

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **018588**

(13) **B1**

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

**(45)** Дата публикации и выдачи патента  
**2013.09.30**

**(51)** Int. Cl. *C10G 45/02* (2006.01)  
*C10G 2/00* (2006.01)

**(21)** Номер заявки  
**201170497**

**(22)** Дата подачи заявки  
**2009.09.25**

---

**(54) СПОСОБ ПУСКА РЕАКТОРА ГИДРИРОВАНИЯ ЛИГРОИНОВОЙ ФРАКЦИИ**

---

**(31)** 2008-254220

**(32)** 2008.09.30

**(33)** JP

**(43)** 2011.12.30

**(86)** PCT/JP2009/004882

**(87)** WO 2010/038394 2010.04.08

**(71)(73)** Заявитель и патентовладелец:

**ДжейЭкс НИППОН ОЙЛ ЭНД  
ЭНЕРДЖИ КОРПОРЕЙШН;  
ДЖЭПЭН ОЙЛ, ГЭЗ ЭНД МЕТАЛЗ  
НЭШНЛ КОРПОРЕЙШН; ИНПЕКС  
КОРПОРЕЙШН; ДЖАПАН  
ПЕТРОЛЕУМ ЭКСПЛОРЕЙШН  
КО., ЛТД.; КОСМО ОЙЛ КО., ЛТД.;  
НИППОН СТИЛ ИНДЖИНИРИНГ  
КО., ЛТД. (JP)**

**(56)** WO-A1-2009041508

JP-A-2005516082

KLERK, Hydroprocessing peculiarities of Fischer-Tropsch syncrude, Catal.Today, 2008 January, 130 (2-4), p. 439-445

GREGOR et al. UPGRADING FISCHER-TROPSCH NAPHTHA, US DOE Rep., 1989, DOE-PC-90014-T7

**(72)** Изобретатель:  
**Танака Юити, Хонда Хидекацу (JP)**

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

---

**(57)** Способ пуска реактора гидрирования лигроиновой фракции, в котором протекает гидрирование лигроиновой фракции, полученной в аппарате для фракционной перегонки углеводородных соединений, образованных в реакции синтеза Фишера-Тропша, способ включает предварительную загрузку неактивного углеводородного соединения, соответствующего лигроиновой фракции, в парожидкостной сепаратор, в который поступает гидрированный лигроин, который подвергнут гидрированию в реакторе гидрирования лигроиновой фракции; смешение неактивного углеводородного соединения, выходящего из парожидкостного сепаратора, и лигроиновой фракции, поступающей из аппарата для дробной перегонки в реактор гидрирования лигроиновой фракции; и подачу смеси лигроиновой фракции и неактивного углеводородного соединения в реактор гидрирования лигроиновой фракции.

---

**018588 B1**

**018588 B1**

Настоящее изобретение относится к способу пуска реактора гидрирования лигроиновой фракции, в котором протекает гидрирование лигроиновой фракции, полученной в аппарате для дробной перегонки фракционной перегонкой углеводородных соединений, образованных в реакции синтеза Фишера-Тропша.

Заявлен приоритет патентной заявки Японии № 2008-254220, поданной 30 сентября 2008, содержание которой включено в настоящий документ в качестве ссылки.

#### **Предыстория создания изобретения**

Одним из методов синтеза жидких топлив из природного газа является недавно разработанный метод GTL (Gas-to-Liquids: синтез жидкого топлива) реформинга природного газа с получением синтез-газа, содержащего в качестве основных компонентов газообразный оксид углерода (CO) и газообразный водород (H<sub>2</sub>), синтез углеводородов из данного синтез-газа как источника газа по реакции синтеза Фишера-Тропша (далее по тексту в некоторых случаях называемого "реакция синтеза ФТ") и дополнительная гидрогенизация и фракционирование углеводородов с получением жидких топливных продуктов, таких как лигроин (сырой бензин), керосин, газойль и парафин.

Жидкие топливные продукты, полученные при использовании углеводородных соединений, образованных по реакции синтеза ФТ, в качестве сырья содержат значительное количество парафинов и почти не содержат серы. Поэтому, как показано в патентном документе 1, на данные жидкие топливные продукты было обращено внимание как на безопасные для окружающей среды топлива.

Когда углеводородные соединения, полученные по реакции синтеза ФТ, подвергают фракционной перегонке в аппарате для дробной перегонки, лигроиновая фракция, содержащая небольшое число атомов углерода, отводится из верхней части аппарата для дробной перегонки. Поскольку данная лигроиновая фракция содержит небольшое количество олефинов, а также спиртов, как показано в патентном документе 2, то необходимо подвергнуть лигроиновую фракцию гидрированию с получением насыщенных соединений.

#### **Перечень цитированных ссылок**

Патентный документ 1: Публикация нерассмотренной патентной заявки Японии № 2004-32362 6

Патентный документ 2: Публикация нерассмотренной патентной заявки Японии № 2007-270063

#### **Краткое изложение сущности изобретения**

##### **Проблема, решаемая изобретением**

В то же время, в реакторе гидрирования лигроиновой фракции, в котором протекает гидрирование вышеупомянутой лигроиновой фракции, гидрогенизация олефинов, вследствие экзотермического характера реакции, сопряжена с проблемой роста температуры. Поэтому в обычных операциях, рециркуляцией части неактивного лигроина, подвергнутого гидрированию (далее по тексту называемого "гидрированным лигроином"), лигроиновую фракцию, полученную в аппарате для фракционной перегонки углеводородных соединений, образованных в реакции синтеза ФТ, смешивают с гидрированным лигроином, и их смесь подают в реактор гидрирования лигроиновой фракции для регулирования выделяющегося количества тепла на единицу вводимого количества.

Однако, когда осуществляют пуск реактора гидрирования лигроиновой фракции, никакого гидрированного лигроина не существует. Поэтому в реактор гидрирования лигроиновой фракции подают только лигроиновую фракцию.

Таким образом, до сих пор лигроиновую фракцию подавали в небольшом количестве, чтобы регулировать выделение тепла. Поэтому стабилизация реактора гидрирования лигроиновой фракции занимает длительное время, что значительно снижает эффективность производства.

