

R U 2 5 7 6 3 2 0 C 1

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



(19) RU⁽¹¹⁾ 2 576 320⁽¹³⁾ C1

(51) МПК
C10G 65/12 (2006.01)
C10G 69/02 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2014143455/04, 13.03.2013

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
13.03.2013

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
29.03.2012 US 13/433,726

(45) Опубликовано: 27.02.2016 Бюл. № 6

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: US20030000867 A1, 02.01.2003.
US20070068851 A1, 29.03.2007. US7622034 B1,
24.11.2009. US20120004478 A1, 05.01.2012.
RU2412977 C2, 27.02.2011.

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на
национальной фазе: 29.10.2014

(86) Заявка РСТ:
US 2013/030808 (13.03.2013)

(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2013/148194 (03.10.2013)

Адрес для переписки:
109012, Москва, ул. Ильинка, 5/2, ООО
"Союзпатент"

(72) Автор(ы):
ЦИММЕРМАН Пол Р. (US),
КОКАЕФФ Питер (US)

(73) Патентообладатель(и):
ЮОП ЛЛК (US)

(54) СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА ИЗ
УГЛЕВОДОРОДНОГО ПОТОКА

(57) Реферат:

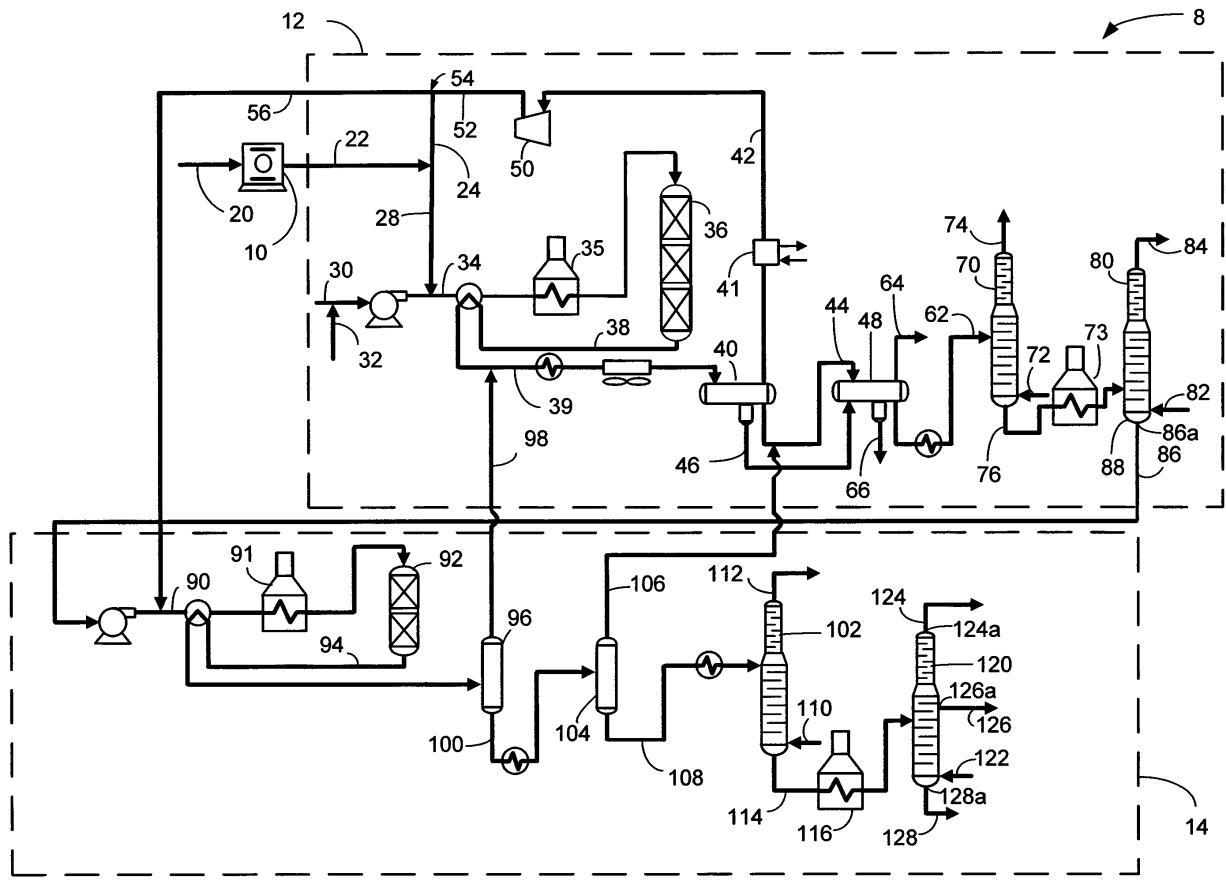
Изобретение относится к способу получения дизельного топлива из углеводородного потока. Способ включает гидроочистку первого углеводородного потока в присутствии водорода для гидроочистки и катализатора гидрокрекинга для получения выходящего потока гидроочистки; разделение выходящего потока гидрокрекинга на парообразный выходящий поток гидроочистки, содержащий водород, и жидкий выходящий поток гидрокрекинга; фракционирование указанного жидкого выходящего потока гидроочистки для получения потока нафты и легких фракций и потока дизельного топлива; гидрокрекинг

второго углеводородного потока, содержащего указанный поток дизельного топлива, в присутствии потока водорода для гидрокрекинга и катализатора гидрокрекинга для получения выходящего потока гидрокрекинга; разделение выходящего потока гидрокрекинга на парообразный выходящий поток гидрокрекинга, содержащий водород, и жидкий выходящий поток гидрокрекинга; и смешивание указанного парообразного выходящего потока гидрокрекинга с указанным выходящим потоком гидроочистки. Способ позволяет получать дизельное топливо с ультранизким содержанием серы. Изобретение также относится к устройству

R U 2 5 7 6 3 2 0 C 1

для осуществления указанного способа. 2 н. и 6

з.п. ф-лы, 2 ил.



Фиг. 1

R U 2 5 7 6 3 2 0 C 1

R U 2 5 7 6 3 2 0 C 1

FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21)(22) Application: 2014143455/04, 13.03.2013

(24) Effective date for property rights:
13.03.2013

Priority:

(30) Convention priority:
29.03.2012 US 13/433,726

(45) Date of publication: 27.02.2016 Bull. № 6

(85) Commencement of national phase: 29.10.2014

(86) PCT application:
US 2013/030808 (13.03.2013)(87) PCT publication:
WO 2013/148194 (03.10.2013)Mail address:
109012, Moskva, ul. Il'inka, 5/2, OOO "Sojuzpatent"(72) Inventor(s):
TsIMMERMAN Pol R. (US),
KOKAEFF Piter (US)(73) Proprietor(s):
JuOP LLK (US)C1
RU 2 576 320 C1

(54) METHOD AND DEVICE FOR OBTAINING DIESEL FUEL FROM HYDROCARBON FLOW

(57) Abstract:

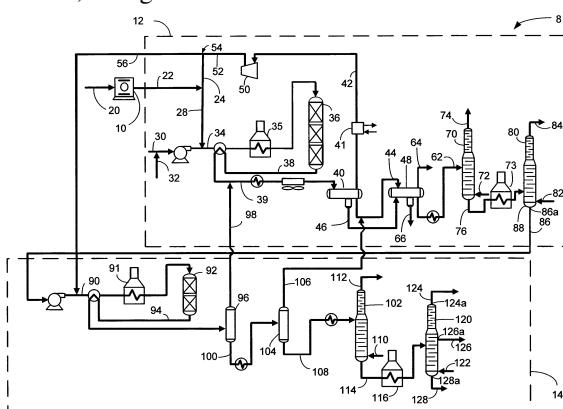
FIELD: chemistry.

SUBSTANCE: method includes hydropurification of hydrocarbon flow in presence of hydrogen flow for hydropurification and hydropurification catalyst to obtain output hydropurification flow; separation of said output hydropurification flow into vapour output hydropurification flow, containing hydrogen, and liquid output hydropurification flow; fractioning said liquid output hydropurification flow to obtain flow of naphtha and light fractions and flow of Diesel fuel; hydrocracking of second hydrocarbon flow, which contains said flow of Diesel fuel, in presence of hydrogen flow for hydrocracking and hydrocracking catalyst to obtain output hydrocracking flow; separation of output hydrocracking flow into vapour output hydrocracking flow, which contains hydrogen, and liquid output hydrocracking flow; and mixing said vapour output hydrocracking flow with said output

hydropurification flow.

EFFECT: method makes it possible to obtain Diesel fuel with ultralow content of sulphur.

8 cl, 2 dwg



Фиг. 1

В этой заявке испрашивается приоритет по заявке США №13/433726, поданной 29 марта 2012 года.

Область техники, к которой относится изобретение

Изобретение относится к области получения дизельного топлива путем гидроочистки и гидрокрекинга углеводородов.

Уровень техники

Гидрокрекинг представляет собой процесс, в котором углеводороды расщепляются в присутствии водорода и катализатора с образованием углеводородов с меньшей молекулярной массой. В зависимости от желательного выхода, установка гидрокрекинга может содержать один или несколько слоев одинакового или различных катализаторов. Гидрокрекинг представляет собой процесс, в котором расщепляется углеводородное сырье, такое как вакуумный газойль (VGO), с образованием моторных топлив, включающих дизельное топливо, керосин и бензин.

