

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(21) 202190946 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2021.08.05(22) Дата подачи заявки
2019.10.23

(51) Int. Cl. C10G 3/00 (2006.01)
C10G 45/48 (2006.01)
C10G 45/58 (2006.01)
C10G 47/14 (2006.01)
C10G 65/12 (2006.01)
C10G 65/10 (2006.01)

(54) СПОСОБ СОВМЕСТНОГО ПРОИЗВОДСТВА АВИАЦИОННОГО И ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА

(31) РА 2018 00767; РА 2019 00852; РА 2019 00851

(32) 2018.10.24; 2019.07.09; 2019.07.09

(33) DK

(86) PCT/EP2019/078904

(87) WO 2020/083998 2020.04.30

(71) Заявитель:

ХАЛЬДОР ТОПСЕЭ А/С (DK)

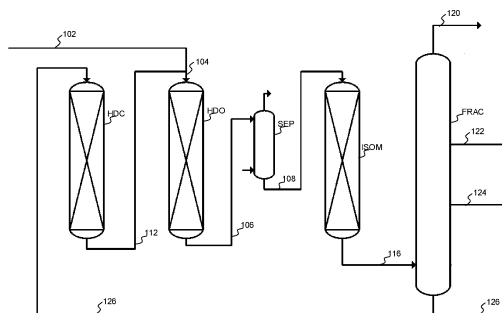
(72) Изобретатель:

Андерссон Асбьерн Суне, Алкильде
Оле Фрей, Дьенг Тхай Хонг Дип (DK)

(74) Представитель:

Юрчак Л.С. (KZ)

(57) Настоящее изобретение относится к технологической установке и способу получения углеводородной фракции, пригодной для использования в качестве реактивного топлива, из исходного сырья, являющегося возобновляемым сырьем, или обогащенного кислородом сырья, включающему стадии объединения исходного сырья с некоторым количеством промежуточного продукта гидрокрекинга и, при необходимости, дополнительным жидким разбавителем для формирования комбинированного сырья, направления указанного комбинированного сырья для контактирования с материалом, каталитически активным в процессе гидродеоксигенирования в условиях гидроочистки, для получения промежуточного продукта гидродеоксигенирования; разделения указанного промежуточного продукта гидродеоксигенирования на по меньшей мере две фракции - паровую и жидкую, при необходимости с получением некоторого количества указанной жидкой фракции в качестве указанного жидкого разбавителя, направления по меньшей мере некоторого количества указанной жидкой фракции для контактирования с материалом, каталитически активным в процессе изомеризации в условиях изомеризации, для получения промежуточного продукта изомеризации; подвергания фракционированию указанного промежуточного продукта изомеризации для получения, по меньшей мере, углеводорода, пригодного для использования в качестве реактивного топлива, и донной фракции; направления по меньшей мере некоторого количества указанной донной фракции для контактирования с материалом, каталитически активным в процессе гидрокрекинга в условиях гидрокрекинга, для получения промежуточного продукта гидрокрекинга, с сопутствующим преимуществом такого способа, который хорошо подходит для эффективного преобразования продукта возобновляемого сырья с более высокой температурой кипения в продукт с более низкой температурой кипения, такой как неископаемый керосин. В дополнение к указанному реактивному топливу может также производиться дизельное топливо и другие углеводороды.



A1

202190946

202190946

A1

СПОСОБ СОВМЕСТНОГО ПРОИЗВОДСТВА АВИАЦИОННОГО И ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА

Конверсия кислородсодержащих соединений, таких как возобновляемые энергоносители, в процессе гидроочистки, до сих пор, в основном, применялась для производства дизельного топлива поскольку парафины, соответствующие типичным жирным кислотам биологических материалов, таких как растительные масла и животные жиры (C14, C16 и C18), с характерной для них температурой кипения в диапазоне от 250°C до 320°C, хорошо соответствуют температуре кипения дизельного топлива в диапазоне от 150°C до 380°C. Для кипения реактивных топливных продуктов требуется температура в диапазоне от 120°C до 300°C или 310°C, что означает, что тяжелая часть парафинов из возобновляемого сырья должна быть преобразована в более легкие материалы для производства только реактивного топлива. Настоящее раскрытие относится к способу, имеющему высокий выход смеси жидких транспортных топлив, особенно возобновляемого дизельного топлива и возобновляемого реактивного топлива, отвечающего стандартным требованиям к продукту путем избирательного преобразования тяжелого материала в более легкий материал.

При гидроочистке возобновляемого сырья в установке, предназначенной для производства дизельного топлива, часто также производится некоторое количество реактивного топлива. Однако существует интерес к гибкой и надлежащим образом управляемой конверсии промежуточных продуктов возобновляемого сырья с температурой кипения, в основном, в диапазоне температуры кипения дизельного топлива в реактивные топливные продукты, что требует значительного преобразования.

Стандартом, регулирующим качество реактивного топлива, получаемого из гидроочищенных кислородсодержащих соединений, таких как сложные эфиры и жирные кислоты, является ASTM D7566, A2.1, который, в частности, определяет кривую температуры кипения и состав. Большинство из требуемых свойств можно достичь путем гидроочистки и фракционирования. Однако необходимо соблюдать особую осторожность, чтобы соответствовать требованию в отношении температуры замерзания (FP) не более -40°C и общему содержанию ароматических соединений не более 0,5 вес./вес.%. Кроме того, в соответствии с требованиями данного стандарта требуется некоторое количество продукта с низкой температурой кипения, так как необходимо, чтобы T10, то есть температуры, при которых 10% дистиллируется в соответствии со стандартом ASTM D86, были ниже 205°C. Конечная температура кипения (FBP) определяется как 300°C в соответствии с требованиями стандарта ASTM D86, что означает, что весь материал,

дистиллируемый выше 300°C в соответствии с требованиями данного стандарта, должен быть преобразован в более легкие компоненты, чтобы попасть в диапазон температур реактивного топлива.

Теперь в соответствии с настоящим изобретением предлагается осуществлять комбинированное производство дизельного и реактивного топлива в двухступенчатой обратной конфигурации, при которой на первой стадии сырье гидродеоксигенируется и, после удаления кислых газов, продукт подвергается изомеризации и, возможно, гидродеароматизации и, наконец, фракционированию. Тяжелая фракция продукта рециркулируется выше по ходу потока катализатора гидродеоксигенирования для конверсии через катализатор гидрокрекинга. В этом способе гидрокрекинг может выполняться либо с менее дорогим катализатором из основного металла, либо с более специфичным и дорогим катализатором из благородного металла на первой стадии, тогда как изомеризация может быть осуществлена на селективном катализаторе из благородного металла, что приводит к специфическому снижению температуры замерзания. Если количество ароматических соединений слишком велико, то условия изомеризации могут быть оптимизированы для одновременного удаления ароматических соединений или же для этой цели может быть предусмотрен специальный катализатор.

В дальнейшем термин "стадия" используется для отрезка способа, который неразделим.

В дальнейшем аббревиатура "ppmw" используется для обозначения веса частей на миллион, то есть мг/кг.

В дальнейшем аббревиатура "ppm_{molar}" используется для обозначения атомных частей на миллион.

В дальнейшем аббревиатура "ppm_v" используется для обозначения объемных частей на миллион, например молярной концентрации газа.

Далее по тексту для обозначения весового процентного содержания используется аббревиатура "вес./вес.%".

В нижеследующем тексте аббревиатура "об./об.%" используется для обозначения процентного объема газа.

Далее термин "возобновляемое сырье" или "углеводород" используется для обозначения сырья или углеводородов, происходящих из биологических источников или

рецикла отходов. Переработанные отходы ископаемого происхождения, такие как пластик, также должны рассматриваться как возобновляемые энергоносители.