Когда выделение тепла в лигроиновой фракции велико, то можно применить способ подачи лигроиновой фракции с пониженной температурой на входе в реактор. Однако в данном случае, поскольку удовлетворяется условие для конденсации воды, образованной в реакции в реакторе, могут ухудшиться катализаторы. С другой стороны, когда температура на входе в реактор повышается до определенного уровня, температура на выходе из реактора чрезвычайно возрастает вследствие выделения тепла. Поэтому катализатор также может ухудшиться, и температура в реакторе может превысить температурный предел материалов, из которых он выполнен.

При рассмотрении вышеназванных проблем преимуществом настоящего изобретения является обеспечение способа пуска реактора гидрирования лигроиновой фракции, в котором протекает гидрирование углеводородных соединений лигроиновой фракции, полученных по реакции синтеза ФТ, что позволяет регулировать количество выделяющегося тепла в ходе начальной операции в реакторе и продолжить его работу до достижения стабильного режима на ранней стадии.

##### **Средства решения проблемы**

Для того чтобы решить вышеуказанные проблемы и достичь данной цели, настоящее изобретение предлагает следующие средства.

Согласно изобретению предложен способ пуска реактора гидрирования лигроиновой фракции, в котором протекает гидрирование лигроиновой фракции, полученной в аппарате для фракционной перегонки углеводородных соединений, образованных в реакции синтеза ФТ, способ включает предварительную загрузку неактивного углеводородного соединения, соответствующего лигроиновой фракции, в

парожидкостной сепаратор, в который подается гидрированный лигроин, подвергнутый гидрированию в реакторе гидрирования лигроиновой фракции; смешение неактивного углеводородного соединения, выведенного из парожидкостного сепаратора, и лигроиновой фракции, подводимой из аппарата для фракционной перегонки в реактор гидрирования лигроиновой фракции, и подачу смеси лигроиновой фракции и неактивного углеводородного соединения в реактор гидрирования лигроиновой фракции.

Кроме того, согласно изобретению, предложен способ пуска реактора гидрирования лигроиновой фракции, в котором протекает гидрирование лигроиновой фракции, полученной в аппарате для фракционной перегонки углеводородных соединений, образованных в реакции синтеза ФТ, способ включает предварительную загрузку неактивного углеводородного соединения, соответствующего лигроиновой фракции, в стабилизатор лигроина, в который поступает гидрированный лигроин, подвергнутый гидрированию в реакторе гидрирования лигроиновой фракции, через парожидкостной сепаратор; смешение неактивного углеводородного соединения, выведенного из стабилизатора лигроина, и лигроиновой фракции, подводимой из аппарата для фракционной перегонки в реактор гидрирования лигроиновой фракции, и подачу смеси лигроиновой фракции и неактивного углеводородного соединения в реактор гидрирования лигроиновой фракции.

Согласно способу пуска реактора гидрирования лигроиновой фракции, имеющего вышеуказанную конфигурацию, когда неактивное углеводородное соединение, предварительно загруженное в парожидкостной сепаратор или стабилизатор лигроина, выводят из парожидкостного сепаратора или стабилизатора лигроина и смешивают с лигроиновой фракцией, доля содержания активных материалов, таких как олефины и тому подобное, в смеси лигроиновой фракции и неактивного углеводородного соединения, которую подают в реактор гидрирования лигроиновой фракции, может быть снижена. Поэтому, можно регулировать выделение тепла при гидрогенизации. Соответственно, поскольку необходимо значительно снизить количество лигроиновой фракции, вводимой на стадии пуска реактора гидрирования лигроиновой фракции, можно продолжить процесс до стабилизации рабочего режима на ранней стадии. Неактивным углеводородным соединением является материал, соответствующий фракции лигроина, то есть, углеводородное соединение, содержащее от 5 до 10 атомов углерода, и проблем не возникнет, даже когда он смешивается с лигроиновым продуктом. Поэтому, необходимо обеспечить разделительное устройство для отделения неактивного углеводородного соединения.

Здесь в качестве неактивного углеводородного соединения, содержащего от 5 до 10 атомов углерода, может быть использован сам гидрированный лигроин. Однако использование соединения, которое содержит соединения серы (S) или кислорода (O), или соединения, которое содержит большое количество олефинов или тому подобное, не является предпочтительным, так как они могут вызвать выделение тепла при их гидрировании. По этой причине, в качестве углеводородного соединения, содержащего от 5 до 10 атомов углерода, может быть использован н-пентан, н-гексан, н-гептан, н-октан, н-нонан или тому подобное. Из них н-гексан может быть использован с учетом его доступности и т.п.

#### **Преимущество изобретения**

Согласно настоящему изобретению, можно обеспечить способ пуска реактора гидрирования лигроиновой фракции, в котором протекает гидрирование лигроиновой фракции углеводородных соединений, образованных в реакции синтеза ФТ, что позволяет регулировать количество выделяющегося тепла в ходе начальной работы реактора и продолжить ее до достижения стабильного режима работы на ранней стадии.

#### **Краткое описание чертежей**

На фиг. 1 показана схема, иллюстрирующая общую конфигурацию системы синтеза жидкого топлива, снабженную реактором гидрирования лигроиновой фракции согласно варианту осуществления настоящего изобретения.

На фиг. 2 дана подробная пояснительная диаграмма, иллюстрирующая оборудование, сопутствующее реактору гидрирования лигроиновой фракции согласно варианту осуществления настоящего изобретения.

На фиг. 3 показана диаграмма, иллюстрирующая способ пуска реактора гидрирования лигроиновой фракции согласно варианту осуществления настоящего изобретения.

На фиг. 4 представлена подробная пояснительная схема, иллюстрирующая оборудование, сопутствующее реактору гидрирования лигроиновой фракции, согласно другому варианту осуществления настоящего изобретения.

#### **Описание вариантов осуществления настоящего изобретения**

Далее будут рассмотрены предпочтительные варианты осуществления настоящего изобретения со ссылкой на прилагаемые чертежи.

