

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **034745**(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2020.03.16

(21) Номер заявки
201692248

(22) Дата подачи заявки
2015.06.04

(51) Int. Cl. **B01J 8/02** (2006.01)
B01J 8/06 (2006.01)
C10G 2/00 (2006.01)
B01J 37/16 (2006.01)
B01J 38/02 (2006.01)

(54) СПОСОБЫ, СИСТЕМЫ И УСТРОЙСТВА ДЛЯ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ПОВЫШЕНИЯ КАТАЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ПО ФИШЕРУ-ТРОПШУ

(31) **62/008,301**

(32) **2014.06.05**

(33) **US**

(43) **2017.06.30**

(86) **PCT/US2015/034216**

(87) **WO 2015/187962 2015.12.10**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
ЭСДЖИСИИ ЭЛЭЛСИ (US)

(72) Изобретатель:
**Футрал Гэри Стивен, Раман
Говиндараджан (US)**

(74) Представитель:
Нилова М.И. (RU)

(56) US-A1-2011213186
US-A1-2005163680
US-A1-2011245355
US-A1-2007299148
US-A1-2008210596
WO-A2-2014145082

(57) Один или более вариантов осуществления настоящего изобретения включают способы повышения активности, по меньшей мере, частично неактивного катализатора Фишера-Тропша (ФТ) в трубчатом реакторе ФТ, включающие нагрев жидкого теплоносителя (НТФ) до парообразного состояния, применение нагретого НТФ в парообразном состоянии для достижения и поддержания, по меньшей мере, частично неактивного катализатора ФТ при заданной температуре стадии; и воздействие на, по меньшей мере, частично неактивный катализатор ФТ по меньшей мере одного газа, влияющего на активность катализатора ФТ, в течение времени, достаточного для повышения активности катализатора ФТ до требуемого уровня. Также описаны другие способы, системы и устройства.

B1

034745

034745

B1

Область техники

Настоящее изобретение относится к системам, способам и устройствам для получения жидких углеводородов из газа по технологии Фишера-Тропша. В частности, настоящее изобретение относится к системам, способам и устройствам для активации и/или регенерации катализатора в системе Фишера-Тропша.

Уровень техники

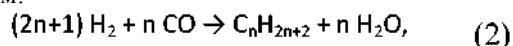
Процесс (также синтез или конверсия) Фишера-Тропша (также "Фишер-Тропш", "Ф-Т" или "ФТ") включает ряд химических реакций, в результате которых происходит преобразование смеси монооксида углерода и водорода (известной как нефтезаводской газ, синтетический газ или "синтез-газ") в жидкие углеводороды (в данном описании названы "жидкие ФТ углеводороды"). Жидкие ФТ углеводороды могут содержать парафин ("парафин ФТ"), который может быть жидким в процессе получения, однако становится твердым после охлаждения. Процесс впервые был разработан немецкими химиками Францем Фишером и Хансом Тропшем в 1920-х годах. Конверсия ФТ представляет собой каталитический и экзотермический процесс. Процесс ФТ используют для получения заменителей нефти, как правило, из углеродсодержащих источников энергии, таких как уголь, природный газ, биомасса или потоки углеродсодержащих отходов (таких как твердые бытовые отходы), которые являются подходящими для использования в качестве синтетического топлива, парафинов и/или смазочных масел. Углеродсодержащий источник энергии сначала преобразуют в нефтезаводской газ с использованием устройства для приготовления синтез-газа в ходе конверсии синтез-газа. В зависимости от физической формы углеродсодержащего источника энергии при получении синтез-газа возможно применение таких технологий как паровой риформинг метана, газификация, конверсия монооксида углерода, удаление кислых газов, очистка газов и кондиционирование. На указанных стадиях происходит преобразование источника углерода в простые молекулы, преимущественно монооксид углерода и водород, которые являются активными ингредиентами синтез-газа. Синтез-газ также содержит двуокись углерода, водяной пар, метан и азот. Нередко в следовых количествах присутствуют неблагоприятные для действия катализатора примеси, такие как соединения серы и азота, их удаляют до очень низких концентраций, часто это осуществляют в процессе кондиционирования синтез-газа. После получения и кондиционирования синтез-газа кондиционированный синтез-газ вводят в реактор ФТ, содержащий катализатор ФТ, для получения жидких углеводородов ФТ в процессе синтеза Фишера-Тропша. В зависимости от типа реактора ФТ конверсия ФТ синтез-газа в жидкие углеводороды ФТ происходит при соответствующих рабочих параметрах.

В зависимости от физической формы углеродсодержащего источника энергии при получении синтез-газа возможно применение таких технологий как паровой риформинг метана, газификация, конверсия монооксида углерода, удаление кислых газов, очистка газов и кондиционирование. Во время указанных операций происходит преобразование углеродсодержащего источника энергии в простые молекулы, преимущественно монооксид углерода и водород, которые являются активными ингредиентами синтез-газа. Синтез-газ содержит также двуокись углерода, водяной пар, метан, азот. Нередко в следовых количествах присутствуют неблагоприятные для действия катализатора примеси, такие как соединения серы и азота, их удаляют до очень низких концентраций, осуществляя это в процессе кондиционирования синтетического газа.

На стадии конверсии для получения синтез-газа из природного газа, например метана, природный газ подвергают взаимодействию с паром и кислородом в устройстве для получения синтез-газа. Синтез-газ содержит главным образом монооксид углерода, водород, диоксид углерода, водяной пар и непрореагировавший метан. В случае частичного окисления при получении синтез-газа, как правило, синтез-газ содержит большее количество монооксида углерода и меньшее количество водорода по сравнению с оптимальным количеством, поэтому добавляют пар для взаимодействия с частью монооксида углерода в ходе реакции конверсии водяного газа. Реакция конверсии водяного газа может быть описана следующим образом:



С термодинамической точки зрения существует равновесие между прямой и обратной реакциями. Это равновесие определяется концентрацией присутствующих газов. На стадии конверсии ФТ реакции Фишера-Тропша (ФТ) для конверсии ФТ синтез-газа в жидкие углеводороды ФТ могут быть упрощенно выражены следующим образом:



где "n" - положительное целое число.

Реакцию ФТ проводят в присутствии катализатора, названного катализатором Фишера-Тропша ("катализатор ФТ"). В отличие от реагента, катализатор не участвует в химической реакции и не расходуется в ходе самой химической реакции, однако ускоряет химическую реакцию. Кроме того, катализатор может участвовать в нескольких химических превращениях. Каталитические реакции имеют более низкую свободную энергию активации, лимитирующую скорость, чем соответствующие некаталитические реакции, что приводит к более высокой скорости реакции при одной и той же температуре. Тем не менее, объяснение механизма катализа носит сложный характер. Катализаторы могут оказывать благо-

приятное воздействие на реакционную среду или связываться с реагентами для поляризации связей, например кислотные катализаторы в реакциях карбонильных соединений, или образовывать определенные промежуточные продукты, которые не получаются естественным образом, такие как сложные эфиры осмиевой кислоты в катализируемом тетраоксидом осмия дигидроксилировании алкенов, или вызывают лизис реагентов в химически активные формы, такие как атомарный водород в каталитическое гидрирование.

В результате синтеза Фишера-Тропша помимо жидких углеводородов ФТ обычно также происходит образование газов ("остаточные газы Фишера-Тропша" или "остаточные газы ФТ") и воды ("вода Фишера-Тропша" или "вода ФТ"). Остаточные газы ФТ обычно содержат СО (монооксид углерода), СО₂ (диоксид углерода), Н₂ (водород), молекулы легких углеводородов, насыщенных и ненасыщенных, как правило, от С₁ до С₄, а также небольшое количество молекул легких кислородсодержащих углеводородов, таких как метанол. Обычно остаточные газы ФТ добавляют в систему подачи газообразного топлива устройства ФТ для применения в качестве топлива.

Вода ФТ может также содержать примеси, такие как растворенные углеводороды, оксигенаты (спирты, кетоны, альдегиды и карбоновые кислоты) и другие органические продукты ФТ. Как правило, воду ФТ обрабатывают различными способами для удаления примесей и утилизируют надлежащим образом.

Для катализа синтеза Фишера-Тропша применяют различные катализаторы ФТ, при этом наиболее распространенными являются катализаторы на основе кобальта и катализаторы на основе железа. Кроме того, большинство катализаторов ФТ имеют носитель или являются осажденными. Если катализатор ФТ представляет собой катализатор на носителе, то катализатор на основе металла наносят на внутреннюю часть металлической структуры, напоминающей туннель, имеющий впускное отверстие или "пору". Структура, на которую осаждают катализатор ФТ, имеет такие же малые размеры, как поры. Катализаторы ФТ можно дезактивировать с помощью различных механизмов. Причины дезактивации катализатора Фишера-Тропша включают в себя без ограничения: окисление активного металла катализатора ФТ, например окисление кобальта до оксида кобальта; закупоривание пор катализатора ФТ тяжелыми углеводородами; реакция активного металла, такого как кобальт; а также блокирование активных центров на поверхности катализатора ФТ.

Различные катализаторы ФТ, которые применяют в реакторах ФТ, имеют высокую реакционную способность по отношению к кислороду или воде. Это обстоятельство затрудняет обращение с катализаторами ФТ на открытом воздухе без ущерба для снижения эффективности катализаторов ФТ. Многие катализаторы ФТ являются коммерчески доступными в неактивном или неактивированном состоянии для обеспечения возможности безопасного обращения с катализатором ФТ практически без каких-либо специальных требований к обращению, необходимых для сохранения эффективности катализатора ФТ. Тем не менее, для таких неактивных катализаторов ФТ является необходимым химическое изменение их состава, которое называют "активацией", до начала применения катализаторов ФТ. Иногда для активации требуется подвергнуть катализатор ФТ воздействию высоких температур и одного или нескольких газов ("активационные газы"). Один или несколько активационных газов взаимодействуют с катализатором ФТ, чтобы привести катализатор ФТ в реакционное состояние. Как указано в разделе терминологии в настоящем документе, активационные газы могут осуществлять окисление или восстановление, а также могут быть инертными. Кроме того, после применения в течение некоторого периода времени катализатор ФТ может стать менее эффективным, и может потребоваться его регенерация, включающая процедуры, которые могут быть аналогичными или несколько отличаться от процедуры активации. Как и в случае активационных газов, регенерационные газы могут осуществлять восстановление, окисление или могут быть инертными.

Жидкие теплоносители (НТФ) или аналогичный теплоноситель используют в виде жидкости для нагрева катализатора ФТ внутри реактора ФТ ("in situ"), в то время как катализатор ФТ подвергают воздействию активационного (или регенерационного) газа. При использовании НТФ рабочее давление, необходимое внутри корпуса реактора ФТ, может быть ниже, чем давление пара, даже если пар используется при той же температуре, что и НТФ. Тем не менее, объем жидких теплоносителей для заполнения реактора ФТ может быть большим.

Соответственно в данной области техники существует потребность в новых системах и способах активации и регенерации катализатора ФТ. Желательно, чтобы такие системы и способы обеспечивали возможность активации или регенерации катализатора ФТ in situ.

