем обогащения потоков легких углеводородов, которое не удаляет метан и/или этан из потока легких углеводородов перед каталитической обработкой. Конверсия приводит к продуктам, имеющим большую концентрацию метана, чем исходное сырье, но с меньшей концентрацией этана. В свою очередь, в этой цитате по крайней мере умалчивают о том, как подавить образование метана в процессе образования ароматических соединений.

Международная заявка WO 2017/052858 A1 раскрывает общий процесс превращения алканов, таких как исходное сырье, содержащее этан, при одновременном получении улучшенной селективности в отношении желаемых ароматических соединений, при этом ароматические соединения, образующиеся на первой стадии (процесс образования ароматических соединений), в частности, бензол, дополнительно алкилируются с образованием ксилолов. Упоминается ряд исходных материалов, содержащих алканы, один из которых представляет собой исходное сырье, содержащее менее 10 % масс. сероводорода в качестве примеси. В этой цитате по крайней мере умалчивают о том, как улучшить селективность в отношении БТК и как подавить образование метана и ароматических соединений C₉₊ в процессе образования ароматических соединений.

Эффекты и преимущества настоящего изобретения можно резюмировать как улучшенную селективность в отношении конечного продукта БТК с минимальным образованием метана и ароматических соединений C₉₊ (инданов/инденов и нафталинов).

Ароматизация углеводородов является эндотермической реакцией, и было предложено проводить экзотермический гидрокрекинг и эндотермический синтез ароматических соединений одновременно, в зоне каталитической реакции, в соответствии со следующей реакцией, если брать пропан в качестве примера более высокомолекулярных углеводородов, которые следует удалить из природного газа:



Эта реакция является по существу термически нейтральной с энтальпией, составляющей -5 ккал/моль.

Вышеупомянутая одновременная эндо- и экзотермическая реакция была применена и упомянута в патенте США US 4,260,839 для конверсии этана в производстве LPG, бензина и ароматических соединений в результате контакта с катализатором типа ZSM-5.

Способ согласно настоящему изобретению состоит в том, что сырой природный газ подвергают процедуре переработки газа способом, известным самим по себе, в результате чего получают чистый метан и NGL сорта Y (Y-grade). Однако вместо того, чтобы подвергать указанные NGL фракционированию, их используют в качестве исходного сырья для процесса синтеза ароматических соединений, который приводит к смеси ценных ароматических соединений, более конкретно, и главным образом, бензола, толуола и ксилолов, а также дополнительному количеству метана, который можно либо добавлять к чистому природному газу из процедуры переработки газа, при необходимости после очищающей обработки, либо использовать отдельно для других целей, как например, для производства энергии. Иногда может оказаться более экономически выгодным подвергнуть хотя бы часть исходного газа ароматизации в присутствии катализатора ароматизации, тем самым, вместо

фракционирования NGL традиционным образом, превращая эти NGL в исходном газе в смесь ароматических соединений.

Несмотря на то, что NGL расшифровывается как жидкие фракции природного газа, это не означает, что все жидкости природного газа получают из сырого природного газа. Фактически, термин «жидкие фракции природного газа» конкретно относится к более легким (однако более тяжелым, чем метан), способным к конденсации углеводородным фракциям рассматриваемого углеводородного потока. Эти «более легкие» углеводороды являются теми, что содержат всего несколько атомов углерода. Метан представляет собой самую легкую углеводородную фракцию, имеющую в молекуле всего один атом углерода. Тем не менее, метан не является NGL, потому что он не может конденсироваться в ходе обычных процессов, что обусловлено его очень низкой температурой кипения, составляющей $-164\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Углеводороды часто классифицируются как углеводороды «сорта X» или «сорта Y». Сорт Y является общепринятым в промышленности термином для «легко» конденсируемых углеводородов. Углеводороды как сорта X, так и сорта Y можно хранить в жидком состоянии под давлением, но углеводороды сорта Y можно хранить при давлении, значительно меньшем, чем требуется для углеводородов сорта X, что делает более простым перевод в жидкое состояние углеводородов сорта Y.