Во-первых, касательно фиг. 1, будет рассмотрена общая конфигурация и процесс системы синтеза жидкого топлива (реакционная система углеводородного синтеза), в которой применен способ пуска реактора гидрирования лигроиновой фракции согласно варианту осуществления настоящего изобретения.

Как показано на фиг. 1, система 1 синтеза жидкого топлива (реакционная система углеводородного синтеза) согласно варианту осуществления изобретения представляет заводскую установку для проведения GLT процесса, который обеспечивает конверсию углеводородного сырья, такого как природный газ

или тому подобное, в жидкие топлива. Система 1 синтеза жидкого топлива включает установку 3 производства синтез-газа, установку 5 синтеза ФТ и установку 7 повышения качества продукта.

В установке 3 получения синтез-газа природный газ, который является углеводородным сырьем, подвергается реформингу с получением синтез-газа, содержащего газообразный оксид углерода и газообразный водород.

В установке 5 синтеза ФТ полученный синтез-газ подвергается реакции синтеза Фишера-Тропша с получением жидких углеводородов.

В установке 7 повышения качества продукта жидкие углеводороды, полученные реакцией синтеза ФТ, подвергаются обработке водородом и фракционной перегонке с получением жидких топливных продуктов (тяжелого бензина, керосина, газойля, парафина или т.п.). Компоненты, которые входят в контур каждой установки, будут рассмотрены ниже.

Установка 3 получения синтез-газа в основном включает, например, реактор 10 десульфуризации, реформинг-установку 12, парогенератор 14 отработанного тепла, парожидкостные сепараторы 16 и 18, установку 20 для удаления  $\text{CO}_2$  и сепаратор 26 водорода. Реактор 10 десульфуризации состоит из гидродесульфуризатора и т.д. и обеспечивает удаление серосодержащих компонентов из природного газа как сырья. Реформинг-установка 12 обеспечивает превращение природного газа, подаваемого из реактора 10 десульфуризации, с получением синтез-газа, включающего газообразный оксид углерода ( $\text{CO}$ ) и газообразный водород ( $\text{H}_2$ ) в качестве основных компонентов. Парогенератор 14 отработанного тепла извлекает отработанное тепло синтез-газа, образованного в реформинг-установке 12, с получением пара высокого давления. В парожидкостном сепараторе 16 происходит разделение воды, нагретой теплообменником с синтез-газом в парогенераторе 14 отработанного тепла, на пар (пар высокого давления) и жидкость. В парожидкостном сепараторе 18 происходит удаление конденсата из синтез-газа, охлажденного в парогенераторе 14 отработанного тепла, и подача газового компонента в установку 20 удаления  $\text{CO}_2$ . Установка 20 удаления  $\text{CO}_2$  имеет абсорбционную башню 22, в которой происходит удаление газообразного диоксида углерода с использованием абсорбента из синтез-газа, поступившего из парожидкостного сепаратора 18 и регенерационной башни 24, в которой происходит десорбция газообразного диоксида углерода и регенерация абсорбента, включающего газообразный диоксид углерода. В сепараторе 26 водорода происходит отделение части газообразного водорода, включенного в синтез-газ, из которого удален газообразный диоксид углерода в установке 20 удаления  $\text{CO}_2$ . Следует отметить, что вышеупомянутая установка 20 для удаления  $\text{CO}_2$  является необязательной и используется в зависимости от обстоятельств.

Установка 5 синтеза ФТ состоит, например, из барботажного колонного реактора 30 (барботажного колонного реактора углеводородного синтеза), парожидкостного сепаратора 34, сепаратора 36, парожидкостного сепаратора 38 и первого аппарата 40 для фракционной перегонки.

Барботажный колонный реактор 30 является примером реактора, в котором протекает синтез жидких углеводородов из синтез-газа, и он работает как реактор синтеза ФТ, в котором протекает синтез жидких углеводородов из синтез-газа по реакции синтеза ФТ.

Барботажный колонный реактор 30 имеет конфигурацию, например, барботажного колонного реактора с суспензионным слоем, в котором содержится суспензия, полученная при суспендировании частиц твердого катализатора в жидких углеводородах (продукте реакции синтеза ФТ). Барботажный колонный реактор 30 обеспечивает реакцию синтез-газа (газообразного оксида углерода и газообразного водорода), полученного в установке получения синтез-газа, с получением жидких углеводородов.

В парожидкостном сепараторе 34 происходит отделение пара (пара среднего давления) и жидкости от воды, циркулирующей и нагретой в трубчатом теплообменнике 32, расположенном внутри барботажного колонного реактора 30.

В сепараторе 36 происходит отделение частиц катализатора и жидких углеводородов от суспензии, содержащейся в барботажном колонном реакторе 30.

Парожидкостной сепаратор 38 соединен с верхней частью барботажного колонного реактора 30 и охлаждает непрореагировавший синтез-газ и пары углеводородных продуктов.

В первом аппарате для фракционной перегонки происходит перегонка жидких углеводородов, поступающих из барботажного колонного реактора 30 через сепаратор 36 и парожидкостной сепаратор 38, и фракционирование жидких углеводородов на каждую фракцию в зависимости от температуры кипения.

Установка 7 повышения качества продукта состоит, например, из реактора 50 гидрокрекинга парафиновой фракции, реактора 52 гидрирования среднего дистиллята, реактора 54 гидрирования лигроиновой фракции, парожидкостных сепараторов 56, 58 и 60, второго аппарата 70 для фракционной перегонки и стабилизатора 72 лигроина.

Реактор 50 гидрокрекинга парафиновой фракции соединен с кубом первого аппарата 40 фракционной перегонки, и парожидкостной сепаратор 56 расположен ниже по потоку от реактора.

Реактор 52 гидрирования среднего дистиллята соединен со средней частью первого аппарата 40 фракционной перегонки, а парожидкостной сепаратор 58 расположен ниже по потоку от реактора.

Реактор 54 гидрирования лигроиновой фракции соединен с верхней частью первого аппарата 40 для фракционной перегонки, а парожидкостной сепаратор 60 расположен ниже по потоку от реактора.