Сущность изобретения

Один или несколько вариантов осуществления настоящего изобретения включают способы повышения активности катализатора Фишера-Тропша (ФТ) in situ, включающие нагрев жидкого теплоносителя (НТФ) до парообразного состояния при заранее определенной температуре НТФ с применением испарителя НТФ. Поток парообразного НТФ подают к впускному отверстию межтрубного пространства реактора ФТ. Реактор ФТ имеет трубное пространство, а также межтрубное пространство и содержит, по меньшей мере, частично неактивный катализатор ФТ во множестве трубок, заполненных катализатором ФТ. Парообразный НТФ нагревает реактор ФТ до заданной температуры реактора, парообразный НТФ охлаждается и, по меньшей мере, частично конденсируется в жидкий НТФ по мере прохождения НТФ по межтрубному пространству реактора ФТ к выпускному отверстию межтрубного пространства. Жидкий

НТФ проходит через выпускное отверстие межтрубного пространства реактора ФТ и возвращается в испаритель НТФ для повторного нагревания до парообразного НТФ. Продолжая подачу в межтрубное пространство реактора ФТ потока парообразного НТФ, достаточного для поддержания заданной температуры в реакторе, в трубное пространство реактора ФТ подают по меньшей мере один газ, влияющий на активность катализатора ФТ, для контакта с, по меньшей мере, частично неактивным катализатором ФТ.

Один или несколько вариантов осуществления настоящего изобретения включают способы повышения активности катализатора Фишера-Тропша (ФТ) *in situ*, включающие

(а) нагрев НТФ до парообразного состояния при заданной температуре НТФ с использованием испарителя НТФ, (б) подачу потока пара нагретого НТФ к впускному отверстию межтрубного пространства реактора ФТ для нагрева реактора ФТ до заданной температуры, при этом реактор ФТ содержит множество заполненных катализатором ФТ трубок и имеет межтрубное пространство и трубное пространство, и катализатор ФТ в заполненных катализатором ФТ трубках является, по меньшей мере, частично неактивным, (в) пропускание потока жидкого НТФ, конденсированного из пара НТФ при прохождении пара НТФ через межтрубное пространство реактора ФТ, через выпускное отверстие межтрубного пространства и возврат потока жидкого НТФ в испаритель НТФ для повторного нагрева до парообразного состояния НТФ; (г) подачу газа, влияющего на активность катализатора ФТ по меньшей мере на одной ступени, в трубное пространство реактора ФТ для контакта с, по меньшей мере, частично неактивным катализатором ФТ при продолжении подачи в межтрубное пространство реактора ФТ потока пара НТФ, достаточного для поддержания заданной температуры. Стадии (а)-(г) повторяют для заданного количества стадий, достаточного для, по меньшей мере, частичной регенерации, по меньшей мере, частично неактивного катализатора ФТ, причем на каждой стадии имеется своя заданная температура НТФ, до которой нагревают пар НТФ, своя заданная температура, до которой нагревают реактор ФТ, свой по меньшей мере один газ, влияющий на активность катализатора ФТ, и своя заданная продолжительность стадии, в течение которой по меньшей мере один газ, влияющий на активность катализатора ФТ, вступает в контакт с катализатором ФТ.

Один или несколько вариантов осуществления настоящего изобретения включают способы повышения активности, по меньшей мере, частично неактивного катализатора Фишера-Тропша (ФТ) в трубчатом реакторе ФТ, включающие нагрев жидкого теплоносителя (НТФ) до парообразного состояния, применение нагретого НТФ в парообразном состоянии для достижения и поддержания, по меньшей мере, частично неактивного катализатора ФТ при заданной температуре стадии и воздействие на, по меньшей мере, частично неактивный катализатор ФТ по меньшей мере одного газа, влияющего на активность катализатора ФТ, на протяжении ступени.

Один или несколько вариантов осуществления настоящего изобретения включают системы для повышения активности катализатора Фишера-Тропша (ФТ), которые содержат испаритель жидкого теплоносителя (НТФ) для нагрева жидкого теплоносителя (НТФ) до парообразного состояния. Системы также включают реактор ФТ, содержащий множество заполненных катализатором ФТ трубок и имеющий межтрубное пространство и трубное пространство, при этом катализатор ФТ в заполненных катализатором ФТ трубках является, по меньшей мере, частично неактивным. Реактор ФТ дополнительно имеет впускное отверстие НТФ в межтрубном пространстве, выпускное отверстие НТФ в межтрубном пространстве, технологическое впускное отверстие в трубном пространстве и технологическое выпускное отверстие в межтрубном пространстве, причем выпускное отверстие для НТФ обеспечивает выход из реактора ФТ жидкого НТФ, который конденсируется из пара НТФ при прохождении пара НТФ через межтрубное пространство реактора ФТ. Технологическое впускное отверстие и технологическое выпускное отверстие обеспечивают прохождение по меньшей мере одного газа, влияющего на активность катализатора ФТ, через межтрубное пространство реактора ФТ для контакта с, по меньшей мере, частично неактивным катализатором ФТ. Системы также включают трубопровод для подачи нагретого пара НТФ в межтрубное пространство реактора ФТ через впускное отверстие НТФ для того, чтобы пар НТФ нагревал реактор ФТ до заданной температуры реактора и для поддержания реактора ФТ при заданной температуре реактора на протяжении стадии, и трубопровод для жидкого НТФ для транспортирования жидкого НТФ от выпускного отверстия НТФ в испаритель НТФ для повторного нагрева до парообразного состояния НТФ.

Один или несколько вариантов осуществления настоящего изобретения включают устройство для получения парообразного жидкого теплоносителя (НТФ) для обеспечения заданной температуры в процессе повышения активности катализатора Фишера-Тропша (ФТ), содержащее испаритель жидкого теплоносителя (НТФ) для нагрева НТФ до парообразного состояния при заданной температуре, указанный испаритель НТФ имеет впускное отверстие для жидкого НТФ и выпускное отверстие для пара НТФ. Эти и другие варианты осуществления, признаки и преимущества изобретения будут очевидны из следующего далее подробного описания изобретения и чертежей.

Краткое описание чертежей

Более подробное описание настоящего изобретения приводится со ссылкой на прилагаемые чертежи.

Фиг. 1 представляет собой упрощенную блок-схему системы Фишера-Тропша, в которой система теплообмена соответствует одному или нескольким вариантам осуществления настоящего изобретения.

Фиг. 2 представляет собой схему реактора Фишера-Тропша и системы теплообмена в соответствии

с одним или несколькими вариантами осуществления настоящего изобретения.

Фиг. 3 представляет собой схему реактора Фишера-Тропша и системы теплообмена, которая включает регулятор давления в соответствии с одним или несколькими вариантами осуществления настоящего изобретения.

Фиг. 4 представляет собой структурную схему реактора Фишера-Тропша и системы теплообмена, которая включает регулятор давления и модулирующий клапан в соответствии с одним или несколькими вариантами осуществления настоящего изобретения.

Фиг. 5 представляет собой структурную схему реактора Фишера-Тропша и системы теплообмена, которая включает регулятор температуры в соответствии с одним или несколькими вариантами осуществления настоящего изобретения.

Фиг. 6 представляет собой блок-схему активации катализатора ФТ в соответствии с одним или несколькими вариантами осуществления настоящего изобретения.

Фиг. 7 представляет собой блок-схему регенерации, по меньшей мере, частично дезактивированного катализатора ФТ в соответствии с одним или несколькими вариантами осуществления настоящего изобретения.

Обозначения и терминология

В настоящем описании аббревиатура "ФТ" и/или "Ф-Т" означает Фишер-Тропш (также может быть написано как "Фишер Тропш").

В данном описании термин "катализатор ФТ" означает катализатор, применяемый в реакторе Ф-Т. В отличие от реагента, катализатор ускоряет химическую реакцию и не расходуется в ходе реакции. Кроме того, катализатор может участвовать в нескольких химических превращениях. Уровень активности катализатора ФТ может уменьшаться с течением времени в результате его применения. ФТ катализаторы могут быть на основе железа, на основе кобальта или могут представлять собой любой другой катализатор, который применяют в реакторе ФТ для получения углеводородов ФТ из синтез-газа. В данном описании фраза "высокотемпературный реактор Фишера-Тропша" (или HTFT) означает реактор ФТ, который обычно работает при температуре 330-350°C и в котором обычно используют катализатор ФТ на основе железа. Указанный процесс широко применяется компанией Sasol на предприятиях по переработке угля в жидкое топливо (CTL). В данном описании фраза "низкотемпературный реактор Фишера-Тропша" (или LTFT) означает реактор ФТ, который работает при более низких температурах, как правило, от 170 до 235°C и в которых обычно используют катализатор ФТ на основе кобальта. ФТ реакторы поставляются в различных конфигурациях, в том числе, без ограничения, трубчатые реакторы ФТ, суспензионные реакторы ФТ, барботажные колоночные реакторы ФТ и компактные реакторы ФТ. В данном описании термин "трубчатый реактор" относится к реакторам Фишера-Тропша с одной или несколькими трубками, содержащими катализатор ФТ, при этом внутренний диаметр или средняя ширина одной или нескольких трубок, как правило, составляет больше, чем примерно 0,5 дюйма (примерно 1,3 см). Термин "трубчатый" не подразумевает ограничения поперечного сечения конкретной формой. Например, форма поперечного сечения трубок может быть некруглой. Соответственно трубки трубчатого реактора в одном или нескольких вариантах осуществления могут иметь круглую, овальную, прямоугольную и/или другую форму(ы) поперечного сечения.

В данном описании термин "остаточный газ ФТ" означает газ, полученный из реактора ФТ. Остаточный газ ФТ, как правило, может содержать непрореагировавший водород и монооксид углерода, а также диоксид углерода, некоторые легкие углеводороды и другие легкие побочные продукты реакции.

В данном описании термин "вода ФТ" означает воду, полученную путем реакции ФТ. Вода ФТ, как правило, содержит растворенные кислородсодержащие соединения, такие как спирты и легкие углеводороды.

В данном описании термин "жидкие углеводородные продукты ФТ" означает жидкие углеводороды, полученные с помощью реактора ФТ.

В настоящем описании термин "нефтезаводской газ" или "синтез-газ" означает продукт, выходящий из конверсионной установки синтез-газа, такой как (без ограничения) установка парового риформинга метана, установка автотермического риформинга, установка гибридного риформинга или установка риформинга с частичным окислением. В установке парового риформинга метана кислород в качестве составной части процесса не используют, а в установке автотермического риформинга используют. В обоих случаях используют катализаторы риформинга. Устройства гибридного риформинга представляют собой сочетание устройства парового риформинга метана в качестве первой стадии и автотермического риформинга с окислением в качестве второй стадии. Устройства риформинга с частичным окислением аналогичны устройствам автотермического риформинга, но в них не используют катализатор риформинга.

