

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **033755**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2019.11.22

(51) Int. Cl. **C10G 69/00** (2006.01)
C10G 69/04 (2006.01)

(21) Номер заявки
201691723

(22) Дата подачи заявки
2014.12.10

(54) **СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ БТК ИЗ СМЕШАННОГО ИСТОЧНИКА УГЛЕВОДОРОДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КАТАЛИТИЧЕСКОГО КРЕКИНГА**

(31) **14156611.7**

(32) **2014.02.25**

(33) **EP**

(43) **2017.04.28**

(86) **PCT/EP2014/077256**

(87) **WO 2015/128019 2015.09.03**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**САУДИ БЕЙСИК ИНДАСТРИЗ
КОРПОРЕЙШН (SA); САБИК
ГЛОУБЛ ТЕКНОЛОДЖИЗ Б.В. (NL)**

(56) **US-A1-2008156696
CN-A-101767035
WO-A1-2013182534
US-A-5685972
US-A1-2012000819
US-A1-2008051615
US-A1-2009173666
US-A1-2011270005**

(72) Изобретатель:
Веласко Пелазс Рауль (NL)

(74) Представитель:
Воль О.И., Фелицына С.Б. (RU)

(57) Изобретение относится к способу получения БТК, включающему каталитический крекинг, раскрытие ароматических колец и извлечение БТК. Кроме того, настоящее изобретение относится к технологическому агрегату для превращения углеводородного подаваемого потока в БТК, включающему установку для каталитического крекинга, установку для раскрытия ароматических колец и установку для извлечения БТК.

033755
B1

033755
B1

Настоящее изобретение относится к способу получения БТК, включающему каталитический крекинг, раскрытие ароматических колец и извлечение БТК. Кроме того, настоящее изобретение относится к технологическому агрегату для превращения углеводородного подаваемого потока в БТК, включающему установку для каталитического крекинга, установку для раскрытия ароматических колец и установку для извлечения БТК.

Как это было описано ранее, ароматические углеводороды, включающие п-ксилол, могут быть получены из углеводородного подаваемого потока при использовании способа, включающего стадии получения фракции лигроина и фракции легкого рециклового газойля из зоны каталитического крекинга; объединения фракций бензина и легкого рециклового газойля; гидрообработки объединенных фракций бензина и легкого рециклового газойля для получения продукта, подвергнутого гидрообработке; фракционирования продукта, подвергнутого гидрообработке, в зоне фракционирования для получения погона легких фракций, погона лигроина, подаваемого потока в установку для гидрокрекинга и фракции непроцеженной нефти; отправления подаваемого потока в установку для гидрокрекинга в зону гидрокрекинга для получения продукта установки для гидрокрекинга; отправления продукта установки для гидрокрекинга выше вывода подаваемого потока в установку для гидрокрекинга, но ниже вывода погона лигроина; отправления погона лигроина в зону дегидрирования для получения дегидрированного лигроина; а дегидрированного лигроина - в установку для извлечения ароматических соединений в целях извлечения п-ксилола и других ароматических соединений; см. публикацию WO 2013/052228 A1.

Основной недостаток способа из публикации WO 2013/052228 A1 заключается в относительно низком выходе по ароматическим соединениям.

Одна цель настоящего изобретения заключается в предложении способа получения БТК из смешанного углеводородного потока, характеризующегося улучшенным выходом по высокоценным продуктам нефтехимического производства, предпочтительно продукту БТКЭ.

Достижения разрешения вышеупомянутой проблемы добиваются в результате предложения вариантов осуществления, описанных ниже в настоящем документе и охарактеризованных в формуле изобретения. В соответствии с этим настоящее изобретение предлагает способ получения БТК, включающий:

(a) проведение каталитического крекинга углеводородного подаваемого потока в целях получения бензина каталитического крекинга и рециклового газойля;

(b) проведение для рециклового газойля раскрытия ароматических колец в целях получения БТК; и

(c) извлечение БТК из бензина каталитического крекинга.

В контексте настоящего изобретения неожиданно было установлено то, что выход высокоценных продуктов нефтехимического производства, таких как БТК, может быть улучшен при использовании улучшенного способа в соответствии с описанием изобретения в настоящем документе. Например, максимальная теоретическая степень получения БТКЭ, продемонстрированная в публикации WO 2013/052228, может быть оценена составляющей 28 мас.% от подаваемого потока. Данная оценка в своей основе имеет заявленную степень превращения (98 мас.% смеси из бензина и продукта ЛРГ (обычно 75% от подаваемого потока в установку способа ККПСК) и селективность по отношению к ароматическим соединениям (38 мас.%). В случае настоящего изобретения может быть продемонстрировано то, что при использовании способов ароматизации для дополнительной переработки газов, полученных при использовании совокупного комплекса, могут быть получены выходы по БТКЭ на границах установки, большие чем 35 мас.% от подаваемого потока.

В публикации US 2008/0156696 A1 описывается способ ККПСК для превращения C_3/C_4 подаваемых потоков в олефины и ароматические соединения, включающий крекинг первого углеводородного подаваемого потока, который предпочтительно содержит газойль, в первом лифт-реакторе и крекинг второго углеводородного подаваемого потока, содержащего легкие углеводороды, содержащие три и/или четыре атома углерода, во втором лифт-реакторе. В публикации US 2008/0156696 A1 описывается то, что определенный тяжелый поток, который получают в способе ККПСК, может быть отправлен на рециркуляцию во второй лифт-реактор. Способ из публикации US 2008/0156696 A1 имеет своей целью превращение недорогого сырья C_3/C_4 исходного сырья, такого как СНГ, в ароматические соединения при использовании установки способа ККПСК. Кроме того, в публикации US 2008/0156696 A1 излагается то, что при переработке легкого подаваемого потока в способе ККПСК выгодно подавать в способ ККПСК тяжелое исходное сырье в качестве предшественника кокса в целях получения достаточного количества кокса для функционирования способа ККПСК в условиях теплового баланса. В публикации US 2008/0156696 A1 просто описывается отправление на рециркуляцию в установку способа ККПСК, и, таким образом, не предлагается способ, где рецикловые газойли подвергают воздействию установки для раскрытия ароматических колец.

В способе настоящего изобретения может быть использована любая углеводородная композиция, которая является подходящей для использования в качестве подаваемого потока на каталитический крекинг.

Предпочтительно углеводородный подаваемый поток содержит одного или нескольких представителей, выбираемых из группы, состоящей из лигроина, керосина, газойля и мазута.

Более предпочтительно углеводородный подаваемый поток содержит газойль, наиболее предпочтительно газойль вакуумной перегонки. В зависимости от уровня содержания водорода в подаваемом потоке выгодным может оказаться увеличение уровня содержания водорода в углеводородном подаваемом потоке в результате гидрообработки перед проведением для углеводородного подаваемого потока каталитического крекинга. Способы увеличения уровня содержания водорода в углеводородном подаваемом потоке хорошо известны на современном уровне техники и включают гидрообработку. Предпочтительно гидрообработка включает введение углеводородного подаваемого потока в присутствии водорода в контакт с катализатором гидрирования, обычно содержащим металл гидрирования, такой как Ni, Mo, Co, W, Pt и Pd, в присутствии или в отсутствие промоторов, нанесенный на инертный носитель, такой как оксид алюминия. Технологические условия, используемые для гидрообработки углеводородного подаваемого потока, в общем случае включают технологическую температуру в диапазоне 200-450°C, предпочтительно 300-425°C, и давление в диапазоне 1-25 МПа, предпочтительно 2-20 МПа (изб.).

В случае использования мазута в качестве подаваемого потока мазут перед проведением каталитического крекинга может быть специально подвергнут сольвентной деасфальтизации. Предпочтительно мазут дополнительно фракционируют, например, при использовании установки для вакуумной перегонки в целях разделения мазута на фракцию газойля вакуумной перегонки и фракцию мазута вакуумной перегонки. Предпочтительно подаваемый поток, использующийся в способе настоящего изобретения, содержит менее чем 8 мас.% асфальтенов, более предпочтительно менее чем 5 мас.% асфальтенов. Предпочтительно подаваемый поток, использующийся в способе настоящего изобретения, содержит менее чем 20 ч./млн (мас.) металлов.

Термины "лигроин", "керосин", "газойль" и "мазут" в настоящем документе используют при придании им их значения, общепринятого в сфере способов переработки нефти; см. публикации Alfke et al. (2007) Oil Refining, Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry и Speight (2005) Petroleum Refinery Processes, Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology. В данном отношении необходимо отметить то, что может иметь место перекрытие между различными фракциями сырой нефти вследствие наличия сложной смеси углеводородных соединений, включенных в сырую нефть, и технических ограничений, накладываемых на способ перегонки сырой нефти. Предпочтительно термин "лигроин" в соответствии с использованием в настоящем документе относится к нефтяной фракции, полученной в результате перегонки сырой нефти и характеризующейся диапазоном температур кипения приблизительно 20-200°C, более предпочтительно приблизительно 30-190°C. Предпочтительно легкий лигроин представляет собой фракцию, характеризующуюся диапазоном температур кипения приблизительно 20-100°C, более предпочтительно приблизительно 30-90°C. Тяжелый лигроин предпочтительно характеризуется диапазоном температур кипения приблизительно 80-200°C, более предпочтительно приблизительно 90-190°C. Предпочтительно термин "керосин" в соответствии с использованием в настоящем документе относится к нефтяной фракции, полученной в результате перегонки сырой нефти и характеризующейся диапазоном температур кипения приблизительно 180-270°C, более предпочтительно приблизительно 190-260°C. Предпочтительно термин "газойль" в соответствии с использованием в настоящем документе относится к нефтяной фракции, полученной в результате перегонки сырой нефти и характеризующейся диапазоном температур кипения приблизительно 250-360°C, более предпочтительно приблизительно 260-350°C. Предпочтительно термин "мазут" в соответствии с использованием в настоящем документе относится к нефтяной фракции, полученной в результате перегонки сырой нефти и характеризующейся температурой кипения, большей чем приблизительно 340°C, более предпочтительно большей чем приблизительно 350°C.