Второй аппарат 70 для фракционной перегонки перегоняет жидкие углеводороды, поступающие из парожидкостных сепараторов 56 и 58, в соответствии с их точками кипения.

Стабилизатор 72 лигроина фракционирует жидкие углеводороды лигроиновых фракций, поступающих из парожидкостного сепаратора 60 и второго аппарата 70 для фракционной перегонки, выгружает бутан и компоненты легче бутана в виде газа, сжигаемого в факеле (вентиляционный выбрасываемый газ), и разделяет и извлекает компоненты, имеющие 5 атомов углерода или больше, в качестве лигроиновых продуктов.

Далее будет рассмотрен способ (GLT процесс) синтеза жидких топлив из природного газа в системе 1 синтеза жидкого топлива показанной конфигурации.

Природный газ (основным компонентом которого является  $\text{CH}_4$ ) в качестве углеводородного сырья поступает в систему 1 синтеза жидкого топлива из источника подачи внешнего природного газа (не показано), такого как месторождение природного газа или завод по выработке природного газа. Вышеуказанная установка 3 по производству синтез-газа обеспечивает реформинг данного природного газа с получением синтез-газа (смешанного газа, включающего газообразный оксид углерода и газообразный водород в качестве основных компонентов).

Сначала вышеупомянутый природный газ подают в реактор 10 десульфуризации наряду с газообразным водородом, отделенным в сепараторе 26 водорода. В реакторе 10 десульфуризации протекает гидрирование и десульфуризация серосодержащих компонентов, включенных в природный газ, с использованием газообразного водорода, например, с катализатором  $\text{ZnO}$ . При проведении предварительной десульфуризации природного газа таким образом можно предотвратить дезактивацию катализатора, использованного в реформинг-установке 12, барботажном колонном реакторе 30 и т.п., серосодержащими компонентами.

Природный газ, обессеренный таким образом, подают в реформинг-установку 12 после того, как смешали газообразный диоксид углерода ( $\text{CO}_2$ ), поступающий из источника подачи диоксида углерода (не показан), и пар, полученный в парогенераторе 14 отработанного тепла. В реформинг-установке 12 протекает реформинг природного газа с использованием диоксида углерода и пара с получением высокотемпературного синтез-газа, включающего газообразный оксид углерода и газообразный водород в качестве основных компонентов, методом реформинга паром и газообразным диоксидом углерода.

Высокотемпературный синтез-газ (например,  $900^\circ\text{C}$ , 2,0 МПаГ), полученный таким путем в реформинг-установке 12, подают в парогенератор 143 отработанного тепла и охлаждают путем теплообмена с водой, которая протекает через парогенератор 14 отработанного тепла (например, до  $400^\circ\text{C}$ ), извлекая таким образом отработанное тепло. В этот момент воду, нагретую синтез-газом в парогенераторе 14 отработанного тепла, подают в парожидкостный сепаратор 16. Из парожидкостного сепаратора 16 газовый компонент подают в реформинг-установку 12 или другие внешние устройства, как пар высокого давления (например, 3,4-10,0 МПаГ), а воду, как жидкий компонент, возвращают в парогенератор 14 отработанного тепла.

Одновременно, синтез-газ, охлажденный в парогенераторе 14 отработанного тепла, поступает в абсорбционную колонну 22 установки 20 удаления  $\text{CO}_2$  или в барботажный колонный реактор 30 после отделения конденсата и удаления из синтез-газа в парожидкостном сепараторе 18. В абсорбционной колонне 22 происходит поглощение газообразного диоксида углерода, захваченного синтез-газом в удерживаемом абсорбенте, с отделением газообразного диоксида углерода от синтез-газа. Абсорбент, включающий газообразный диоксид углерода внутри данной абсорбционной колонны 22, вводят в регенерационную башню 24, абсорбент, включающий газообразный диоксид углерода, нагревается и подвергается десорбционной обработке, например, паром, и образующийся в результате десорбции газообразный диоксид углерода возвращается в реформинг-установку 12 из регенерационной башни 24 и повторно используется в вышеуказанной реакции реформинга.

Синтез-газ, полученный таким путем в установке 3 получения синтез-газа, поступает в барботажный колонный реактор 30 вышеуказанной установки 5 синтеза ФТ. В этот момент композиционное соотношение синтез-газа, подаваемого в барботажный колонный реактор 30, доводится до композиционного отношения (например,  $\text{H}_2:\text{CO}=2:1$ ) (молярное отношение), подходящего для протекания реакции синтеза ФТ.

Часть синтез-газа, от которого газообразный диоксид углерода отделен на вышеупомянутой установке 20 для удаления  $\text{CO}_2$ , также подается в сепаратор 26 водорода. Сепаратор 26 водорода отделяет газообразный водород, захваченный синтез-газом, адсорбцией и десорбцией (водородный PSA) с использованием разницы давлений. Данный отделенный водород непрерывно поступает из газосборника (не показан) и т.п. через компрессор (не показан) в различные реакционные устройства, работающие с использованием водорода (например, реактор 10 десульфуризации, реактор 50 гидрокрекинга парафиновой фракции, реактор 52 гидрирования среднего дистиллята, реактор 54 гидрирования лигроиновой фракции и т.п.), в которых протекают заранее определенные реакции с использованием водорода внутри системы 1 синтеза жидкого топлива.

Затем в вышеупомянутой установке 5 синтеза ФТ протекает синтез жидких углеводородов по реакции синтеза ФТ из синтез-газа, полученного в вышеуказанной установке 3 получения синтез-газа.

Синтез-газ, полученный в установке 3 получения синтез-газа, протекает из куба барботажного колонного реактора 30 и поступает в каталитическую суспензию, содержащуюся в барботажном колонном реакторе 30. В этот момент, внутри барботажного колонного реактора 30 происходит взаимодействие газообразного оксида углерода и газообразного водорода, которые входят в состав синтез-газа, друг с другом по механизму реакции синтеза ФТ, в результате которой образуются углеводороды. Кроме того, вода, протекающая через трубчатый теплообменник 32 барботажного колонного реактора 30 в момент данной реакции синтеза, отводит тепло реакции синтеза ФТ, и вода, нагретая данным теплообменником, испаряется и превращается в пар. Что касается данного пара, то вода, сконденсированная в парожидкостном сепараторе 34, возвращается в трубчатый теплообменник 32, а газовый компонент подается в наружное устройство в виде пара среднего давления (например, 1,0-2,5 МПаГ).