В данном описании термин "продувочный поток остаточного газа ФТ" означает избыточный остаточный газ ФТ, удаленный из первичного потока остаточного газа ФТ. Продувочный поток ФТ имеет такой же состав, как остаточный газ ФТ. В данном описании термин "перегреть" жидкость означает нагрев жидкости выше точки росы (или точки насыщения). В описании указаны конкретные предпочтительные диапазоны температур.

В данном описании термины "жидкий теплоноситель(и)" или "НТФ('s)" означает жидкость, которая обладает хорошими теплофизическими свойствами и содержит органические/углеводородные соединения, такие как масла, водно-гликолевую смесь и расплавленные неорганические соли. НТФ может также содержать другие добавки, такие как антиоксиданты. НТФ, выбранный для конкретного применения при определенных рабочих параметрах, например конкретном диапазоне температуры и/или давления, предпочтительно должен быть стабильным при данных рабочих параметрах. Для некоторых вариантов осуществления, раскрытых в данном описании, НТФ, содержащий органическое соединение, вероятно, будет являться предпочтительным, однако это зависит от конкретных случаев применения и условий эксплуатации. Многие НТФ являются коммерчески доступными, такие как, но не только, Dowtherm® А, доступный от компании Dow Chemical.

В данном описании термин "малосернистый природный газ" означает природный газ, из которого предварительно удален избыток серы или соединений серы, таких как H_2S . В данном описании фраза "по меньшей мере, частично неактивный катализатор ФТ" включает катализаторы ФТ, которые никогда не были активированы, катализаторы ФТ, которые были частично активированы, но не были полностью активированы, а также катализаторы ФТ, которые стали, по меньшей мере, частично дезактивированными в результате применения.

В данном описании термин "низкое соотношение H_2/CO " означает соотношение меньше стехиометрического соотношения 2:1 в реакции Фишера-Тропша.

В данном описании термины "активационный газ" или "активационные газы" включают в себя газы, которые используют в процессе приведения катализатора ФТ, который не был активирован или был активирован только частично, в более активное состояние. Активационные газы могут осуществлять окисление или восстановление, а также могут быть инертными. Инертные активационные газы можно использовать, например, в качестве стадии в многостадийном процессе активации.

В настоящем описании термины "регенерационный газ" или "регенерационные газы" включают в себя газы, которые используют в процессе приведения катализатора ФТ, частично дезактивированного, например в результате применения, в более активное состояние. Регенерационные газы могут осуществлять окисление или восстановление, а также могут быть инертными. Инертные регенерационные газы можно использовать, например, в качестве стадии в многостадийном процессе регенерации. В данном описании термин "газ, влияющий на активность катализатора ФТ" (или "газы, влияющие на активность катализатора ФТ") может означать активационный газ/газы или регенерационный газ/газы. Такой газ, влияющий на активность катализатора ФТ, может осуществлять окисление или восстановление, а также может быть инертным.

Подробное описание изобретения

При применении НТФ для активации или регенерации катализатора ФТ в парообразном состоянии, а не в жидкой форме, может потребоваться меньшее количество НТФ, и это может привести к получению более высокого коэффициента теплопередачи. Конкретный НТФ (или комбинацию НТФ) для его (их) применения в парообразной форме предпочтительно выбирают на основании условий, необходимых для активации или регенерации конкретного катализатора ФТ. Для одного или нескольких вариантов осуществления настоящего изобретения может быть предпочтительным НТФ, содержащий органическое соединение. Для одного или нескольких вариантов осуществления настоящего изобретения может быть предпочтителен НТФ, содержащий масло.

Фиг. 1 представляет собой упрощенную схему системы Фишера-Тропша в соответствии с настоящим изобретением. Углеродсодержащее и другое сырье 5 вводят в устройство для получения синтез-газа 10. Углеродсодержащее сырье может содержать природный газ или переработанный уголь, переработанную биомассу или переработанные углеродсодержащие отходы, такие как переработанные коммунально-бытовые отходы.

Выбор остального подаваемого сырья зависит от типа углеродсодержащего сырья и типа устройства для получения синтез-газа 10. В устройстве для получения синтез-газа 10 происходит превращение углеродсодержащего и другого сырья 5 в синтез-газ 15, содержащий водород и углерод. В устройстве для получения синтез-газа 10 также возможно образование побочных продуктов, однако они не изображены на фиг. 1. Устройство для получения синтез-газа 10 может представлять собой любое устройство для получения синтез-газа, в том числе, но не ограничиваясь ими, установку парового риформинга метана, установку автотермического риформинга, установку риформинга с частичным окислением или установку гибридного риформинга. Может потребоваться кондиционирование синтез-газа 15 перед его подачей в реактор ФТ. Тип кондиционирования может быть различным в зависимости от типа углеродсодержащего сырья и типа устройства для получения синтез-газа 10, а также характеристик катализатора ФТ, применяемого в реакторе ФТ, типа выбранного реактора ФТ и его рабочих параметров. Как правило, кондиционирование синтез-газа включает удаление технологического конденсата 22 из синтез-газа. Кондиционирование также может включать регулирование соотношений водорода и монооксида углерода в синтез-газе. Как показано на фиг. 1, синтез-газ 15 проходит по первому трубопроводу для синтез-газа в устройство для кондиционирования синтез-газа 20, в котором, например, происходит удаление технологического конденсата 22 и регулирование соотношений водорода и монооксида углерода в синтез-газе до

заранее определенных уровней, если это необходимо для получения кондиционированного синтез-газа 25. Технологический конденсат 22 выходит из установки для кондиционирования синтез-газа 20 через трубопровод для конденсата. (Трубопроводы на фигурах не обозначены цифрами, однако представлены применительно к жидкостям, которые в них протекают.) Во время процесса кондиционированный синтез-газ 25 направляют по второму трубопроводу для синтез-газа в реактор ФТ 30, содержащий катализатор ФТ, для переработки в продукцию реактора ФТ 50, содержащую жидкие углеводороды ФТ, а также остаточные газы ФТ и воду ФТ. Жидкие углеводороды ФТ 50 могут содержать бензиновый компонент ФТ, дизельный компонент ФТ и парафиновый компонент ФТ в зависимости от характеристик кондиционированного синтез-газа 25, выбранного катализатора ФТ и выбранного типа реактора ФТ 30, а также рабочих параметров реактора ФТ 30. Реактор ФТ 30 может представлять собой трубчатый реактор, имеющий множество трубок (на фиг. 1 отдельно не изображены), предпочтительно проходящих в продольном направлении внутри реактора ФТ 30, содержащего катализатор ФТ. Множество трубок можно называть трубками, заполненными катализатором ФТ, когда катализатор ФТ помещен внутрь множества трубок. Трубчатый реактор ФТ имеет "трубное пространство", то есть пространство внутри трубок с катализатором, и "межтрубное пространство", то есть пространство внутри реактора ФТ, но за пределами трубок с катализатором. Во время операции конверсии ФТ кондиционированный синтез-газ поступает в трубное пространство реактора ФТ 30, который производит продукт переработки ФТ 50, содержащий жидкие углеводороды ФТ, воду ФТ и остаточный газ ФТ.

Однако конверсия ФТ невозможна, пока катализатор ФТ не активирован. Если катализатор ФТ загружен в множество трубок в неактивном состоянии или использовался в процессе ФТ в течение определенного периода времени и, следовательно, находится в неактивном или полуактивном состоянии, то катализатор ФТ можно назвать, по меньшей мере, частично неактивным катализатором ФТ. По меньшей мере, частично неактивный катализатор ФТ можно активировать (или регенерировать) в соответствии с одним из нескольких вариантов осуществления настоящего изобретения. В вариантах осуществления настоящего изобретения частично неактивный катализатор ФТ можно активировать (или регенерировать) на месте ("in situ"), то есть внутри реактора ФТ. Во время процессов активации или регенерации синтез-газ 25 в реактор ФТ 30 не подают. В некоторых случаях получение синтез-газа может не начинаться, например, в случае активации катализаторов ФТ в начальный период или, при дезактивации катализаторов ФТ в результате применения, получение синтез-газа прекращается и блокируется подача синтез-газа в реактор ФТ, например в результате закрывания первого клапана 60. Для создания подходящих условий для активации (или регенерации), по меньшей мере, частично неактивного катализатора ФТ in situ реактор ФТ соединен с системой теплообмена 40. Система теплообмена 40 включает теплообменник-испаритель 42, первый трубопровод НТФ, с помощью которой происходит перенос жидкого теплоносителя в виде пара ("пара НТФ" или "парообразного НТФ") 44 из теплообменника-испарителя 42 в реактор ФТ 30, и второй трубопровод НТФ, с помощью которой происходит перенос жидкого теплоносителя в виде жидкости ("жидкий НТФ") 46 из реактора ФТ 30 в теплообменник-испаритель 42. В процессе эксплуатации теплообменник-испаритель 42 нагревает жидкий теплоноситель (НТФ) до парообразного состояния. Пар НТФ 44 поступает из теплообменника-испарителя 42 в межтрубное пространство реактора ФТ 30 по первому трубопроводу НТФ. Пар НТФ 44 нагревает реактор ФТ 30 с помощью заполненных катализатором ФТ трубок до заданной температуры для активации (или регенерации) катализатора ФТ. Так как пар НТФ 44 переносит тепло в реактор ФТ 30, пар НТФ 44 охлаждается и конденсируется, образуя жидкий НТФ 46. Жидкий НТФ 46 предпочтительно возвращается в испаритель жидкого теплоносителя 42 для нагрева до состояния пара НТФ 44, который направляют в реактор ФТ 30. Когда реактор ФТ 30 достигает заданной температуры, по меньшей мере один активационный (или регенерационный) газ 70 подают в трубное пространство реактора ФТ 30, например через отверстие второго клапана 65, которое ранее было закрыто. (Несмотря на то, что на фиг. 1 показано, что по меньшей мере один активационный (или регенерационный) газ 70 проходит через второй клапан 65 и поступает в реактор ФТ через иное впускное отверстие, чем впускное отверстие для кондиционированного синтез-газа в процессе синтеза ФТ, в других вариантах осуществления настоящего изобретения одно и то же впускное отверстие используют как для кондиционированного синтез-газа, так и по меньшей мере одного активационного (или регенерационного) газа 70.) Конкретный активационный (или регенерационный) газ или газы 70 выбирают в зависимости от типа применяемого катализатора ФТ. Выбранный по меньшей мере один активационный (или регенерационный) газ 70 поступает и проходит через заполненные катализатором трубки реактора ФТ 30 и вступает в химическую реакцию с катализатором ФТ, чтобы перевести катализатор ФТ из, по меньшей мере, частично неактивного состояния в более активированное или полностью активированное состояние. Для процедуры активации (или регенерации) продукция реактора ФТ 50 содержит газ или газы, которые получены ("полученные газ(ы)") в результате реакции между по меньшей мере одним активационным газом (или регенерационным газом) и катализатором ФТ. (Если активационный газ или регенерационный газ являются инертными, полученный газ будет содержать инертный газ.)