Способ настоящего изобретения включает каталитический крекинг, который включает введение подаваемого потока в контакт с катализатором каталитического крекинга в условиях проведения каталитического крекинга. Технологические условия, подходящие для использования при каталитическом крекинге, также описываемые в настоящем документе в качестве "условий проведения каталитического крекинга", могут быть легко определены специалистами в соответствующей области техники; см. публикацию Alfke et al. (2007), процитированный выше источник.

Термин "каталитический крекинг" используется в настоящем документе в его общепринятом смысле и, таким образом, может быть определен в качестве способа превращения подаваемого потока, содержащего высококипящие высокомолекулярные углеводородные фракции неочищенных сырых нефтей, в более низкокипящие углеводородные фракции и газообразные олефины в результате введения упомянутого подаваемого потока в контакт с катализатором каталитического крекинга в условиях проведения каталитического крекинга. Предпочтительно каталитический крекинг, использующийся в способе настоящего изобретения, включает введение подаваемого потока в контакт с катализатором каталитического крекинга в условиях проведения каталитического крекинга, где катализатор каталитического крекинга включает пористый катализатор, содержащий кислотные каталитические центры, предпочтительно цеолит, и где условия проведения каталитического крекинга включают температуру в диапазоне 400-800°C и давление в диапазоне 10-800 кПа (изб.).

Предпочтительно каталитический крекинг проводят в "установке для каталитического крекинга в псевдооживленном слое катализатора" или "установке способа ККПСК". В соответствии с этим предпоч-

тительный каталитический крекинг, использующийся в способе настоящего изобретения, является каталитическим крекингом в псевдооживленном слое катализатора или способом ККПСК. В установке способа ККПСК каталитический крекинг имеет место в общем случае при использовании катализатора на основе очень активного цеолита в характеризующейся коротким временем контакта вертикальной или имеющей восходящий уклон трубе, называемой "лифт-реактором". Предварительно нагретый подаваемый поток распыляют в основании лифт-реактора через питающие сопла, где он вступает в контакт с чрезвычайно горячим псевдооживленным катализатором. Предпочтительные технологические условия, использующиеся для каталитического крекинга в псевдооживленном слое катализатора, в общем случае включают температуру в диапазоне 425-730°C и давление в диапазоне 10-800 кПа (изб.). Горячий катализатор испаряет подаваемый поток и катализирует прохождение реакций крекинга, которые разбивают высокомолекулярные углеводороды на более легкие компоненты, в том числе СНГ, легкий дистиллят и средний дистиллят. Смесь катализатор/углеводород перетекает снизу вверх через лифт-реактор в течение нескольких секунд, а после этого смесь разделяется при использовании циклонов. Углеводороды, свободные от катализатора, отправляют в основной фракционер (компонент установки способа ККПСК для разделения на топливный газ (метан), C₂-C₄ углеводороды, бензин способа ККПСК, легкий рецикловый газойль и в соответствующих условиях тяжелый рецикловый газойль). C₂-C₄ углеводородная фракция, полученная при использовании способа ККПСК, в общем случае представляет собой смесь из парафинов и олефинов. В соответствии с использованием в настоящем документе термин "бензин каталитического крекинга" относится к легкому дистилляту, полученному в результате каталитического крекинга, который является относительно обогащенным по моноароматическим углеводородам. В соответствии с использованием в настоящем документе термин "рецикловый газойль" относится к среднему дистилляту и тяжелому дистилляту, полученным в результате каталитического крекинга, которые являются относительно обогащенными по углеводородам, содержащим конденсированные ароматические кольца. В соответствии с использованием в настоящем документе термин "легкий рецикловый газойль" относится к среднему дистилляту, полученному в результате каталитического крекинга, который является относительно обогащенным по ароматическим углеводородам, содержащим два конденсированных ароматических кольца. В соответствии с использованием в настоящем документе термин "тяжелый рецикловый газойль" относится к тяжелому дистилляту, полученному в результате каталитического крекинга, который является относительно обогащенным по углеводородам, содержащим более чем 2 конденсированных ароматических кольца. Отработанный катализатор высвобождают из подвергнутых крекингу углеводородных паров и отправляют в десорбер, где его вводят в контакт с водяным паром для удаления углеводородов, остающихся в порах катализатора. После этого отработанный катализатор перетекает в регенератор с псевдооживленным слоем катализатора, где используют воздух (или в некоторых случаях воздух плюс кислород) для выжигания кокса в целях восстановления активности катализатора, а также получения необходимого тепла для последующего цикла реакции, при этом крекинг представляет собой эндотермическую реакцию. Затем регенерированный катализатор перетекает в основание лифт-реактора, повторяя цикл. В зависимости от углеводородного подаваемого потока и желательного ассортимента продуктов способ настоящего изобретения может включать несколько установок способа ККПСК, функционирующих в различных технологических условиях. В соответствии с использованием в настоящем документе термины "способ ККПСК низкой жесткости" или "способ ККПСК нефтеперерабатывающей установки" относятся к способу ККПСК, который оптимизируют в направлении получения бензина каталитического крекинга. Большинство обычных нефтеперерабатывающих установок оптимизируют в направлении получения бензина, обычные технологические рабочие условия способа ККПСК могут рассматриваться как представляющие способ ККПСК низкой жесткости. Предпочтительные технологические условия, использующиеся для способа ККПСК нефтеперерабатывающей установки, в общем случае включают температуру в диапазоне 425-570°C и давление в диапазоне 10-800 кПа (изб.).

Предпочтительно каталитический крекинг, использующийся в способе настоящего изобретения, является каталитическим крекингом с псевдооживленным слоем катализатора, включающим введение подаваемого потока в контакт с катализатором способа ККПСК в условиях осуществления способа ККПСК, где катализатор способа ККПСК содержит цеолит, и где условия осуществления способа ККПСК включают температуру в диапазоне 425-730°C и давление в диапазоне 10-800 кПа (изб.).

Более предпочтительно каталитический крекинг в псевдооживленном слое катализатора, использующийся в способе настоящего изобретения, представляет собой способ ККПСК высокой жесткости, предпочтительно включающий температуру в диапазоне 540-730°C и давление в диапазоне 10-800 кПа (изб.).

В соответствии с использованием в настоящем документе термины "способ ККПСК высокой жесткости" или "способ ККПСК нефтехимической установки" относятся к способу ККПСК, который оптимизируют в направлении получения олефинов. Способы ККПСК высокой жесткости на предшествующем уровне техники известны и, помимо прочего, описываются в публикациях EP 0909804 A2, EP 0909582 A1 и US 5846402. Предпочтительные технологические условия, использующиеся для способа ККПСК высокой жесткости, в общем случае включают температуру в диапазоне 540-730°C и давление в диапазоне 10-800 кПа (изб.).

Термины "алкан" или "алканы" используются в настоящем документе при придании им их установленного значения и в соответствии с этим описывают ациклические разветвленные или неразветвленные углеводороды, описываемые общей формулой C_nH_{2n+2} и поэтому полностью состоящие из атомов водорода и насыщенных атомов углерода; см., например, публикацию IUPAC. Compendium of Chemical Terminology, 2nd ed. (1997). Термин "алканы" в соответствии с этим описывает неразветвленные алканы ("нормальные парафины", или "н-парафины", или "н-алканы") и разветвленные алканы ("изопарафины" или "изоалканы"), но исключает нафтены (циклоалканы).

Термины "ароматические углеводороды" или "ароматические соединения" являются очень хорошо известными на современном уровне техники. В соответствии с этим термин "ароматический углеводород" относится к циклически сопряженному углеводороду, характеризующемуся стабильностью (вследствие делокализации), которая является значительно большей, чем стабильность гипотетической локализованной структуры (например, структуры Кекуле). Наиболее часто встречающийся метод определения ароматичности заданного углеводорода заключается в наблюдении диатропичности в спектре 1H ЯМР, например, присутствия химических сдвигов в диапазоне от 7,2 до 7,3 м. д. для протонов бензольных колец.

Термины "нафтеносодержащие углеводороды", или "нафтены", или "циклоалканы" используются в настоящем документе при придании им их установленного значения и в соответствии с этим описывают насыщенные циклические углеводороды.

Термин "олефин" используется в настоящем документе при придании ему его общепризнанного значения. В соответствии с этим олефин относится к ненасыщенному углеводородному соединению, содержащему по меньшей мере одну двойную связь углерод-углерод. Предпочтительно термин "олефины" относится к смеси, содержащей двух и более представителей, выбираемых из этилена, пропилена, бутадиена, бутилена-1, изобутилена, изопрена и циклопентадиена.

Термин "СНГ" в соответствии с использованием в настоящем документе относится к общепризнанному акрониму для термина "сжиженный нефтяной газ". СНГ в общем случае состоит из смеси из C_2 - C_4 углеводородов, то есть смеси из этана, пропана и бутанов и в зависимости от источника также и этилена, пропилена и бутиленов.

В соответствии с использованием в настоящем документе термин " $C_{\#}$ углеводороды", где "#" представляет собой положительное целое число, подразумевает описание всех углеводородов, содержащих # атомов углерода. Кроме того, термин " $C_{\#}^+$ углеводороды" подразумевает описание всех углеводородных молекул, содержащих # и более атомов углерода. В соответствии с этим термин " C_5^+ углеводороды" подразумевает описание смеси из углеводородов, содержащих 5 и более атомов углерода. Термин " C_5^+ алканы" в соответствии с этим относится к алканам, содержащим 5 и более атомов углерода.