Жидкие углеводороды, синтезированные в барботажном колонном реакторе 30, как рассмотрено выше, входят в сепаратор 36 в виде суспензии с частицами катализатора. В сепараторе 36 происходит отделение твердого компонента, такого как частицы катализатора или т.п., и жидкого компонента, содержащего жидкие углеводороды, от суспензии. Часть отделенного твердого компонента, такого как частицы катализатора, возвращается в барботажный колонный реактор 30, а жидкий компонент поступает в первый аппарат 40 для фракционной перегонки. Из верхней части барботажного колонного реактора 30 непрореагировавший синтез-газ, газообразный компонент синтезированных углеводородов поступают в парожидкостной сепаратор 38. Парожидкостной сепаратор 38 охлаждает данные газы с отделением некоторых конденсированных жидких углеводородов и введением их в первый аппарат 40 для фракционной перегонки. Одновременно в качестве газообразного компонента, отделенного в парожидкостном сепараторе 38, непрореагировавший синтез-газ ( $\text{CO}+\text{H}_2$ ) возвращается в куб барботажного колонного реактора 30 и повторно используется для реакции синтеза ФТ. Далее, сбрасываемый газ (газ для сгорания в факеле), отличающийся от целевых продуктов, включающий в качестве основного компонента углеводородный газ, содержащий небольшое число атомов углерода ( $\text{C}_4$  или менее), поступает в наружную установку сжигания (не показана) и сгорает в ней, а затем выбрасывается в атмосферу.

Далее, в первом аппарате 40 для фракционной перегонки жидкие углеводороды (чье число атомов углерода варьируется), поступающие из сепаратора 36 и парожидкостного сепаратора 38 из барботажного колонного реактора 30, как рассмотрено выше, нагреваются и претерпевают фракционную перегонку жидких углеводородов, основанную на разнице температур кипения, на лигроиновую фракцию (чья температура кипения ниже приблизительно  $150^\circ\text{C}$ ), средний дистиллят (чья температура кипения составляет приблизительно от  $150$  до  $350^\circ\text{C}$ ) и парафиновую фракцию (чья температура кипения превышает приблизительно  $350^\circ\text{C}$ ).

Жидкие углеводороды (главным образом  $\text{C}_{21}$  или более), в виде парафиновой фракции отводимые из куба первого аппарата 40 для фракционной перегонки, поступают в реактор 50 гидрокрекинга парафиновой фракции, жидкие углеводороды (главным образом от  $\text{C}_{11}$  до  $\text{C}_{20}$ ), в виде среднего дистиллята отводимые из средней части первого аппарата 40 для фракционной перегонки, поступают в реактор 52 гидрирования среднего дистиллята, а жидкие углеводороды (главным образом от  $\text{C}_5$  до  $\text{C}_{10}$ ), в виде лигроиновой фракции отводимые из верхней части первого аппарата 40 для фракционной перегонки, поступают в реактор 54 гидрирования лигроиновой фракции.

В реакторе 50 гидрокрекинга парафиновой фракции протекает гидрокрекинг жидких углеводородов как парафиновой фракции с большим числом атомов углерода (приблизительно  $\text{C}_{21}$  или более), которая подается из куба первого аппарата 40 для фракционной перегонки, при использовании газообразного водорода, поступающего из упомянутого выше водородного сепаратора 26, со снижением числа атомов углерода до  $\text{C}_{20}$  или менее. В данной реакции гидрокрекинга образуются углеводороды с небольшим числом атомов углерода и низкой молекулярной массой в результате расщепления C-C связей углеводородов с большим числом атомов углерода под действием катализатора и тепла. Продукт, включающий жидкие углеводороды, подвергшиеся гидрокрекингу в данном реакторе 50 гидрокрекинга парафиновой фракции, разделяют на газ и жидкость в парожидкостном сепараторе 56, жидкие углеводороды которого направляют во второй аппарат 70 для фракционной перегонки, а газовый компонент (включающий газообразный водород) которого направляют в реактор 52 гидрокрекинга средней фракции и реактор 54 гидрирования лигроиновой фракции.

В реакторе 52 гидрирования среднего дистиллята протекает гидрирование жидких углеводородов (приблизительно от  $\text{C}_{11}$  до  $\text{C}_{20}$ ), как среднего дистиллята, содержащего, по существу, среднее число атомов углерода, поступающего из средней части первого аппарата 40 фракционной перегонки, при использовании газообразного водорода, поступающего через реактор 50 гидрокрекинга парафиновой фракции из водородного сепаратора 26. В данной реакции гидрирования, чтобы получить главным образом разветвленные насыщенные углеводороды, жидкие углеводороды подвергают изомеризации, и водород присоединяется к ненасыщенным связям вышеупомянутых жидких углеводородов и превращает их в насыщенные. В результате, продукт, включающий гидрированные жидкие углеводороды, разделяют на газ и жидкость в парожидкостном сепараторе 58, жидкие углеводороды которого направляют во второй аппарат 70 для фракционной перегонки, а газовый компонент (включающий газообразный водород) которого повторно используют для вышеупомянутой реакции гидрирования.

В реакторе 54 гидрирования лигроиновой фракции протекает гидрирование жидких углеводородов (приблизительно  $C_{10}$  или меньше) как лигроиновой фракции с низким числом атомов углерода, которые поступают из верхней части первого аппарата 40 для фракционной перегонки, при использовании газообразного водорода, подаваемого через реактор 50 гидрокрекинга парафиновой фракции из водородного сепаратора 26. В результате, продукт (гидрированный лигроин), включающий гидрированные жидкие углеводороды, разделяется на газ и жидкость в парожидкостном сепараторе 60, жидкие углеводороды из которого направляют в стабилизатор лигроина 72, а газовый компонент (включающий газообразный водород) из которого повторно используют для вышеупомянутой реакции гидрогенизации.