В одном или нескольких вариантах осуществления настоящего изобретения операция активации (или регенерации) включает одну стадию с использованием одной заданной температуры и единственный выбор по меньшей мере одного активационного (или регенерационного) газа 70. В одном или

нескольких вариантах осуществления настоящего изобретения операция активации (или регенерации) включает несколько стадий, каждая из которых имеет свою заданную температуру и заданную продолжительность. Одна или несколько стадий могут иметь одну и ту же заданную температуру и заданную длительность, или заданная температура и заданная длительность каждой ступени могут быть различными в зависимости от катализатора ФТ, конкретного активационного или регенерационного газа/газов и выбора процесса активации или регенерации. Некоторые катализаторы ФТ могут быть активированы (или регенерированы) в результате более чем одной операции, так что оператор может выбрать операцию по своему желанию. В варианте осуществления в несколько стадий по меньшей мере одна или несколько стадий будут включать по меньшей мере одну активацию (или регенерацию) газа 70 (или комбинации газов), однако на одной или нескольких стадиях активационный (или регенерационный) газ может не потребоваться. Например, инертный газ, такой как азот, может быть использован на одной или нескольких стадиях. В таком многоступенчатом варианте осуществления можно применять один НТФ для всех стадий или можно применять один или несколько различных НТФ для различных стадий при необходимости достижения различных заранее определенных температур на различных стадиях. На одной или нескольких стадиях может происходить охлаждение катализаторов ФТ и реактора ФТ до температур ниже заданной температуры на предшествующей стадии. На таких стадиях охлаждения скорость газа, проходящего в трубном пространстве реактора ФТ, может быть увеличена, и можно пропустить жидкий НТФ, который имеет более низкую температуру по сравнению с заданной температурой на предыдущей стадии, через межтрубное пространство реактора ФТ до достижения желаемой температуры охлаждающего устройства. В многостадийном варианте осуществления одна или несколько стадий могут включать стадию продувки, при этом газ, применяемый в трубном пространстве реактора ФТ, представляет собой инертный газ, и во время стадии продувки происходит выдувание примесей из катализаторов.

На фиг. 2 представлено изображение реактора Фишера-Тропша (ФТ) 230 и системы теплообмена 240 в соответствии с одним или несколькими вариантами осуществления настоящего изобретения.

На фиг. 2-5 представлен типичный реактор ФТ. Несмотря на то, что заполненные катализатором трубки ФТ изображены на одной стороне реактора ФТ, такое изображение представлено исключительно для ясности. В вариантах осуществления настоящего изобретения заполненные катализатором ФТ трубки расположены внутри реактора ФТ равномерно или иным образом.

Изображенная на фиг. 2 система теплообмена 240 содержит испаритель жидкого теплоносителя 242, пар НТФ 244, проходящий через паропровод НТФ из испарителя жидкого теплоносителя 242 в реактор ФТ 230, а также жидкий НТФ 246, проходящий через трубопровод для жидкого НТФ из реактора ФТ 230 в испаритель жидкого теплоносителя 242. Реактор ФТ 230 имеет впускное отверстие ФТ 231, корпус ФТ 232 и выпускное отверстие ФТ 239. Впускное отверстие ФТ 231 обеспечивает поступление подаваемого сырья 229 в реактор ФТ 230 для переработки. Выпускное отверстие ФТ 239 обеспечивает выход продукта переработки 259 из реактора ФТ 230.

Изображенный на фиг. 2 корпус реактора ФТ 232 предпочтительно имеет верхнюю и нижнюю части и содержит внутреннюю часть 236 со множеством заполненных катализатором ФТ трубок 234 (каждая заполненная катализатором ФТ трубка имеет верхнюю и нижнюю части), расположенных в продольном направлении во внутренней части. При поступлении "подаваемого сырья" 229 в реактор ФТ 230 через впускное отверстие ФТ 231, "подаваемое сырье" 229 поступает через верхние части множества заполненных катализатором ФТ трубок 234, проходит через множество заполненных катализатором трубок 234 до нижней части заполненных катализатором ФТ трубок 234 и выходит из реактора ФТ через выпускное отверстие ФТ 239. Катализатор ФТ внутри множества заполненных катализатором трубок 234 представляет собой катализатор ФТ, который способствует конверсии синтез-газа в жидкие углеводороды ФТ. Например, без ограничения, катализатор ФТ может представлять собой катализатор на основе железа или на основе кобальта или другой катализатор ФТ. Реактор ФТ 230 имеет также впускное отверстие для НТФ 233 и выпускное отверстие для НТФ 235, которые соответственно обеспечивают поступление парообразной формы жидкого НТФ в межтрубное пространство реактора ФТ и выход собранной жидкости НТФ из внутренней части корпуса ФТ 236 за пределы множества заполненных катализатором ФТ трубок 234.

Если в реакторе ФТ 230 происходит синтез ФТ с применением активированных катализаторов ФТ внутри множества заполненных катализатором ФТ трубок 234, то подаваемое сырье 229 может содержать кондиционированный синтез-газ. Однако во время процесса активации катализатора ФТ подаваемое сырье 229 содержит по меньшей мере один активационный газ для активации катализатора ФТ. (Во время процесса регенерации катализатора ФТ подаваемое сырье 229 содержит по меньшей мере один регенерационный газ для активации, по меньшей мере, частично дезактивированного катализатора ФТ.)

Аналогично, если в реакторе ФТ 230 происходит синтез ФТ с применением активированных ФТ катализаторов и кондиционированного синтез-газа в качестве подаваемого сырья 229, продукт переработки 259 будет содержать жидкие углеводороды ФТ, воду ФТ и остаточный газ ФТ, выходящие из реактора ФТ 230 через одно или несколько выпускных отверстий ФТ 239. Во время процесса активации катализатора ФТ, однако продукт переработки 259 содержит один или несколько газов, влияющих на активацию, которые образуются в результате реакции по меньшей мере одного активационного газа с катализатором

ФТ. В общем можно сказать, что активационный газ что проходит через реактор ФТ. (Кроме того, активационные или регенерационные газы, которые являются инертными, проходят через реактор ФТ с незначительными, если таковые имеются, изменениями.) То же наблюдается во время процесса регенерации катализатора ФТ, однако продукт переработки 259 содержит один или несколько газов, влияющих на регенерацию, которые образуются в результате реакции по меньшей мере одного регенерационного газа с катализатором ФТ. Как и в случае с активационным газом, в общем можно сказать, что регенерационный газ проходит через реактор ФТ. Таким образом, в варианте осуществления на фиг. 2 газ, влияющий на каталитическую активность ФТ, который может содержать активационный газ или регенерационный газ, поступает в реактор ФТ 230 через впускное отверстие ФТ 231 и выходит из реактора ФТ 230 (в качестве газа, образующегося в результате активации или в результате регенерации, в зависимости от процесса) через выпускное отверстие ФТ 239 в течение соответствующих периодов в качестве части процесса активации или регенерации. Процесс активации или регенерации может включать одну стадию или может быть многостадийным процессом.

Как показано на фиг. 2, первоначально во время процесса активации или регенерации катализатор ФТ, находящийся во множестве заполненных катализатором ФТ трубок 234 в реакторе ФТ 230, будет находиться, по меньшей мере, в частично неактивном состоянии (возможно, полностью неактивном состоянии или полуактивированном состоянии). Катализатор ФТ может быть новым и неактивированным, новым и частично активированным или, по меньшей мере, частично дезактивированным в результате применения в процессе ФТ. В процессе активации (или регенерации) с помощью катализатора ФТ, находящегося внутри множества заполненных катализатором ФТ трубок 234, испаритель жидкого теплоносителя 242 нагревает жидкость НТФ 246 для превращения в пар НТФ 244. Пар НТФ 244 из испарителя жидкого теплоносителя 242 через паропровод НТФ поступает в реактор ФТ 230. Через впускное отверстие НТФ 233 пар НТФ 244 поступает внутрь корпуса ФТ 236 за пределами множества заполненных катализатором ФТ трубок 234. (Как описано выше, это называется "межтрубным пространством" реактора ФТ 230 в отличие от пространства внутри трубок реактора ФТ 234, которое также называется "трубным пространством" реактора ФТ.) Пар НТФ 244 нагревает реактор ФТ 230 и его содержимое до заданной температуры активации (или регенерации) в результате прохождения из верхней части реактора ФТ 230 в нижнюю часть реактора ФТ 230 в межтрубном пространстве. При охлаждении пара НТФ 244 из пара НТФ 244 образуется жидкий НТФ 246, который собирается в нижней части реактора ФТ 230. Жидкий НТФ 246 вытекает из внутренней части корпуса ФТ 236 через выпускное отверстие НТФ 235, предпочтительно расположенное в нижней части реактора ФТ 230, как показано на фиг. 2. Жидкий НТФ 246 возвращается в испаритель жидкого теплоносителя 242 по трубопроводу для жидкого НТФ. Испаритель жидкого теплоносителя 242 нагревает жидкий НТФ 246 для образования пара НТФ 244, который циркулирует обратно в реактор ФТ 230, как описано выше.

Как показано на фиг. 2, когда реактор ФТ 230 нагрет, предпочтительно равномерно, до заданной температуры активации (или регенерации) "подаваемое сырье" 229 в виде потока по меньшей мере одного активационного (или регенерационного газа), выбранного в качестве по меньшей мере части процесса активации (или регенерации) конкретного применяемого катализатора ФТ, поступает через впускное отверстие ФТ 231 во множество заполненных катализатором ФТ трубок 234, предпочтительно в верхние части множества заполненных катализатором ФТ трубок 234, и проходит через множество заполненных катализатором ФТ трубок 234 в нижнюю часть заполненных катализатором ФТ трубок 234. В альтернативных вариантах осуществления активационный (или регенерационный) газ может быть введен во впускное отверстие ФТ в нижней части реактора ФТ, а образующийся газ выходит через выпускное отверстие ФТ в верхней части реактора ФТ.

Как показано на фиг. 2, поток по меньшей мере одного активационного (или регенерационного) газа проходит через множество заполненных катализатором ФТ трубок 234, поток по меньшей мере одного активационного (или регенерационного) газа реагирует с катализатором ФТ, заполняющим трубки 234, таким образом активируя (или регенерируя) катализатор ФТ и приводя к получению одного или нескольких газов (газов, образующихся в результате активации, или газов, образующихся в результате регенерации) в качестве продукта реакции. Один или более образующихся газов выходят из заполненных катализатором ФТ трубок 234 и реактора ФТ 230 в качестве продукта переработки 259 через выпускное отверстие ФТ 239. Пар НТФ 244 продолжает протекать через внутреннюю часть корпуса ФТ 236 в межтрубном пространстве для поддержания реактора ФТ 230 при заданной температуре активации (или регенерации). Поток по меньшей мере одного активационного (или регенерационного газа) продолжает поступать в реактор ФТ 230, как описано выше, для активации (или регенерации) катализатора ФТ в течение времени, которое может быть определено предварительно. Например, для восстановления в процессе активации и/или регенерации в некоторых случаях может потребоваться 48-72 ч, в то время как окисление в процессе активации и/или регенерации может занять примерно 170 ч. Однако продолжительность зависит от активированного (или регенерированного) катализатора ФТ и конкретных характеристик процесса. Продолжительность также может существенно различаться в процессе одностадийной активации (или регенерации) и процессе многостадийной активации (или регенерации).