Термины "легкий дистиллят", "средний дистиллят" и "тяжелый дистиллят" используются в настоящем документе при придании им их значения, общепринятого в сфере способов переработки нефти; см. публикацию Spreight, J. G. (2005), процитированный выше источник. В данном отношении необходимо отметить то, что может иметь место перекрытие между различными фракциями вследствие наличия сложной смеси углеводородных соединений, содержащихся в потоке продукта, полученном при проведении операций нефтеперерабатывающей или нефтехимической установки, и технических ограничений, накладываемых на способ перегонки, использующийся для разделения различных фракций. Предпочтительно "легкий дистиллят" является углеводородным дистиллятом, полученным в способе нефтеперерабатывающей или нефтехимической установки и характеризующимся диапазоном температур кипения приблизительно 20-200°C, более предпочтительно приблизительно 30-190°C. "Легкий дистиллят" зачастую является относительно обогащенным по ароматическим углеводородам, содержащим одно ароматическое кольцо. Предпочтительно "средний дистиллят" является углеводородным дистиллятом, полученным при использовании способа нефтеперерабатывающей или нефтехимической установки и характеризующимся диапазоном температур кипения приблизительно 180-360°C, более предпочтительно приблизительно 190-350°C. "Средний дистиллят" является относительно обогащенным по ароматическим углеводородам, содержащим два ароматических кольца. Предпочтительно "тяжелый дистиллят" является углеводородным дистиллятом, полученным при использовании способа нефтеперерабатывающей или нефтехимической установки и характеризующимся температурой кипения, большей чем приблизительно 340°C, более предпочтительно большей чем приблизительно 350°C. "Тяжелый дистиллят" является относительно обогащенным по углеводородам, содержащим более чем 2 ароматических кольца. В соответствии с этим дистиллят, произведенный при использовании нефтеперерабатывающей или нефтехимической установки, получают в результате химического превращения с последующим фракционированием, например, в результате перегонки или в результате экстрагирования, что контрастирует с тем, что имеет место для фракции сырой нефти.

Способ настоящего изобретения включает раскрытие ароматических колец, которое включает введение рециклов газойля в присутствии водорода в контакт с катализатором раскрытия ароматических колец в условиях проведения раскрытия ароматических колец. Технологические условия, подходящие для использования при раскрытии ароматических колец и также описываемые в настоящем документе в качестве "условий проведения раскрытия ароматических колец", легко могут быть определены специа-

листами в соответствующей области техники; см., например, публикации US 3256176, US 4789457 и US 7513988.

В соответствии с этим настоящее изобретение предлагает способ получения БТК, включающий:

(а) проведение для углеводородного подаваемого потока каталитического крекинга в целях получения бензина каталитического крекинга и рециклового газойля;

(b) проведение для рециклового газойля в присутствии водорода раскрытия ароматических колец в целях получения БТК; и

(с) извлечение БТК из бензина каталитического крекинга.

Термин "раскрытие ароматических колец" используется в настоящем документе в своем общепринятом смысле и, таким образом, может быть определен в качестве способа превращения углеводородного подаваемого потока, который является относительно обогащенным по углеводородам, содержащим конденсированные ароматические кольца, таким как рецикловый газойль, для получения потока продукта, содержащего легкий дистиллят, который является относительно обогащенным по БТК (бензин, произведенный при использовании способа ПАК), а предпочтительно СНГ. Такой способ раскрытия ароматических колец (способ ПАК), например, описывается в публикациях US 3256176 и US 4789457. Такие способы могут включать либо один каталитический реактор с неподвижным слоем катализатора, либо два таких реактора в последовательности совместно с одной или несколькими установками для фракционирования в целях отделения желательных продуктов от непрореагировавшего материала, а также могут включать возможность отправления непрореагировавшего материала на рециркуляцию в один или оба реактора. Реакторы могут функционировать при температуре в диапазоне 200-600°C, предпочтительно 300-400°C, давлении в диапазоне 3-35 МПа, предпочтительно от 5 до 20 МПа, совместно с 5-20 мас.% водорода (по отношению к углеводородному исходному сырью), где упомянутый водород может протекать прямооточно с углеводородным исходным сырьем или противоточно по отношению к направлению течения углеводородного исходного сырья, в присутствии двухфункционального катализатора, активно-го в отношении как гидрирования-дегидрирования, так и расщепления колец, где могут быть проведены упомянутые насыщение ароматических колец и расщепление колец. Катализаторы, использующиеся в таких способах, содержат один или несколько элементов, выбираемых из группы, состоящей из Pd, Rh, Ru, Ir, Os, Cu, Co, Ni, Pt, Fe, Zn, Ga, In, Mo, W и V в металлической форме или форме сульфида металла, нанесенных на носитель в виде кислотного твердого вещества, такой как оксид алюминия, диоксид кремния, оксид алюминия-диоксид кремния и цеолиты. В данном отношении необходимо отметить то, что термин "нанесенный на носитель" в соответствии с использованием в настоящем документе включает любой обычный способ получения катализатора, который объединяет один или несколько элементов с каталитическим носителем. В результате адаптивования либо индивидуально, либо в комбинации состава катализатора, рабочей температуры, рабочей объемной скорости и/или парциального давления водорода способ может быть сориентирован в направлении полного насыщения и последующего расщепления всех колец или в направлении сохранения одного ароматического кольца ненасыщенным и последующего расщепления всех колец, кроме одного. В последнем случае способ ПАК приводит к получению легкого дистиллята ("бензина способа ПАК"), который является относительно обогащенным по углеводородным соединениям, содержащим одно ароматическое и/или нафтеновое кольцо. В контексте настоящего изобретения предпочитается использовать способ раскрытия ароматических колец, который оптимизируют для сохранения одного ароматического или нафтенового кольца в неизменном виде и, таким образом, для получения легкого дистиллята, который является относительно обогащенным по углеводородным соединениям, содержащим одно ароматическое или нафтеновое кольцо. Один дополнительный способ раскрытия ароматических колец (способ ПАК) описывается в публикации US 7513988. В соответствии с этим способ ПАК может включать насыщение ароматических колец при температуре в диапазоне 100-500°C, предпочтительно 200-500°C, более предпочтительно 300-500°C, давлении в диапазоне 2-10 МПа совместно с 1-30 мас.%, предпочтительно 5-30 мас.% водорода (по отношению к углеводородному исходному сырью) в присутствии катализатора гидрирования ароматических соединений и расщепление колец при температуре в диапазоне 200-600°C, предпочтительно 300-400°C, давлении в диапазоне 1-12 МПа совместно с 1-20 мас.% водорода (по отношению к углеводородному исходному сырью) в присутствии катализатора расщепления колец, где упомянутые насыщение ароматических колец и расщепление колец могут быть проведены в одном реакторе или в двух последовательных реакторах. Катализатор гидрирования ароматических соединений может быть обычным катализатором гидрирования/гидрообработки, таким как катализатор, содержащий смесь из Ni, W и Mo, на жаропрочном носителе, обычно оксиде алюминия. Катализатор расщепления колец содержит компонент в виде переходного металла или сульфида данного металла и носитель. Предпочтительно катализатор содержит один или несколько элементов, выбираемых из группы, состоящей из Pd, Rh, Ru, Ir, Os, Cu, Co, Ni, Pt, Fe, Zn, Ga, In, Mo, W и V в металлической форме или форме сульфида металла, нанесенных на носитель в виде кислотного твердого вещества, такой как оксид алюминия, диоксид кремния, оксид алюминия-диоксид кремния и цеолиты. В данном отношении необходимо отметить то, что термин "нанесенный на носитель" в соответствии с использованием в настоящем документе включает любой обычный способ получения катализатора, который объединяет один или несколько элементов с носителем катализатора. В

результате адаптирования либо индивидуально, либо в комбинации состава катализатора, рабочей температуры, рабочей объемной скорости и/или парциального давления водорода способ может быть сориентирован в направлении полного насыщения и последующего расщепления всех колец или в направлении сохранения одного ароматического кольца ненасыщенным и последующего расщепления всех колец, кроме одного. В последнем случае способ РАК приводит к получению легкого дистиллята ("бензина способа РАК"), который является относительно обогащенным по углеводородным соединениям, содержащим одно ароматическое кольцо. В контексте настоящего изобретения предпочитается использовать способ раскрытия ароматических колец, который оптимизируют для сохранения одного ароматического кольца в неизменном виде и, таким образом, для получения легкого дистиллята, который является относительно обогащенным по углеводородным соединениям, содержащим одно ароматическое кольцо.

Предпочтительно раскрытие ароматических колец включает введение рециклового газояля в присутствии водорода в контакт с катализатором раскрытия ароматических колец в условиях проведения раскрытия ароматических колец, где катализатор раскрытия ароматических колец содержит компонент в виде переходного металла или сульфида данного металла и носитель, предпочтительно содержащий один или несколько элементов, выбираемых из группы, состоящей из Pd, Rh, Ru, Ir, Os, Cu, Co, Ni, Pt, Fe, Zn, Ga, In, Mo, W и V в металлической форме или форме сульфида металла, нанесенных на носитель в виде кислотного твердого вещества, предпочтительно выбираемый из группы, состоящей из оксида алюминия, диоксида кремния, оксида алюминия-диоксида кремния и цеолитов, и где условия проведения раскрытия ароматических колец включают температуру в диапазоне 100-600°C, давление в диапазоне 1-12 МПа. Предпочтительно условия проведения раскрытия ароматических колец, кроме того, включают присутствие 1-30 мас.% водорода (по отношению к углеводородному исходному сырью).