Мягкий гидрокрекинг обычно используется выше по ходу потока от крекинга с псевдоожиженным слоем катализатора (FCC) или другой технологической установки для того, чтобы повысить качество не превращенных углеводородов, которые можно подавать в расположенную ниже по ходу потока установку, в то время как часть сырья превращается в более легкие продукты, такие как дизельное топливо. Поскольку мировой спрос на дизельное моторное топливо возрастает относительно бензинового моторного топлива, процесс мягкого гидрокрекинга рассматривается для изменения списка продуктов в пользу дизельного топлива за счет бензина. Мягкий гидрокрекинг можно эксплуатировать в менее жестких условиях, чем гидрокрекинг с частичным или полным превращением, чтобы сбалансировать производство дизельного топлива с помощью FCC установки, которая используется, главным образом, для получения нафты. Гидрокрекинг с частичным или полным превращением используется для получения дизельного топлива с меньшим выходом не превращенных углеводородов, которые можно подавать в расположенную ниже по ходу потока установку.

Вследствие проблем для окружающей среды и вновь изданных правил и нормативных документов, пригодное для продажи дизельное топливо должно содержать все меньшее предельное количество загрязнений, таких как сера и азот. В новых нормативных документах требуется практически полное удаление серы из дизельного топлива. Например, для дизельного топлива с ультранизким содержанием серы (ULSD) обычно допускается содержание серы меньше чем 10 мас. ч./млн.

Гидроочистка относится к процессу, в котором насыщаются олефины и ароматические углеводороды, а гетероатомы, такие как сера, азот и металлы, удаляются из углеводородного сырья над катализатором в присутствии водорода. Гидроочистка является существенной стадией в производстве ULSD.

Следовательно, существует постоянная потребность в усовершенствовании способов получения большего количества дизельного топлива, чем бензина, из углеводородного сырья. Указанные способы должны обеспечить выполнение возрастающих строгих требований к продукту - дизельному топливу.

Раскрытие изобретения

В варианте осуществления способа, изобретение предоставляет способ получения дизельного топлива из углеводородного потока, включающий гидроочистку углеводородного потока в присутствии потока водорода для гидроочистки и катализатора гидроочистки. Выходящий поток гидроочистки разделяют на парообразный выходящий поток гидроочистки, содержащий водород, и жидкий выходящий поток гидроочистки. Жидкий выходящий поток гидроочистки подвергают

фракционированию для получения потока дизельного топлива. Наконец, поток дизельного топлива подвергают гидрокрекингу в присутствии потока водорода для гидрокрекинга и катализатора гидрокрекинга для получения выходящего потока гидрокрекинга.

- 5 В дополнительном варианте осуществления способа, изобретение, кроме того, предоставляет способ получения дизельного топлива из углеводородного потока, включающий гидроочистку углеводородного потока в присутствии потока водорода для гидроочистки и катализатора гидроочистки для получения выходящего потока гидроочистки. Этот выходящий поток гидроочистки разделяют на парообразный
- 10 выходящий поток гидроочистки, содержащий водород, и жидкий выходящий поток гидроочистки. Парообразный выходящий поток гидроочистки подвергают сжатию для получения потока сжатого водорода. Поток водорода для гидрокрекинга отбирают из указанного потока сжатого водорода. Жидкий выходящий поток гидроочистки подвергают фракционированию для получения дизельного топлива и более тяжелого
- 15 потока. Наконец, дизельное топливо и более тяжелый поток подвергают гидрокрекингу в присутствии потока водорода для гидрокрекинга и катализатора гидрокрекинга для получения выходящего потока гидрокрекинга.

- Кроме того, в альтернативном варианте осуществления способа, изобретение предоставляет способ получения дизельного топлива из углеводородного потока,
- 20 включающий гидроочистку углеводородного потока в присутствии потока водорода для гидроочистки и катализатора гидроочистки для получения выходящего потока гидроочистки. Этот выходящий поток гидроочистки разделяют на парообразный выходящий поток гидроочистки, содержащий водород, и жидкий выходящий поток гидроочистки. Жидкий выходящий поток гидроочистки подвергают фракционированию
- 25 для получения потока дизельного топлива. Указанный поток дизельного топлива подвергают гидрокрекингу в присутствии потока водорода для гидрокрекинга и катализатора гидрокрекинга при избыточном давлении от 6,9 МПа (1000 фунт/кв. дюйм) до 11,0 МПа (1600 фунт/кв. дюйм) для получения выходящего потока гидрокрекинга. Наконец, выходящий поток гидрокрекинга подвергают
- 30 фракционированию для получения потока низкосернистого дизельного топлива.

- В варианте осуществления устройства, изобретение предоставляет устройство для получения дизельного топлива из углеводородного потока, содержащее реактор гидроочистки для гидроочистки углеводородного потока в присутствии потока водорода для гидроочистки и катализатора гидроочистки для получения выходящего потока гидроочистки. Сепаратор, сообщающийся с реактором гидроочистки, предназначенный для разделения выходящего потока гидроочистки на парообразный выходящий поток гидроочистки, содержащий водород, и жидкий выходящий поток гидроочистки. Колонна фракционирования продукта гидроочистки, сообщающаяся с сепаратором, предназначена для фракционирования жидкого выходящего потока гидроочистки для
- 35 получения потока дизельного топлива из выпуска дизельного топлива. Наконец, реактор гидрокрекинга, сообщающийся ниже по ходу потока с сепаратором и колонной фракционирования продукта гидроочистки, предназначен для гидрокрекинга потока дизельного топлива в присутствии потока водорода для гидрокрекинга и катализатора гидрокрекинга для получения выходящего потока гидрокрекинга.
- 40

- 45 В дополнительном варианте осуществления устройства, изобретение предоставляет устройство для получения дизельного топлива из углеводородного потока, содержащее реактор гидроочистки для гидроочистки углеводородного потока в присутствии потока водорода для гидроочистки и катализатора гидроочистки для получения выходящего

потока гидроочистки. Сепаратор, сообщающийся с реактором гидроочистки, предназначен для разделения выходящего потока гидроочистки на парообразный выходящий поток гидроочистки, содержащий водород, и жидкий выходящий поток гидроочистки. Колонна фракционирования продукта гидроочистки, сообщающаяся с

- 5 сепаратором, предназначена для фракционирования жидкого выходящего потока гидроочистки для получения потока дизельного топлива из нижнего выпуска. Наконец, реактор гидрокрекинга, сообщающийся ниже по ходу потока с сепаратором и нижним выпуском из колонны фракционирования продукта гидроочистки, предназначен для гидрокрекинга потока дизельного топлива в присутствии потока водорода для
- 10 гидрокрекинга и катализатора гидрокрекинга для получения выходящего потока гидрокрекинга.

В дополнительном варианте осуществления устройства, изобретение предоставляет устройство для получения дизельного топлива из углеводородного потока, содержащее реактор гидроочистки для гидроочистки углеводородного потока в присутствии потока

- 15 водорода для гидроочистки и катализатора гидроочистки для получения выходящего потока гидроочистки. Сепаратор, сообщающийся с реактором гидроочистки, предназначен для разделения выходящего потока гидроочистки на парообразный выходящий поток гидроочистки, содержащий водород, и жидкий выходящий поток гидроочистки. Рециркуляционный компрессор, сообщающийся с сепаратором продукта
- 20 гидроочистки, предназначен для сжатия парообразного выходящего потока гидроочистки для получения потока сжатого водорода. Колонна фракционирования продукта гидроочистки, сообщающаяся с сепаратором, предназначена для фракционирования жидкого выходящего потока гидроочистки для получения потока дизельного топлива на выпуске дизельного топлива. Реактор гидрокрекинга,
- 25 сообщающийся ниже по ходу потока с сепаратором, колонной фракционирования продукта гидроочистки и рециркуляционным компрессором, предназначен для гидрокрекинга потока дизельного топлива в присутствии потока водорода для гидрокрекинга и катализатора гидрокрекинга для получения выходящего потока гидрокрекинга.

- 30 В варианте осуществления способа, изобретение предоставляет способ получения дизельного топлива из углеводородного потока, включающий гидроочистку первого углеводородного потока в присутствии потока водорода для гидроочистки и катализатора гидроочистки для получения выходящего потока гидроочистки. Второй углеводородный поток подвергают гидрокрекингу в присутствии потока водорода для
- 35 гидрокрекинга и катализатора гидрокрекинга для получения выходящего потока гидрокрекинга. Выходящий поток гидрокрекинга разделяют на парообразный выходящий поток гидрокрекинга, содержащий водород, и жидкий выходящий поток гидрокрекинга. Наконец, парообразный выходящий поток гидрокрекинга смешивают с выходящим потоком гидроочистки.

- 40 В альтернативном варианте осуществления способа, изобретение предоставляет способ получения дизельного топлива из углеводородного потока, включающий гидроочистку первого углеводородного потока в присутствии потока водорода для гидроочистки и катализатора гидроочистки для получения выходящего потока гидроочистки. Выходящий поток гидроочистки разделяют на парообразный выходящий поток гидроочистки, содержащий водород, и жидкий выходящий поток гидроочистки. Поток, содержащий жидкий выходящий поток гидроочистки, подвергают
- 45 фракционированию для получения потока дизельного топлива. Поток дизельного топлива подвергают гидрокрекингу в присутствии потока водорода для гидрокрекинга

и катализатора гидрокрекинга для получения выходящего потока гидрокрекинга. Выходящий поток гидрокрекинга разделяют на парообразный выходящий поток гидрокрекинга, содержащий водород, и жидкий выходящий поток гидрокрекинга. Наконец, парообразный выходящий поток гидрокрекинга смешивают с выходящим

5 потоком гидроочистки.