В частности, настоящее изобретение относится к способу каталитической конверсии газовых смесей низших углеводородов, которые содержат по меньшей мере 50% объемных этана, в ароматические соединения, состоящие в основном из, то есть, содержащие бензол, толуол и ксилолы, причем указанный способ включает в себя контактирование технологического потока, содержащего низшие углеводороды, с цеолитным катализатором, имеющим структуру MFI и содержащим от 0,1 до 10 % массовых цинка, причем этот технологический поток дополнительно содержит одно или несколько соединений серы.

Следует понимать, что термин «низшие углеводороды» относится к низшим алканам выше метана, то есть, к этану, пропану, *n*-бутану, изобутану и пентану, а при необходимости также к C₅₊ (природному бензину), присутствующим в природном газе; причем все они представляют собой NGL.

Также следует понимать, что % объемные для этана в газовой смеси находятся в привязке к другим низшим углеводородам в ней, то есть, без включения разбавителя, такого как азот (N₂). Также следует понимать, что термин «технологический поток» означает поток исходного сырья в процессе, который содержит низшие углеводороды и может включать разбавитель, такой как N₂. Например, технологический поток, содержащий низшие углеводороды в виде 10% объемных этана (C₂H₆) в N₂, означает 100% объемных этана в газовой смеси низших углеводородов и 10% объемных этана в технологическом потоке.

Соответственно, изобретение также можно рассматривать как способ каталитического превращения технологического потока, содержащего низшие углеводороды, в ароматические соединения, включающие бензол, толуол и ксилол, например, смесь бензола, толуола и ксилола (БТК), путем контактирования указанного технологического потока с цеолитным катализатором, имеющим структуру MFI и содержащим от 0,1 до 10 % массовых соединения цинка, причем указанный технологический поток содержит газовую смесь низших углеводородов, которая содержит по меньшей мере 50% объемных этана, и причем этот технологический поток дополнительно содержит одно или несколько соединений серы.

Предпочтительно, содержание одного или нескольких соединений серы составляет 10-100 частей на млн.

Для целей настоящей заявки единицы измерения частей на млн. (ppm) приведены в пересчете на объем, то есть, как ppmv.

Предпочтительно, способ дополнительно включает формирование выходящего газового потока из непрореагировавших олефинов и рециркуляцию по меньшей мере его части обратно в процесс. Это позволяет увеличить выход БТК в процессе.

Таким образом, в процессе образуются не только ароматические соединения, включающие бензол, толуол и ксилолы (БТК), но также и

выходящий газовый поток непрореагировавших олефинов. Газовый поток непрореагировавших олефинов представляет собой, например, поток с высоким содержанием этилена, например, поток, содержащий 90% объемн. или больше этилена. Этилен сам по себе является ценным продуктом, который можно либо отделить от выходящего газового потока, либо его можно подвергнуть рециркуляции в процесс, как описано выше, где он, в конечном счете, будет превращен в ароматические соединения.

При желании катализатор может содержать медь (Cu) вместо Zn или он может содержать смеси меди и цинка.

Предпочтительно, цеолитный катализатор представляет собой ZSM-5, а соединение цинка представляет собой металлический и/или оксидный цинк. В предпочтительном варианте осуществления цеолитный катализатор является внедренным в матрицу связующего. Эта матрица связующего, предпочтительно, может содержать оксид алюминия.

Согласно другому предпочтительному варианту осуществления цеолит дополнительно содержит от 1 до 5 процентов массовых соединения фосфора, например, 1-5 % масс. P.

Согласно конкретному варианту осуществления цеолитный катализатор представляет собой ZSM-5, содержит 0,1 – 10% масс. Zn и при желании 1 – 5% масс. P. В другом конкретном варианте осуществления цеолитный катализатор содержит 5% масс. Zn, нанесенного на H-ZSM-5,

имеющий соотношение диоксида кремния и оксида алюминия, составляющее 40.

Предпочтительно, поток исходного сырья в способе содержит от 90 до 100% объемных этана. Соответственно, в одном варианте осуществления изобретения технологический поток содержит от 90 до 100% объемных этана. Кроме того, предпочтительно, чтобы одно или несколько соединений серы в технологическом потоке представляли собой H_2S , например, 10-100 частей на млн. H_2S .