Если регенерацию катализатора ФТ осуществляют с применением одного или нескольких вари-

антов осуществления, изображенных на фиг. 2, то процедура будет аналогична описанной выше, однако по меньшей мере один регенерационный газ будет использован вместо по меньшей мере одного активационного газа и заданная температура регенерации будет использована вместо заданной температуры активации.

В одном или нескольких альтернативных вариантах осуществления изобретения множество заранее определенных температур активации и/или активационных газов могут быть использованы на множестве стадий, каждая из которых имеет различную продолжительность, для активации катализатора ФТ, который в начале процесса является, по меньшей мере, частично неактивированным. В одном или нескольких альтернативных вариантах осуществления изобретения множество заранее определенных температур регенерации и/или регенерационных газов могут быть использованы на множестве стадий, каждая из которых имеет различную продолжительность, для активации катализатора ФТ, который в начале процесса является, по меньшей мере частично, неактивированным.

На фиг. 3, 4 и 5 представлены один или более вариантов осуществления для регулирования температуры пара НТФ и, таким образом, регулирования заданной температуры активации (или регенерации), до которой реактор ФТ будет нагрет в процессе активации (или регенерации) в соответствии с настоящим изобретением.

На фиг. 3 представлена схема реактора Фишера-Тропша 330 и система теплообмена 340, которая включает регулятор давления 341 в соответствии с одним или несколькими вариантами осуществления настоящего изобретения. Каждый парообразный НТФ 344 имеет температуру насыщения. В одном или нескольких вариантах осуществления настоящего изобретения, изображенных на фиг. 3, регулятор давления 341 изменяет тепловую нагрузку на испаритель жидкого НТФ 342, таким образом изменяя давление пара НТФ и косвенным образом изменяя температуру насыщения пара НТФ 344. В частности, регулятор давления 341 передает сигнал 362 на потребляемую мощность НТФ 362 или к источнику 360 топлива или электроэнергии для испарителя НТФ для изменения нагрева горячим испарителем НТФ 342 пара НТФ 344. Как показано на фиг. 3, сигнал может поступить на программируемый логический контроллер (ПЛК) 370, который может быть предоставлен поставщиком устройства испарителя НТФ. Затем ПЛК 370 контролирует интенсивность сжигания или потребляемую электроэнергию в испарителе НТФ для того, чтобы установить давление/температуру паров НТФ до желаемых уровней или, как показано на фиг. 3, регулирует клапан 372 для контроля подачи 360 топлива или электроэнергии в испаритель НТФ 342.

Как показано на фиг. 3, система теплообмена 340 включает испаритель жидкого теплоносителя (или НТФ) 342, пар НТФ 344, проходящий через паропровод НТФ из испарителя жидкого теплоносителя 342 ко впускному отверстию НТФ 333 реактора ФТ 330, и жидкий НТФ 346, выходящий из выпускного отверстия НТФ 335 и в трубопровод жидкого НТФ из реактора ФТ 330 в испаритель жидкого теплоносителя 342. Реактор ФТ 330 содержит впускное отверстие ФТ 331, корпус реактора ФТ 332 и выпускное отверстие ФТ 339. Впускное отверстие ФТ 331 обеспечивает поступление подаваемого сырья 329 в реактор ФТ 330 для переработки. Выпускное отверстие ФТ 339 обеспечивает выход продукта переработки 359 из реактора ФТ 330.

Изображенный на фиг. 3 корпус реактора ФТ 332 предпочтительно имеет верхнюю и нижнюю части и содержит внутреннюю часть 336 со множеством заполненных катализатором ФТ трубок 334 (каждая заполненная катализатором ФТ трубка имеет верхнюю и нижнюю части), расположенных в продольном направлении во внутренней части 336. При поступлении подаваемого сырья 329 в реактор ФТ 330 через впускное отверстие ФТ 331 подаваемое сырье 229 поступает во множество заполненных катализатором ФТ трубок 334, предпочтительно через верхнюю часть заполненных катализатором ФТ трубок, продукт переработки проходит через множество заполненных катализатором ФТ трубок 334 до нижней части заполненных катализатором трубок 334 и выходит из реактора ФТ через выпускное отверстие ФТ 339. В альтернативных вариантах осуществления настоящего изобретения подаваемое сырье может подаваться во впускное отверстие ФТ в нижней части реактора ФТ, продукт переработки выходит через выпускное отверстие ФТ в верхней части реактора ФТ. Катализатор ФТ в пределах множества заполненных катализатором ФТ трубок 334 является катализатором ФТ, который способствует превращению синтез-газа в жидкие углеводороды ФТ и может содержать катализатор ФТ на основе железа, катализатор ФТ на основе кобальта или другой катализатор ФТ. Реактор ФТ 330 имеет также впускное отверстие НТФ 333 и выпускное отверстие НТФ 335, которые обеспечивают соответственно поступление жидкого НТФ во внутреннюю часть корпуса ФТ и выход из внутренней части корпуса ФТ за пределами множества заполненных катализатором ФТ трубок 334.

Если в реакторе ФТ 330 происходит синтез ФТ с применением активированных катализаторов ФТ внутри множества заполненных катализатором ФТ трубок 234, то подаваемое сырье 229 может содержать кондиционированный синтез-газ. Когда в реакторе ФТ 330 происходит синтез ФТ с активированными катализаторами ФТ, продукт переработки 359 содержит жидкие углеводороды ФТ 350, воду ФТ 352 и остаточный газ ФТ 354, выходящий из реактора ФТ 330 через выпускное отверстие ФТ 339. В альтернативных вариантах осуществления выпускных отверстий ФТ 339 может быть несколько.

Во время процесса активации катализатора ФТ подаваемое сырье 329 содержит по меньшей мере один активационный газ для активации неактивированных катализаторов ФТ, который может быть различ-

ным в зависимости от конкретного применяемого катализатора ФТ. Во время процесса активации катализатора ФТ продукт переработки 359 содержит один или более образующихся газов, которые являются результатом взаимодействия по меньшей мере одного активационного газа с катализаторами ФТ. Аналогично во время процесса регенерации катализатора ФТ подаваемое сырье 329 содержит по меньшей мере один регенерационный газ для регенерации, по меньшей мере, частично дезактивированных катализаторов ФТ, и продукт переработки 359 содержит один или более образующихся газов, которые являются результатом взаимодействия по меньшей мере одного регенерационного газа с катализаторами ФТ.

Как показано на фиг. 3, после равномерного нагревания реактора ФТ 330 до заданной температуры активации (или регенерации) подаваемое сырье 329, содержащее активационный (или регенерационный) газ, поступает в верхние части множества заполненных катализатором ФТ трубок 334, проходит через множество заполненных катализатором ФТ трубок 334 до нижней части заполненных катализатором ФТ трубок 334 и выходит из реактора ФТ через выпускное отверстие ФТ 339. Поскольку эта операция представляет собой активацию или регенерацию катализатора ФТ, подаваемое сырье 329 содержит по меньшей мере один активационный или регенерационный газ, выбранный для активации или регенерации конкретного применяемого катализатора ФТ. Пар НТФ 344 продолжает протекать внутри корпуса ФТ 336 по межтрубному пространству для поддержания реактора ФТ 330 при заданной температуре активации. Подаваемое сырье 329 может продолжать поступать в реактор ФТ 330 как описано выше в течение заданного периода времени. Например, для стадии восстановления в процессе активации и/или регенерации в некоторых случаях может потребоваться 48-72 ч, в то время как стадия окисления в процессе активации и/или регенерации может занять примерно 170 ч. Однако заданный период времени зависит от катализатора ФТ, который активируют (или регенерируют), а также конкретных характеристик процесса. Заданный период времени также может существенно различаться в процессе одностадийной активации (или регенерации) и процессе многостадийной активации (или регенерации). В альтернативных вариантах осуществления можно контролировать катализатор ФТ для определения уровня его активации, и выбор времени проведения процедуры может быть соответствующим образом скорректирован.

В одном или нескольких альтернативных вариантах осуществления изобретения множество заранее определенных температур активации и/или активационных газов могут быть использованы на нескольких стадиях, каждая из которых имеет различную продолжительность, для активации катализатора ФТ. В одном или нескольких альтернативных вариантах осуществления изобретения множество заранее определенных температур регенерации и/или регенерационных газов могут быть использованы на нескольких стадиях, каждая из которых имеет различную продолжительность, для регенерации катализатора ФТ.

На фиг. 4 представлена схема реактора Фишера-Тропша 430 и системы теплообмена 440, которая включает регулятор давления 441 и модулирующий клапан в соответствии с одним или несколькими вариантами осуществления настоящего изобретения. Как показано на фиг. 4, система теплообмена 440 включает испаритель жидкого теплоносителя (или НТФ) 442, пар НТФ 444, проходящий через паропровод НТФ из испарителя жидкого теплоносителя 442 в реактор ФТ 430, и жидкий НТФ 446, проходящий по трубопроводу для жидкого НТФ из реактора ФТ 430 в испаритель жидкого теплоносителя 442. Реактор ФТ 430 имеет впускное отверстие ФТ 431, корпус реактора ФТ 432 и выпускное отверстие ФТ 439. Впускное отверстие ФТ 431 обеспечивает поступление подаваемого сырья 429 в реактор ФТ 430 для переработки. Выпускное отверстие ФТ 439 обеспечивает выход продукта переработки 459 из реактора ФТ 430.

Изображенный на фиг. 4 корпус реактора ФТ 432 предпочтительно имеет верхнюю и нижнюю части и содержит внутреннюю часть 436 со множеством заполненных катализатором ФТ трубок 434 (каждая заполненная катализатором ФТ трубка имеет верхнюю и нижнюю части), расположенных в продольном направлении во внутренней части 436. При поступлении подаваемого сырья 429 в реактор ФТ 330 через впускное отверстие ФТ 331 подаваемое сырье 429 поступает во множество заполненных катализатором ФТ трубок 434, предпочтительно через верхнюю часть заполненных катализатором ФТ трубок 434, проходит через множество заполненных катализатором ФТ трубок 434 до нижней части заполненных катализатором трубок 434 и выходит из реактора ФТ через выпускное отверстие ФТ 439. Катализатор ФТ внутри множества заполненных катализатором трубок 434 представляет собой катализатор ФТ, который способствует конверсии синтез-газа в жидкие углеводороды ФТ. Реактор ФТ 430 имеет также впускное отверстие НТФ 433 и выпускное отверстие НТФ 435, которые соответственно обеспечивают поступление пара НТФ во внутреннюю часть корпуса ФТ 436 и выход из нее за пределами (то есть по межтрубному пространству) множества заполненных катализатором ФТ трубок 434.