Далее во втором аппарате 70 для фракционной перегонки происходит перегонка жидких углеводородов, поступающих из реактора 50 гидрокрекинга парафиновой фракции и реактора 52 гидрирования среднего дистиллята, как рассмотрено выше. Таким образом, во втором аппарате 70 для фракционной перегонки протекает фракционная перегонка жидких углеводородов на углеводороды (чья температура кипения ниже приблизительно  $150^{\circ}C$ ) с числом атомов углерода  $C_{10}$  или меньше, керосин (чья температура кипения составляет приблизительно от  $250$  до  $350^{\circ}C$ ) и некрекированную парафиновую фракцию (чья температура кипения превышает приблизительно  $350^{\circ}C$ ) из реактора 50 гидрокрекинга парафиновой фракции. Некрекированная парафиновая фракция образуется в кубе второго аппарата для фракционной перегонки и возвращается в реактор 50 гидрокрекинга парафиновой фракции. Керосин и газойль отводят из средней части второго аппарата 70 для фракционной перегонки. Одновременно, углеводороды с числом атомов углерода  $C_{10}$  или меньше отводят из верхней части второго аппарата 70 фракционной перегонки и направляют в стабилизатор 72 лигроина.

Кроме того, в стабилизаторе 72 лигроина происходит отгонка углеводородов с числом атомов углерода  $C_{10}$  или меньше, которые поступают из вышеупомянутого реактора 54 гидрирования лигроиновой фракции и второго аппарата 70 фракционной перегонки, в результате чего лигроин фракционируется ( $C_5$ - $C_{10}$ ) как продукт. Соответственно, лигроин высокой чистоты отводится из нижней части стабилизатора 72 лигроина. Одновременно, сбрасываемый газ (газ, отводимый для сжигания в факеле), отличающийся от продуктов, который содержит в качестве основного компонента углеводороды с заранее определенным числом атомов углерода или меньше ( $C_4$  или меньше), отводится из верхней части стабилизатора 72 лигроина. Сбрасываемый газ (для сжигания в факеле) подают в наружные установки сжигания (не показаны на чертеже) и сжигают, после чего сбрасывают в атмосферу.

Выше рассмотрен процесс работы (GTL процесс) системы 1 синтеза жидкого топлива. В рассматриваемом процессе GTL природный газ превращается в топлива, такие как лигроин высокой чистоты ( $C_5$ - $C_{10}$ : сырой бензин), керосин ( $C_{11}$ - $C_{15}$ ) и легкое масло ( $C_{16}$ - $C_{20}$ : дизельное топливо).

Касательно фиг. 2, далее будет подробно рассмотрена конфигурация и работа оборудования, сопутствующего реактору 54 гидрирования лигроиновой фракции.

Она сконфигурована таким образом, что жидкие углеводороды лигроиновой фракции поступают в реактор 54 гидрирования лигроиновой фракции по линии подачи 701, соединенной с верхней частью первого аппарата 40 для фракционной перегонки. Продукт (гидрогенизированный лигроин), содержащий гидрированные жидкие углеводороды, направляют в парожидкостной сепаратор 60 по отводной линии 702.

Жидкие углеводороды, отделенные в парожидкостном сепараторе 60, направляют в стабилизатор 72 лигроина, как указано выше. Однако он сконфигурован так, что часть отделенных жидких углеводородов направляется в реактор 54 гидрирования лигроиновой фракции из парожидкостного сепаратора 60 по рециркуляционной линии 703, соединенной с линией подачи 701.

В ходе нормальной работы реактора 54 гидрирования лигроиновой фракции лигроиновая фракция, поступающая из первого аппарата 40 для фракционной перегонки, смешивается с гидрированным лигроином, поступающим по рециркуляционной линии 703, и ее смесь подается в реактор 54 гидрирования лигроиновой фракции. Когда гидрированный лигроин, который является неактивным вследствие гидрирования, смешивается с лигроиновой фракцией, выделение тепла в ходе гидрирования в реакторе 54 гидрирования лигроиновой фракции, может регулироваться.

Однако в случае, когда реактор 54 гидрирования лигроиновой фракции работает в первый раз или работа начата после длительного останова вследствие текущего ремонта или т.п., гидрированного лигроина, хранящегося в парожидкостном сепараторе 60, может не быть.

Поэтому, согласно настоящему варианту осуществления изобретения, пуск реактора 54 гидрирования лигроиновой фракции осуществляют, как показано на схеме фиг. 3.

В парожидкостной сепаратор 60 загружают неактивное углеводородное соединение, соответствующее лигроиновой фракции, то есть, неактивное углеводородное соединение, содержащее от 5 до 10 атомов углерода, более предпочтительно от 5 до 8 атомов углерода (S1). Согласно данному варианту осуществления изобретения в качестве неактивного углеводородного соединения используется н-гексан.

н-Гексан, который является неактивным углеводородным соединением, загруженным в парожидкостной сепаратор 60, отводится из парожидкостного сепаратора 60 и поступает на линию подачи 701 в реактор 54 гидрирования лигроиновой фракции через рециркуляционную линию 703 (S2). Поступивший

н-гексан и лигроиновые фракции, поступившие из первого аппарата 40 для фракционной перегонки, смешиваются (S3).

Смесь лигроиновой фракции и н-гексана подается в реактор 54 гидрирования лигроиновой фракции (S4). Отношение смешения лигроиновой фракции к н-гексану, лигроиновая фракция/н-гексан, составляет предпочтительно величину в интервале от 1/4 до 1/1.

Количество подаваемой смеси регулируется (S5), и гидрирование протекает в условиях регулирования выделения тепла в реакторе 54 гидрирования лигроиновой фракции. После этого гидрированный лигроин направляют в парожидкостной сепаратор 60.

Часть гидрированного лигроина, хранящегося в парожидкостном сепараторе 60, направляют на линию подачи 701 по рециркуляционной линии 703 (S6). Направленный гидрированный лигроин и лигроиновая фракция, подаваемая из первого аппарата 40 для фракционной перегонки, смешивают (S7). После этого смесь лигроиновой фракции и гидрированного лигроина подают в реактор 54 гидрирования лигроиновой фракции (S8), где протекает нормальная работа (S9).