Согласно другому предпочтительному варианту осуществления процесс проводят при температуре в диапазоне 550 – 600 °C и давлении в диапазоне 3-20 бар абс.

В другом предпочтительном варианте осуществления среднечасовая объемная скорость (WHSV) находится в диапазоне 2-6, например, составляет 3.

В еще одном предпочтительном варианте осуществления технологический поток, содержащий низшие углеводороды, получают путем подвергания сырого природного газа стадии обработки газа, выбранной из сжатия, охлаждения, абсорбции, адсорбции или их комбинации, в результате чего получают чистый метан и указанный технологический поток. Этот технологический поток обычно не содержит соединений серы, и поэтому одно или несколько соединений серы необходимо добавить.

Соответственно, в другом предпочтительном варианте осуществления одно или несколько соединений серы добавляют в технологический поток.

Смесь органических соединений, преимущественно состоящая из бензола, толуола и ксилолов, то есть, ароматических соединений, полученных с помощью способа согласно настоящему изобретению, может быть фракционирована с получением чистых продуктов бензола, толуола и ксилолов. Эти продукты впоследствии могут быть дополнительно улучшены, например, для получения *o*-, *m*- и *p*-ксилолов, либо их можно применять в качестве исходного сырья или части исходного сырья в процессах получения *p*-ксилола.

Помимо того, что фракции C_{5+} присутствуют в составе NGL, полученных при газопереработке сырого природного газа, они также могут образовываться на перерабатывающих предприятиях в различных отраслях промышленности. Например, поток тяжелых C_{5+} получается в качестве побочного продукта при производстве этилена путем пиролиза (паровой крекинг). Этот поток C_{5+} упоминается в промышленности как пиролизный бензин или пиробензин. Оставленный в своей необработанной форме указанный поток C_{5+} имеет небольшую коммерческую ценность из-за своей высокой реакционной способности и низкой стабильности. Однако этот поток содержит много высокоценных компонентов, таких как изопрен, бензол, толуол и ксилолы.

Поэтому другой возможностью является добавление смеси органических соединений (смесь бензола, толуола и ксилола, то есть, БТК), которую получают с помощью способа согласно настоящему изобретению, к аналогичной смеси органических соединений, полученной путем экстракции пиробензина, вместо фракционирования этой смеси непосредственно. Пиробензин может поступать с имеющейся перерабатывающей установки, такой как установка парового крекинга. Полученную смесь органических соединений из способа согласно изобретению и из имеющейся установки можно впоследствии фракционировать, как описано выше, с получением чистых продуктов бензола, толуола и ксилола.

Соответственно, в другом варианте осуществления способ дополнительно включает в себя объединение указанных ароматических соединений, включающих бензол, толуол и ксилол, с пиролизным бензином (пиробензином), полученным в качестве побочного продукта в отдельном производстве этилена посредством парового крекинга, в результате чего формируется объединенный поток, содержащий бензол, толуол и ксилол, и при желании в дальнейшем подвергание этого объединенного потока одной или нескольким стадиям фракционирования для получения чистых продуктов бензола, толуола и ксилола.

Изобретение дополнительно проиллюстрировано в следующем примере. Фракции C2-C5 из источников смешанного газа, таких как сланцевый газ, являются ценным углеводородным сырьем для синтеза смеси

ароматических соединений путем ароматизации жидких фракций природного газа сорта Y. Среди углеводородов C₂-C₅ наиболее трудным для конверсии является этан (C₂H₆).

Как упоминалось выше, БТК является ценным ароматическим продуктом, который может быть использован в качестве исходного сырья для производства *p*-ксилола. Он также может применяться в качестве высокооктанового продукта риформинга для смешения бензинов. В отличие от БТК, ароматические соединения с более высоким числом атомов углерода, то есть, C₉₊, считаются менее ценными. Следовательно, в способе получения ароматических соединений желательна высокая селективность в отношении БТК.

Как проиллюстрировано в примере, конверсия этана приводит к образованию заметных количеств метана и высших ароматических соединений, то есть, ароматических соединений с числом атомов углерода 9 и выше. Эти высшие ароматические соединения представляют собой преимущественно нафталины, такие как 1- и 2-метилнафталин, инданы и индены, а также метилзамещенные инданы/индены, которые представляют собой малоценные смеси.