В дальнейшем термин "гидродеоксигенирование" используется для обозначения удаления кислорода из кислородсодержащих соединений путем образования воды в присутствии водорода, а также удаления кислорода из кислородсодержащих соединений путем образования оксидов углерода в присутствии водорода.

Далее термин "топология молекулярного сита" используется в том смысле, который описан в издании "Atlas of Zeolite Framework Types," Sixth Revised Edition, Elsevier, 2007 ("Атлас типов цеолитовых каркасов", шестое пересмотренное издание "Elsevier", 2007 г.), и в соответствии с этим используются трехбуквенные коды типов каркасов.

В широком аспекте настоящее раскрытие относится к способу производства углеводородной фракции, подходящей для использования в качестве реактивного топлива, из кислородсодержащего сырья, включающему стадии объединения исходного сырья с некоторым количеством промежуточного продукта гидрокрекинга и, при необходимости, дополнительного жидкого разбавителя для формирования комбинированного сырья, направления указанного комбинированного сырья для контактирования с материалом, каталитически активным в процессе гидродеоксигенирования в условиях гидроочистки, для получения промежуточного продукта гидродеоксигенирования, разделения указанного промежуточного продукта гидродеоксигенирования на, по меньшей мере, две фракции - паровую фракцию и жидкую фракцию, дополнительно получения некоторого количества указанной жидкой фракции, в качестве указанного жидкого разбавителя, направления, по меньшей мере, некоторого количества указанной жидкой фракции для контактирования с материалом, каталитически активным в процессе изомеризации в условиях изомеризации, для получения промежуточного продукта изомеризации, подвергания фракционированию указанного промежуточного продукта изомеризации для получения, по меньшей мере, углеводородов, пригодных для использования в качестве реактивного топлива и донной фракции, направления по меньшей мере, некоторого количества указанной донной фракции для контактирования с материалом, каталитически активным в процессе гидрокрекинга в условиях гидрокрекинга, для получения промежуточного продукта гидрокрекинга, с сопутствующим преимуществом такого способа, который хорошо подходит для эффективного преобразования продукта

возобновляемого сырья с более высокой температурой кипения в продукт с более низкой температурой кипения, такой как неископаемый керосин. В дополнение к указанному реактивному топливу может также производиться дизельное топливо и другие углеводороды.

В дополнительном воплощении данного изобретения указанная углеводородная фракция, пригодная для использования в качестве реактивного топлива, имеет конечную температуру кипения в соответствии со стандартом ASTM D86, составляющую менее 300°C, с сопутствующим преимуществом продукта такого способа, удовлетворяющего требованиям к температуре кипения спецификации возобновляемого реактивного топлива стандарта ASTM D7566.

В следующем воплощении общий объем сероводорода относительно объема молекулярного водорода в газовой фазе комбинированного сырья, направляемого для контактирования с материалом, каталитически активным в процессе гидродеоксигенирования, составляет, по меньшей мере, 50 ppm_v, 100 ppm_v или 200 ppm_v, при необходимости добавлением потока, содержащего одно или несколько соединений серы, таких как диметилдисульфид или ископаемое топливо, с попутным преимуществом обеспечения эффективности действия процесса с использованием низкой стоимости материала, каталитически активного в процессе гидродеоксигенирования, содержащего сульфидированный основной металл.

В следующем воплощении общий объем сероводорода относительно объема молекулярного водорода в газовой фазе общего потока, направляемого для контактирования с материалом, каталитически активным в процессе гидрокрекинга, составляет, по меньшей мере, 50 ppm_v, 100 ppm_v или 200 ppm_v, при необходимости добавлением потока, содержащего одно или несколько соединений серы, таких как диметилдисульфид или ископаемое топливо, с попутным преимуществом обеспечения возможности использовать недорогостоящий материал, каталитически активный в процессе гидрокрекинга, содержащий сульфидированный(-ые) основной(-ые) металл(-ы).

В следующем воплощении упомянутое сырье содержит, по меньшей мере, 50 вес.% триглицеридов или жирных кислот, причем сопутствующее преимущество использования такого сырья заключается в том, что оно очень подходит для получения реактивного топлива с превосходными свойствами.

В следующем воплощении условия гидродеоксигенирования включают температуру в диапазоне 250-400°C, давление в диапазоне 30-150 бар и часовую объемную скорость жидкости (LHSV) в диапазоне от 0,1 до 2, при котором материал, каталитически активный в процессе гидродеоксигенирования, содержит один или несколько сульфидированных металлов, выбранных из группы, включающей никель, кобальт, молибден или вольфрам, нанесенных на носитель, содержащий один или несколько огнеупорных оксидов, таких как оксид алюминия, диоксид кремния или оксид титана с сопутствующим преимуществом таких условий способа, который хорошо подходит для экономически эффективного удаления гетероатомов, особенно кислорода из возобновляемого сырья.

В следующем воплощении условия гидрокрекинга включают температуру в диапазоне 250-425°C, давление в диапазоне 30-150 бар и часовую объемную скорость жидкости (LHSV) в диапазоне от 0,5 до 4, при необходимости вместе с промежуточным охлаждением путем закаливания (быстрого охлаждения) холодным водородом, сырьем или продуктом и при этом материал, каталитически активный в процессе гидрокрекинга, содержит: (а) один или несколько активных металлов, выбранных из группы, включающей платину, палладий, никель, кобальт, вольфрам и молибден, (b) кислотную подложку, выбранную из группы молекулярного сита, проявляющую высокую крекирующую активность и имеющая такую топологию, как MFI, BEA и FAU, а также аморфные кислотные оксиды, такие как алюмосиликат и (с) огнеупорную подложку, такую как оксид алюминия, диоксид кремния или оксид титана, или их комбинации, с сопутствующим преимуществом таких условий способа, который очень хорошо подходит для снижения температуры кипения продукта до соответствия с диапазоном температур кипения керосина.

В следующем воплощении количество материала, с температурой кипения выше 300°C в указанном промежуточном продукте гидрокрекинга, уменьшается по меньшей мере на 20 вес.%, 50 вес.% или 80 вес.% или более по сравнению с указанной донной фракцией, причем сопутствующим преимуществом высокой степени конверсии является минимизация температуры кипения продукта выше 300°C за счет высокой степени жесткости процесса.

В следующем воплощении, по меньшей мере, некоторое количество указанного промежуточного продукта изомеризации направляется для контактирования с

материалом, каталитически активным в процессе гидродеароматизации в условиях гидродеароматизации, для получения продукта гидродеароматизации, содержащего менее 1 вес./вес.%, 0,5 вес./вес.% или 0,1 вес./вес.%, рассчитанных по общей массе ароматических молекул относительно всех углеводородов в потоке, с попутным преимуществом продукта, полученного таким способом, удовлетворяющего спецификации реактивного топлива стандарта ASTM D7566. Указанный материал, каталитически активный в процессе гидродеароматизации в условиях гидродеароматизации, может быть материалом, каталитически активным в процессе изомеризации, действующим при умеренных температурах, способствующим гидродеароматизации. Условия гидродеароматизации предпочтительно включают, по меньшей мере, 50% или 80% конверсии ароматических соединений.