Вышеупомянутым образом осуществляют пуск реактора 54 гидрирования лигроиновой фракции. Неактивное углеводородное соединение, загруженное в парожидкостной сепаратор 60, обеспечивает течение в стабилизатор 72 лигроина с гидроированным лигроином и смешение с лигроиновым продуктом.

В соответствии со способом пуска реактора 54 гидрирования лигроиновой фракции, сконструированным, как указано выше согласно данному варианту осуществления изобретения, н-гексан, который является неактивным углеводородным соединением, загружаемым в парожидкостной сепаратор 60, поступает на линию подачи 701 с рециркуляционной линии 703. После этого, н-гексан смешивают с лигроиновой фракцией, поступившей из первого аппарата 40 фракционной перегонки, и ее смесь подается в реактор 54 гидрирования лигроиновой фракции. Соответственно, в реакторе 54 гидрирования лигроиновой фракции концентрация активных материалов, таких как олефины или тому подобное, к которым добавляют водород, снижается. Поэтому возможно регулировать выделение теплоты реакции.

Когда тепловыделение в реакторе 54 гидрирования лигроиновой фракции регулируется, как указано выше, необходимо снизить количество лигроиновой фракции, поступающей в реактор 54 гидрирования лигроиновой фракции. Поэтому можно подавать большое количество лигроиновой фракции с начальной стадии и продолжать до достижения стабильного режима работы на ранней стадии.

Неактивное углеводородное соединение, такое как н-гексан или тому подобное, которое смешивают с лигроиновой фракцией, представляет материал, соответствующий лигроиновой фракции, то есть, углеводородное соединение, содержащее от 5 до 10 атомов углерода, и проблем не возникнет, даже когда оно протекает в стабилизатор 72 лигроина и смешивается с лигроиновым продуктом. Поэтому необходимо обеспечить отдельное устройство для отделения неактивного углеводородного соединения, такого как н-гексан или тому подобное.

Варианты осуществления настоящего изобретения рассмотрены выше со ссылкой на чертежи. Однако подробные конфигурации не должны рассматриваться как ограниченные данными вариантами осуществления изобретения, и могут быть реализованы конструкторские модификации или тому подобное без отклонения от существа настоящего изобретения.

Например, рассмотрена конфигурация, в которой неактивное углеводородное соединение загружается в парожидкостной сепаратор 60. Однако ее не следует считать ограничивающей и, как показано на фиг. 4, допустимо, чтобы неактивное углеводородное соединение загружалось в стабилизатор 72 лигроина, и неактивное углеводородное соединение было направлено на линию подачи 701 через рециркуляционную линию 704, расположенную в стабилизаторе 72 лигроина.

Кроме того, допустимо, чтобы соединительная линия 705, проходящая от парожидкостного сепаратора 60 к рециркуляционной линии 704, была расположена, как показано пунктирной линией на фиг. 4, и неактивное углеводородное соединение загружалось в оба аппарата - парожидкостной сепаратор 60 и стабилизатор 72 лигроина.

Согласно вариантам осуществления изобретения, рассмотрена конфигурация, где лигроиновая фракция, поступающая из первого аппарата 40 для фракционной перегонки, смешивается с неактивным углеводородным соединением. Однако ее не следует считать ограничивающей, и допустимо, чтобы, например, неактивное углеводородное соединение, которое загружается предварительно, по меньшей мере, в один парожидкостной сепаратор 60 и стабилизатор 72 лигроина, протекало по рециркуляционным линиям 703 и 704, линии подачи 701 и реактору 54 гидрирования, а вышеупомянутая лигроиновая фракция смешивалась с ним.

Кроме того, рассмотрено, что н-гексан используется как неактивное углеводородное соединение. Однако его не следует считать ограничивающим, и допустимо применять н-пентан, н-гептан, н-октан, н-нонан или тому подобное, и также использовать сам гидрированный лигроин, полученный заранее. Однако использование соединения, которое содержит соединения серы (S) и кислорода (O), олефины или тому подобное, не является предпочтительным, потому что они могут вызвать тепловыделение при гидрировании. Кроме того, н-гексан является наиболее предпочтительным с точки зрения доступности или т.п.

### Промышленная применимость

Согласно способу пуска реактора гидрирования лигроиновой фракции настоящего изобретения, в реакторе гидрирования лигроиновой фракции, в котором протекает гидрирование лигроиновой фракции углеводородных соединений, полученных по реакции синтеза Фишера-Тропша, можно регулировать количество выделяющегося тепла в ходе начальной работы реактора и продолжить ее до достижения стабильного режима работы на ранней стадии.

### Описание цифровых ссылок

1: система синтеза жидкого топлива (реакционная система углеводородного синтеза); 40: первый аппарат для фракционной перегонки; 54: реактор гидрирования лигроиновой фракции; 60: парожидкостной сепаратор; 72: стабилизатор лигроина.

### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ пуска реактора гидрирования лигроиновой фракции, полученной в аппарате для фракционной перегонки углеводородных соединений, образованных в результате реакции синтеза Фишера-Тропша, включающий стадии, на которых

производят предварительную загрузку неактивного углеводородного соединения, соответствующего лигроиновой фракции, в парожидкостной сепаратор, в виде гидрированного лигроина, который подвергнут гидрированию в реакторе гидрирования лигроиновой фракции;

смешивают неактивное углеводородное соединение, выходящее из парожидкостного сепаратора, и лигроиновую фракцию, направляемую из аппарата для дробной перегонки в реактор гидрирования лигроиновой фракции; и

подают смесь лигроиновой фракции и неактивного углеводородного соединения в реактор гидрирования лигроиновой фракции.