При активном добавлении небольшого количества серы (в виде H₂S) в исходный поток этана (технологический поток) селективность по отношению к метану и углеводородам C₉₊ значительно снижается, как показано в примере 1.

Пример

Катализатор: 5 % масс.Zn, нанесенного на H-ZSM-5, имеющий соотношение диоксида кремния и оксида алюминия, равное 40.

Условия: 550 °С, 3 бар абс., WHSV = 3, 10 % объемн.С₂Н₆ в N₂.

На фигурах показаны конверсия этана и селективность по продукту в зависимости от времени непрерывной работы (TOS - time on stream); закрашенные символы представляют собой результаты в отсутствие H₂S, то есть, без добавления H₂S; незакрашенные символы представляют собой результаты с содержанием в исходном сырье 60 частей на млн. H₂S.

Фигуры показывают, что конверсия с течением времени практически одинакова как с содержанием в исходном сырье H₂S, так и без него (Фиг.1). В частности, следует отметить, что конверсия в присутствии H₂S вначале ниже, но вскоре (спустя примерно 20 часов) превосходит конверсию для того же самого катализатора, работающего в условиях отсутствия серы.

Выход БТК с H₂S в исходном сырье несколько ниже (Фиг. 2), но селективность по этилену (и другим легким олефинам) значительно выше с H₂S в исходном сырье (Фиг. 3). Кроме того, видно, что селективности по метану (Фиг. 4) и C₉₊ (Фиг.5) в присутствии H₂S значительно ниже.

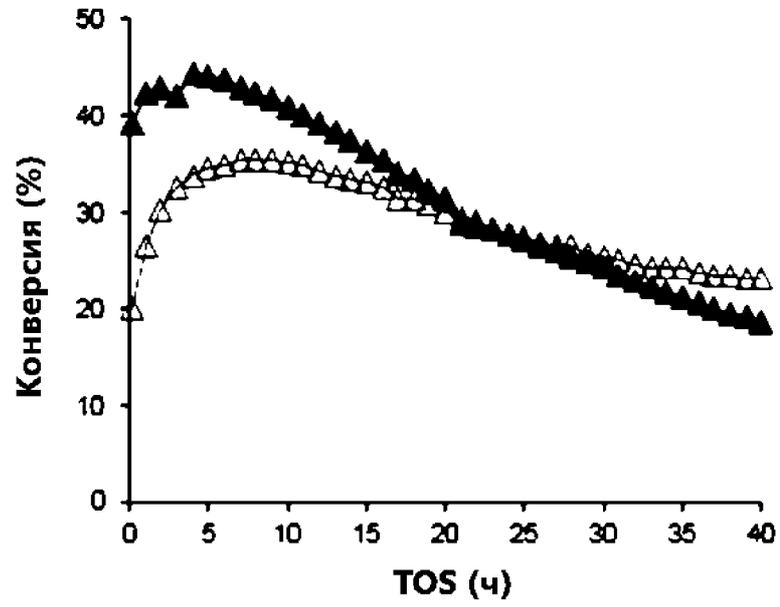
ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ каталитического превращения газовых смесей низших углеводородов, которые содержат по меньшей мере 50 % объемных этана, в ароматические соединения, включающие бензол, толуол и ксилолы, где указанный способ включает стадии контактирования технологического потока, содержащего низшие углеводороды, с цеолитным катализатором, имеющим структуру MFI и содержащим от 0,1 до 10 % массовых соединения цинка, где технологический поток дополнительно содержит одно или несколько соединений серы.
2. Способ по п.1, где содержание одного или нескольких соединений серы составляет 10-100 частей на млн.
3. Способ по п.п.1 или 2, дополнительно включающий формирование выходящего газового потока из непрореагировавших олефинов и рециркуляцию по меньшей мере его части обратно в процесс.
4. Способ по любому одному из п.п.1-3, где цеолитный катализатор представляет собой ZSM-5.
5. Способ по любому одному из п.п. 1-4, где соединение цинка представляет собой металлический и/или оксидный цинк.