Если в реакторе ФТ 430 происходит синтез ФТ с применением активированных катализаторов ФТ внутри множества заполненных катализатором ФТ трубок 434, то подаваемое сырье 429 содержит кондиционированный синтез-газ, а продукт переработки 459 содержит жидкие углеводороды ФТ 450, воду ФТ 452 и остаточный газ ФТ 354, который выходит из реактора ФТ 430 через выпускное отверстие ФТ 439. Тем не менее, во время процесса активации катализатора ФТ подаваемое сырье 429 содержит по меньшей мере один активационный газ для активации катализаторов ФТ, который может быть различным в зависимости от конкретного катализатора ФТ, а продукт переработки 459 содержит один или более образующихся газов, которые являются результатом взаимодействия по меньшей мере одного активационного газа с катализаторами ФТ. Аналогично во время процесса регенерации катализатора ФТ по-

даваемое сырье 429 содержит по меньшей мере один регенерационный газ для регенерации катализатора ФТ, который может быть различным в зависимости от конкретного применяемого катализатора ФТ. Во время регенерации продукт переработки 459 содержит один или более образующихся газов, которые являются результатом взаимодействия по меньшей мере одного регенерационного газа с катализаторами ФТ.

В одном или нескольких вариантах осуществления настоящего изобретения, изображенных на фиг. 4 модулирующий клапан 470 расположен в паропроводе НТФ между испарителем жидкого теплоносителя 442 (также в настоящем описании назван испарителем НТФ) и впускным отверстием НТФ 433. Модулирующий клапан 470 контролирует поток пара НТФ через паропровод НТФ. Модулирующий клапан 470 связан с регулятором давления 441, который соединен с паропроводом НТФ ниже модулирующего клапана 470. Регулятор давления 441 определяет давление пара НТФ 444 в паропроводе НТФ. Регулятор давления 441 посылает сигнал 462 на модулирующий клапан 470, так что модулирующий клапан открывается, когда давление пара НТФ 444 в паропроводе НТФ падает на заданную величину, и закрывается, когда давление пара НТФ 444 в паропроводе НТФ увеличивается на заданную величину, тем самым контролируя поток пара НТФ. Несмотря на то, что добавление потока пароохладителя 480 вниз по течению от модулирующего клапана 470, как изображено на фиг. 4, является необязательным, оно может обеспечить более точный контроль температуры для паров НТФ 444, чем обеспечивается модулирующим клапаном 470 в отдельности.

Во время операции активации после нагрева, предпочтительно равномерного, реактора ФТ 430, изображенного на фиг. 4, до заданной температуры активации подаваемое сырье 429, содержащее по меньшей мере один активационный газ, выбранный для активации конкретного применяемого катализатора ФТ, поступает в верхние части множества заполненных катализатором ФТ трубок 434, проходит через множество заполненных катализатором ФТ трубок 434 в нижнюю часть заполненных катализатором ФТ трубок 434 и выходит из реактора ФТ 430 через выпускное отверстие ФТ 439. В альтернативных вариантах осуществления настоящего изобретения подаваемое сырье может подаваться во впускное отверстие ФТ в нижней части реактора ФТ, а продукт переработки выходит через выпускное отверстие ФТ в верхней части реактора ФТ.

Заданную температуру активации можно обеспечить и поддерживать за счет применения модулирующего клапана 470 в сочетании с регулятором давления 441, как описано выше, с добавлением или без добавления пароохладителя 480. Пар НТФ 444 продолжает протекать внутри корпуса ФТ 436 по межтрубному пространству для поддержания реактора ФТ 430 при заданной температуре активации. Подаваемое сырье 429 может продолжать поступать в реактор ФТ 430, как описано выше, в течение заданного периода времени. В альтернативных вариантах осуществления можно контролировать катализатор ФТ для определения уровня его активации, и выбор времени проведения процедуры может быть соответствующим образом скорректирован.

Аналогично во время операции регенерации после предпочтительно равномерного нагрева реактора ФТ 430, изображенного на фиг. 4, до заданной температуры активации подаваемое сырье 429, содержащее по меньшей мере один регенерационный газ, выбранный для регенерации конкретного применяемого по меньшей мере частично дезактивированного катализатора ФТ, поступает в верхние части множества заполненных катализатором ФТ трубок 434, проходит через множество заполненных катализатором ФТ трубок 434 в нижнюю часть заполненных катализатором ФТ трубок 434 и выходит из реактора ФТ 430 через выпускное отверстие ФТ 439. В альтернативных вариантах осуществления настоящего изобретения подаваемое сырье может подаваться во впускное отверстие ФТ в нижней части реактора ФТ, а продукт переработки выходит через выпускное отверстие ФТ в верхней части реактора ФТ. Заданную температуру регенерации можно обеспечить и поддерживать за счет применения модулирующего клапана 470 в сочетании с регулятором давления 441, как описано выше, с добавлением или без добавления пароохладителя 480. Пар НТФ 444 продолжает протекать внутри корпуса ФТ 436 по межтрубному пространству для поддержания реактора ФТ 430 при предварительно определенной температуре регенерации. Подаваемое сырье 429 может продолжать поступать в реактор ФТ 430, как описано выше, в течение заданного периода времени. Например, для стадии восстановления в процессе активации и/или регенерации в некоторых случаях может потребоваться 48-72 ч, в то время как стадия окисления в процессе активации и/или регенерации может занять примерно 170 ч. Однако в течение заданного периода времени зависит от катализатора ФТ, который активируют (или регенерируют), а также конкретных характеристик процесса. В течение заданного периода времени также может существенно различаться в процессе одностадийной активации (или регенерации) и процессе многостадийной активации (или регенерации). В одном или нескольких альтернативных вариантах осуществления изобретения множество заранее определенных температур активации и/или активационных газов могут быть использованы на нескольких стадиях, каждая из которых имеет различную продолжительность, для активации катализатора ФТ. В одном или нескольких альтернативных вариантах осуществления изобретения множество заранее определенных температур регенерации и/или регенерационных газов могут быть использованы на нескольких стадиях, каждая из которых имеет различную продолжительность, для регенерации катализатора ФТ.

Фиг. 5 представляет собой схему трубчатого реактора Фишера-Тропша 530 и системы теплообмена 540, которая включает регулятор температуры 580 в соответствии с одним или несколькими вариантами

осуществления настоящего изобретения. Система теплообмена 540, изображенная на фиг. 5, так же, как и на фиг. 2-4, содержит испаритель жидкого теплоносителя (или НТФ) 542, пар НТФ 544, проходящий по паропроводу НТФ из испарителя жидкого теплоносителя 542 в реактор ФТ 530, и жидкий НТФ 546, проходящий через трубопровод жидкого НТФ из реактора ФТ 530 в испаритель жидкого теплоносителя 542. Реактор ФТ 530 имеет впускное отверстие ФТ 531, корпус реактора ФТ 532 и выпускное отверстие ФТ 539. Впускное отверстие ФТ 531 обеспечивает поступление подаваемого сырья 529 в реактор ФТ 530 для переработки. Выпускное отверстие ФТ 539 обеспечивает выход продукта переработки 559 из реактора ФТ 530.

Изображенный на фиг. 5 корпус реактора ФТ 532 предпочтительно имеет верхнюю и нижнюю части и содержит внутреннюю часть 536 и множество заполненных катализатором ФТ трубок 534 (каждая заполненная катализатором ФТ трубка имеет верхнюю и нижнюю части), расположенных в продольном направлении во внутренней части 536. При поступлении подаваемого сырья 529 в реактор ФТ 530 через впускное отверстие ФТ 531 подаваемое сырье 529 поступает во множество заполненных катализатором ФТ трубок 534, предпочтительно через верхнюю часть заполненных катализатором ФТ трубок 534, проходит через множество заполненных катализатором ФТ трубок 534 до нижней части заполненных катализатором трубок 534 и выходит из реактора ФТ через выпускное отверстие ФТ 539. В альтернативных вариантах осуществления настоящего изобретения подаваемое сырье может подаваться во впускное отверстие ФТ в нижней части реактора ФТ, а продукт переработки выходит через выпускное отверстие ФТ в верхней части реактора ФТ. Катализатор ФТ внутри множества заполненных катализатором трубок 534 представляет собой катализатор ФТ, который способствует конверсии синтез-газа в жидкие углеводороды ФТ. Реактор ФТ 530 имеет также впускное отверстие НТФ 533 и выпускное отверстие НТФ 535, которые соответственно обеспечивают поступление пара НТФ и выход жидкого НТФ из внутренней части 536 корпуса ФТ за пределы (то есть по межтрубному пространству) множества заполненных катализатором ФТ трубок 534. Регулятор температуры 580 контролирует температуру пара НТФ 542 в паропроводе НТФ между испарителем НТФ 542 и впускным отверстием НТФ 533. Регулятор температуры 580 может регулировать подачу энергии к испарителю НТФ 542. Например, если температура пара НТФ 542 опускается до заданной температуры, регулятор температуры 580 может увеличить подачу топлива или электричества 560 в испаритель НТФ 542. Если температура пара НТФ 542 возрастает до заданной температуры, регулятор температуры 580 может уменьшить или прекратить подачу топлива или электричества 560 в испаритель НТФ 542.

Если в реакторе ФТ 530 происходит синтез ФТ с активированными катализаторами ФТ в пределах множества заполненных катализатором ФТ трубок 534, подаваемое сырье 529 содержит синтез-газ, который может быть кондиционированным синтез-газом, а продукт переработки 559 содержит жидкие углеводороды ФТ, воду ФТ и остаточный газ ФТ, выходящий из реактора ФТ 530 через выпускное отверстие ФТ 539. Тем не менее, во время активации катализатора ФТ подаваемое сырье 529 содержит один или несколько активационных газов для активации неактивированных катализаторов ФТ. Один или несколько активационных газов могут быть различными в зависимости от конкретного применяемого катализатора ФТ. Во время операции активации катализатора ФТ подаваемое сырье 559 содержит один или более образующихся газов, которые являются результатом взаимодействия одного или более активационных газов с катализаторами ФТ. Аналогично во время регенерации катализатора ФТ подаваемое сырье 529 содержит один или несколько регенерационных газов для регенерации по меньшей мере частично дезактивированных катализаторов ФТ. Один или несколько регенерационных газов могут быть различными в зависимости от конкретного применяемого катализатора ФТ. Продукт переработки 559 во время регенерации содержит один или несколько образующихся газов, которые являются результатом взаимодействия одного или нескольких регенерационных газов с катализаторами ФТ.

Во время операции активации после предпочтительно равномерного нагрева реактора ФТ 530, изображенного на фиг. 5, до заданной температуры активации подаваемое сырье 529, содержащее по меньшей мере один активационный газ, выбранный для активации конкретного применяемого, по меньшей мере, частично дезактивированного катализатора ФТ, поступает в верхние части множества заполненных катализатором ФТ трубок 534, проходит через множество заполненных катализатором ФТ трубок 534 в нижнюю часть заполненных катализатором ФТ трубок 534 и выходит из реактора ФТ 530 через выпускное отверстие ФТ 539. Заданная температура активации достигается и поддерживается за счет применения регулятора температуры 580 для регулирования подачи энергии к испарителю НТФ 542, как описано выше. Пар НТФ 444 продолжает протекать внутри корпуса ФТ 536 по межтрубному пространству для поддержания реактора ФТ 530 при заданной температуре активации. Подаваемое сырье 529 имеет возможность продолжать поступать в реактор ФТ 530, как описано выше, в течение заданного периода времени.