Предпочтительно катализатор раскрытия ароматических колец включает катализатор гидрирования ароматических соединений, содержащий один или несколько элементов, выбираемых из группы, состоящей из Ni, W и Mo, на жаропрочном носителе, предпочтительно оксиде алюминия; и катализатор расщепления колец, содержащий компонент в виде переходного металла или сульфида данного металла и носитель, предпочтительно содержащий один или несколько элементов, выбираемых из группы, состоящей из Pd, Rh, Ru, Ir, Os, Cu, Co, Ni, Pt, Fe, Zn, Ga, In, Mo, W и V в металлической форме или форме сульфида металла, нанесенных на носитель в виде кислотного твердого вещества, предпочтительно выбираемый из группы, состоящей из оксида алюминия, диоксида кремния, оксида алюминия-диоксида кремния и цеолитов, и где условия проведения гидрирования ароматических соединений включают температуру в диапазоне 100-500°C, предпочтительно 200-500°C, более предпочтительно 300-500°C, давление в диапазоне 2-10 МПа и присутствие 1-30 мас.%, предпочтительно 5-30 мас.% водорода (по отношению к углеводородному исходному сырью), и где расщепление колец включает температуру в диапазоне 200-600°C, предпочтительно 300-400°C, давление в диапазоне 1-12 МПа и присутствие 1-20 мас.% водорода (по отношению к углеводородному исходному сырью).

Способ настоящего изобретения включает извлечение БТК из смешанного углеводородного потока, содержащего ароматические углеводороды, такие как бензин каталитического крекинга. Для извлечения БТК могут быть использованы любые обычные средства отделения БТК от смешанного углеводородного потока. Одно такое подходящее для использования средство извлечения БТК включает обычное сольвентное экстрагирование. Бензин каталитического крекинга и легкий дистиллят перед сольвентным экстрагированием могут быть подвергнуты "обработке бензина". В соответствии с использованием в настоящем документе термины "обработка бензина" или "гидрообработка бензина" относятся к способу, где обогащенный по ненасыщенным и ароматическим соединениям углеводородный подаваемый поток, такой как бензин каталитического крекинга, подвергают селективной гидрообработке таким образом, чтобы были бы гидрированы двойные связи углерод-углерод олефинов и диолефинов, содержащихся в упомянутом подаваемом потоке; см. также публикацию US 3556983. Обычно установка для обработки бензина может включать способ первой ступени для улучшения стабильности углеводородного потока, обогащенного по ароматическим соединениям, в результате селективного гидрирования диолефинов и алкенильных соединений, что, таким образом, делает его подходящим для использования при дальнейшей переработке на второй ступени. Реакцию гидрирования первой ступени проводят при использовании катализатора гидрирования, обычно содержащего Ni и/или Pd, в присутствии или в отсутствие промоторов, нанесенного на носитель в виде оксида алюминия, в реакторе с неподвижным слоем катализатора. Гидрирование первой ступени обычно проводят в жидкой фазе, включая температуру технологического ввода, составляющую 200°C и менее, предпочтительно находящуюся в диапазоне 30-100°C. На второй ступени подвергнутый гидрообработке углеводородный поток, обогащенный по ароматическим соединениям, первой ступени может быть подвергнут дополнительной переработке для получения исходного сырья, подходящего для использования при извлечении ароматических соединений в результате селективного гидрирования олефинов и удаления серы в результате гидродесульфурирования. При гидрировании второй ступени обычно используют катализатор гидрирования, содержащий элементы, выбираемые из группы, состоящей из Ni, Mo, Co, W и Pt, в присутствии или в отсутствие промоторов, нанесенные на носитель в виде оксида алюминия, в реакторе с неподвижным слоем катализатора, где катализатор имеет сульфидную форму. Технологические условия в общем случае включают технологическую температуру

в диапазоне 200-400°C, предпочтительно 250-350°C и давление в диапазоне 1-3,5 МПа, предпочтительно 2-3,5 МПа (изб.). После этого обогащенный по ароматическим соединениям продукт, полученный при использовании установки УОБ, дополнительно подвергают извлечению БТК при использовании обычного сольвентного экстрагирования. В случае обогащенной по ароматическим соединениям углеводородной смеси, которая должна быть подвергнута обработке бензина, характеризующейся низким уровнем содержания диолефинов и алкенильных соединений, углеводородный поток, обогащенный по ароматическим соединениям, может быть непосредственно подвергнут гидрированию второй ступени или даже непосредственно подвергнут экстрагированию ароматических соединений. Предпочтительно установка для обработки бензина является установкой для гидрокрекинга в соответствии с представленным ниже описанием изобретения в настоящем документе, которая является подходящей для использования при превращении подаваемого потока, который является обогащенным по ароматическим углеводородам, содержащим одно ароматическое кольцо, в очищенный БТК.

Продуктом, получаемым в способе настоящего изобретения, является БТК. Термин "БТК" в соответствии с использованием в настоящем документе относится к смеси из бензола, толуола и ксилолов. Предпочтительно продукт, полученный в способе настоящего изобретения, включает, кроме того, подходящие для использования ароматические углеводороды, такие как этилбензол. В соответствии с этим настоящее изобретение предпочтительно предлагает способ получения смеси из бензола, толуола, ксилолов и этилбензола ("БТКЭ"). Полученный продукт может представлять собой физическую смесь из различных ароматических углеводородов или может быть непосредственно подвергнут дальнейшему разделению, например, в результате перегонки, для получения потоков различных очищенных продуктов. Такой поток очищенного продукта может включать поток бензольного продукта, поток толуольного продукта, поток ксилольного продукта и/или поток этилбензольного продукта.

Предпочтительно раскрытие ароматических колец, кроме того, приводит к получению легкого дистиллята, и где из упомянутого легкого дистиллята извлекают БТК. Предпочтительно БТК, получаемый в результате раскрытия ароматических колец, содержится в легком дистилляте. В данном варианте осуществления БТК, содержащийся в легком дистилляте, отделяют от других углеводородов, содержащихся в упомянутом легком дистилляте, в результате извлечения БТК.

Предпочтительно БТК извлекают из бензина каталитического крекинга и/или из легкого дистиллята в результате проведения для упомянутых бензина каталитического крекинга и/или легкого дистиллята гидрокрекинга. В результате выбора гидрокрекинга для извлечения БТК в результате сольвентного экстрагирования может быть улучшен выход по БТК способа настоящего изобретения, поскольку моноароматические углеводороды, отличные от БТК, могут быть превращены в БТК в результате гидрокрекинга.

Предпочтительно бензин каталитического крекинга подвергают гидрообработке перед проведением гидрокрекинга в целях насыщения всех олефинов и диолефинов. В результате удаления олефинов и диолефинов в бензине каталитического крекинга может быть лучше отрегулировано тепловыделение во время гидрокрекинга, что, таким образом, улучшает удобство в эксплуатации. Более предпочтительно олефины и диолефины отделяют от бензина каталитического крекинга при использовании обычных способов, таких как описанные в публикациях US 7019188 и WO 01/59033 A1. Предпочтительно олефины и диолефины, которые были отделены от бензина каталитического крекинга, подвергают ароматизации, что, тем самым, улучшает выход по БТК способа настоящего изобретения.

Способ настоящего изобретения может включать гидрокрекинг, который включает введение бензина каталитического крекинга и предпочтительно легкого дистиллята в присутствии водорода в контакт с катализатором гидрокрекинга в условиях проведения гидрокрекинга. Технологические условия, подходящие для использования при гидрокрекинге и также описываемые в настоящем документе в качестве "условий для проведения гидрокрекинга", могут быть легко определены специалистами в соответствующей области техники; см. публикацию Alfke et al. (2007), процитированный выше источник. Предпочтительно бензин каталитического крекинга перед проведением гидрокрекинга подвергают гидрообработке бензина в соответствии с представленным выше описанием изобретения в настоящем документе. Предпочтительно C_9^+ углеводороды, содержащиеся в потоке подвергнутого гидрокрекингу продукта, отправляют на рециркуляцию либо в установку для гидрокрекинга, либо предпочтительно на раскрытие ароматических колец.

Термин "гидрокрекинг" используется в настоящем документе в его общепринятом смысле и, таким образом, может быть определен в качестве способа каталитического крекинга, которому содействует наличие повышенного парциального давления водорода; см., например, публикацию Alfke et al. (2007), процитированный выше источник. Продукты данного способа представляют собой насыщенные углеводороды и в зависимости от условий проведения реакции, таких как температура, давление и объемная скорость, и активности катализатора ароматические углеводороды, в том числе БТК. Технологические условия, используемые для гидрокрекинга, в общем случае включают технологическую температуру в диапазоне 200-600°C, повышенное давление в диапазоне 0,2-20 МПа, объемные скорости в диапазоне 0,1-20 ч⁻¹. Реакции гидрокрекинга протекают при задействовании бифункционального механизма, который требует наличия кислотной функции, которая обеспечивает прохождение крекинга и изомеризации и которая обеспечивает прохождение разрыва и/или перегруппировки связей углерод-углерод, содержа-