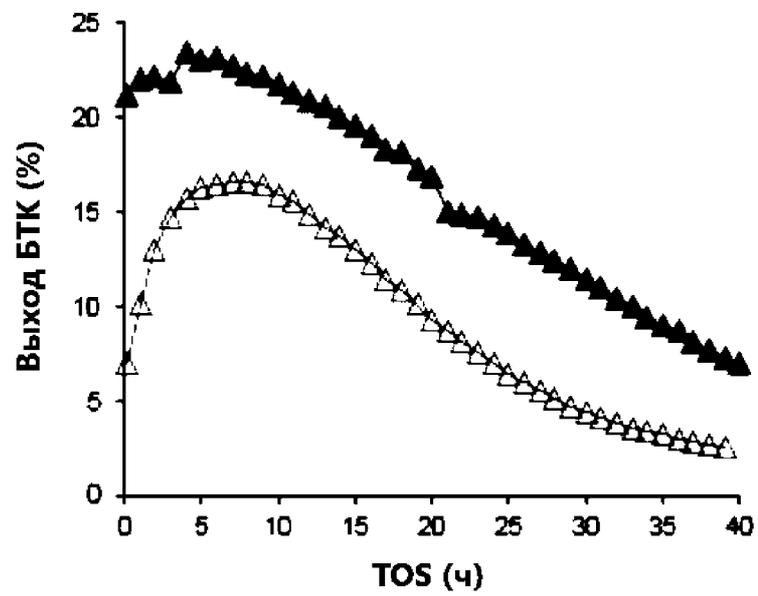
6. Способ по любому одному из п.п. 1-5, где цеолит дополнительно содержит от 1 до 5 массовых процентов соединения фосфора.
7. Способ по любому одному из п.п. 1-6, где цеолитный катализатор является внедренным в матрицу связующего.
8. Способ по п.7, где матрица связующего содержит оксид алюминия.
9. Способ по любому одному из п.п. 1-8, где технологический поток содержит от 90 до 100 объемных процентов этана.
10. Способ по любому одному из п.п. 1-9, где соединение серы представляет собой H_2S .
11. Способ по любому из п.п. 1-10, где температура находится в диапазоне 550 – 600°C, а давление находится в диапазоне 3-20 бар абс.
12. Способ по п.п. 1-11, где технологический поток, содержащий низшие углеводороды, получают путем подвергания сырого природного газа стадии обработки газа, выбранной из сжатия, охлаждения, абсорбции, адсорбции или их комбинации, в результате чего получают чистый метан и указанный технологический поток.

13. Способ по любому из п.п.1-12, где к технологическому потоку добавляют одно или несколько соединений серы.

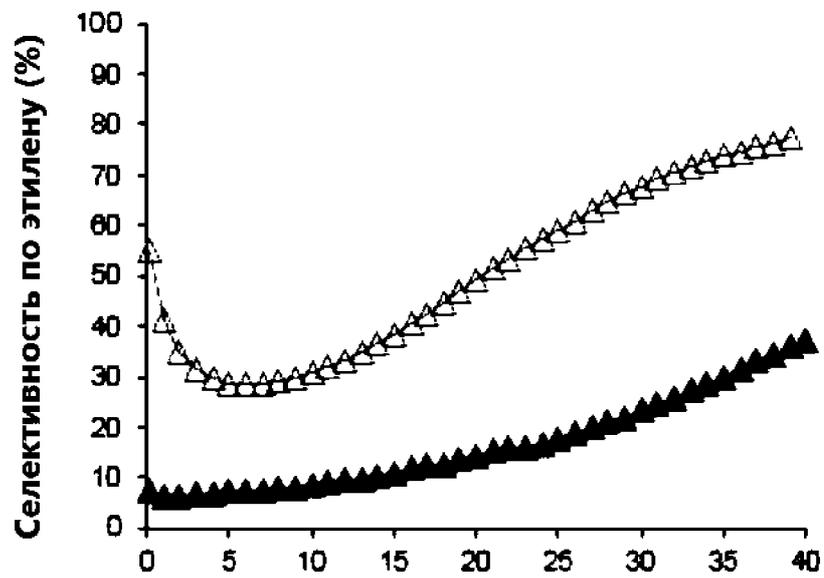
14. Способ по любому из п.п.1-13, дополнительно включающий объединение указанных ароматических соединений, включающих бензол, толуол и ксилол, с пиролизным бензином, полученным в качестве побочного продукта в отдельном производстве этилена посредством парового крекинга, в результате чего формируется объединенный поток, содержащий бензол, толуол и ксилол, и при необходимости в дальнейшем подвергание этого объединенного потока одной или нескольким стадиям фракционирования для получения чистых продуктов бензола, толуола и ксилола.