В дополнительном варианте осуществления способа, изобретение предоставляет способ получения дизельного топлива из углеводородного потока, включающий гидроочистку первого углеводородного потока в присутствии потока водорода для гидроочистки и катализатора гидроочистки для получения выходящего потока

- 10 гидроочистки. Второй углеводородный поток подвергают гидрокрекингу в присутствии потока водорода для гидрокрекинга и катализатора гидрокрекинга для получения выходящего потока гидрокрекинга. Выходящий поток гидрокрекинга разделяют на парообразный выходящий поток гидрокрекинга, содержащий водород, и жидкий выходящий поток гидрокрекинга. Парообразный выходящий поток гидрокрекинга
- 15 смешивают с выходящим потоком гидроочистки. Наконец, жидкий выходящий поток гидрокрекинга подвергают фракционированию для получения потока низкосернистого дизельного топлива.

В варианте осуществления устройства, изобретение предоставляет устройство для получения дизельного топлива из углеводородного потока, содержащее реактор

- 20 гидроочистки, предназначенный для гидроочистки первого углеводородного потока в присутствии потока водорода для гидроочистки и катализатора гидроочистки для получения выходящего потока гидроочистки. Колонна фракционирования продукта гидроочистки, сообщающаяся с реактором гидроочистки, предназначена для фракционирования жидкого выходящего потока гидроочистки. Реактор гидрокрекинга
- 25 предназначен для гидрокрекинга второго углеводородного потока в присутствии потока водорода для гидрокрекинга и катализатора гидрокрекинга для получения выходящего потока гидрокрекинга. Сепаратор продукта гидрокрекинга, сообщающийся с реактором гидрокрекинга, предназначен для разделения выходящего потока гидрокрекинга на парообразный выходящий поток гидрокрекинга, содержащий водород,
- 30 и жидкий выходящий поток гидрокрекинга, а трубопровод выходящего потока гидроочистки сообщается с сепаратором продукта гидрокрекинга для смешивания парообразного выходящего потока гидрокрекинга, содержащего водород, с выходящим потоком гидроочистки.

В альтернативном варианте осуществления устройства, изобретение предоставляет

- 35 устройство для получения дизельного топлива из углеводородного потока, содержащее реактор гидроочистки для гидроочистки первого углеводородного потока в присутствии потока водорода для гидроочистки и катализатора гидроочистки для получения выходящего потока гидроочистки. Колонна фракционирования продукта гидроочистки, сообщающаяся с реактором гидроочистки, предназначена для фракционирования
- 40 жидкого выходящего потока гидроочистки. Реактор гидрокрекинга, сообщающийся с колонной фракционирования продукта гидроочистки, предназначен для гидрокрекинга второго углеводородного потока в присутствии потока водорода для гидрокрекинга и катализатора гидрокрекинга для получения выходящего потока гидрокрекинга. Сепаратор продуктов гидрокрекинга, сообщающийся с реактором гидрокрекинга,
- 45 предназначен для разделения выходящего потока гидрокрекинга на парообразный выходящий поток гидрокрекинга, содержащий водород, и жидкий выходящий поток гидрокрекинга. Трубопровод выходящего потока гидроочистки, сообщающийся с сепаратором гидрокрекинга, предназначен для смешивания парообразного выходящего

потока гидрокрекинга, содержащего водород, с выходящим потоком гидроочистки.

В дополнительном варианте осуществления устройства, изобретение предоставляет устройство для получения дизельного топлива из углеводородного потока, содержащее реактор гидроочистки для гидроочистки первого углеводородного потока в присутствии

- 5 потока водорода для гидроочистки и катализатора гидроочистки для получения выходящего потока гидроочистки. Колонна фракционирования продукта гидроочистки, сообщающаяся с реактором гидроочистки, предназначена для фракционирования жидкого выходящего потока гидроочистки. Реактор гидрокрекинга предназначен для гидрокрекинга второго углеводородного потока в присутствии потока водорода для
- 10 гидрокрекинга и катализатора гидрокрекинга для получения выходящего потока гидрокрекинга. Сепаратор продукта гидрокрекинга, сообщающийся с реактором гидрокрекинга, предназначен для разделения выходящего потока гидрокрекинга на парообразный выходящий поток гидрокрекинга, содержащий водород, и жидкий выходящий поток гидрокрекинга. Наконец, трубопровод выходящего потока
- 15 гидроочистки, сообщающейся с сепаратором гидрокрекинга, предназначен для смешивания парообразного выходящего потока гидрокрекинга, содержащего водород, с выходящим потоком гидроочистки.

В настоящем изобретении значительно улучшена способность получения дизельного топлива с ультранизким содержанием серы (ULSD) путем разделения катализатора

- 20 гидроочистки и катализатора гидрокрекинга на отдельных стадиях. После первой установки гидроочистки следует фракционирование. Сероводород и аммиак удаляются, наряду с нафтой и легкими фракциями, из потока дизельного топлива до его подачи в установку гидрокрекинга. Это обеспечивает работу реактора гидрокрекинга в более чистой окружающей среде, более благоприятной для превращения серы, что дает
- 25 возможность достижения цели - ULSD. В качестве альтернативы, сепаратор продукта гидрокрекинга используют для направления парообразного продукта гидрокрекинга с целью переработки с продуктами гидроочистки.

Краткое описание чертежей

- На фиг. 1 приведена упрощенная технологическая схема варианта осуществления настоящего изобретения.

На фиг. 2 приведена упрощенная технологическая схема альтернативного варианта осуществления настоящего изобретения.

Определения

- Термин "сообщение" означает, что при функционировании обеспечивается поток
- 35 материала между перечисленными компонентами.

Выражение "сообщение ниже по ходу потока" означает, что по меньшей мере часть материала, текущего к объекту, сообщающемуся ниже по ходу потока, может при функционировании течь от объекта, с которым он сообщается.

- 40 Выражение "сообщение выше по ходу потока" означает, что по меньшей мере часть материала, текущего от объекта, сообщающегося выше по ходу потока, может при функционировании течь к объекту, с которым он сообщается.

Термин "колонна" означает дистилляционную колонну или колонны для разделения одного или нескольких компонентов с различной летучестью. Если не указано иное, каждая колонна содержит холодильник на головном потоке колонны для конденсации

- 45 и орошения части головного потока обратно наверх колонны, и кипятильник внизу колонны, чтобы испарять и подавать часть донного потока обратно вниз колонны. Однако обычно колонны для отпаривания водяным паром не содержат кипятильник, хотя это возможно. Сыре, подаваемое в колонну, может подогреваться. Давление

наверху представляет собой давление паров головного потока на выходе паров из колонны. Температура внизу колонны является температурой на выходе жидкого донного потока. Трубопроводы головного потока и донного потока относятся к сети трубопроводов из колонны, ниже по ходу потока от обратного орошения или потока повторного кипячения в колонну.

Указанные в изобретении температуры кипения относятся к истинным температурам кипения. Термин "истинная температура кипения" (ИТК) означает метод испытания для определения температуры кипения материала, который соответствует стандарту ASTM D2892 для получения сжиженного газа, дистиллятных фракций и остатка

стандартного качества, на основе которого могут быть получены аналитические данные и определены выходы указанных выше фракций, как по массе, так и по объему, по которым строится график температурной зависимости выхода дистиллята (мас. %), полученного в колонне с пятнадцатью теоретическими тарелками и флегмовым числом 5:1.

Используемый в изобретении термин "конверсия" означает степень превращения сырья в материал, который кипит при температуре кипения дизельного топлива или ниже этого диапазона. Точка отсечки диапазона кипения дизельного топлива находится между 343 и 399°C (650-750°F) с использованием метода дистилляции с истинными температурами кипения.

Используемый в изобретении термин "диапазон кипения дизельного топлива" означает углеводороды, выкипающие в диапазоне между 132 и 399°C (270-750°F) с использованием метода дистилляции с истинными температурами кипения.

Осуществление изобретения

Обычно в реакторе мягкого гидрокрекинга (МНС) перерабатывается VGO с образованием в качестве основных продуктов сырья для FCC и дистиллята. Поскольку реакторы МНС обычно эксплуатируются при конверсии от низкой до умеренной и под давлением ниже, чем в реакторах гидрокрекинга с полным превращением, полученный в установках МНС дистиллят может иметь высокое содержание серы, такое как 20-150 мас. ч./млн, потому что реакционная среда в МНС реакторе имеет высокую

концентрацию сероводорода. Кроме того, высокая концентрация амиака в МНС реакторе снижает активность катализатора гидрокрекинга, для которого требуется более высокая температура эксплуатации, дополнительно ограничивающая превращение серы. В результате дизельное топливо из МНС реактора необходимо обрабатывать в реакторе гидроочистки дистиллята для получения ULSD. Указанная дополнительная обработка увеличивает капитальные и эксплуатационные расходы.

В настоящем изобретении реактор гидроочистки и реактор гидрокрекинга разделены на отдельных стадиях. После реактора гидроочистки более легкие продукты подвергаются отпариванию и фракционированию. Сероводород и амиак удаляются, наряду с нафтой и легкими фракциями, из потока дизельного топлива до его подачи в реактор гидрокрекинга. Это обеспечивает работу реактора гидрокрекинга в более чистой окружающей среде, более благоприятной для крекинга с образованием материала, кипящего в диапазоне дистиллята, и для превращения серы, дающего возможность получить ULSD.

Устройство и способ 8 для получения дизельного топлива включает в себя секцию 10 сжатия, установку 12 гидроочистки и установку 14 гидрокрекинга. Первое углеводородное сырье подают в установку 12 гидроочистки, чтобы снизить содержание азота до уровня, благоприятного для гидрокрекинга, например, от 0 до 100 мас. ч./млн азота. Значительное количество серы превращается в сероводород, а часть VGO в

первом углеводородном сырье превращается в дизельное топливо и более легкие продукты. Дизельное топливо и более тяжелый поток разделяют в колонне 80 фракционирования продукта гидроочистки и направляют в установку 14 гидрокрекинга для получения ULSD.