В следующем воплощении условия гидродеароматизации включают температуру в диапазоне 200-350°C, давление в диапазоне 30-150 бар и часовую объемную скорость жидкости (LHSV) в диапазоне от 0,5 до 8, причем указанный материал, каталитически активный в процессе гидродеароматизации, содержит активный металл, выбранный из группы, включающей платину, палладий, никель, кобальт, вольфрам и молибден, предпочтительно один или несколько элементарных благородных металлов, таких как платина или палладий, и огнеупорнуюложку, предпочтительно аморфный алюмосиликат, оксид алюминия, диоксид кремния или оксид титана, или их комбинации, с попутным преимуществом таких условий способа, подходящих для гидрирования ароматических соединений.

В следующем воплощении обогащенный водородом поток, содержащий, по меньшей мере, 90 об./об.% водорода, направляется для контактирования с материалом, каталитически активным в процессе гидродеароматизации, с сопутствующим преимуществом направления водорода высокой чистоты, необходимого для данного способа в целом, на стадию гидродеароматизации, способствующую смещению равновесия в сторону от ароматических соединений.

В следующем воплощении условия изомеризации включают температуру в диапазоне 250-400°C, давление в диапазоне 30-150 бар и часовую объемную скорость жидкости (LHSV) в диапазоне от 0,5 до 8 и при этом материал, каталитически активный в процессе изомеризации, содержит активный металл, выбранный из группы, включающей платину, палладий, никель, кобальт, вольфрам и молибден, предпочтительно один или

несколько элементарных благородных металлов, таких как платина или палладий, кислотную подложку, предпочтительно молекулярное сито, более предпочтительно имеющую топологию, выбранную из группы, включающей MOR, FER, MRE, MWW, AEL, TON и MTT, и аморфную огнеупорную подложку, содержащую один или несколько оксидов, выбранных из группы, включающей оксид алюминия, диоксид кремния и оксид титана, и их комбинации, с сопутствующим преимуществом таких условий и материалов, являющийся экономически эффективным и селективным способом регулирования свойств холодного потока продукта.

Еще один аспект настоящего раскрытия относится к технологической установке по производству углеводородной фракции, подходящей для использования в качестве реактивного топлива, из обогащенного кислородом сырья, при этом указанная технологическая установка включает секцию гидрокрекинга, секцию гидродеоксигенирования, секцию разделения (сепарации), секцию изомеризации и секцию фракционирования, при этом указанная технологическая установка выполнена с возможностью направления исходного сырья, промежуточного продукта гидрокрекинга и при необходимости жидкого разбавителя в секцию гидродеоксигенирования для получения промежуточного продукта гидродеоксигенирования, разделения указанного промежуточного продукта гидродеоксигенирования на паровую фракцию и жидкую фракцию в указанной секции разделения, направления по меньшей мере некоторого количества указанного жидкого продукта гидродеоксигенирования для контактирования с материалом, каталитически активным в процессе изомеризации в условиях изомеризации, для получения промежуточного продукта изомеризации, и фракционирования указанного промежуточного продукта изомеризации в указанной секции фракционирования для получения, по меньшей мере, углеводородной фракции, подходящей для использования в качестве реактивного топлива, и тяжелого продукта, направления, по меньшей мере, некоторого количества указанного донного продукта для контактирования с материалом, каталитически активным в процессе гидрокрекинга в условиях гидрокрекинга, с получением промежуточного продукта гидрокрекинга с сопутствующим преимуществом использования такой технологической установки, подходящей для осуществления раскрытого способа экономически эффективного и селективного производства реактивного топлива.

Способами, описанными в настоящем раскрытии, получают возобновляемое сырье и/или обогащенное кислородом сырье, которое содержит один или несколько кислородсодержащих соединений, выбранных из группы, состоящей из триглицеридов, жирных кислот, смоляных кислот, кетонов, альдегидов, спиртов, фенолов и ароматических карбоновых кислот, при этом указанные кислородсодержащие соединения происходят из одного или нескольких биологических источников, процесса газификации, процесса пиролиза, синтеза Фишера-Тропша, синтеза на основе метанола или другого процесса синтеза, особенно полученных из сырья возобновляемого происхождения, такого как полученное из растений, водорослей, животных, рыбы, переработки растительного масла, бытовых отходов, отработанного пищевого масла, пластиковых отходов, резиновых отходов или промышленных органических отходов, таких как талловое масло или черный щелок. Некоторые из этих видов сырья могут содержать ароматические соединения; особенно продукты, полученные пиролизом или другими процессами, например, из лигнина и древесины, или отходов, например, из масла для жарки. В зависимости от источника обогащенное кислородом сырье может составлять от 1 до 40 вес./вес.%. Биологические источники обычно составляют около 10 вес./вес.%, а производные - от 1 до 20 вес./вес.% или даже 40 вес./вес.%.

Для конверсии возобновляемого сырья и/или обогащенного кислородом сырья в углеводородное транспортное топливо, сырье вместе с водородом направляют для контактирования с материалом, каталитически активным в процессе гидроочистки, особенно при гидродеоксигенировании. Особенно при повышенных температурах в процессе каталитического гидродеоксигенирования могут наблюдаться побочные реакции, в которых образуется тяжелый продукт, например, из олефиновых молекул в исходном сырье. Чтобы уменьшить выделение тепла, можно добавить жидкий углеводород, например, поток жидкого рецикла или подаваемый извне разбавитель. Если данный способ предназначен для совместной переработки ископаемого сырья и возобновляемого сырья, то удобно использовать ископаемое сырье в качестве разбавителя, так как при переработке ископаемого сырья выделяется меньше тепла, высвобождается меньше гетероатомов и насыщается меньше олефинов, но, согласно настоящему раскрытию, высвобождение тепла замедляется рециркуляцией одного или нескольких жидких углеводородов. В дополнение к снижению температуры рецикл или разбавитель также имеет эффект снижения способности олефинового материала к

полимеризации. Полученный в результате поток продукта представляет собой поток промежуточного продукта гидродеоксигенирования, содержащий углеводороды, обычно н-парафины, и кислые газы, такие как CO , CO_2 , H_2O , H_2S , NH_3 , а также легкие углеводороды, особенно C_3 и метан.

Как правило, гидродеоксигенирование включает направление исходного сырья для контактирования с каталитически активным материалом, обычно содержащим один или несколько сульфидированных металлов, выбранных из группы, включающей никель, кобальт, молибден или вольфрам, нанесенных на носитель, содержащий один или несколько огнеупорных оксидов, обычно оксид алюминия, но, возможно, диоксид кремния или оксид титана. Подложка, как правило, аморфная. Каталитически активный материал может содержать дополнительные компоненты, такие как бор или фосфор. Условия - обычно температура в диапазоне $250\text{--}400^\circ\text{C}$, давление в диапазоне 30-150 бар и часовая объемная скорость жидкости (LHSV) в диапазоне от 0,1 до 2. Гидродеоксигенирование типично экзотермический процесс, и в присутствии большого количества кислорода данный процесс может включать промежуточное охлаждение, например, путем закалки холодным водородом, сырьем или продуктом. Исходное сырье может предпочтительно содержать некоторое количество серы для обеспечения сульфидирования металлов с целью поддержания их активности. Если газовая фаза содержит менее 10, 50 или 100 ppm_v серы, в сырье может быть добавлен донор сульфида, такой как диметилдисульфид (DMDS).

Для использования потока промежуточного продукта гидродеоксигенирования в качестве керосиновой фракции необходимо отрегулировать диапазон температур кипения. Регулирование температуры кипения может также потребоваться, если было произведено некоторое количество тяжелого промежуточного продукта. Температура кипения регулируется гидрокрекингом длинных парафинов в более короткие парафины, направлением промежуточного продукта гидродеоксигенирования для контактирования с материалом, каталитически активным в процессе гидрокрекинга. Чтобы обеспечить максимальную общую селективность, только тяжелая фракция конечного продукта рециркулируется для гидрокрекинга.