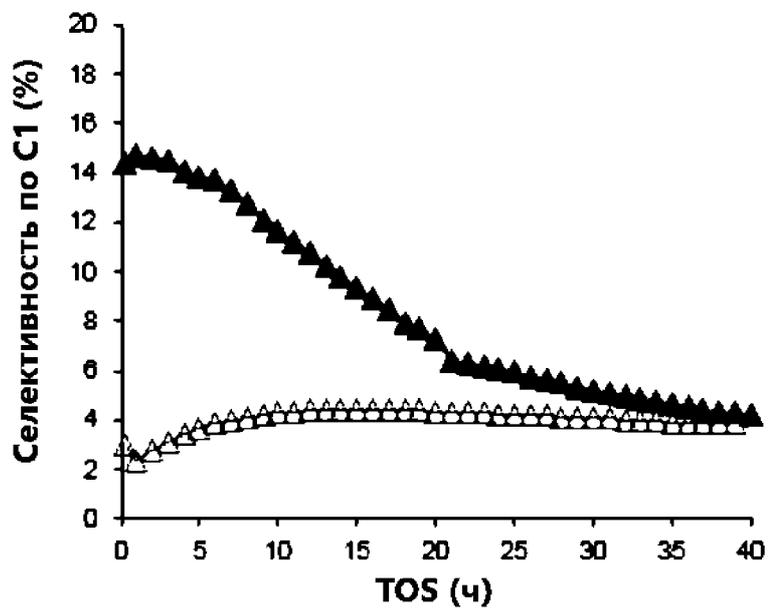
Фиг. 1



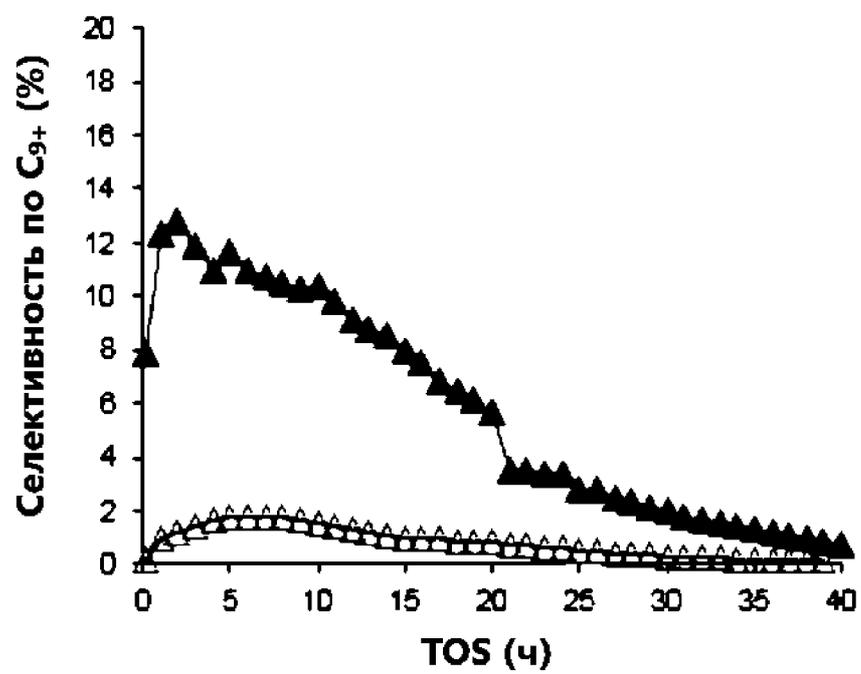
Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5