- 5 Поток подпиточного водорода в линии 20 подпиточного водорода подают в по меньшей мере один компрессор 10, который может включать группу из одного или более компрессоров 10, сообщающихся с линией подпиточного водорода, для сжатия потока подпиточного водорода и получения потока сжатого подпиточного водорода в линии 22 сжатого подпиточного водорода. Поток сжатого подпиточного водорода
- 10 в линии 22 сжатого подпиточного водорода может объединяться с первым рециркулирующим потоком сжатого водорода, содержащим водород, в первой ответвленной линии 24, которая будет описана в последующем, для получения потока водорода для гидроочистки в линии 28 водорода для гидроочистки.

Поток водорода для гидроочистки в линии 28 водорода для гидроочистки может объединяться с первым потоком углеводородного сырья в линии 30 для получения потока сырья для гидроочистки в первой линии 34 углеводородного сырья. В первый поток углеводородного сырья может быть добавлено совместное сырье из линии 32 совместного сырья, чтобы объединиться с потоком водорода для гидроочистки из линии 28 водорода для гидроочистки.

- 20 Первый поток углеводородного сырья вводится в линию 30, возможно, через уравнительный резервуар. В одном аспекте, описанные в изобретении способ и устройство являются особенно применимыми для гидроочистки углеводородного сырья. Иллюстративные виды углеводородного сырья включают углеводородные потоки, имеющие компоненты, кипящие выше 288°C (550°F), такие как атмосферные газойли, VGO, деасфальтизованные, вакуумные и атмосферные остатки, дистилляты процесса коксования, прямогонные дистилляты, деасфальтизированную растворителем нефть, масла, произведенные при пиролизе, высококипящие синтетические масла, рецикловый газойль, сырье, подвергнутое гидрокрекингу, дистилляты каталитического крекинга и тому подобное. Подходящее совместное сырье в линии 32 совместного сырья может включать потоки дизельного топлива, такие как дистилляты процесса коксования, прямогонные дистилляты, рецикловый газойль, дистилляты каталитического крекинга, кипящие в диапазоне от 149°C (300°F) до 371°C (700°F). Эти виды углеводородного сырья могут содержать от 0,1 до 4 мас. % серы.
- 25
- 30
- 35

Подходящим углеводородным сырьем является VGO или другая углеводородная фракция, в которой по меньшей мере 50% по массе и обычно по меньшей мере 75% по массе компонентов кипят при температуре выше 399°C (750°F). Типичный VGO обычно имеет диапазон температур кипения от 315°C (600°F) до 565°C (1050°F).

- 40 Реактор 36 гидроочистки сообщается ниже по ходу потока по меньшей мере с одним компрессором 10 на линии 20 подпиточного водорода и линией 34 первого углеводородного сырья. Первый углеводородный поток, содержащий поток сырья для гидроочистки в первой линии 34 углеводородного сырья, может обмениваться теплом с выходящим потоком гидроочистки в линии 38 и дополнительно нагреваться огневым нагревателем 35, до поступления в реактор 36 гидроочистки первого углеводородного потока.
- 45

Гидроочистка представляет собой процесс, в котором газообразный водород контактирует с углеводородом в присутствии подходящих катализаторов, которые активны, главным образом, при удалении гетероатомов, таких как сера, азот и металлы из углеводородного сырья. При гидроочистке могут насыщаться углеводороды с

двойными и тройными связями. Кроме того, могут насыщаться ароматические углеводороды. Некоторые процессы гидроочистки разработаны специально для насыщения ароматических углеводородов. Для гидроочищенного продукта также может быть снижена температура помутнения.

- 5 Реактор 36 гидроочистки может содержать больше чем одну емкость и множество слоев катализатора. Реактор 36 гидроочистки на фиг. 1 имеет три слоя в одной емкости реактора, но можно использовать больше или меньше слоев. Предпочтительно, в реакторе 36 гидроочистки используются от двух до четырех слоев катализатора. В 10 реакторе гидроочистки углеводороды с гетероатомами дополнительно подвергаются удалению металлов, серы и азота. Кроме того, реактор гидроочистки может содержать катализатор гидроочистки, который подходит для насыщения ароматических углеводородов, гидродепарафинизации и гидроизомеризации. Предполагается, что один из слоев в реакторе 36 гидроочистки может быть катализатором гидрокрекинга, раскрывающим нафтеновые кольца, полученные при насыщении ароматических 15 углеводородов в расположеннном выше по ходу потока слое катализатора. Катализатор гидроочистки, подходящий для одной или нескольких из вышеупомянутых желательных реакций, может быть загружен в каждый из слоев в реактор гидроочистки. Водород из линии 28 водорода для гидроочистки может также подаваться в реактор 36 гидроочистки между слоями катализатора (не показано).
- 20 Подходящими катализаторами гидроочистки для использования в настоящем изобретении являются любые известные традиционные катализаторы гидроочистки и включают в себя те, которые содержат по меньшей мере один металл VIII группы, предпочтительно железо, кобальт и никель, более предпочтительно кобальт и/или никель и по меньшей мере один металл VI группы, предпочтительно молибден и 25 вольфрам, на материале носителя с высокой площадью поверхности, предпочтительно, оксиде алюминия. Другие подходящие катализаторы гидроочистки включают цеолитные катализаторы, а также катализаторы с благородными металлами, где благородный металл выбирают из палладия и платины. В объем настоящего изобретения входит возможность использования более одного типа катализатора гидроочистки в одном и 30 том же реакторе 36 гидроочистки. Обычно металл VIII группы присутствует в количестве в диапазоне от 2 до 20 мас. %, предпочтительно от 4 до 12 мас. %. Металл VI группы обычно может присутствовать в количестве в диапазоне от 1 до 25 мас. %, предпочтительно от 2 до 25 мас. %.

- 35 Предпочтительные условия процесса гидроочистки включают в себя: температуру от 290°C (550°F) до 455°C (850°F), целесообразно от 316°C (600°F) до 427°C (800°F) и предпочтительно от 343°C (650°F) до 399°C (750°F), избыточное давление от 4,1 МПа (600 фунт/кв. дюйм), предпочтительно от 6,2 МПа (900 фунт/кв. дюйм) до 13,1 МПа (1900 фунт/кв. дюйм), объемную скорость подачи жидкости свежего углеводородного сырья от 0,5 час⁻¹ до 4 час⁻¹, предпочтительно от 1,5 до 3,5 час⁻¹, и соотношение водород/ 40 углеводороды от 168 до 1011 н.м³/м³ (1000-6000 н.куб.фут/баррель), предпочтительно от 168 до 674 н.м³/м³ (1,000-4,000 н.куб.фут/баррель) для сырья - дизельное топливо, с катализатором гидроочистки или комбинацией катализаторов гидроочистки. Установка 12 гидроочистки может быть интегрирована с установкой 14 гидрокрекинга для того, 45 чтобы они работали при одинаковом давлении с учетом нормального перепада давления.

В первом углеводородном сырье, которое проходит через реактор 36 гидроочистки, содержание азота снижается до уровня, подходящего для гидрокрекинга, а также превращается значительное количество органической серы. Кроме того, в реакторе

гидроочистки часть первого потока углеводородного сырья превращается в дизельное топливо и более легкие продукты. Выходящий поток гидроочистки выходит из реактора 36 гидроочистки по линии 38. По меньшей мере часть выходящего потока 38 гидроочистки можно фракционировать ниже по ходу потока от реактора 36

5 гидроочистки для получения потока дизельного топлива в линии 86.

Выходящий поток гидроочистки в линии 38 может обмениваться теплом с сырьем для гидроочистки в линии 34. В варианте осуществления, парообразный выходящий поток гидрокрекинга в головной линии 98 сепаратора продукта гидрокрекинга, как описано в дальнейшем, может объединяться с выходящим потоком гидроочистки в

10 линии 38 выходящего потока гидроочистки и обрабатываться совместно. В дополнительном варианте осуществления, смешанный поток из выходящего потока гидроочистки и парообразного выходящего потока гидрокрекинга в линии 39 смеси может поступать в сепаратор 40 продукта гидроочистки. В варианте осуществления, смешанный поток в линии 39 смеси может охлаждаться до поступления в сепаратор 40

15 продукта гидроочистки. Сепаратор 40 продукта гидроочистки сообщается ниже по ходу потока с реактором 36 гидроочистки. Кроме того, парообразный выходящий поток гидрокрекинга может объединяться с выходящим потоком 38 гидроочистки выше по ходу потока сепаратора 40 продукта гидроочистки. Сепаратор продукта гидроочистки можно эксплуатировать при температуре от 46°C (115°F) до 63°C (145°F)

20 под давлением немного ниже давления в реакторе 36 гидроочистки, с учетом перепада давления, с целью удерживания водорода и легких газов, таких как сероводород и аммиак, в головном потоке и обычно жидких углеводородов - в донном потоке. Поэтому сепаратор продукта гидроочистки может представлять собой холодный сепаратор. В сепараторе 40 продукта гидроочистки выходящий поток гидроочистки в линии 39

25 разделяется, с образованием парообразного выходящего потока гидроочистки, который в варианте осуществления содержит парообразный выходящий поток гидрокрекинга из линии 98, содержащий водород, в линии 42 головного потока сепаратора продукта гидроочистки, а также жидкого выходящего потока гидроочистки в линии 44 донного потока сепаратора продукта гидроочистки. Кроме того, сепаратор продукта

30 гидроочистки имеет отстойник для сбора водной фазы в линию 46.