2. Способ пуска реактора гидрирования лигроиновой фракции, полученной в аппарате для фракционной перегонки углеводородных соединений, образованных в результате реакции синтеза Фишера-Тропша, включающий стадии, на которых

производят предварительную загрузку неактивного углеводородного соединения, соответствующего лигроиновой фракции, в стабилизатор лигроина, в виде гидрированного лигроина, который подвергнут гидрированию в реакторе гидрирования лигроиновой фракции и пропущен через парожидкостной сепаратор;

смешивают неактивное углеводородное соединение, выходящее из стабилизатора лигроина, и лигроиновую фракцию, направляемую из аппарата для дробной перегонки в реактор гидрирования лигроиновой фракции; и

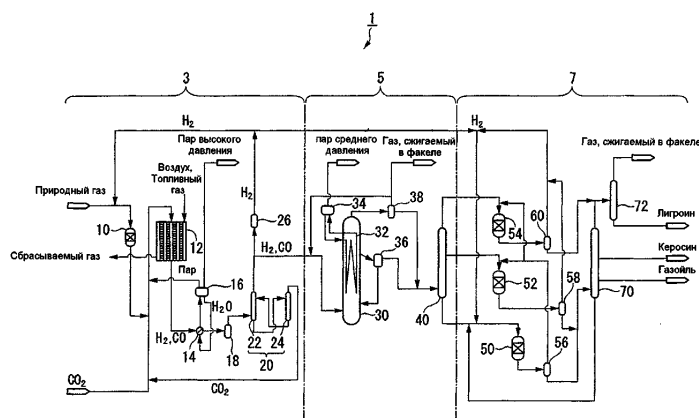
подают смесь лигроиновой фракции и неактивного углеводородного соединения в реактор гидрирования лигроиновой фракции.

3. Способ пуска реактора гидрирования лигроиновой фракции по п.1 или 2, где неактивное углеводородное соединение содержит от 5 до 10 атомов углерода.

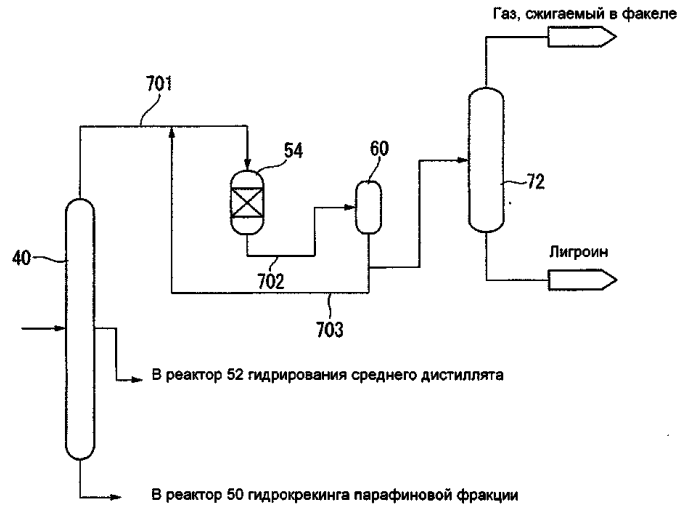
4. Способ пуска реактора гидрирования лигроиновой фракции по п.1 или 2, где неактивным углеводородным соединением является гидрированный лигроин.

5. Способ пуска реактора гидрирования лигроиновой фракции по п.1 или 2, где неактивное углеводородное соединение состоит по меньшей мере из одного н-пентана, н-гексана, н-гептана, н-октана и н-нонана.

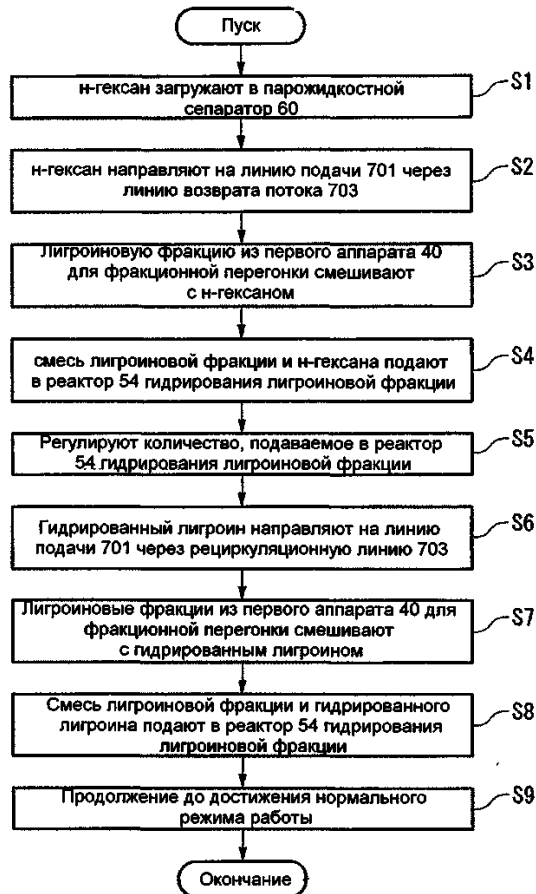
6. Способ пуска реактора гидрирования лигроиновой фракции по п.1 или 2, где неактивным углеводородным соединением является н-гексан.



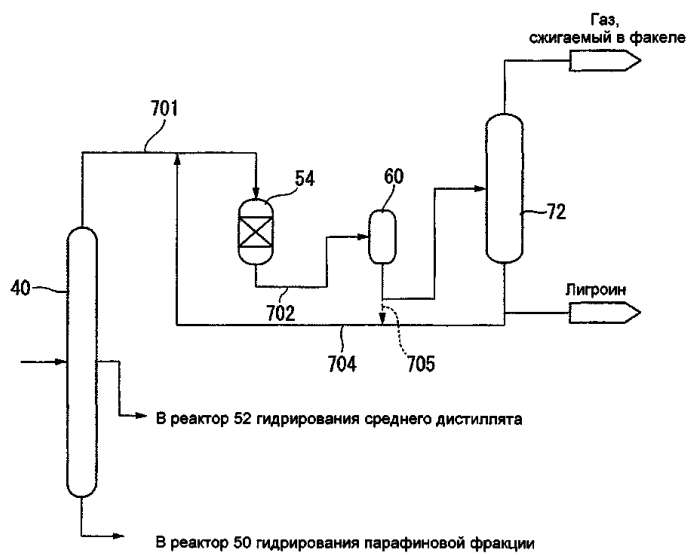
Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4