Гидрокрекинг включает в себя направление промежуточного продукта гидродеоксигенирования для контактирования с материалом, каталитически активным в процессе гидрокрекинга. Материал, каталитически активный в процессе гидрокрекинга,

обычно содержит активный металл (который в настоящем раскрытии представляет собой один или несколько сульфидированных основных металлов, таких как никель, кобальт, вольфрам и/или молибден), кислотную подложку (обычно молекулярное сито, обладающее высокой крекирующей активностью и имеющее топологию, такую как MFI, BEA и FAU, но также могут использоваться аморфные кислотные оксиды, такие как алюмосиликат) и огнеупорную подложку (такую как оксид алюминия, диоксид кремния или оксид титана или их комбинации). Каталитически активный материал может содержать дополнительные компоненты, такие как бор или фосфор. Предпочтительными катализаторами гидрокрекинга являются молекулярные сита, такие как ZSM-5, цеолит Y или бета-цеолит.

Согласно настоящему раскрытию, материал, каталитически активный в процессе гидрокрекинга, может содержать основной(-ые) металл(-ы) или благородный(-ые) металл(-ы) и расположенный выше по ходу потока материал, каталитически активный в процессе гидродеоксигенирования, с преимуществом получения промежуточного продукта гидрокрекинга в качестве разбавителя для гидроочистки только данного материала. При необходимости некоторое количество продукта гидродеоксигенирования может также быть рециркулировано, если для регулирования тепловыделения при гидродеоксигенировании требуется большее количество разбавителя, чем продукта гидрокрекинга.

Условия - обычно температура в диапазоне 250-400°C, давление в диапазоне 30-150 бар и часовая объемная скорость жидкости (LHSV) в диапазоне от 0,5 до 4. Поскольку гидрокрекинг является экзотермическим процессом, данный процесс может включать промежуточное охлаждение, например, путем закалки холодным водородом, сырьем или продуктом. Активный(-ые) металл(-ы) на материале, каталитически активном в процессе гидрокрекинга, является основным металлом, поэтому промежуточное сырье гидродеоксигенирования, включающее газовую фазу, обычно направляется для контактирования с материалом, каталитически активным в процессе гидрокрекинга, без дальнейшей очистки. Газовая фаза данной смеси предпочтительно должна содержать не менее 50 ppm_v серы.

Для использования промежуточного продукта гидродеоксигенирования в качестве топлива на практике необходимо регулировать температуру замерзания. Температура замерзания регулируется изомеризацией n-парафинов в изо-парафины, направлением

промежуточного продукта гидродеоксигенирования для контактирования с материалом, каталитически активным в процессе изомеризации.

Материал, каталитически активный в процессе изомеризации, обычно содержит активный металл (который в соответствии с настоящим раскрытием способа по изобретению представляет собой один или несколько элементарных благородных металлов, таких как платина и/или палладий), кислотную подложку (обычно молекулярное сито, обладающее высокой селективностью по форме и имеющее топологию, такую как MOR, FER, MRE, MWW, AEL, TON и MTT) и обычно аморфную огнеупорную подложку (такую как оксид алюминия, диоксид кремния или оксид титана или их комбинации). Каталитически активный материал может содержать дополнительные компоненты, такие как бор или фосфор. Предпочтительными катализаторами изомеризации являются молекулярные сита, такие как EU-2, ZSM-48, бета-цеолит и комбинированный бета-цеолит и цеолит Y.

Как правило, изомеризация включает в себя направление промежуточного сырья гидродеоксигенирования для контактирования с материалом, каталитически активным в процессе изомеризации. Обычно это температура в диапазоне 250-350°C, давление в диапазоне 30-150 бар и часовая объемная скорость жидкости (LHSV) в диапазоне от 0,5 до 8. Изомеризация по существу термически нейтральный процесс, поэтому избыточный водород обычно не добавляется в реактор изомеризации, но для изомеризации требуется присутствие некоторого количества водорода. Поскольку активный металл в наиболее селективном материале, каталитически активном в процессе изомеризации, является благородным металлом, сырье гидродеоксигенирования обычно очищают путем газожидкостного разделения, чтобы снизить содержание потенциальных ядов катализатора до низких уровней, таких как уровни оксидов серы, азота и углерода ниже 1-10 ppm_{molar}.

Гидродеоксигенирование ненасыщенных жирных кислот может привести к образованию ароматических соединений в качестве побочной реакции. Поэтому даже для насыщенного кислородом сырья, содержащего менее 1% ароматических соединений, может быть необходимо дополнительно направление изомеризованного продукта для контактирования с материалом, каталитически активным в процессе гидродеароматизации.

В некоторых случаях гидродеароматизация может быть удовлетворительно проведена в присутствии материала, каталитически активного в процессе гидроизомеризации, но также возможно потребуется отдельный реактор или реакторный слой с материалом, каталитически активным в процессе гидродеароматизации.

Такой материал, каталитически активный в процессе гидродеароматизации, обычно содержит активный металл (обычно элементарные благородные металлы, такие как платина и/или палладий, но, возможно, также сульфидированные основные металлы, такие как никель, кобальт, вольфрам и/или молибден) и огнеупорную подложку (такую как аморфный алюмосиликат, оксид алюминия, диоксид кремния или оксид титана или их комбинации). Гидродеароматизация контролируется равновесием, при высоких температурах предпочтительно образуются ароматические соединения, поэтому в качестве активного металла предпочтительно следует использовать благородные металлы, поскольку они активны при более низких температурах по сравнению с неблагородными металлами.

Обычно, гидродеароматизация включает в себя направление промежуточного продукта для контактирования с материалом, каталитически активным в процессе гидродеароматизации. Предпочтительно, чтобы температура была умеренной, поскольку при повышенных температурах равновесие между ароматическими соединениями и молекулами насыщения смещается в сторону ароматических соединений. Условия - обычно температура в диапазоне 200-350°C, давление в диапазоне 30-150 бар и часовая объемная скорость жидкости (LHSV) в диапазоне от 0,5 до 8. Предпочтительный(-ые) активный(-ые) металл(-ы) на материале, каталитически активным в процессе гидродеароматизации, это часто благородный(-ые) металл(-ы), поскольку катализаторы из благородных металлов в целом активны при более низких температурах, чем сопоставимые катализаторы из основных металлов. Также могут быть использованы катализаторы из основных металлов, и в этом случае газовая фаза, связанная с промежуточным гидродеоксигенированным сырьем, предпочтительно содержит не менее 50 ppm_v серы. Часто катализатор гидрокрекинга или гидроизомеризации, действующий при температурах ниже 350°C, способен катализировать умеренную гидродеароматизацию, например, уменьшением 10 вес.% ароматических соединений до менее 0,5 вес.%.

Это создает необходимость комбинирования 3 или 4 каталитически активных материалов для конверсии возобновляемого сырья в реактивное топливо, естественно, усложняет схему технологического процесса, и последовательность материалов должна быть тщательно продумана. Кроме того, рецикл может быть использован для трех различных целей: рецикл газа для эффективного использования водорода, рецикл жидкости вокруг материала, каталитически активного в гидрокрекинге, чтобы максимизировать выход керосиновой фракции, и рецикл жидкости вокруг материала, каталитически активного в гидродеоксигенировании, чтобы ограничить повышение температуры из-за экзотермических реакций гидродеоксигенирования.

Поскольку изомеризация и гидродеароматизация осуществляются с использованием каталитически активного материала, содержащего благородные металлы, перед проведением этой реакцией удаляются “кислые газы”, в том числе сероводород и аммиак. Некоторое количество промежуточного продукта гидродеоксигенирования также может быть возвращено на вход реактора гидродеоксигенирования.