Жидкий выходящий поток 44 гидроочистки может однократно испаряться в испарительной камере 48 продукта гидроочистки, которая может работать при такой же температуре, как в сепараторе 40 продукта гидроочистки, но при меньшем избыточном давлении от 1,4 МПа до 3,1 МПа (200-450 фунт/кв. дюйм) для получения 35 легкого жидкого потока в нижней линии 62 из жидкого выходящего потока гидроочистки и потока легких фракций в линии 64 головного потока. Водный поток в линии 46 из отстойника сепаратора 40 продукта гидроочистки также может быть направлен в испарительную камеру 48 продукта гидроочистки. Однократно испаренный водный поток удаляется из отстойника испарительной камеры 48 продукта гидроочистки 40 в линию 66. Однократно испаренный жидкий поток в линии 62 донного потока, содержащий жидкий выходящий поток гидроочистки, можно фракционировать в колонне 80 фракционирования продукта гидроочистки.

Жидкий поток однократного испарения продукта гидроочистки сначала можно отпаривать в отпарной колонне 70 продукта гидроочистки, до фракционирования 45 потока в колонне 80 фракционирования продукта гидроочистки, чтобы удалить больше легких газов из жидкого выходящего потока гидроочистки. Жидкий поток однократного испарения продукта гидроочистки в линии 62 донного потока можно нагревать и подавать в отпарную колонну 70 продукта гидроочистки. Жидкий поток однократного

испарения продукта гидроочистки, который представляет собой жидкий выходящий поток гидроочистки, можно отпаривать водяным паром из линии 72 для получения потока легкой фракции, содержащего водород, сероводород, аммиак, водяной пар и другие газы, в линии 74 головного потока. Часть потока легкой фракции можно

- 5 конденсировать и использовать для обратного орошения отпарной колонны 70 продукта гидроочистки. Отпарная колонна 70 продукта гидроочистки может работать при температуре в нижней части от 232°C (450°F) до 288°C (550°F) и избыточном давлении головного потока от 690 кПа (100 фунт/кв. дюйм) до 1034 кПа (150 фунт/кв. дюйм). Отпаренный донный поток продукта гидроочистки, содержащий жидкий входящий
- 10 поток гидроочистки, линии 76 донного потока, можно удалить со дна отпарной колонны 70 продукта гидроочистки, нагреть в огневом нагревателе 73 и подавать в колонну 80 фракционирования продукта гидроочистки.

Во фракционирующую колонну 80 также можно отпаривать донный поток гидроочистки водяным паром из линии 82 для получения головного потока нафты в линии 84. Для головного потока нафты в линии 84 может потребоваться дополнительная переработка до смешивания в компаундированном бензине. Для повышения октанового числа сначала может потребоваться каталитический риформинг нафты. Для катализатора риформинга может быть необязательным дополнительное обессеривание головного потока нафты в реакторе гидроочистки нафты до риформинга. В колонне 20 80 фракционирования продукта гидроочистки жидкий выходящий поток гидроочистки фракционируют для получения донного потока гидроочистки, который содержит дизельное топливо и более тяжелый поток, в линии 86, имеющий температуру начала кипения от 121°C (250°F), предпочтительно 177°C (350°F) до 288°C (550°F), и значительно сниженное содержание серы и азота. Дизельное топливо и более тяжелый поток может 25 быть удален из выпуска 86а дизельного топлива колонны 80 фракционирования продукта гидроочистки, который может быть в нижней части 88 колонны фракционирования продукта гидроочистки, в линию 86 для последующей переработки. Кроме того, предполагается возможность отбора дополнительной боковой фракции выше донной части 88 для получения отдельного потока легкого дизельного топлива 30 или керосина. Часть головного потока нафты в линии 84 можно конденсировать и подавать как флегму во фракционирующую колонну 80. Фракционирующая колонна 80 продукта гидроочистки может работать при температуре в нижней части от 288°C (550°F) до 385°C (725°F), предпочтительно от 315°C (600°F) до 357°C (675°F) и при давлении, равном атмосферному или вблизи него. Часть донного потока гидроочистки 35 можно нагреть в кипятильнике и возвращать во фракционирующую колонну 80 вместо использования отпаривания водяным паром.

Второй углеводородный поток, который может содержать дизельное топливо и более тяжелый поток, в линии 86, можно объединять со вторым потоком водорода для гидрокрекинга во второй ответвленной линии 56 водорода, взятым из потока сжатого 40 водорода в линии 52 сжатого водорода в месте разветвления 54 для получения потока 90 сырья для гидрокрекинга. Кроме того, дизельное топливо и более тяжелый поток в линии 86 можно смешивать с совместным сырьем, таким как поток дизельного топлива, что не показано. Поток 90 сырья для гидрокрекинга может подвергаться теплообмену с выходящим потоком гидрокрекинга в линии 94, дополнительно нагреваться в огневом 45 нагревателе 91 и направляться в реактор 92 гидрокрекинга. Следовательно, реактор гидрокрекинга сообщается ниже по ходу потока с сепаратором 40 продукта гидроочистки, испарительной камерой 48 продукта гидроочистки и колонной 80 фракционирования продукта гидроочистки, конкретно с ее нижней частью 88 и выпуским

86а дизельного топлива, линией 52 сжатого водорода и реактором 36 гидроочистки. Более того, сепаратор 40 продукта гидроочистки сообщается выше по ходу потока с любым отдельным реактором 92 гидрокрекинга в устройстве и способе 8. В реакторе 92 гидрокрекинга дизельное топливо и более тяжелый поток подвергаются

5 гидрокрекингу в присутствии потока водорода для гидрокрекинга и катализатора гидрокрекинга для получения выходящего потока гидрокрекинга в линии 94 выходящего потока гидрокрекинга. В одном аспекте весь поток водорода для гидрокрекинга отбирается из потока сжатого водорода в линии 52 по второй ответвленной линии 56 водорода.

10 Гидрокрекинг относится к процессу, в котором углеводороды расщепляются в присутствии водорода до углеводородов с меньшей молекулярной массой. В реакторе 92 гидрокрекинга достигается желаемая конверсия более тяжелых углеводородов в углеводороды диапазона дизельного топлива, наряду с превращением органических соединений серы, оставшихся в дизельном топливе и более тяжелом потоке, что

15 способствует более чистой окружающей среде в реакторе.

Реактор 92 гидрокрекинга может содержать одну или несколько емкостей, множество слоев катализатора в каждой емкости и различные комбинации катализатора гидроочистки и катализатора гидрокрекинга в одной или нескольких емкостях. В некоторых аспектах в процессе гидрокрекинга обеспечивается суммарная конверсия

20 по меньшей мере 20 об.% и обычно больше чем 60 об.% углеводородного сырья в продукты, кипящие ниже точки отсечки дизельного топлива. Реактор 92 гидрокрекинга может работать при частичном превращении больше чем 50 об.% или полном превращении по меньшей мере 90 об.% сырья, в расчете на суммарную конверсию. Для максимального выхода дизельного топлива эффективным является полное превращение.

25 Первая емкость или слой могут содержать катализатор гидроочистки с целью удаления металлов, серы или азота из сырья гидрокрекинга. Водород из второй ответвленной линии 56 водорода также можно подавать в реактор 92 гидрокрекинга между слоями катализатора (не показано).

Реактор 92 гидрокрекинга можно эксплуатировать в условиях мягкого гидрокрекинга.

30 В условиях мягкого гидрокрекинга можно обеспечить общую конверсию углеводородного сырья от 20 до 60 об.%, предпочтительно от 20 до 50 об.%, в продукты, кипящие ниже точки отсечки дизельного топлива. При мягком гидрокрекинге, состав превращенных продуктов смещается в пользу дизельного топлива. При работе в режиме мягкого гидрокрекинга катализатор гидроочистки дает такой же или более значительный

35 вклад в превращение, по сравнению с катализатором гидрокрекинга. Превращение по слою катализатора гидроочистки может давать значительный вклад в общую степень превращения. Если реактор 92 гидрокрекинга предназначен для мягкого гидрокрекинга, предполагается, что реактор 92 мягкого гидрокрекинга можно полностью загружать катализатором гидроочистки, полностью катализатором гидрокрекинга или некоторую

40 часть слоев - катализатором гидроочистки и некоторую часть слоев - катализатором гидрокрекинга. В последнем случае, обычно слои катализатора гидрокрекинга могут следовать за слоями катализатора гидроочистки.

В реакторе 92 гидрокрекинга на фиг. 1 имеются два слоя катализатора в одной камере реактора. Если желательным является мягкий гидрокрекинг, то предполагается, что

45 первый слой катализатора содержит катализатор гидроочистки или катализатор гидрокрекинга, а последний слой катализатора содержит катализатор гидрокрекинга. Если предпочтительным является частичный или полный гидрокрекинг, может быть использовано больше слоев катализатора гидрокрекинга по сравнению с вариантом

мягкого гидрокрекинга.

В условиях мягкого гидрокрекинга сырье селективно превращается в тяжелые продукты, такие как дизельное топливо и керосин, при небольшом выходе более легких углеводородов, таких как нафта и газ. Давление также является умеренным, чтобы ограничить гидрирование донного продукта на уровне, оптимальном для последующей переработки.