щихся в углеводородных соединениях, содержащихся в подаваемом потоке, и функции гидрирования. Множество катализаторов, использующихся для способа гидрокрекинга, получают в результате объединения различных переходных металлов или сульфидов данных металлов с твердым носителем, таким как оксид алюминия, диоксид кремния, оксид алюминия-диоксид кремния, оксид магния и цеолиты. Предпочтительно БТК извлекают из бензина каталитического крекинга и/или легкого дистиллята в результате проведения для упомянутых бензина каталитического крекинга и/или легкого дистиллята гидрокрекинга бензина. В соответствии с использованием в настоящем документе термины "гидрокрекинг бензина" или "ГКБ" относятся к способу гидрокрекинга, который является в особенности хорошо подходящим для использования при превращении сложного углеводородного подаваемого потока, который является отнесенно обогащенным по ароматическим углеводородным соединениям, таким как бензин способа ККПСК - в СНГ и БТК, где упомянутый способ оптимизируют для сохранения одного ароматического кольца в неизменном виде у ароматических соединений, содержащихся в подаваемом потоке способа ГКБ, но для удаления большинства боковых цепей у упомянутого ароматического кольца. В соответствии с этим основной продукт, полученный в результате гидрокрекинга бензина, является БТК, и способ может быть оптимизирован для получения БТК сорта, соответствующего химическому реагенту. Предпочтительно углеводородный подаваемый поток, который подвергают гидрокрекингу бензина, кроме того, содержит легкий дистиллят. Более предпочтительно углеводородный подаваемый поток, который подвергают гидрокрекингу бензина, предпочтительно не содержит более чем 1 мас.% углеводородов, содержащих более чем одно ароматическое кольцо. Предпочтительно условия проведения гидрокрекинга бензина включают температуру в диапазоне 300-580°C, более предпочтительно 400-580°C, а еще более предпочтительно 430-530°C. Меньшие температуры необходимо избегать, поскольку становится благоприятным гидрирование ароматического кольца, если только не будет использован специфически адаптированный катализатор гидрокрекинга. Например, в случае содержания катализатором дополнительного элемента, который уменьшает активность катализатора по гидрированию, такого как олово, свинец или висмут, для гидрокрекинга бензина могут быть выбраны меньшие температуры; см., например, публикации WO 02/44306 A1 и WO 2007/055488. В случае чрезмерно высокой температуры реакции выход по СНГ (в особенности пропану и бутанам) будет понижаться, а выход по метану увеличиваться. Поскольку активность катализатора может понижаться в течение срока службы катализатора, выгодно постепенно увеличивать температуру реактора в течение срока службы катализатора для сохранения скорости превращения при гидрокрекинге. Это означает то, что оптимальная температура в начале рабочего цикла предпочтительно находится на нижнем краю температурного диапазона при гидрокрекинге. Оптимальная температура реактора будет увеличиваться по мере дезактивирования катализатора, так что в конце цикла (незадолго до замещения или регенерирования катализатора) температуру предпочтительно выбирают на верхнем краю температурного диапазона при гидрокрекинге.

Предпочтительно гидрокрекинг бензина для углеводородного подаваемого потока проводят при давлении в диапазоне 0,3-5 МПа (изб.), более предпочтительно при давлении в диапазоне 0,6-3 МПа (изб.), в особенности предпочтительно при давлении в диапазоне 1-2 МПа (изб.), а наиболее предпочтительно при давлении в диапазоне 1,2-1,6 МПа (изб.). В результате увеличения давления реактора может быть увеличена степень превращения C_5^+ неароматических соединений, но это также приводит к увеличению выхода по метану и гидрированию ароматических колец с образованием циклогексановых соединений, которые могут быть подвергнуты крекингу для получения соединений СНГ. Это в результате приводит к уменьшению выхода по ароматическим соединениям, поскольку увеличивается давление, и поскольку некоторое количество циклогексана и изомерного ему метилциклопентана подвергается неполному гидрокрекингу, имеет место оптимум степени чистоты для получающегося в результате бензола при давлении в диапазоне 1,2-1,6 МПа.

Предпочтительно гидрокрекинг бензина для углеводородного подаваемого потока проводят при объемной скорости при расчете на единицу массы катализатора в час (ОСМЧ) в диапазоне 0,1-20 ч⁻¹, более предпочтительно при объемной скорости при расчете на единицу массы катализатора в час в диапазоне 0,2-15 ч⁻¹, а наиболее предпочтительно при объемной скорости при расчете на единицу массы катализатора в час в диапазоне 0,4-10 ч⁻¹. В случае чрезмерно большой объемной скорости не все парафиновые компоненты, совместно кипящие с БТК, подвергаются гидрокрекингу, так что будет невозможно добиться достижения технических характеристик БТК в результате простой перегонки продукта реактора. При чрезмерно малой объемной скорости выход по метану увеличивается за счет пропана и бутана. В результате выбора оптимальной объемной скорости при расчете на единицу массы катализатора в час было к удивлению установлено то, что достигается достаточно полная реакция для соединений, совместно кипящих с бензолом, при получении кондиционного БТК в отсутствие потребности в рециркуляции жидкости.

Предпочтительно гидрокрекинг включает введение бензина каталитического крекинга, а предпочтительно легкого дистиллята в присутствии водорода в контакт с катализатором гидрокрекинга в условиях проведения гидрокрекинга, где катализатор гидрокрекинга содержит 0,1-1 мас.% металла гидрирования по отношению к совокупной массе катализатора и цеолит, характеризующийся размером пор в диапазоне 5-8 Å и молярным соотношением между диоксидом кремния (SiO₂) и оксидом алюминия (Al₂O₃) в

диапазоне 5-200, и где условия проведения гидрокрекинга включают температуру в диапазоне 400-580°C, давление в диапазоне 300-5000 кПа (изб.) и объемную скорость при расчете на единицу массы катализатора в час (ОСМЧ) в диапазоне 0,1-20 ч⁻¹. Металл гидрирования предпочтительно представляет собой по меньшей мере один элемент, выбираемый из группы 10 Периодической таблицы элементов, наиболее предпочтительно Pt. Цеолит предпочтительно представляет собой продукт MFI. Предпочтительно используют температуру в диапазоне 420-550°C, давление в диапазоне 600-3000 кПа (изб.) и объемную скорость при расчете на единицу массы катализатора в час в диапазоне 0,2-15 ч⁻¹, а более предпочтительно температуру в диапазоне 430-530°C, давление в диапазоне 1000-2000 кПа (изб.) и объемную скорость при расчете на единицу массы катализатора в час в диапазоне 0,4-10 ч⁻¹.

Одно преимущество выбора данного специфического катализатора гидрокрекинга в соответствии с представленным выше описанием изобретения в настоящем документе заключается в отсутствии потребности в десульфуривании подаваемого потока на гидрокрекинг.

В соответствии с этим предпочтительные условия проведения гидрокрекинга бензина, таким образом, включают температуру в диапазоне 400-580°C, давление в диапазоне 0,3-5 МПа (изб.) и объемную скорость при расчете на единицу массы катализатора в час в диапазоне 0,1-20 ч⁻¹. Более предпочтительные условия проведения гидрокрекинга бензина включают температуру в диапазоне 420-550°C, давление в диапазоне 0,6-3 МПа (изб.) и объемную скорость при расчете на единицу массы катализатора в час в диапазоне 0,2-15 ч⁻¹. В особенности предпочтительные условия проведения гидрокрекинга бензина включают температуру в диапазоне 430-530°C, давление в диапазоне 1-2 МПа (изб.) и объемную скорость при расчете на единицу массы катализатора в час в диапазоне 0,4-10 ч⁻¹.

Предпочтительно раскрытие ароматических колец и предпочтительно гидрокрекинг, кроме того, приводят к получению СНГ, и где упомянутый СНГ подвергают ароматизации для получения БТК.

Способ настоящего изобретения может включать ароматизацию, которая включает введение СНГ в контакт с катализатором ароматизации в условиях проведения ароматизации. Технологические условия, подходящие для использования при ароматизации, также описываемые в настоящем документе в качестве "условий проведения ароматизации", легко могут быть определены специалистами в соответствующей области техники; см. публикацию Encyclopaedia of Hydrocarbons (2006) Vol. II, Chapter 10.6, p. 591-614.

Термин "ароматизация" используется в настоящем документе в его общепринятом смысле и, таким образом, может быть определен в качестве способа превращения алифатических углеводородов в ароматические углеводороды. Существует множество технологий ароматизации, описанных на предшествующем уровне техники и использующих C₃-C₈ алифатические углеводороды в качестве сырьевого материала; см., например, публикации US 4056575; US 4157356; US 4180689; Micropor. Mesopor. Mater. 21, 439; WO 2004/013095 A2 и WO 2005/08515 A1. В соответствии с этим катализатор ароматизации может содержать цеолит, предпочтительно выбираемый из группы, состоящей из продукта ZSM-5 и цеолита L, и может, кроме того, содержать один или несколько элементов, выбираемых из группы, состоящей из Ga, Zn, Ge и Pt. В случае подаваемого потока, в основном содержащего C₃-C₅ алифатические углеводороды, предпочтительным будет кислотный цеолит. В соответствии с использованием в настоящем документе термин "кислотный цеолит" относится к цеолиту в его базовой протонной форме. В случае подаваемого потока, в основном содержащего C₆-C₈ углеводороды, предпочтительным будет неокислотный цеолит. В соответствии с использованием в настоящем документе термин "неокислотный цеолит" относится к цеолиту, который является подвергнутым основному обмену, предпочтительно при использовании щелочного металла или щелочноземельных металлов, таких как цезий, калий, натрий, рубидий, барий, кальций, магний и их смеси, для уменьшения кислотности. Основной обмен может иметь место во время синтеза цеолита при добавлении щелочного металла или щелочноземельного металла в качестве компонента реакционной смеси или может иметь место для кристаллического цеолита до или после осаждения благородного металла. Цеолит подвергают основному обмену в такой степени, когда большинство или все из катионов, ассоциированных с алюминием, относятся к щелочному металлу или щелочноземельному металлу. Одним примером молярного соотношения одновалентное основание:алюминий в цеолите после основного обмена является по меньшей мере приблизительно 0,9. Предпочтительно катализатор выбирают из группы, состоящей из продуктов HZSM-5 (где обозначение HZSM-5 описывает продукт ZSM-5 в его протонной форме), Ga/HZSM-5, Zn/HZSM-5 и Pt/GeHZSM-5. Условия проведения ароматизации могут включать температуру в диапазоне 450-550°C, предпочтительно 480-520°C, давление в диапазоне 100-1000 кПа (изб.), предпочтительно 200-500 кПа (изб.) и объемную скорость при расчете на единицу массы катализатора в час (ОСМЧ) в диапазоне 0,1-20 ч⁻¹, предпочтительно 0,4-4 ч⁻¹.