Выполнение последовательности операций в соответствии с текущим раскрытием, с рециклом вокруг реакторов гидродеоксигенирования и гидрокрекинга, имеет преимущество в том, что позволяет проводить конверсию с высокой степенью гидрокрекинга за несколько проходов, а не в жестких условиях, что позволяет осуществлять полную конверсию при умеренных температурах, таким образом, поддерживая высокий выход керосина и минимизируя чрезмерный крекинг до нефти и более легкого соединения. Использование катализатора изомеризации для улучшения температуры замерзания реактивного топлива позволяет увеличить конечную точку дистилляции реактивного топлива при сохранении требований к температуре замерзания. Наконец, поскольку на второй стадии происходит насыщение ароматических соединений, не требуется, чтобы к первой стадии применялись какие-либо требования в отношении ароматических соединений, что позволяет на первой стадии обрабатывать более тяжелое и/или более ароматическое, нефтяное или ненасыщенное сырье, а также сырье, такое как отработанное пищевое масло, продукты пиролиза или талловый пек (смола таллового масла), которые, как известно, образуют ароматические соединения в небольших количествах в стандартных условиях гидрообработки, затем эти ароматические соединения насыщаются на второй стадии.

Одно воплощение, согласно настоящему раскрытию, соответствует способу, в котором поток, содержащий кислородсодержащие углеводороды и промежуточный поток гидрокрекинга, а также некоторое количество серы, направляется в реактор гидродеоксигенирования, содержащий каталитически активный материал, содержащий один или несколько основных металлов и огнеупорную подложку с низкой кислотностью. Такой материал активен в процессе гидродеоксигенирования и других реакциях гидроочистки, удаляя гетероатомы и двойные связи. Промежуточный поток гидрокрекинга участвует в процессе в качестве теплопоглотителя, поглощая выделяющуюся теплоту реакции от гидродеоксигенирования, тем самым поддерживая умеренную температуру в реакторе гидродеоксигенирования. На данной стадии получают поток, содержащий большое количество насыщенных линейных алканов в сочетании с промежуточным потоком гидрокрекинга и определенным количеством воды, CO, CO₂, метана, сероводорода и аммиака.

Гидродеоксигенированный углеводородный поток направляется в разделительную секцию, с отведением воды, сероводорода и аммиака и обеспечивая получение углеводородного потока, не содержащего активных соединений серы. Некоторое количество потока углеводородов, не содержащего активных соединений серы, при необходимости рециркулируется, и некоторое количество направляется в качестве сырья в реактор изомеризации, содержащий материал, каталитически активный в процессе изомеризации, и необязательно материал, каталитически активный в процессе гидродеароматизации. Оба материала представляют собой катализатор из благородных металлов, таких как платина, палладий или их комбинация, в сочетании с кислотной подложкой. Для обеспечения селективной изомеризации, перегруппировки линейных алканов в разветвленные алканы с минимальным образованием более легких углеводородов кислотная подложка предпочтительно является селективной по форме, например цеолитом. В отношении гидродеароматизации кислотная подложка также участвует в реакции, и, кроме того, поскольку активность благородных металлов выше, чем активность основных металлов, данная реакция будет протекать при более низких температурах. Поскольку равновесие между ароматическими и неароматическими соединениями смещается в сторону от ароматических соединений при низких температурах, благородные металлы обеспечивают то преимущество, что более низкая температура соответствует данному равновесию. Гидродеароматизация может даже

происходить на материале, каталитически активном при изомеризации, который часто будет обладать некоторой гидродеароматизирующей активностью.

Поскольку обессеренный углеводородный поток не содержит сероводорода или аммиака, как функция благородного металла, так и кислотная функция материала, каталитически активного в процессе изомеризации, не нарушаются, и образуется поток разветвленных углеводородов с высокой селективностью.

Изомеризованный поток направляют в установку фракционирования (после соответствующего удаления газовой фазы в цепочке последовательно соединенных сепараторов) и отводят, по меньшей мере, газовую, промежуточную и донную фракции. Поток, предпочтительно некоторое количество донного продукта рециркулируется в реактор гидрокрекинга.

Данная схема обеспечивает конверсию исходного сырья в продукт в диапазоне дизельного или реактивного топлива или более легкий продукт, поскольку некоторые или даже все тяжелые гидродеоксигенированные углеводороды могут быть подвергнуты гидрокрекингу с получением более легких продуктов. Возможно совместное производство реактивного/дизельного топлива или только производство дизельного топлива, и конверсия температуры кипения в основном осуществляется в секции гидродеоксигенирования, в которой используются только катализаторы, не содержащие благородных и редких металлов, и в секции гидрокрекинга выше по ходу потока, в которой используются либо катализаторы из основных металлов, либо катализаторы из благородных металлов, что позволяет добавлять серу в виде диметилдисульфида (DMDS) в одном положении технологического процесса; либо выше по течению секции гидрокрекинга, когда обе эти секции используют катализаторы из основных металлов, либо ниже по ходу потока секции гидрокрекинга, когда в данной секции используются катализаторы из благородных металлов. Кроме того, регулирование температуры замерзания производится избирательно путем изомеризации на катализаторе на основе благородных металлов независимо от условий гидрокрекинга.

Одно из преимуществ воплощения согласно настоящему раскрытию, при котором катализаторы гидрокрекинга и гидроочистки оба относятся к типу катализаторов, не содержащих благородных и редких металлов, заключается в том, что запуск такой установки упрощается, поскольку комбинированная секция гидроочистки/гидрокрекинга выше секции разделения может быть активирована сульфидированием, в то время как

секция изомеризации ниже секции разделения может быть активирована восстановлением.

При желании производить только дизельное топливо без реактивного топлива гидрокрекинг не требуется. В этом случае можно предпочтительно либо обойти реактор гидрокрекинга, либо альтернативно охладить продукт перед этим реактором таким образом, чтобы он был неактивен. Технологическая установка может быть сконфигурирована таким образом, чтобы позволить такую схему компоновки в кратчайшие сроки, например, путем установки соответствующего оборудования и управления из диспетчерской.

Фигуры чертежей

На фиг. 1 представлена упрощенная иллюстрация технологического процесса в соответствии с настоящим раскрытием.

На фиг. 2 представлена упрощенная иллюстрация процесса в соответствии с предшествующим уровнем техники.

На фиг. 3 представлена упрощенная иллюстрация процесса в соответствии с предшествующим уровнем техники.

Фиг. 1 представляет собой упрощенную иллюстрацию, показывающей схему в соответствии с настоящим раскрытием, без указания газообразных сырьевых потоков и подробностей процесса отделения. Поток рецикла (126) вместе с некоторым количеством обогащенного водородом потока (не показан) направляют в реактор гидрокрекинга (HDC), функционирующий в условиях гидрокрекинга, получая промежуточный продукт гидрокрекинга (112), который объединяют с возобновляемым сырьем (102) и направляют в качестве исходного потока гидродеоксигенирования (104) необязательно вместе с некоторым количеством обогащенного водородом потока (не показан) в реактор гидродеоксигенирования (HDO), где он контактирует с материалом, каталитически активным в процессе гидрогенизации в условиях гидроочистки. Это обеспечивает получение промежуточного продукта гидродеоксигенирования (106). Промежуточный продукт гидродеоксигенирования (106) направляется в секцию сепаратора (SEP), показанную для упрощения в виде единого блока, в которой промежуточный продукт гидродеоксигенирования разделяется на поток газа для рециркуляции и поток жидкого промежуточного продукта (108). Поток жидкого промежуточного продукта (108) необязательно разделяется потоком разбавителя рецикла в реакторе гидрокрекинга или

гидродеоксигенирования (не показано), и сырьевой поток реактора изомеризации (не показано) вместе с по существу не содержащим серы водородным потоком (не показано) направляется в качестве исходного сырья в реактор изомеризации (ISOM), где он контактирует с материалом, каталитически активным в процессе изомеризации в условиях изомеризации, и необязательно с дополнительным материалом, каталитически активным в процессе гидродеароматизации в условиях гидродеароматизации, обеспечивая получение изомеризованного продукта (116), который направляется в секцию фракционирования (FRAC), показанную для упрощения в виде единого блока, разделяя изомеризованный продукт на легкий верхний поток (120), продукт нефти (122), реактивный топливный продукт (124) и донную дизельную фракцию (126). Некоторое количество донной дизельной фракции (126), как уже упоминалось, направляется в виде потока рецикла.