В одном аспекте, например, когда предпочтительным является баланс между средним дистиллятом и бензином в превращенном продукте, мягкий гидрокрекинг может быть осуществлен в реакторе 92 гидрокрекинга с катализаторами гидрокрекинга, в которых используются аморфные алюмосиликатные носители или носители с малым содержанием цеолита в сочетании с одним или несколькими гидрирующими компонентами металла VIII группы или металла VI группы. В другом аспекте, когда в продукте превращения более предпочтительным является средний дистиллят, чем бензиновый продукт, частичный или полный гидрокрекинг может быть осуществлен в реакторе 92 гидрокрекинга с катализатором, который обычно содержит любой кристаллический цеолитный крекирующий носитель, на который осажден гидрирующий компонент - металл VIII группы. Дополнительные гидрирующие компоненты могут быть выбраны из металла VI группы для введения с цеолитным носителем.

Цеолитные крекирующие носители иногда называют в этой области техники молекулярными ситами, и они обычно содержат диоксид кремния, оксид алюминия и один или несколько обмениваемых катионов, таких как натрий, магний, кальций, редкоземельные металлы и др. Цеолиты дополнитель но характеризуются порами в кристалле с относительно однородным диаметром от 4 до 14 Ангстрем (10^{-10} м). Предпочтительно используются цеолиты, имеющие относительно высокое молярное отношение диоксид кремния/оксид алюминия от 3 до 12. Подходящие цеолиты природного происхождения включают, например, морденит, стильбит, гейландит, ферриерит, дакиардит, шабазит, эрионит и фожазит. Подходящие синтетические цеолиты включают, например, кристаллические типы B, X, Y и L, например, синтетические фожазит и морденит. Предпочтительными являются такие цеолиты, которые имеют диаметр пор в кристалле от 8 до 12 Ангстрем (10^{-10} м), где молярное отношение диоксид кремния/оксид алюминия составляет от 4 до 6. Одним примером цеолита, попадающего в эту предпочтительную группу, является синтетический цеолит Y.

Цеолиты природного происхождения обычно встречаются в натриевой форме, в форме со щелочноземельным металлом или в смешанных формах. Почти всегда синтетические цеолиты сначала получают в натриевой форме. В любом случае, для использования в качестве крекирующего носителя является предпочтительным, чтобы большая часть или все одновалентные металлы в исходном цеолите были подвергнуты ионному обмену с поливалентным металлом и/или с солью аммония; при последующем нагревании, чтобы разложить ионы аммония, связанные с цеолитом, вместо них остаются ионы водорода и/или центры, способные к обмену, которые фактически подвергнуты декатионированию при дальнейшем удалении воды. Водород или "декатионированные" Y цеолиты указанного типа более подробно описаны в патенте США №3130006.

Смешанные цеолиты с поливалентным металлом/водородом могут быть получены путем ионного обмена, сначала с солью аммония, затем путем частичного обратного обмена с солью поливалентного металла с последующим прокаливанием. В некоторых случаях, например, для синтетического морденита, водородные формы могут быть получены путем прямой кислотной обработки цеолита, содержащего щелочной металл. В одном аспекте предпочтительными крекирующими носителями являются цеолиты,

в которых имеется дефицит по меньшей мере 10 процентов и предпочтительно по меньшей мере 20 процентов, металлических катионов, в расчете на исходную ионообменную емкость. В другом аспекте желательным и стабильным классом цеолитов являются цеолиты, в которых по меньшей мере 20 процентов ионообменной емкости замещены ионами водорода.

Активные металлы, используемые в предпочтительных катализаторах гидрокрекинга настоящего изобретения в качестве гидрирующих компонентов, представляют собой металлы VIII группы, то есть, железо, кобальт, никель, рутений, родий, палладий, осмий, иридий и платина. Кроме указанных металлов, в сочетании с ними также могут быть использованы промоторы, включающие металлы VI группы, например, молибден и вольфрам. Количество гидрирующего металла в катализаторе может варьировать в широких пределах. Вообще говоря, может быть использовано любое количество от 0,05 до 30 процентов по массе. В случае благородных металлов, обычно предпочитают использовать от 0,05 до 2 мас. %.

Способ введения гидрирующего металла включает в себя контактирование материала носителя с водным раствором подходящего соединения желаемого металла, в котором металл находится в катионной форме. Затем, после добавления выбранного гидрирующего металла или металлов, образовавшийся порошок катализатора отфильтровывают, сушат, гранулируют с добавленными смазочными материалами, связующими или тому подобными материалами, если это желательно, и прокаливают на воздухе при температуре, например, от 371 до 648°C (700-1200°F) с целью активации катализатора и разложения ионов аммония. В качестве альтернативы, компонент носителя сначала можно гранулировать, затем добавлять гидрирующий компонент и проводить активацию путем прокаливания.

Указанные выше катализаторы могут быть использованы в неразбавленном виде, или порошкообразный катализатор можно смешивать и гранулировать вместе с другими относительно менее активными катализаторами, разбавителями или связующими, такими как оксид алюминия, силикагель, алюмосиликатные совместные гели, активные глины и тому подобное, в соотношениях, в диапазоне от 5 до 90 мас. %. Эти разбавители могут быть использованы как таковые или они могут содержать небольшую долю добавленных гидрирующих металлов, таких как металлы из групп VIB и/или VIII. Кроме того, в способе настоящего изобретения могут быть использованы дополнительные промотированные металлами катализаторы гидрокрекинга, которые включают, например, алюмофосфатные молекулярные сита, кристаллические хромосиликаты и другие кристаллические силикаты. Кристаллические хромосиликаты более подробно описаны в патенте США №4363718.

Согласно одному подходу условия гидрокрекинга могут включать температуру от 290°C (550°F) до 468°C (875°F), предпочтительно от 343°C (650°F) до 435°C (815°F), избыточное давление от 3,5 МПа (500 фунт/кв. дюйм) до 20,7 МПа (3000 фунт/кв. дюйм), объемную скорость подачи жидкости (LHSV) от 1,0 до меньше чем 2,5 час⁻¹ и отношение водород/углеводороды от 421 н.м³/м³ (2,500 н.куб.фут/баррель) до 2527 н.м³/м³ (15,000 н.куб.фут/баррель). Если желательно проводить мягкий гидрокрекинг, условия могут включать температуру от 315°C (600°F) до 441°C (825°F), избыточное давление от 5,5 МПа (800 фунт/кв. дюйм) до 13,8 МПа (2000 фунт/кв. дюйм) или более типично, избыточное давление от 6,9 МПа (1000 фунт/кв. дюйм) до 11,0 МПа (1600 фунт/кв. дюйм), объемную скорость подачи жидкости (LHSV) от 0,5 час⁻¹ до 2 час⁻¹ и предпочтительно от 0,7 час⁻¹ до 1,5 час⁻¹ и отношение водород/углеводороды от 421

н.м³/м³ (2,500 н.куб.фут/баррель) до 1685 н.м³/м³ (10,000 н.куб.фут/баррель).

Выходящий поток гидрокрекинга в линии 94 может подвергаться теплообмену с потоком сырья для гидрокрекинга в линии 90. Выходящий поток гидрокрекинга в линии 94 может разделяться в сепараторе 96 продукта гидрокрекинга, сообщающимся с 5 реактором 92 гидрокрекинга, предназначенным для получения парообразного выходящего потока гидрокрекинга, содержащего водород, в линии 98 головного потока сепаратора продукта гидрокрекинга, и жидкого выходящего потока гидрокрекинга в линии 100 донного потока сепаратора продукта гидрокрекинга. Парообразный 10 выходящий поток гидрокрекинга, содержащий водород, можно смешивать с выходящим потоком гидроочистки в линии 38, возможно до охлаждения, и вместе вводить в сепаратор 40 продукта гидроочистки. Следовательно, выходящий поток 38 гидроочистки может сообщаться ниже по ходу потока с сепаратором 96 продукта гидрокрекинга и реактором 92 гидрокрекинга.

Сепаратор 96 продукта гидрокрекинга можно эксплуатировать при температуре от 15 149°C (300°F) до 260°C (500°F), так что его можно считать теплым сепаратором. Давление в сепараторе 96 продукта гидрокрекинга лишь немного ниже давления в реакторе 92 гидрокрекинга с учетом перепада давления. Сепаратор продукта гидрокрекинга можно эксплуатировать с целью получения по меньшей мере 90 мас. % дизельного топлива и предпочтительно по меньшей мере 93 мас. % дизельного топлива из выходящего потока 20 гидрокрекинга в линии 94 и в жидким выходящем потоке гидрокрекинга в линии 100 донного потока. Все другие углеводороды и газы, поднимающиеся в парообразном выходящем потоке гидрокрекинга в линии 98, которые объединяются с выходящим потоком гидроочистки в линии 38, и после охлаждения могут быть переработаны 25 сначала путем подачи в сепаратор 40 продукта гидроочистки. Таким образом, по меньшей мере часть выходящего потока гидрокрекинга в линии 94 выходящего потока гидрокрекинга, предусмотренной в головном потоке из сепаратора продукта гидрокрекинга, содержащем водород и углеводороды, более легкие, чем дизельное 30 топливо в линии 98 головного потока теплого сепаратора, смешивается с по меньшей мере частью выходящего потока гидроочистки в линии 38 выходящего потока гидроочистки.