Предпочтительно ароматизация включает введение СНГ в контакт с катализатором ароматизации в условиях проведения ароматизации, где катализатор ароматизации содержит цеолит, выбираемый из группы, состоящей из продукта ZSM-5 и цеолита L, необязательно, кроме того, содержащий один или несколько элементов, выбираемых из группы, состоящей из Ga, Zn, Ge и Pt, и где условия проведения ароматизации включают температуру в диапазоне 400-600°C, предпочтительно 450-550°C, более предпочтительно 480-520°C, давление в диапазоне 100-1000 кПа (изб.), предпочтительно 200-500 кПа (изб.) и объемную скорость при расчете на единицу массы катализатора в час (ОСМЧ) в диапазоне 0,1-20 ч⁻¹, предпочтительно 0,4-4 ч⁻¹.

Предпочтительно каталитический крекинг, кроме того, приводит к получению СНГ, и упомянутый СНГ, полученный в результате каталитического крекинга, подвергают ароматизации для получения БТК.

Предпочтительно только часть СНГ, полученного в способе настоящего изобретения (например, полученного при использовании одного или нескольких представителей, выбираемых из группы, состоящей из раскрытия ароматических колец, гидрокрекинга и каталитического крекинга), подвергают ароматизации для получения БТК. Часть СНГ, который не подвергают ароматизации, может быть подвергнута синтезу олефинов, например, в результате проведения пиролиза или предпочтительно дегидрирования.

Предпочтительно пропилен и/или бутилены перед проведением ароматизации отделяют от СНГ, полученного в результате каталитического крекинга.

Средства и способы для отделения пропилена и/или бутиленов от смешанных C_2 - C_4 углеводородных потоков хорошо известны на современном уровне техники и могут задействовать перегонку и/или экстрагирование; см. публикацию Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, vol. 6, Chapter "Butadiene", 388-390 and vol. 13, Chapter "Ethylene", p. 512.

Предпочтительно некоторое или все количество C_2 углеводородов отделяют от СНГ, полученного в способе настоящего изобретения, перед проведением для упомянутого СНГ ароматизации.

Предпочтительно СНГ, полученный в результате гидрокрекинга и раскрытия ароматических колец, подвергают первой ароматизации, которую оптимизируют в направлении ароматизации парафиновых углеводородов. Предпочтительно упомянутая первая ароматизация предпочтительно включает условия проведения ароматизации, включающие температуру в диапазоне 400-600°C, предпочтительно 450-550°C, более предпочтительно 480-520°C, давление в диапазоне 100-1000 кПа (изб.), предпочтительно 200-500 кПа (изб.), и объемную скорость при расчете на единицу массы катализатора в час (ОСМЧ) в диапазоне 0,1-7 ч⁻¹, предпочтительно 0,4-2 ч⁻¹. Предпочтительно СНГ, полученный в результате каталитического крекинга, подвергают второй ароматизации, которую оптимизируют в направлении ароматизации олефиновых углеводородов. Предпочтительно упомянутая вторая ароматизация предпочтительно включает условия проведения ароматизации, включающие температуру в диапазоне 400-600°C, предпочтительно 450-550°C, более предпочтительно 480-520°C, давление в диапазоне 100-1000 кПа (изб.), предпочтительно 200-700 кПа (изб.), и объемную скорость при расчете на единицу массы катализатора в час (ОСМЧ) в диапазоне 1-20 ч⁻¹, предпочтительно 2-4 ч⁻¹.

Как это было установлено, ароматический углеводородный продукт, полученный из олефиновых подаваемых потоков, может содержать меньше бензола и больше ксилолов и C_9^+ ароматических соединений в сопоставлении с жидким продуктом, получающимся в результате из парафиновых подаваемых потоков. Подобный эффект может наблюдаться в случае увеличения технологического давления. Как это было установлено, подаваемые потоки на ароматизацию олефиновых соединений являются подходящими для использования при проведении операции при повышенном давлении в сопоставлении со способом ароматизации, использующим парафиновые углеводородные подаваемые потоки, что в результате приводит к получению повышенной степени превращения. В том, что касается парафинового подаваемого потока и способа низкого давления, неблагоприятное воздействие давления на селективность по отношению к ароматическим соединениям может быть скомпенсировано улучшенными селективностями по отношению к ароматическим соединениям для подаваемых потоков на ароматизацию олефиновых соединений.

Предпочтительно один или несколько представителей, выбираемых из группы, состоящей из раскрытия ароматических колец, гидрокрекинга и ароматизации, кроме того, приводят к получению метана, и где упомянутый метан используют в качестве топливного газа для получения технологического тепла. Предпочтительно упомянутый топливный газ может быть использован для получения технологического тепла для гидрокрекинга, раскрытия ароматических колец и/или ароматизации.

Предпочтительно ароматизация, кроме того, приводит к получению водорода, и где упомянутый водород используют при гидрокрекинге и/или раскрытии ароматических колец.

Одна представительная схема технологических потоков, иллюстрирующая конкретные варианты осуществления при осуществлении способа настоящего изобретения, описывается на фиг. 1-3. Фиг. 1-3 должны пониматься в качестве представления иллюстрации изобретения и/или задействованных принципов.

В одном дополнительном аспекте настоящее изобретение также относится к технологическому агрегату, подходящему для использования при осуществлении способа изобретения. Данный технологический агрегат и способ, осуществляемый в упомянутом технологическом агрегате, в частности, представлены на фиг. 1-3.

В соответствии с этим настоящее изобретение предлагает технологическое устройство для получения БТК, включающее установку для каталитического крекинга (4), включающую ввод (1) углеводородного подаваемого потока и вывод (6) бензина каталитического крекинга и вывод (7) рециклового газойля; установку (9) для раскрытия ароматических колец, включающую ввод (7) рециклового газойля и вывод (13) БТК; и установку (8) извлечения БТК, включающую ввод (6) бензина каталитического крекинга и вывод (12) БТК.

Данный аспект настоящего изобретения представлен на фиг. 1. В соответствии с использованием в настоящем документе термины "ввод X" или "вывод X", где "X" представляет собой заданную углеводородную фракцию и тому подобное, относятся к вводу или выводу потока, содержащего упомянутую углеводородную фракцию и тому подобное. В случае вывода X, непосредственно соединенного с расположенной ниже по ходу технологического потока нефтеперерабатывающей установкой, включающей ввод X, упомянутое непосредственное соединение может включать дополнительные установки, такие как теплообменники, установки для разделения и/или очистки в целях удаления нежелательных соединений, содержащихся в упомянутом потоке, и тому подобное.

В случае подачи в контексте настоящего изобретения в установку более чем одного подаваемого потока упомянутые подаваемые потоки могут быть объединены для получения одного единственного ввода в установку или могут формировать отдельные вводы в установку.

Установка (9) для раскрытия ароматических колец предпочтительно, кроме того, имеет вывод (10) легкого дистиллята, который подают в установку (8) для извлечения БТК. БТК, полученный в установке (9) для раскрытия ароматических колец, может быть отделен от легкого дистиллята для получения вывода (13) БТК. Предпочтительно БТК, полученный в установке (9) для раскрытия ароматических колец, содержится в легком дистилляте (10) и отделяется от упомянутого легкого дистиллята в установке (8) для извлечения БТК.

Установка (4) для каталитического крекинга предпочтительно, кроме того, включает вывод (2) топливного газа и/или вывод (3) СНГ. Кроме того, установка (4) для каталитического крекинга предпочтительно имеет вывод (5) кокса, полученного в результате каталитического крекинга, который в общем случае имеет форму частиц закоксованного катализатора, которые подвергают коксоудалению, после чего частицы подвергнутого коксоудалению горячего катализатора повторно вводят в установку (4) для каталитического крекинга. Установка (9) для раскрытия ароматических колец предпочтительно, кроме того, включает вывод топливного газа и/или вывод (14) СНГ. Установка (8) для извлечения БТК предпочтительно, кроме того, включает вывод (20) топливного газа и/или вывод (11) СНГ.

Предпочтительно технологическое устройство настоящего изобретения, кроме того, включает установку (16) для ароматизации, включающую ввод (3) СНГ и вывод (17) БТК, полученного в результате ароматизации.

Данный аспект настоящего изобретения представлен на фиг. 2.

СНГ, подаваемый в установку (16) для ароматизации, предпочтительно получается при использовании (4) установки для каталитического крекинга, но также может быть получен при использовании и других установок, таких как установка (9) для раскрытия ароматических колец и/или установка (8) для извлечения БТК. Установка (16) для ароматизации предпочтительно, кроме того, включает вывод (15) топливного газа и/или вывод (27) СНГ. Предпочтительно установка (16) для ароматизации, кроме того, включает вывод водорода, который подают в установку (18) для раскрытия ароматических колец, и/или вывод водорода, который подают в установку (19) для извлечения БТК.

Предпочтительно технологическое устройство настоящего изобретения, кроме того, включает установку (25) для второй ароматизации в дополнение к установке (16) для первой ароматизации, где упомянутая установка (25) для второй ароматизации включает ввод СНГ, полученного при использовании установки (14) для раскрытия ароматических колец, и/или СНГ, полученного при использовании установки (11) для извлечения БТК, и вывод БТК, полученного при использовании установки (28) для второй ароматизации. Данный аспект настоящего изобретения представлен на фиг. 3.

Установка (25) для второй ароматизации предпочтительно, кроме того, включает ввод СНГ (27), полученного при использовании установки для первой ароматизации. Установка (25) для второй ароматизации предпочтительно, кроме того, включает вывод (26) топливного газа и/или вывод (29) СНГ, который предпочтительно отправляют на рециркуляцию в упомянутую установку (25) для второй ароматизации. Кроме того, установка (25) для второй ароматизации предпочтительно включает вывод (22) водорода. Данный водород, полученный при использовании установки (25) для второй ароматизации, предпочтительно подают в установку (9) для раскрытия ароматических колец через технологическую линию (24) и/или в установку (8) для извлечения БТК через технологическую линию (23). Установка (16) для первой ароматизации и/или установка (25) для второй ароматизации могут, кроме того, приводить к получению C_9^+ углеводородов. Такие C_9^+ углеводороды предпочтительно подают на раскрытие (9) ароматических колец.