Продукт изомеризации (116) может необязательно контактировать с другим материалом, каталитически активным в процессе гидродеароматизации (не показано) в условиях гидродеароматизации, с получением изомеризованного продукта.

На фиг. 2 показан пример предшествующего уровня техники, на уровне детализации аналогичном фиг. 1, без указания газообразных сырьевых потоков и подробностей процесса отделения для упрощения. Возобновляемое сырье (202) объединяют с потоком разбавителя рецикла (228) и направляют в качестве сырьевого потока гидродеоксигенирования (204) вместе с определенным количеством обогащенного водородом потока (не показано) в реактор гидродеоксигенирования (HDO), где данная смесь контактирует с материалом, каталитически активным в процессе гидрогенизации в условиях гидроочистки. Это обеспечивает получение промежуточного продукта гидродеоксигенирования (214), который направляется в реактор гидроизомеризации (ISOM), где он контактирует с материалом, каталитически активным в процессе изомеризации в условиях изомеризации, с получением депарафинизированного промежуточного продукта (216). Депарафинизированный промежуточный продукт (216) направляют в секцию фракционирования (FRAC), показанную для упрощения в виде единого блока, разделяя продукт гидрокрекинга на легкий верхний поток (220), поток нефти (222), продукт реактивного топлива (224) и нижнюю дизельную фракцию, которая разделяется на поток разбавителя рецикла (228) и поток дизельного продукта (226).

На фиг. 3 показан еще один пример известного уровня техники, без указания газообразных сырьевых потоков и подробностей процесса отделения для упрощения.

Возобновляемое сырье (302) объединяют с потоком разбавителя рецикла (328) и направляют в качестве сырьевого потока гидродеоксигенирования (304) вместе с определенным количеством обогащенного водородом потока (не показано) в реактор гидродеоксигенирования (HDO), где данная смесь контактирует с материалом, каталитически активным в процессе гидрогенизации в условиях гидроочистки. Это обеспечивает получение промежуточного продукта гидродеоксигенирования (306), который направляется в сепаратор (SEP), из которого извлекается очищенный промежуточный продукт гидродеоксигенирования (308) и расщепляется в потоке разбавителя рецикла (328) и сырьевом потоке изомеризации (310), который объединяется с обессеренным водородным потоком (не показано) и направляется в реактор гидроизомеризации (ISOM). В этом реакторе комбинированный сырьевой поток контактирует с материалом на основе благородных металлов, каталитически активным в процессе изомеризации в условиях изомеризации, обеспечивая получение депарафинизированного промежуточного продукта (312). Депарафинизированный промежуточный продукт (312) направляют в секцию фракционирования (FRAC), показанную для упрощения в виде единого блока, разделяя продукт гидрокрекинга на легкий верхний поток (320), поток нефти (322), продукт реактивного топлива (324) и донную дизельную фракцию (326).

Примеры

Проведено сравнение функциональных характеристик технологических схем, показанных на фиг. 1 и 3.

В Таблице 1 приведены характеристики возобновляемого сырья, представляющего собой комбинацию животного жира и растительного масла, а также промежуточных продуктов после гидроочистки. В промежуточном продукте преобладают алканы C16 и C18, у него высокая температура замерзания (24°C) и он содержит более 1,5 вес./вес.% ароматических соединений. Исходное сырье обрабатывали в двух процессах в соответствии с фиг. 1 и 3, соответственно, и результаты этой обработки приведены в Таблице 2, где “Пример 1” соответствует фиг. 1, а “Пример 2” соответствует фиг. 2. Значения для “выхода чистого реактивного топливного продукта” рассчитываются как количество реактивного топлива, произведенное в технологическом процессе, за вычетом количества реактивного топлива, уже присутствующего в исходном сырье, по формуле: выход чистого реактивного топливного продукта = *[общее количество реактивного*

топливного продукта] - *[естественное количество реактивного топлива в сырье]*. Выходы представлены в этой Таблице в виде вес./вес.% сырья на установку. Например, выход реактивного топлива 51 вес./вес.% указывает на то, что на каждые 100 кг сырья, перерабатываемого в установке, производится 51 кг реактивного топлива.

Результаты обоих примеров продемонстрировали производство реактивного топлива с превосходными свойствами, низкой температурой замерзания (-40°C) и низким содержанием ароматических соединений ($<0,5$ вес.%). В Примере 1 согласно настоящему раскрытию выход реактивного топлива составляет 54 вес./вес.%, тогда как в Примере 2 выход реактивного топлива составляет 43 вес./вес.%, предполагая границу отделения между реактивным топливом и дизелем - 300°C . При оптимизации технологического процесса при допущении более высокой стоимости реактивного топлива эта разница, очевидно, является весьма привлекательным преимуществом Примера 1. Повышение выхода обусловлено конверсией высококипящего дизельного топлива в реакторе гидрокрекинга.

Таблица 1

	Исходное сырье	
		Исходное сырье
	Источник	Животный жир/отработанное пищевое масло
	C16Жирные кислоты	20 вес./вес.%
	C18Жирные кислоты	74 вес./вес.%
Свойства промежуточного продукта гидродеоксигенирования		
Свойство	Метод анализа	
Точка замерзания	ASTM D 5972	24°C
Ароматические соединения	ASTM D6591	1,5 вес./вес.%
Температура кипения (°C)	ASTM D7213 C	
Температура начала кипения (IBP)		200
10 вес./вес.%		290
30 вес./вес.%		317
50 вес./вес.%		321
70 вес./вес.%		323
90 вес./вес.%		324
Температура конца кипения (FBP)		482
Естественное количество реактивного топлива, присутствующее в сырье, 110-300°C	вес. %	17

	Пример 1	Пример 2
Р	70 бар избыточного давления	70 бар избыточного давления
T(HDO)	320°C	320°C
T(HDC)	340°C	-
Часовая объемная скорость жидкости (секция гидрокрекинга, HDC)	0,6	-
T (секция изомеризации, ISOM)	325°C	330°C
Часовая объемная скорость жидкости (секция изомеризации, ISOM)	2	2
Выход чистого реактивного топливного продукта	37	26
Точка замерзания реактивного топлива	-40°C	-40°C
Содержание ароматических соединений в реактивном топливе	<0,5 вес./вес.%	<0,5 вес./вес.%
Выход нефти (температура кипения 60°C - 110°C)	7 вес./вес.%	5 вес./вес.%
Выход реактивного топлива (температура кипения 110°C -300°C)	54 вес./вес.%	43 вес./вес.%
Выход дизельного топлива (температура кипения 300°C -370°C)	21 вес./вес.%	35 вес./вес.%