Жидкий выходящий поток гидроочистки в линии 100 можно фракционировать в колонне 120 фракционирования продукта гидрокрекинга. В одном аспекте жидкий выходящий поток гидроочистки в линии 100 сначала может быть подвергнут однократному испарению в испарительной камере 104 продукта гидрокрекинга, которая 35 может работать при той же температуре, что и сепаратор 96 продукта гидрокрекинга, но при меньшем избыточном давлении от 1,4 МПа (200 фунт/кв. дюйм) до 3,1 МПа (450 фунт/кв. дюйм). Головной поток однократного испарения продукта гидрокрекинга в линии 106 головного потока однократного испарения продукта гидрокрекинга может объединяться с жидким выходящим потоком гидроочистки в линии 44 донного потока 40 сепаратора продукта гидроочистки для их дополнительного фракционирования. Следовательно, по меньшей мере часть выходящего потока гидрокрекинга в линии 94, 45 обеспеченная в головном потоке однократного испарения продукта гидрокрекинга в линии 106 головного потока однократного испарения продукта гидрокрекинга, может смешиваться с по меньшей мере частью выходящего потока гидроочистки в линии 38, предусмотренной в жидким выходящем потоке гидроочистки в линии 44 донного потока сепаратора продукта гидроочистки.

Донный поток однократного испарения продукта гидрокрекинга в линии 108, содержащий жидкий выходящий поток гидрокрекинга, можно нагревать и подавать в

отпарную колонну 102, сообщающуюся ниже по ходу потока с сепаратором 96 продукта гидрокрекинга и испарительной камерой 104 продукта гидрокрекинга. Жидкий донный поток однократного испарения продукта гидрокрекинга в линии 108 донного потока однократного испарения продукта гидрокрекинга можно нагревать и отпаривать в 5 отпарной колонне 102 водяным паром из линии 110 для получения потока легких фракций в линии 112 головного потока. Отпарная колонна 102 продукта гидрокрекинга может работать при температуре в нижней части от 232°C (450°F) до 288°C (550°F) и избыточном давлении головного потока от 690 кПа (100 фунт/кв. дюйм) до 1034 кПа (150 фунт/кв. дюйм). Отпаренный выходящий поток гидрокрекинга, содержащий 10 дизельное топливо и более тяжелый материал, в линии 114, может удаляться снизу отпарной колонны 102 продуктов гидрокрекинга, нагреваться в огневом нагревателе 116 и подаваться во фракционирующую колонну 120 продуктов гидрокрекинга.

Отпаренный выходящий поток гидрокрекинга, содержащий жидкий выходящий поток гидрокрекинга в линии 114 донного потока отпарной колонны, отпаривается 15 водяным паром из линии 122 и фракционируется во фракционирующую колонну 120 продукта гидрокрекинга, которая сообщается ниже по ходу потока с реактором 92 гидрокрекинга, сепаратором 96 продукта гидрокрекинга, испарительной камерой 104 продукта гидрокрекинга и отпарной колонной 102 продукта гидрокрекинга.

Во фракционирующую колонну 120 продукта гидрокрекинга фракционируется жидкий 20 выходящий поток гидрокрекинга для получения трех фракций. Поток продукта нафты с низким содержанием серы получается в головном потоке 124 из выпуска 124а головного потока. Поток продукта дизельного топлива, содержащего меньше чем 50 мас. ч./млн серы, имеющего квалификацию низкосернистого дизельного топлива (LSD), и предпочтительно меньше чем 10 мас. ч./млн серы, имеющего квалификацию ULSD, 25 может быть извлечен в виде боковой фракции в линии 126 из бокового выпуска 126а дизельного топлива. Предусматривается, что фракционирующая колонна продукта гидрокрекинга может быть колонной с перегородкой, в которой имеется стенка (не показана), вставленная в колонне 120 между впуском сырья и боковым выпуском 126а для дизельного топлива. Поток не превращенных углеводородов извлекается в линии 30 128 донного потока из выпуска 128а донного потока. Поток не превращенных углеводородов после гидроочистки может быть чистым высококачественным сырьем для установки крекинга с псевдоожженным катализатором.

Часть головного потока нафты в линии 124 головного потока можно конденсировать 35 и использовать для обратного орошения во фракционирующую колонну 120 продукта гидрокрекинга. Эта фракционирующая колонна 120 продукта гидрокрекинга может работать при температуре в нижней части от 288°C (550°F) до 385°C (725°F), предпочтительно от 315°C (600°F) до 357°C (675°F) и при атмосферном или близком к нему давлении. Часть донного потока, подвернутого гидрокрекингу, можно снова нагреть в кипятильнике и вернуть во фракционирующую колонну 120.

За счет работы сепаратора 96 продукта гидрокрекинга при повышенной температуре, с целью исключения большинства углеводородов, более легких, чем дизельное топливо, отпарная колонна 102 продукта гидрокрекинга может эксплуатироваться в упрощенном режиме, поскольку отсутствуют трудности отделения нафты от более легких компонентов и поскольку остается меньше нафты в выходящем потоке гидрокрекинга, 40 которую отделяют от дизельного топлива. Более того, сепаратор 96 продукта гидрокрекинга дает возможность распределения между сепаратором 40 продукта гидроочистки и реактором 92 гидрокрекинга, причем тепло, используемое для фракционирования в отпарной колонне 102, остается в жидким выходящем потоке 45

гидрокрекинга.

Парообразный выходящий поток гидроочистки, который может смешиваться с парообразным выходящим потоком гидрокрекинга в линии 42 головного потока, может промываться раствором абсорбента, который может содержать амин, в скруббере 41, чтобы удалить аммиак и сероводород, как в уровне техники, чтобы рециркулировать парообразный выходящий поток гидроочистки и, возможно, парообразный выходящий поток гидрокрекинга, в смеси, содержащей водород, в компрессор 50 рециркулирующего газа.

Смешанные парообразный выходящий поток гидроочистки и парообразный

- 10 выходящий поток гидрокрекинга в линии 42 могут сжиматься в компрессоре 50 рециркулирующего газа для получения потока рециркулирующего водорода в линии 52, который может представлять собой сжатый парообразный выходящий поток гидроочистки и гидрокрекинга. Компрессор 50 рециркулирующего газа может сообщаться ниже по ходу потока с реактором 92 гидрокрекинга и реактором 36
- 15 гидроочистки. Ответвление 54 в линии 52 рециркулирующего водорода обеспечивает первый ответвленный поток рециркулирующего водорода в первой ответвленной линии 24, сообщающейся выше по ходу потока с реактором 36 гидроочистки, и поток водорода для гидрокрекинга во второй ответвленной линии 56 водорода, сообщающейся выше по ходу потока с реактором 92 гидрокрекинга.

- 20 Предпочтительно, чтобы поток сжатого подпиточного водорода в линии 22 объединялся с потоком рециркулирующего газа в первой ответвленной линии 24, ниже по ходу потока от разветвления 54, чтобы подпиточный водород можно было направить для подачи всего необходимого водорода в реактор 36 гидроочистки, или всего необходимого водорода реактора 36 гидроочистки, не обеспеченного потоком
- 25 рециркулирующего водорода в линии 52. Кроме того, предполагается, что поток сжатого подпиточного водорода в линии 22 может объединяться с потоком рециркулирующего газа выше по ходу потока от разветвления 54, однако это может обеспечить поступление подпиточного газа в установку 14 гидрокрекинга, а также в установку 12 гидроочистки. Углеводородное сырье, поступающее в реактор 36 гидроочистки, будет иметь гораздо
- 30 большее содержание предшественников кокса, чем сырье в реактор 92 гидрокрекинга. Поэтому использование подпиточного водорода для повышения парциального давления водорода в реакторе 36 гидроочистки будет обеспечивать повышенную стойкость катализатора в реакторе гидроочистки при более высокой концентрации вредных компонентов в сырье. Кроме того, предполагается, но не является предпочтительным,
- 35 чтобы по меньшей мере часть потока сжатого подпиточного водорода в линии 22 могла поступать в поток 52 рециркулирующего водорода ниже по ходу потока от компрессора 50 рециркулирующего газа или поступать в парообразный выходящий поток в линии 42, выше по ходу потока от компрессора 50 рециркулирующего газа. Кроме того, предполагается, что поток подпиточного газа в линии 22 может поступать во вторую
- 40 ответвленную линию 56 ниже по ходу потока от разветвления 54.

- На фиг. 2 иллюстрируется вариант осуществления способа и устройства 8', в котором используется горячий сепаратор 130, чтобы сначала разделить выходящий поток гидрокрекинга в линии 38'. Многие элементы на фиг. 2 имеют такую же конфигурацию, как на фиг. 1, и имеют такой же номер позиции. Элементы на фиг. 2, которые
- 45 соответствуют элементам на фиг. 1, но имеют другую конфигурацию, обозначены таким же номером позиции, как на фиг. 1, но помечены штрихсимволом (').

Горячий сепаратор 130 в установке 12' гидроочистки сообщается ниже по ходу потока с реактором 36 гидроочистки и обеспечивает парообразный углеводородный поток в

линии 132 головного потока и поток жидкых углеводородов в линии 134 донного потока. Горячий сепаратор 130 может работать при температуре от 177°C (350°F) до 343°C (650°F) и предпочтительно эксплуатируется при температуре от 232°C (450°F) до 288°C (550°F). Горячий сепаратор может работать при немного меньшем давлении, чем в 5 реакторе 36 гидроочистки, с учетом перепада давления. Парообразный углеводородный поток в линии 132 может объединяться с парообразным выходящим потоком гидрокрекинга в линии 98' из участка 14' гидрокрекинга, смешиваться и перемещаться вместе в линии 136. Смешанный поток в линии 136 может охлаждаться до поступления 10 в сепаратор 40 продукта гидроочистки. Следовательно, парообразный выходящий поток гидроочистки может разделяться наряду с парообразным выходящим потоком гидрокрекинга в сепараторе 40 продукта гидроочистки для получения парообразного выходящего потока гидроочистки, возможно смешанного с парообразным выходящим потоком гидрокрекинга и содержащим водород, в линии 42, и жидкого выходящего потока гидроочистки в линии 44, и эти потоки перерабатывают, как описано ранее 15 в связи с фиг. 1. Следовательно, сепаратор 40 продукта гидроочистки сообщается ниже по ходу потока с линией 132 головного потока горячего сепаратора 130 и, возможно, с линией 98' головного потока сепаратора 96 продукта гидрокрекинга.