На фиг. 1-3 используют следующие далее ссылочные позиции:

- 1 - углеводородный подаваемый поток,
- 2 - топливный газ, полученный в результате каталитического крекинга,
- 3 - СНГ, полученный в результате каталитического крекинга,
- 4 - установка для каталитического крекинга,
- 5 - кокс, полученный в результате каталитического крекинга,
- 6 - бензин каталитического крекинга,
- 7 - рецикловый газойль,
- 8 - установка для извлечения БТК,

- 9 - установка для раскрытия ароматических колец,
- 10 - легкий дистиллят, полученный в результате раскрытия ароматических колец,
- 11 - СНГ, полученный в результате извлечения БТК,
- 12 - БТК, полученный в результате извлечения БТК,
- 13 - БТК, полученный в результате раскрытия ароматических колец,
- 14 - СНГ, полученный в результате раскрытия ароматических колец,
- 15 - топливный газ, полученный в результате (первой) ароматизации,
- 16 - установка для (первой) ароматизации,
- 17 - БТК, полученный в результате (первой) ароматизации,
- 18 - водород, полученный в результате (первой) ароматизации, который подают на раскрытие ароматических колец,
- 19 - водород, полученный в результате (первой) ароматизации, который подают на извлечение БТК,
- 20 - топливный газ, полученный в результате извлечения БТК,
- 21 - топливный газ, полученный в результате раскрытия колец БТК,
- 22 - водород, полученный в результате второй ароматизации,
- 23 - водород, полученный в результате второй ароматизации, который подают на извлечение БТК,
- 24 - водород, полученный в результате второй ароматизации, который подают на раскрытие ароматических колец,
- 25 - установка для второй ароматизации,
- 26 - топливный газ, полученный в результате второй ароматизации,
- 27 - СНГ, полученный в результате первой ароматизации,
- 28 - БТК, полученный в результате второй ароматизации,
- 29 - СНГ, полученный в результате второй ароматизации.

Необходимо отметить то, что изобретение относится ко всем возможным комбинациям из признаков, описанных в настоящем документе, в частности признаков, перечисленных в формуле изобретения.

Кроме того, необходимо отметить то, что термин "включающий" не исключает присутствия других элементов. Однако также необходимо понимать то, что описание в отношении продукта, включающего определенные компоненты, также раскрывает и продукт, состоящий из данных компонентов. Подобным образом, также необходимо понимать то, что описание в отношении способа, включающего определенные стадии, также раскрывает и способ, состоящий из данных стадий.

Теперь настоящее изобретение будет более полно описано при использовании следующих далее неограничивающих примеров.

Пример 1.

Экспериментальные данные, представленные в настоящем документе, получали в результате моделирования технологической схемы в компании Aspen Plus. Для установки каталитического крекинга с псевдооживленным слоем катализатора выходы по продуктам и составы продуктов в своей основе имеют экспериментальные данные, полученные из литературы. Для раскрытия ароматических колец с последующим гидрокрекингом бензина использовали реакционную схему, в которой все полиароматические соединения превращались в БТК и СНГ, а все нафтеновые и парафиновые соединения превращались в СНГ.

В примере 1 подвергнутый гидрообработке газойль вакуумной перегонки (ГВП), имеющий своим происхождением Дацинскую сырую нефть, отправляют в установку для каталитического крекинга высокой жесткости. Данная установка приводит к получению газового потока, погона легкого дистиллята, погона среднего дистиллята и кокса. Погон легкого дистиллята (свойства продемонстрированы в табл. 1), кроме того, облагораживают в установке для гидрокрекинга бензина для получения потока, обогащенного по БТК, и потока неароматических соединений. Средний дистиллят, также называемый "легким рецикловым газойлем", облагораживают в установке для раскрытия ароматических колец в условиях, сохраняющих 1 ароматическое кольцо в неизменном виде. Обогащенный по ароматическим соединениям продукт, полученный в последней установке, отправляют в установку для гидрокрекинга бензина в целях улучшения степени чистоты БТКЭ, содержащегося в данном потоке. Результаты представлены в табл. 2, приведенной ниже в настоящем документе.

Продукты, которые получают, подразделяют на продукты нефтехимического синтеза (олефины и БТКЭ, что представляет собой акроним для БТК+этилбензол) и другие продукты (водород, метан и тяжелые фракции, содержащие C₉ и более тяжелые ароматические соединения). Говоря в целом, имеет место недостаток количества водорода в 1,3 мас.% от совокупного подаваемого потока.

Для примера 1 выход по БТКЭ составляет 16,4 мас.% от совокупного подаваемого потока.

Пример 2.

Пример 2 является идентичным примеру 1, за исключением нижеследующего.

В способе ароматизации подвергают обработке C₃ и C₄ углеводороды, полученные при использовании установки для каталитического крекинга, установки для гидрокрекинга бензина и установки для раскрытия ароматических колец. Различные структуры выходов вследствие вариаций состава исходного сырья (например, уровня содержания олефиновых соединений) получали из литературы и использовали

в модели для определения ассортимента продуктов на границах установки (табл. 2). Водород, полученный при использовании установки для ароматизации (установки для получения водорода), впоследствии может быть использован в установках для потребления водорода (установке для гидрокрекинга бензина и установке для раскрытия ароматических колец).

Получают заметное увеличение выхода по БТКЭ при одновременном увеличении степени получения водорода. Говоря в целом, имеет место небольшой прирост количества водорода в 0,3 мас.% от совокупного подаваемого потока.

Для примера 2 выход по БТКЭ составляет 46,5 мас.% от совокупного подаваемого потока.

Пример 3.

Пример 3 является идентичным примеру 1, за исключением нижеследующего.

Для способа каталитического крекинга в качестве исходного сырья используют легкий прямогонный лигроин. Выходы по продуктам и составы продуктов при использовании данного подаваемого потока в своей основе имеют экспериментальные данные, полученные из литературы. Использование более легкого исходного сырья позволяет избегать получения среднего дистиллята и, таким образом, появления потребности в установке для раскрытия ароматических колец в целях переработки данной фракции. В дополнение к этому имеет место радикальное увеличение количества полученного водорода в сопоставлении со случаем, когда используют продукт ГВП (совокупный прирост количества водорода в 0,6 мас.% от совокупного подаваемого потока в сопоставлении с недостатком в 1,3 мас.% от совокупного подаваемого потока в примере 1).

Выходы по продуктам на границах установки представлены в табл. 2, приведенной ниже в настоящем документе.

Для примера 3 выход по БТКЭ составляет 16,0 мас.% от совокупного подаваемого потока.

Пример 4.

Пример 4 является идентичным примеру 2, за исключением нижеследующего.

Использовали то же самое исходное сырье (легкий прямогонный лигроин), что и в примере 3. Таким образом, в данном случае установка для раскрытия ароматических колец не требуется. Говоря в целом, это случай с наибольшим приростом количества водорода: 1,7 мас.% от совокупного подаваемого потока.

Для примера 4 выход по БТКЭ составляет 35,9 мас.% от совокупного подаваемого потока.

Таблица 1
Свойства легкого дистиллята способа ККПСК-ВЖ

ТНК		C5	°C
ТКК		180	°C
Уровень содержания водорода		10,39	°C
Уровень содержания углерода		88,86	мас.%
Плотность		0,8158	г/мл
Уровень содержания н-парафина	6,3 мас.%	Уровень содержания нафтена	1,73 мас.%
Уровень содержания изопарафина	3,77 мас.%	Уровень содержания ароматических соединений	78,92 мас.%
Уровень содержания олефинов	9,28 мас.%		

Таблица 2
Ассортименты продуктов на границах установки

ПРОДУКТЫ	Пример 1 мас.% от подаваемо- го потока	Пример 2 мас.% от подаваемо- го потока	Пример 3 мас.% от подаваемо- го потока	Пример 4 мас.% от подаваемо- го потока
СО и СО ₂	0,6 %	0,6 %	1,1 %	1,1 %
Н ₂ *	0,4 %	2,0 %	0,9 %	2,0 %
СН ₄	4,7 %	11,0 %	13,1 %	17,6 %
Этилен	9,8 %	9,8 %	18,4 %	18,4 %
Этан	5,9 %	12,2 %	12,6 %	17,2 %
Пропилен	24,6 %	0,2 %	17,5 %	0,2 %
Пропан	9,6 %	2,3 %	10,4 %	2,5 %
1-бутен	9,2 %	0,0 %	3,1 %	0,0 %
Изобутен	4,0 %	0,0 %	3,0 %	0,0 %
н-бутан	3,5 %	0,0 %	1,0 %	0,0 %
Изобутан	0,0 %	0,0 %	0,2 %	0,0 %
ГАЗЫ	72,2 %	38,2 %	81,4 %	59,0 %
ЛЕГКИЙ ЛИГРОИН	2,0 %	2,0 %	0,0 %	0,0 %
Бензол	4,7 %	12,0 %	1,8 %	6,7 %
Толуол	6,4 %	21,1 %	8,1 %	17,8 %
Ксилолы	4,9 %	8,9 %	6,2 %	8,8 %
ЭБ	0,4 %	4,4 %	0,0 %	2,6 %
БТКЭ	16,4 %	46,5 %	16,0 %	35,9 %
С₉ АРОМАТИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ	0,9 %	4,9 %	0,0 %	2,6 %
КОКС	8,4 %	8,4 %	2,5 %	2,5 %

* - количества водорода, продемонстрированные в табл. 1, представляют собой водород, полученный в системе и из ассортимента продуктов вне границ установки. Результат по совокупному балансу по водороду может быть найден в каждом примере.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ получения смеси бензола, толуола, ксилола (БТК), включающий стадии, на которых проводят:

(a) каталитический крекинг углеводородного подаваемого потока в установке каталитического крекинга с псевдоожиженным слоем катализатора (ККПСК) с получением бензина каталитического крекинга и рециклового газойля;

(b) раскрытие ароматических колец рециклового газойля в присутствии водорода с получением БТК и

(c) извлечение БТК из бензина каталитического крекинга.