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ получения углеводородной фракции, пригодной для использования в качестве реактивного топлива (124), из обогащенного кислородом сырья (102), включающий стадии:

а. объединения исходного сырья (102) с некоторым количеством промежуточного продукта гидрокрекинга (112) и при необходимости жидким разбавителем с образованием комбинированного исходного сырья (104), направления указанного комбинированного исходного сырья (104) для контактирования с материалом, каталитически активным в процессе гидродеоксигенирования (HDO) в условиях гидроочистки, для получения промежуточного продукта гидродеоксигенирования (106);

б. разделения указанного промежуточного продукта гидродеоксигенирования (106) по меньшей мере, на две фракции - паровую фракцию и жидкую фракцию (108);

с. при необходимости получения некоторого количества указанной жидкой фракции (108) в качестве указанного жидкого разбавителя, направления, по меньшей мере, некоторого количества указанной жидкой фракции (108) для контактирования с материалом, каталитически активным в процессе изомеризации (ISOM) в условиях изомеризации, для получения промежуточного продукта изомеризации (116);

д. фракционирования указанного промежуточного продукта изомеризации (116) с получением, по меньшей мере, углеводорода, пригодного для использования в качестве реактивного топлива (124), и донной фракции (126);

е. направления, по меньшей мере, некоторого количества указанной донной фракции (126) для контактирования с материалом, каталитически активным в процессе гидрокрекинга (HDC) в условиях гидрокрекинга, для получения промежуточного продукта гидрокрекинга (112).

2. Способ по п. 1, при котором указанная углеводородная фракция, пригодная для использования в качестве реактивного топлива (124), имеет конечную температуру кипения в соответствии с требованиями стандарта ASTM D86 менее 300°C.

3. Способ по п. 1 или 2, при котором объем сероводорода относительно объема молекулярного водорода в газовой фазе комбинированного сырья (104), направляемого для контактирования с материалом, каталитически активным в процессе гидродеоксигенирования, составляет, по меньшей мере, 50 ppm_v, 100 ppm_v или 200 ppm_v, при необходимости добавлением потока, содержащего одно или несколько соединений серы, таких как диметилдисульфид или ископаемое топливо.

4. Способ по п. 1, 2 или 3, при котором объем сероводорода относительно объема молекулярного водорода в газовой фазе общего потока (116), направляемого для контактирования с материалом, каталитически активным в процессе гидрокрекинга (HDC), составляет, по меньшей мере, 50 ppm_v, 100 ppm_v или 200 ppm_v, при необходимости добавлением потока (114), содержащего одно или несколько соединений серы, таких как диметилдисульфид или ископаемое топливо.

5. Способ по п. 1, 2, 3 или 4, при котором указанное исходное сырье (102) содержит, по меньшей мере, 50 вес% триглицеридов или жирных кислот.

6. Способ по п. 1, 2, 3 или 4, при котором условия гидродеоксигенирования включают температуру в диапазоне 250-400°C, давление в диапазоне 30-150 бар и часовую объемную скорость жидкости (LHSV) в диапазоне от 0,1 до 2 и при котором материал, каталитически активный в процессе гидродеоксигенирования, содержит один или несколько сульфидированных основных металлов, выбранных из группы, включающей никель, кобальт, молибден или вольфрам, нанесенных на носитель, содержащий один или несколько огнеупорных оксидов, таких как оксид алюминия, диоксид кремния или оксид титана.

7. Способ по п. 1, 2, 3, 4, 5 или 6, при котором условия гидрокрекинга включают температуру в диапазоне 250-425°C, давление в диапазоне 30-150 бар и часовую объемную скорость жидкости (LHSV) в диапазоне от 0,5 до 4, при необходимости вместе с промежуточным охлаждением путем закалки холодным водородом, сырьем или продуктом и при котором материал, каталитически активный в процессе гидрокрекинга, содержит: (а) один или несколько активных металлов, выбранных из группы, включающей платину, палладий, никель, кобальт, вольфрам и молибден; (b) кислотную подложку, выбранную из группы молекулярного сита, обладающую высокой крекирующей активностью и имеющую топологию, такую как MFI, BEA и FAU, а также аморфные кислотные оксиды; и (с) огнеупорную подложку, такую как оксид алюминия, диоксид кремния или оксид титан, или их комбинации.

8. Способ по п. 1, 2, 3, 4, 5, 6, или 7, при котором количество материала с температурой кипения выше 300°C в указанном промежуточном продукте гидрокрекинга (112), уменьшается по меньшей мере на 20 вес.%, 50 вес.% или 80 вес.% или более по сравнению с указанной донной фракцией (126).

9. Способ по п. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, или 8, при котором, по меньшей мере, некоторое количество указанного промежуточного продукта изомеризации (116) направляют для контактирования с материалом, каталитически активным в процессе гидродеароматизации (HDA) в условиях гидродеароматизации, для получения гидродеароматизированного продукта, содержащего менее 1 вес./вес.%, 0,5 вес./вес.% или 0,1 вес./вес.%, рассчитанных по общей массе ароматических молекул относительно всех углеводородов в потоке.

10. Способ по п. 9, при котором условия гидродеароматизации включают температуру в диапазоне 200-350°C, давление в диапазоне 30-150 бар и часовую объемную скорость жидкости (LHSV) в диапазоне от 0,5 до 8 и при котором указанный материал, каталитически активный в процессе гидродеароматизации, содержит активный металл, выбранный из группы, включающей платину, палладий, никель, кобальт, вольфрам и молибден, предпочтительно один или несколько элементарных благородных металлов, таких как платина или палладий, и огнеупорную подложку, предпочтительно аморфный алюмосиликат, оксид алюминия, диоксид кремния или оксид титана, или их комбинации.

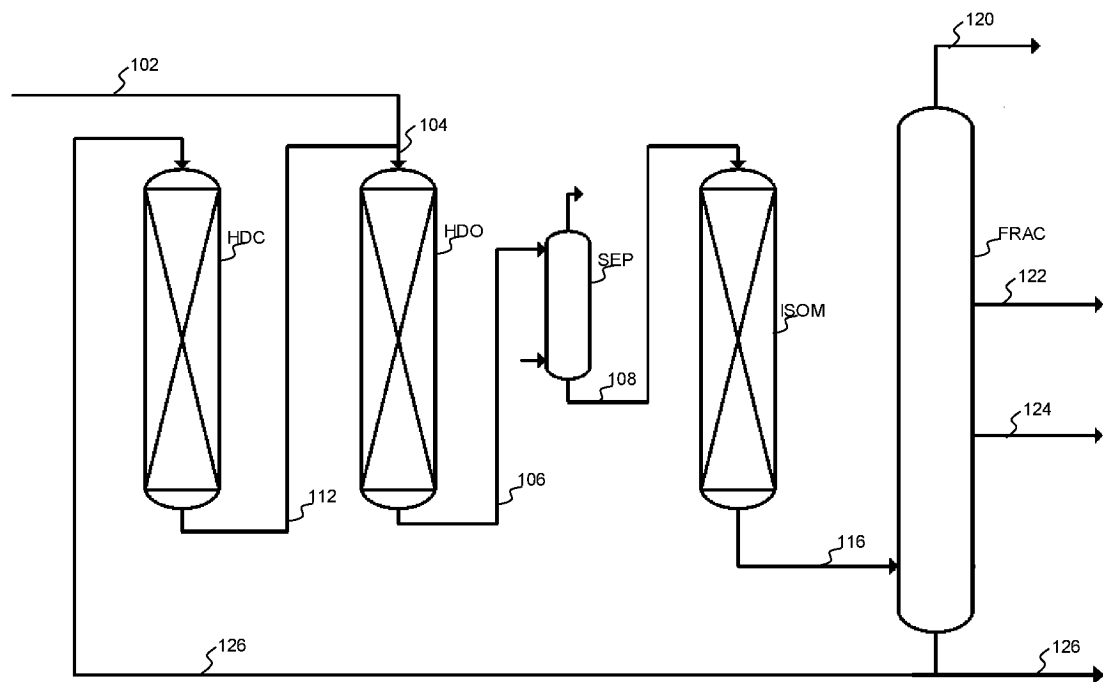
11. Способ по п. 8, 9 или 10, при котором обогащенный водородом поток, содержащий, по меньшей мере, 90 об.% водорода, направляют для контактирования с материалом, каталитически активным в процессе гидродеароматизации (HDA).