Поток жидких углеводородов в линии 134 донного потока может однократно испаряться в горячей испарительной камере 140 для получения потока легких фракций 20 в линии 142 головного потока и тяжелого жидкого потока в линии 144 донного потока. Горячая испарительная камера 140 может работать при такой же температуре, что и горячий сепаратор 130, но при меньшем избыточном давлении от 1,4 МПа (200 фунт/кв. дюйм) до 3,1 МПа (450 фунт/кв. дюйм). Поток легких фракций в линии 142 головного потока может охлаждаться и смешиваться с жидким выходящим потоком гидроочистки 25 в линии 44 донного потока сепаратора продукта гидроочистки, которые в одном аспекте будут перерабатываться сначала в испарительной камере 48 продукта гидроочистки, наряду с головным потоком однократного испарения продукта гидрокрекинга из линии 106 головного потока однократного испарения продукта гидрокрекинга. Тяжелый 30 жидкий поток в линии 144 донного потока может быть введен в отпарную колонну 70 продукта гидроочистки на меньшей высотной отметке, чем точка ввода сырья для легкого жидкого потока в линии 62.

Остальные детали осуществления на фиг. 2 могут быть такими же, как описано для фиг. 1 с указанными выше исключениями.

Предпочтительные варианты осуществления изобретения, изложенные в описании, 35 включают наилучшие способы, известные авторам изобретения для его осуществления. Следует понимать, что проиллюстрированные варианты осуществления приведены только для примера и не должны рассматриваться как ограничение объема изобретения.

Без дополнительных экспериментов, предполагается, что специалист в этой области техники может, с использованием приведенного выше описания, применять настоящее 40 изобретение в самом полном объеме. Следовательно, приведенные выше предпочтительные конкретные варианты осуществления следует рассматривать как просто иллюстративные, а не ограничивающие остальную часть описания каким-либо образом.

В предшествующем описании, все температуры приведены в градусах Цельсия, и все 45 части и проценты даны по массе, если не указано другое. Значения давления даны на выходе из емкости и конкретно на выходе паров из емкостей с множеством выходов.

Из предшествующего описания специалист в этой области техники может легко определить существенные признаки настоящего изобретения и, не выходя за пределы

существа и объема изобретения, сможет выполнить различные изменения и модификации, чтобы приспособить изобретение для различных областей применения и условий.

Формула изобретения

1. Способ получения дизельного топлива из углеводородного потока, включающий:

5 гидроочистку первого углеводородного потока в присутствии потока водорода для гидроочистки и катализатора гидроочистки для получения выходящего потока гидроочистки;

разделение указанного выходящего потока гидроочистки на парообразный

10 выходящий поток гидроочистки, содержащий водород, и жидкий выходящий поток гидроочистки;

фракционирование указанного жидкого выходящего потока гидроочистки для получения потока нафты и легких фракций и потока дизельного топлива;

гидрокрекинг второго углеводородного потока, содержащего указанный поток

15 дизельного топлива, в присутствии потока водорода для гидрокрекинга и катализатора гидрокрекинга для получения выходящего потока гидрокрекинга;

разделение выходящего потока гидрокрекинга на парообразный выходящий поток гидрокрекинга, содержащий водород, и жидкий выходящий поток гидрокрекинга; и

смешивание указанного парообразного выходящего потока гидрокрекинга с

20 указанным выходящим потоком гидроочистки.

2. Способ по п. 1, в котором температура начала кипения потока дизельного топлива составляет от 121°C (250°F) до 288°C (550°F).

3. Способ по п. 1, в котором стадию гидрокрекинга проводят при избыточном давлении от 6,9 МПа (1000 фунт/кв. дюйм) до 11,0 МПа (1600 фунт/кв. дюйм).

25 4. Способ по п. 1, в котором указанный второй углеводородный поток представляет собой поток дизельного топлива.

5. Способ по пункту 1, в котором указанное разделение выходящего потока гидрокрекинга проводят при температуре от 149°C (300°F) до 260°C (500°F).

30 6. Способ по п. 1, который дополнительно включает фракционирование потока, содержащего жидкий выходящий поток гидрокрекинга, для получения потока низкосернистого дизельного топлива.

7. Способ по п. 1, который дополнительно включает фракционирование потока, содержащего жидкий выходящий поток гидрокрекинга, для получения потока низкосернистого дизельного топлива, потока не превращенных углеводородов и потока нафты.

35 8. Устройство для получения дизельного топлива из углеводородного потока, содержащее:

реактор гидроочистки для гидроочистки первого углеводородного потока в присутствии потока водорода для гидроочистки и катализатора гидроочистки для 40 получения выходящего потока гидроочистки;

колонну фракционирования продукта гидроочистки, сообщающуюся с указанным реактором гидроочистки, предназначенную для фракционирования жидкого выходящего потока гидроочистки;

45 реактор гидрокрекинга, сообщающийся с нижней частью указанной колонны фракционирования продукта гидроочистки и предназначенный для гидрокрекинга второго углеводородного потока, содержащего дизельное топливо и более тяжелый поток из указанной нижней части указанной колонны фракционирования продукта гидроочистки, в присутствии потока водорода для гидрокрекинга и катализатора

гидрокрекинга для получения выходящего потока гидрокрекинга; и

сепаратор продукта гидрокрекинга, сообщающийся с указанным реактором гидрокрекинга, предназначенный для разделения выходящего потока гидрокрекинга на парообразный выходящий поток гидрокрекинга, содержащий водород, и жидкий выходящий поток гидрокрекинга, и линию выходящего потока гидроочистки, сообщающуюся с указанным сепаратором продукта гидрокрекинга, для смешивания парообразного выходящего потока гидрокрекинга, содержащего водород, с выходящим потоком гидроочистки.

10

15

20

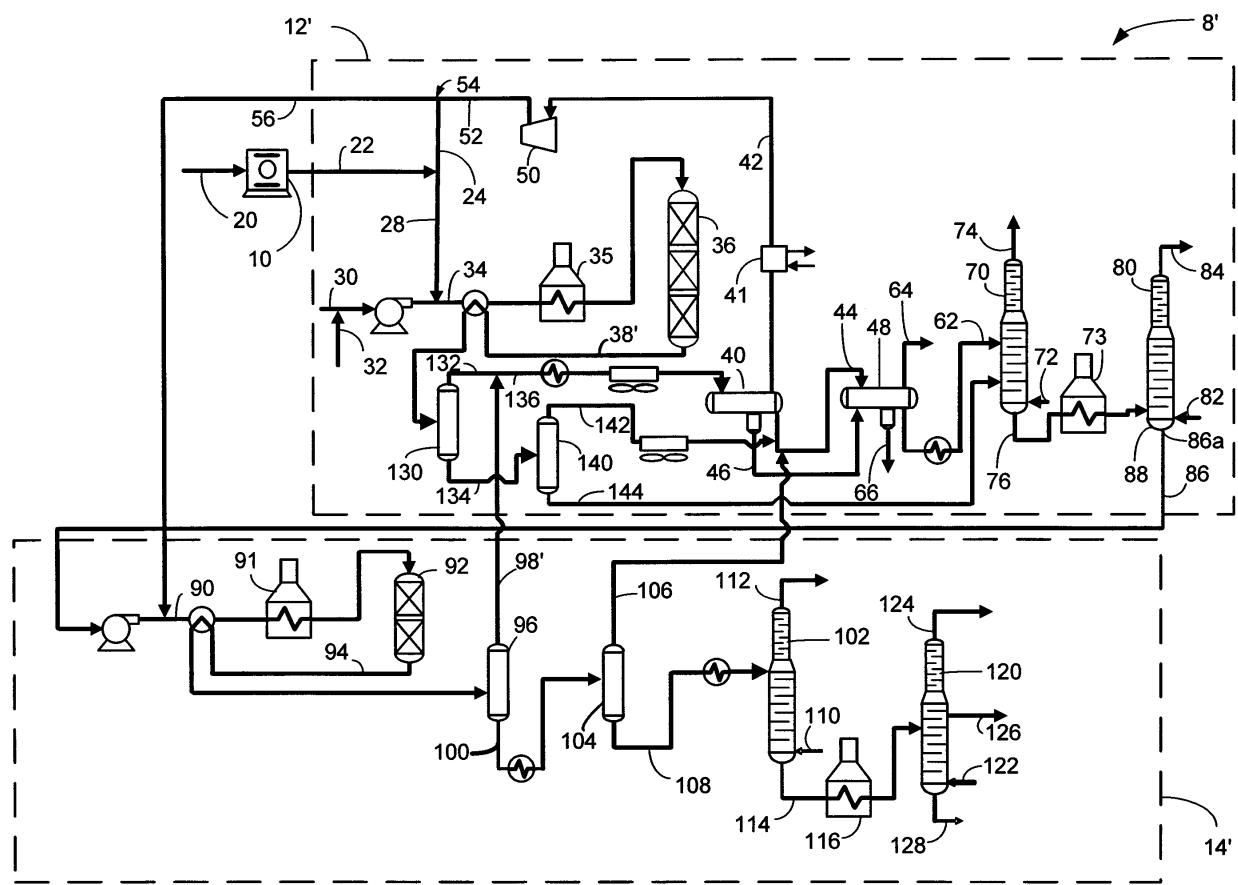
25

30

35

40

45



Фиг. 2