Аналогично во время операции регенерации после предпочтительно равномерного нагрева реактора ФТ 530, изображенного на фиг. 5, до заданной температуры регенерации подаваемое сырье 529, содержащее по меньшей мере один регенерационный газ, выбранный для регенерации конкретного применяемого, по меньшей мере, частично дезактивированного катализатора ФТ, поступает в верхние части множества заполненных катализатором ФТ трубок 534, проходит через множество заполненных катализато-

ром ФТ трубок 534 в нижнюю часть заполненных катализатором ФТ трубок 534 и выходит из реактора ФТ 530 через выпускное отверстие ФТ 539. Заданная температура регенерации достигается и поддерживается за счет применения регулятора температуры 580 для регулирования подачи энергии к испарителю НТФ 542, как описано выше. Пар НТФ 544 продолжает протекать внутри корпуса ФТ 536 по межтрубному пространству для поддержания реактора ФТ 530 при заданной температуре регенерации. Подаваемое сырье 529 может продолжать поступать в реактор ФТ 530, как описано выше, в течение заданного периода времени.

Например, для стадии восстановления в процессе активации и/или регенерации в некоторых случаях может потребоваться 48-72 ч, в то время как стадия окисления в процессе активации и/или регенерации может занять примерно 170 ч. Однако в течение заданного периода времени зависит от катализатора ФТ, который активируют (или регенерируют), а также конкретных характеристик процесса. В течение заданного периода времени также может существенно различаться в процессе одностадийной активации (или регенерации) и процессе многостадийной активации (или регенерации). В альтернативных вариантах осуществления можно контролировать катализатор ФТ для определения уровня его активации, и выбор времени проведения процедуры может быть соответствующим образом скорректирован.

В одном или нескольких альтернативных вариантах осуществления изобретения множество заранее определенных температур активации и/или активационных газов могут быть использованы на нескольких стадиях, каждая из которых имеет различную продолжительность, для активации катализатора ФТ. В одном или нескольких альтернативных вариантах осуществления изобретения множество заранее определенных температур регенерации и/или регенерационных газов могут быть использованы на нескольких стадиях, каждая из которых имеет различную продолжительность, для регенерации катализатора ФТ.

Фиг. 6 представляет собой блок-схему активации катализатора ФТ в соответствии с одним или несколькими вариантами осуществления настоящего изобретения. На стадии 600 испаритель жидкого теплоносителя (НТФ) нагревает НТФ до парообразного состояния при заданной температуре. На стадии 610 нагретый пар НТФ подают в межтрубное пространство реактора Фишера-Тропша (ФТ), в котором имеются межтрубное пространство и трубное пространство. Реактор ФТ также имеет множество заполненных катализатором ФТ трубок. Катализатор ФТ в заполненных катализатором ФТ трубках является, по меньшей мере, частично неактивным. Нагретый НТФ используют для нагрева реактора ФТ до заданной температуры активации. По мере того как пар НТФ проходит через реактор ФТ, пар НТФ охлаждается и конденсируется в жидкий НТФ. На стадии 620 жидкий НТФ собирают и возвращают в испаритель НТФ для повторного нагрева до состояния пара НТФ. На стадии 630 продолжают подачу пара НТФ, достаточную для поддержания заданной температуры активации, в межтрубное пространство реактора ФТ, а в трубное пространство реактора ФТ вводят по меньшей мере один газ, влияющий на активность катализатора ФТ, для контакта с катализатором ФТ в заполненных катализатором ФТ трубках в течение некоторого времени.

На фиг. 6 изображен процесс активации, однако подобная схема процесса может быть также использована для регенерации.

Продолжительность может быть определена заранее. Продолжительность может быть достаточной для, по меньшей мере, частичной активации или иного влияния на активность катализатора ФТ. По меньшей мере один газ, влияющий на активность катализатора ФТ, может представлять собой активационный газ или регенерационный газ. По меньшей мере один газ, влияющий на активность катализатора ФТ, может осуществлять восстановление, окисление или быть инертным. Что касается продолжительности, то, например, для типичной стадии восстановления в процессе активации и/или регенерации в некоторых случаях может потребоваться 48-72 ч, в то время как стадия окисления в процессе активации и/или регенерации может занять примерно 170 ч. Однако заданная продолжительность зависит от подлежащего активации (или регенерации) катализатора ФТ и конкретных характеристик процесса. Продолжительность также может существенно различаться в процессе одностадийной активации (или регенерации) и процессе многостадийной активации (или регенерации).

В одном или нескольких альтернативных вариантах осуществления изобретения множество заранее определенных температур активации и/или активационных газов могут быть использованы на нескольких стадиях, каждая из которых имеет различную продолжительность, для активации катализатора ФТ. В одном или нескольких альтернативных вариантах осуществления изобретения множество заранее определенных температур регенерации и/или регенерационных газов могут быть использованы на нескольких стадиях, каждая из которых имеет различную продолжительность, для регенерации катализатора ФТ.

Фиг. 7 представляет собой блок-схему регенерации, по меньшей мере, частично дезактивированного катализатора ФТ в соответствии с одним или несколькими вариантами осуществления настоящего изобретения. На стадии 700 испаритель жидкого теплоносителя (НТФ) нагревает НТФ до парообразного состояния при заданной температуре. На стадии 710 нагретый пар НТФ подают в межтрубное пространство реактора Фишера-Тропша (ФТ) для нагрева реактора ФТ до заданной температуры регенерации. Реактор ФТ также имеет множество заполненных катализатором ФТ трубок, межтрубное пространство и трубное пространство. Катализатор ФТ в заполненных катализатором ФТ трубках является, по меньшей мере, частично дезактивированным в процессе применения. На стадии 720 жидкий НТФ, конденсирован-

ный из пара НТФ, проходящего в межтрубном пространстве реактора ФТ, собирают и возвращают в испаритель НТФ для повторного нагрева до состояния пара при заданной температуре НТФ. На стадии 730 продолжают подачу пара НТФ, достаточную для поддержания заданной температуры регенерации, в межтрубное пространство реактора ФТ, а в трубное пространство реактора ФТ в течение заданного времени вводят по меньшей мере один регенерационный газ для контакта с, по меньшей мере, частично дезактивированным катализатором. После заданной продолжительности стадии, если регенерация не завершена на стадии 740, процесс продолжают на следующей стадии регенерации 750. Если на следующей стадии предполагается применение нового НТФ, то НТФ может быть слит на стадии 755 в резервный бак и заменен на НТФ для следующей стадии. В некоторых случаях для всех стадий можно применять один и тот же НТФ. Тем не менее, в других случаях могут иметься основания для выбора различных НТФ для разных стадий. Например, для регенерационных газов на разных стадиях могут существовать разные требования к температуре и/или давлению, которым могут лучше соответствовать различные НТФ. Стадии 701, 710, 720 и 730 повторяют, как правило, заданное количество раз, достаточное для, по меньшей мере, частичной регенерации по меньшей мере частично дезактивированного катализатора ФТ. Каждая стадия имеет свою заданную температуру НТФ, до которой нагревают пар НТФ, свою заданную температуру регенерации, до которой нагревают реактор ФТ, свой по меньшей мере один регенерационный газ для контакта с катализатором ФТ и свою заданную продолжительность стадии, во время которой по меньшей мере один регенерационный газ приводят в контакт с катализатором ФТ. Температуру НТФ и температуру реактора ФТ на стадии определяют на основании требований к регенерационному газу (или газам), применяемому на данной стадии. В предпочтительном варианте катализатор ФТ является полностью регенерированным после завершения регенерации. После завершения регенерации (стадия 740) НТФ можно слить (стадия 760) из реактора ФТ и вновь запустить процесс ФТ (стадия 765).

На фиг. 7, в частности, изображен поэтапный процесс регенерации, однако процесс с аналогичными стадиями можно использовать для активации.

Несмотря на то, что в настоящем описании основное внимание уделено применению систем, устройств и способов в соответствии с изобретением для активации или регенерации *in situ* в реакторе ФТ, также возможно осуществление активации (или регенерации) в активационном (или регенерационном) сосуде, отличном от реактора ФТ.

Несмотря на то, что представлены и описаны некоторые предпочтительные варианты осуществления настоящего изобретения, их модификации могут быть выполнены специалистами в данной области техники без отступления от духа и сущности изобретения. Варианты осуществления изобретения в данном описании являются только иллюстративными и не являются ограничивающими. Возможны многие варианты и модификации раскрытого в данном описании изобретения, находящиеся в пределах объема настоящего изобретения. Следует понимать, что там, где числовые диапазоны или ограничения четко указаны, указанные диапазоны или ограничения включают множество диапазонов или ограничений, входящих в указанные диапазоны или ограничения. Использование термина "необязательно" по отношению к любому элементу формулы изобретения означает, что указанный элемент является обязательным или в качестве альтернативы необязательным. Оба варианта находятся в пределах объема формулы изобретения. Следует понимать, что использование более широких терминов, таких как "содержит", "включает", "имеет" и так далее подразумевает использование более узких терминов, таких как "состоящий из", "состоящий, по существу, из", "выполненный, по существу, из" и тому подобное.

Соответственно объем охраны не ограничен описанием, изложенным выше, а ограничивается только приведенной ниже формулой изобретения, в том числе всеми эквивалентами предмета формулы изобретения. Все пункты формулы изобретения включены в описание в качестве варианта осуществления настоящего изобретения. Таким образом, формула изобретения представляет собой дополнительное описание и является дополнением к предпочтительным вариантам осуществления настоящего изобретения. Включение или обсуждение ссылки не является признанием того, что она является предшествующим уровнем техники по отношению к настоящему изобретению, особенно любой ссылки, которая может иметь дату публикации после даты приоритета настоящей заявки. Все патенты, патентные заявки и публикации, процитированные в настоящем описании, включены в настоящее описание посредством ссылки в той степени, в которой они приводят основные сведения, а также являются иллюстративными, процедурными или иным образом дополняющими сведения, изложенные в настоящем документе.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ повышения уровня активности катализатора Фишера-Тропша (ФТ) *in situ*, включающий:
 - а) нагрев жидкого теплоносителя (НТФ), содержащего органическое соединение, отличное от масла, или масло, до парообразного состояния при заданной температуре НТФ с применением испарителя НТФ с получением пара НТФ;
 - б) подачу потока паров НТФ к впускному отверстию для НТФ в межтрубном пространстве реактора ФТ, содержащего межтрубное пространство и трубное пространство, для нагрева реактора ФТ до заданной температуры реактора, при этом реактор ФТ содержит, по меньшей мере, частично неактивный ка-

тализатор ФТ во множестве заполненных катализатором ФТ трубок, охлаждение парообразного НТФ и, по меньшей мере, частичную конденсацию в жидкий НТФ;

в) пропускание жидкого НТФ через выпускное отверстие НТФ в межтрубном пространстве реактора ФТ;

г) возврат жидкого НТФ в испаритель НТФ для повторного нагрева до парообразного НТФ;

д) подачу по меньшей мере одного газа, влияющего на активность катализатора ФТ, в трубное пространство реактора ФТ для контакта с, по меньшей мере, частично неактивным катализатором ФТ при продолжении подачи потока паров НТФ, достаточного для поддержания заданной температуры в реакторе, в межтрубное пространство реактора ФТ.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что стадия подачи по меньшей мере одного газа, влияющего на активность катализатора ФТ, в трубное пространство реактора ФТ для контакта с, по меньшей мере, частично неактивным катализатором ФТ продолжается до тех пор, пока активность катализатора ФТ достигнет требуемого состояния.