12. Способ по п. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 или 11, при котором условия изомеризации включают температуру в диапазоне 250-350°C, давление в диапазоне 30-150 бар и часовую объемную скорость жидкости (LHSV) в диапазоне от 0,5 до 8 и при котором материал, каталитически активный в процессе изомеризации, содержит активный металл, выбранный из группы, включающей платину, палладий, никель, кобальт, вольфрам и молибден, предпочтительно один или несколько элементарных благородных металлов, таких как платина или палладий, кислотную подложку, предпочтительно молекулярное сито, более предпочтительно имеющую топологию, выбранную из группы, включающей MOR, FER, MRE, MWW, AEL, TON и MTT и аморфную огнеупорную подложку, содержащую один или несколько оксидов, выбранных из группы, включающей оксид алюминия, диоксид кремния и оксид титана.

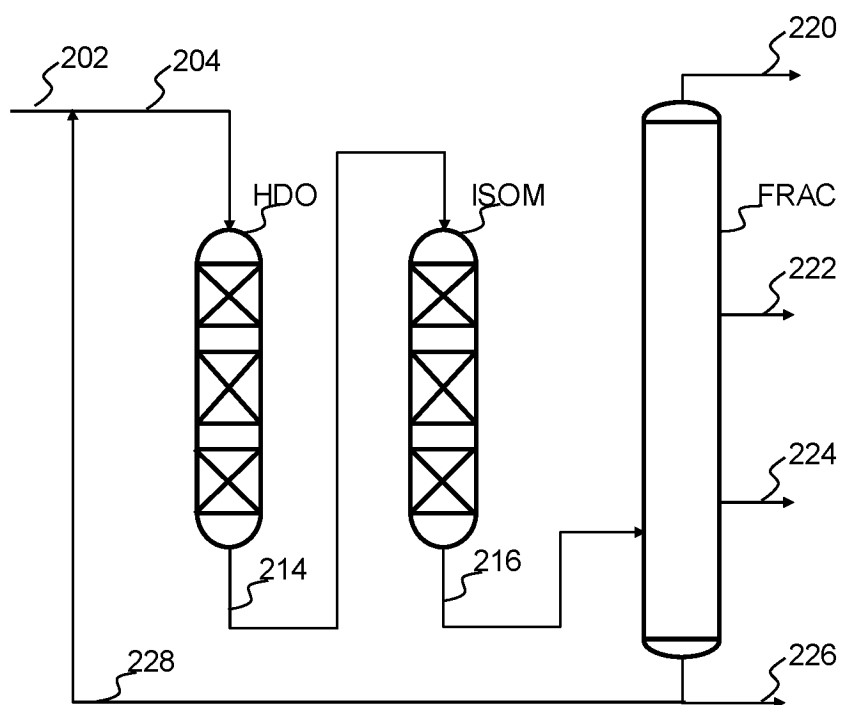
13. Технологическая установка для получения углеводородной фракции, пригодной для использования в качестве реактивного топлива (124), из обогащенного

кислородом сырья (102), при этом указанная технологическая установка включает секцию гидрокрекинга (HDC), секцию гидродеоксигенирования (HDO), секцию сепаратора, секцию изомеризации (ISOM) и секцию фракционирования (FRAC), при этом указанная технологическая установка выполнена с возможностью:

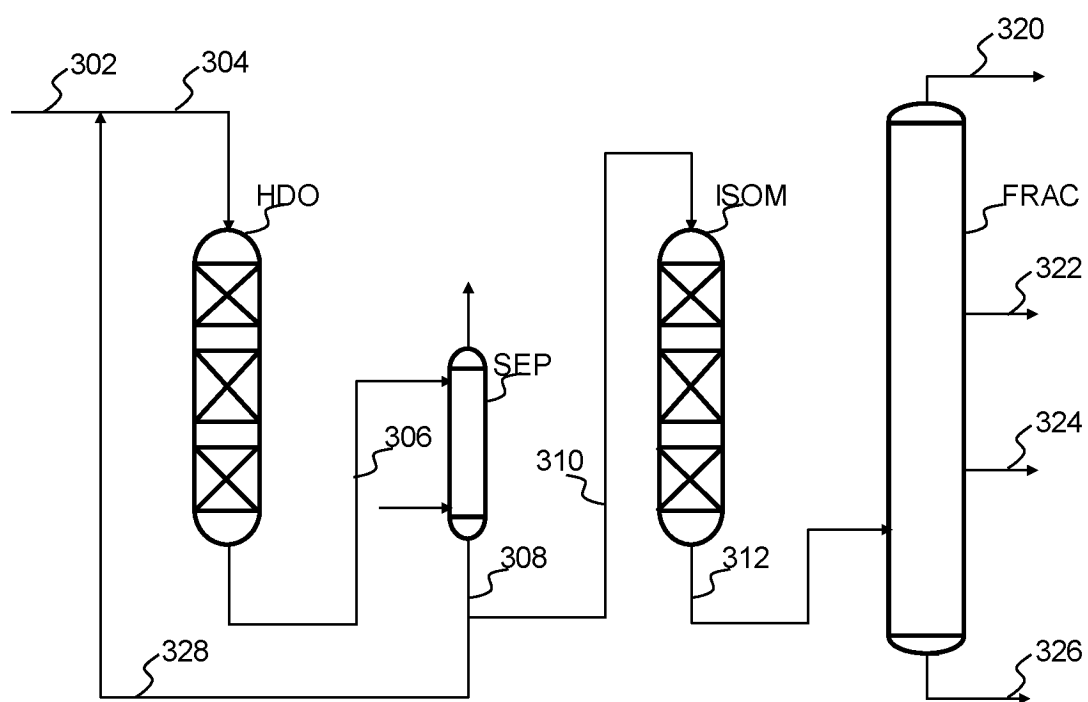
- а. направления продукта рецикла (126) в секцию гидрокрекинга (HDC) для получения промежуточного продукта гидрокрекинга (112);
- б. направления исходного сырья (102), указанного промежуточного продукта гидрокрекинга (112) и, необязательно, дополнительного жидкого разбавителя рецикла (126) в секцию гидродеоксигенирования (HDO) для получения промежуточного продукта гидродеоксигенирования (106);
- с. разделения указанного промежуточного продукта гидродеоксигенирования (106) на паровую фракцию и жидкую фракцию (108) в указанной секции сепаратора (SEP);
- д. направления, по меньшей мере, некоторого количества указанного жидкого промежуточного продукта гидродеоксигенирования (108) для контактирования с материалом, каталитически активным в процессе изомеризации (ISOM) в условиях изомеризации, для получения промежуточного продукта изомеризации (116); и
- е. фракционирования указанного промежуточного продукта изомеризации (116) в указанной секции фракционирования (FRAC) с получением, по меньшей мере, углеводородной фракции, пригодной для использования в качестве реактивного топлива (124), и указанного продукта рецикла (126).



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3