2. Способ по п.1, в котором раскрытие ароматических колец, кроме того, приводит к получению легкого дистиллята, из которого извлекают БТК.

3. Способ по п.1 или 2, в котором БТК извлекают из бензина каталитического крекинга и/или из легкого дистиллята в результате проведения гидрокрекинга упомянутых бензина каталитического крекинга и/или легкого дистиллята.

4. Способ по любому из пп.1-3, в котором раскрытие ароматических колец и предпочтительно гидрокрекинг, кроме того, приводят к получению сжиженного нефтяного газа (СНГ), и упомянутый СНГ подвергают ароматизации для получения БТК.

5. Способ по любому из пп.1-4, в котором каталитический крекинг, кроме того, приводит к получению СНГ, который подвергают ароматизации для получения БТК.

6. Способ по п.5, в котором пропилен и/или бутилены перед проведением ароматизации отделяют от СНГ, полученного в результате каталитического крекинга.

7. Способ по любому из пп.1-6, в котором каталитический крекинг представляет собой каталитический крекинг с псевдоожиженным слоем катализатора, включающий введение подаваемого потока в контакт с катализатором способа ККПСК в условиях осуществления способа ККПСК, где катализатор способа ККПСК содержит цеолит, и где условия осуществления способа ККПСК включают температуру в диапазоне 425-730°C и давление в диапазоне 10-800 кПа изб.

8. Способ по любому из пп.1-7, в котором каталитический крекинг представляет собой способ ККПСК высокой жесткости, предпочтительно включающий температуру в диапазоне 540-730°C и давление в диапазоне 10-800 кПа изб.

9. Способ по любому из пп.3-8, в котором упомянутый гидрокрекинг включает введение бензина каталитического крекинга и предпочтительно легкого дистиллята в присутствии водорода в контакт с катализатором гидрокрекинга в условиях проведения гидрокрекинга, где катализатор гидрокрекинга содержит 0,1-1 мас.% металла гидрирования по отношению к совокупной массе катализатора и цеолит, характеризующийся размером пор в диапазоне 5-8 Å и молярным соотношением между диоксидом кремния (SiO₂) и оксидом алюминия (Al₂O₃) в диапазоне 5-200, и где условия проведения гидрокрекинга включают температуру в диапазоне 400-580°C, давление в диапазоне 300-5000 кПа изб. и объемную скорость при расчете на единицу массы катализатора в час (ОСМЧ) в диапазоне 0,1-20 ч⁻¹.

10. Способ по любому из пп.1-9, в котором упомянутое раскрытие ароматических колец включает введение рециклового газойля в присутствии водорода в контакт с катализатором раскрытия ароматических колец в условиях проведения раскрытия ароматических колец, причем катализатор раскрытия ароматических колец содержит переходный металл или сульфид данного металла и носитель, предпочтительно катализатор содержит один или несколько элементов, выбираемых из группы, состоящей из Pd, Rh, Ru, Ir, Os, Cu, Co, Ni, Pt, Fe, Zn, Ga, In, Mo, W и V в металлической форме или форме сульфида металла, нанесенных на носитель в виде кислотного твердого вещества, предпочтительно выбираемый из группы, состоящей из оксида алюминия, диоксида кремния, оксида алюминия-диоксида кремния и цеолитов, и условия проведения раскрытия ароматических колец включают температуру в диапазоне 100-600°C, давление в диапазоне 1-12 МПа.

11. Способ по п.10, в котором катализатор раскрытия ароматических колец включает катализатор гидрирования ароматических соединений, содержащий один или несколько элементов, выбираемых из группы, состоящей из Ni, W и Mo, на жаропрочном носителе, предпочтительно оксиде алюминия; и катализатор расщепления колец, содержащий компонент в виде переходного металла или сульфида данного металла и носитель, и условия проведения гидрирования ароматических соединений включают температуру в диапазоне 100-500°C, давление в диапазоне 2-10 МПа и присутствие 1-30 мас.% водорода по отношению к углеводородному исходному сырью, и расщепление колец включает температуру в диапазоне 200-600°C, давление в диапазоне 1-12 МПа и присутствие 1-20 мас.% водорода по отношению к углеводородному исходному сырью.

12. Способ по любому из пп.4-11, в котором ароматизация включает введение СНГ в контакт с катализатором ароматизации в условиях проведения ароматизации, где катализатор ароматизации содержит цеолит, выбираемый из группы, состоящей из ZSM-5 и цеолита L, необязательно, кроме того, содержащий один или несколько элементов, выбираемых из группы, состоящей из Ga, Zn, Ge и Pt, и где условия проведения ароматизации включают температуру в диапазоне 400-600°C, давление в диапазоне 100-1000 кПа изб. и объемную скорость при расчете на единицу массы катализатора в час (ОСМЧ) в

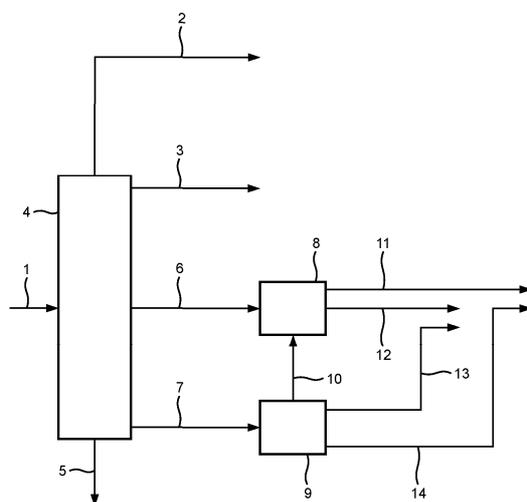
диапазоне $0,1-20 \text{ ч}^{-1}$.

13. Способ по любому из пп.4-12, в котором СНГ, полученный в результате гидрокрекинга и раскрытия ароматических колец, подвергают первой ароматизации, которую оптимизируют в направлении ароматизации парафиновых углеводородов, причем упомянутая первая ароматизация предпочтительно включает условия проведения ароматизации, включающие температуру в диапазоне $400-600^\circ\text{C}$, давление в диапазоне $100-1000 \text{ кПа}$ изб. и объемную скорость при расчете на единицу массы катализатора в час (ОСМЧ) в диапазоне $0,1-7 \text{ ч}^{-1}$; и/или в котором СНГ, полученный в результате каталитического крекинга, подвергают второй ароматизации, которую оптимизируют в направлении ароматизации олефиновых углеводородов, причем упомянутая вторая ароматизация предпочтительно включает условия проведения ароматизации, включающие температуру в диапазоне $400-600^\circ\text{C}$, давление в диапазоне $100-1000 \text{ кПа}$ изб. и объемную скорость при расчете на единицу массы катализатора в час (ОСМЧ) в диапазоне $1-20 \text{ ч}^{-1}$.

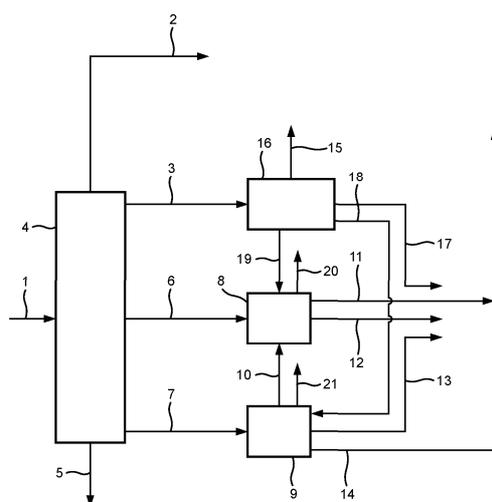
14. Способ по любому из пп.1-13, в котором одна или несколько операций из группы, состоящей из раскрытия ароматических колец, гидрокрекинга и ароматизации, кроме того, приводят к получению метана, который используют в качестве топливного газа для получения технологического тепла.

15. Способ по любому из пп.1-14, в котором углеводородный подаваемый поток содержит один или несколько веществ, выбираемых из группы, состоящей из лигроина, керосина, газойля и мазута.

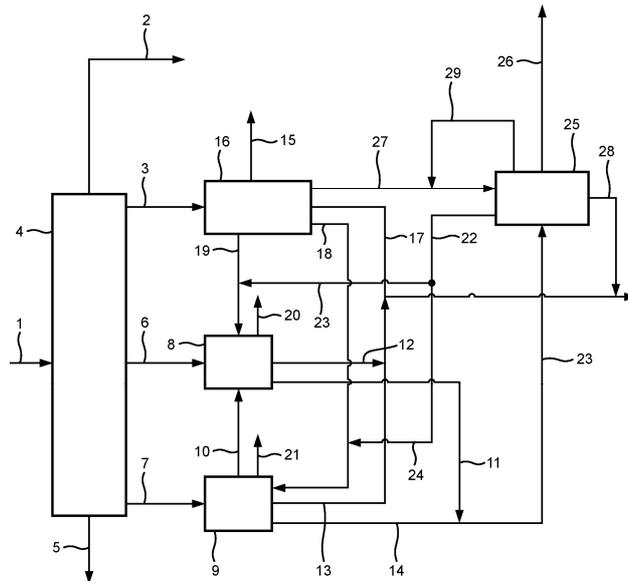
16. Способ по любому из пп.4-15, где ароматизация, кроме того, приводит к получению водорода, который используют при гидрокрекинге и/или раскрытии ароматических колец.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3