3. Способ по п.1, отличающийся тем, что стадия подачи по меньшей мере одного газа, влияющего на активность катализатора ФТ, в трубное пространство реактора ФТ для контакта с, по меньшей мере, частично неактивным катализатором ФТ продолжается в течение заданного периода времени.

4. Способ по п.1, отличающийся тем, что по меньшей мере один газ, влияющий на активность катализатора ФТ, представляет собой либо активационный газ, либо регенерационный газ.

5. Способ по п.4, отличающийся тем, что катализатор ФТ в заполненных катализатором ФТ трубках на стадии (б) находится в неактивированном состоянии.

6. Способ по п.4, отличающийся тем, что катализатор ФТ в заполненных катализатором ФТ трубках на стадии (б) находится в частично активированном состоянии.

7. Способ по п.4, отличающийся тем, что катализатор ФТ в заполненных катализатором ФТ трубках на стадии (б) находится в, по меньшей мере, частично дезактивированном состоянии.

8. Способ по п.1, отличающийся тем, что пар НТФ поступает из испарителя НТФ в реактор ФТ по паропроводу НТФ и регулятор давления контролирует давление пара НТФ в паропроводе НТФ и температуру пара НТФ путем подачи сигнала на программируемый логический контроллер (ПЛК), который регулирует подачу энергии к испарителю НТФ.

9. Способ по п.1, отличающийся тем, что пар НТФ поступает из испарителя НТФ в реактор ФТ по паропроводу НТФ и регулятор давления контролирует давление пара НТФ в паропроводе НТФ и подает сигнал на модулирующий клапан для регулирования его открывания для контроля температуры паров НТФ.

10. Способ по п.1, отличающийся тем, что пар НТФ поступает из испарителя НТФ в реактор ФТ через паропровод НТФ и регулятор температуры контролирует температуру пара НТФ в паропроводе НТФ и регулирует подачу энергии к испарителю НТФ для контроля температуры пара НТФ.

11. Способ повышения активности, по меньшей мере, частично неактивного катализатора Фишера-Тропша (ФТ) *in situ*, включающий:

а) нагрев жидкого теплоносителя (НТФ), содержащего одно из группы, состоящей из органического соединения, отличного от масла, масла или водно-гликолевой смеси до парообразного состояния при заданной температуре НТФ с помощью испарителя НТФ;

б) подачу потока нагретого пара НТФ к впускному отверстию в межтрубном пространстве реактора ФТ для нагрева реактора ФТ до заданной температуры стадии, при этом реактор ФТ имеет межтрубное пространство и трубное пространство, трубное пространство содержит множество трубок, заполненных, по меньшей мере, частично неактивным катализатором ФТ;

в) пропускание потока жидкого НТФ, который конденсируется из пара НТФ по мере прохождения пара НТФ по межтрубному пространству реактора ФТ через выпускное отверстие в межтрубном пространстве и возврат потока жидкого НТФ в испаритель НТФ для повторного нагрева до парообразного НТФ;

г) подачу газа, влияющего на активность катализатора ФТ по меньшей мере на одной стадии, в трубное пространство реактора ФТ для контакта с, по меньшей мере, частично неактивным катализатором ФТ при продолжении подачи потока пара НТФ, достаточного для поддержания заданной температуры в реакторе, в межтрубное пространство реактора ФТ;

д) повторение стадий (а)-(г) заданное количество раз, достаточное для, по меньшей мере, частичной регенерации, по меньшей мере, частично неактивного катализатора ФТ, где каждая стадия характеризуется собственной заданной температурой НТФ, до которой нагревают пар НТФ, собственной заданной температурой, до которой нагревают реактор ФТ, собственным газом, влияющим на активность катализатора ФТ, для контакта с катализатором ФТ и собственной продолжительностью стадии, во время которой подают газ, влияющий на активность катализатора ФТ по меньшей мере на одной стадии, для контакта с катализатором ФТ.

12. Способ по п.11, отличающийся тем, что по меньшей мере одна из стадий продолжается до тех пор, когда активность катализатора ФТ достигнет требуемого состояния.

13. Способ по п.11, отличающийся тем, что по меньшей мере одна из стадий продолжается в течение заданного периода времени.

14. Способ по п.11, отличающийся тем, что газ, влияющий на активность катализатора ФТ по

меньшей мере на одной стадии, представляет собой либо активационный газ, либо регенерационный газ.

15. Способ по п.14, отличающийся тем, что катализатор ФТ в заполненных катализатором ФТ трубках на стадии (б) находится в неактивированном состоянии.

16. Способ по п.14, отличающийся тем, что катализатор ФТ в заполненных катализатором ФТ трубках на стадии (б) находится в частично активированном состоянии.

17. Способ по п.11, отличающийся тем, что пар НТФ поступает из испарителя НТФ в реактор ФТ по паропроводу НТФ и регулятор давления контролирует давление пара НТФ в паропроводе НТФ и контролирует температуру пара НТФ путем подачи сигнала на программируемый логический контроллер (ПЛК), который регулирует подачу энергии к испарителю НТФ.

18. Способ по п.11, отличающийся тем, что пар НТФ поступает из испарителя НТФ в реактор ФТ по паропроводу НТФ и регулятор давления контролирует давление пара НТФ в паропроводе НТФ и подает сигнал на модулирующий клапан для регулирования его открывания для контроля температуры паров НТФ.

19. Способ по п.11, отличающийся тем, что пар НТФ поступает из испарителя НТФ в реактор ФТ по паропроводу НТФ и регулятор температуры контролирует температуру пара НТФ в паропроводе НТФ и регулирует подачу энергии к испарителю НТФ для контроля температуры пара НТФ.

20. Способ повышения активности, по меньшей мере, частично неактивного катализатора Фишера-Тропша (ФТ) *in situ* в трубчатом реакторе ФТ, включающий:

а) нагрев жидкого теплоносителя (НТФ), содержащего органическое соединение, отличное от масла, или масло, до парообразного состояния;

б) подачу в межтрубное пространство трубчатого реактора ФТ нагретого НТФ в парообразном состоянии с достижением и поддержанием, по меньшей мере, частично неактивного катализатора ФТ при заданной температуре стадии; и

в) воздействие на, по меньшей мере, частично неактивный катализатор ФТ газа, влияющего на активность катализатора ФТ по меньшей мере на одной стадии, путем пропускания газа, влияющего на активность катализатора ФТ по меньшей мере на одной стадии, через трубки трубчатого реактора ФТ в течение длительности стадии.

21. Способ по п.20, отличающийся тем, что стадия воздействия на, по меньшей мере, частично неактивный катализатор ФТ газа, влияющего на активность катализатора ФТ по меньшей мере на одной стадии, продолжается до тех пор, когда активность катализатора ФТ достигнет требуемого состояния.

22. Способ по п.20, отличающийся тем, что стадия имеет заданную продолжительность.

23. Способ по п.20, отличающийся тем, что газ, влияющий на активность катализатора ФТ по меньшей мере на одной стадии, представляет собой активационный газ.

24. Способ по п.20, отличающийся тем, что газ, влияющий на активность катализатора ФТ на по меньшей мере одной стадии, представляет собой регенерационный газ.

25. Система для повышения активности катализатора Фишера-Тропша (ФТ) для осуществления способа по любому из пп.1-24, содержащая:

а) испаритель жидкого теплоносителя (НТФ) для нагрева жидкого теплоносителя (НТФ), содержащего органическое соединение, отличное от масла, или масло, до парообразного состояния;

б) реактор ФТ, содержащий множество заполненных катализатором ФТ трубок и имеющий межтрубное пространство и трубное пространство, при этом катализатор ФТ в заполненных катализатором ФТ трубках является, по меньшей мере, частично неактивным; где указанный реактор ФТ дополнительно содержит впускное отверстие для НТФ в межтрубном пространстве, выпускное отверстие для НТФ в межтрубном пространстве, обеспечивающее выход из реактора ФТ жидкого НТФ, который конденсировался из пара НТФ при прохождении пара НТФ через межтрубное пространство реактора ФТ, и технологическое впускное отверстие в трубном пространстве и технологическое выпускное отверстие в трубном пространстве, обеспечивающие прохождение по меньшей мере одного газа, влияющего на активность катализатора ФТ, через трубное пространство реактора ФТ для контакта с, по меньшей мере, частично неактивным катализатором ФТ;

в) паропровод НТФ для подачи нагретого пара НТФ в межтрубное пространство реактора ФТ через впускное отверстие для НТФ для обеспечения нагрева паром НТФ реактора ФТ до заданной температуры активации и поддержания реактора ФТ при заданной температуре активации в течение продолжительности стадии;

г) трубопровод для жидкого НТФ для переноса жидкого НТФ из выпускного отверстия НТФ в испаритель НТФ для повторного нагрева до пара НТФ.

26. Система по п.25, отличающаяся тем, что, по меньшей мере, частично неактивный катализатор ФТ находится в, по меньшей мере, частично неактивированном состоянии и по меньшей мере один газ, влияющий на активность катализатора ФТ, представляет собой активационный газ.

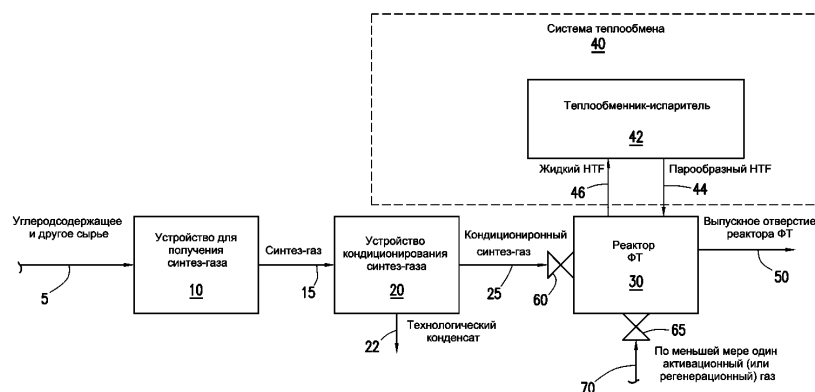
27. Система по п.25, отличающаяся тем, что, по меньшей мере, частично неактивный катализатор ФТ находится в, по меньшей мере, частично дезактивированном состоянии и по меньшей мере один газ, влияющий на активность катализатора ФТ, представляет собой регенерационный газ.

28. Система по п.25, дополнительно содержащая регулятор давления, выполненный с возможно-

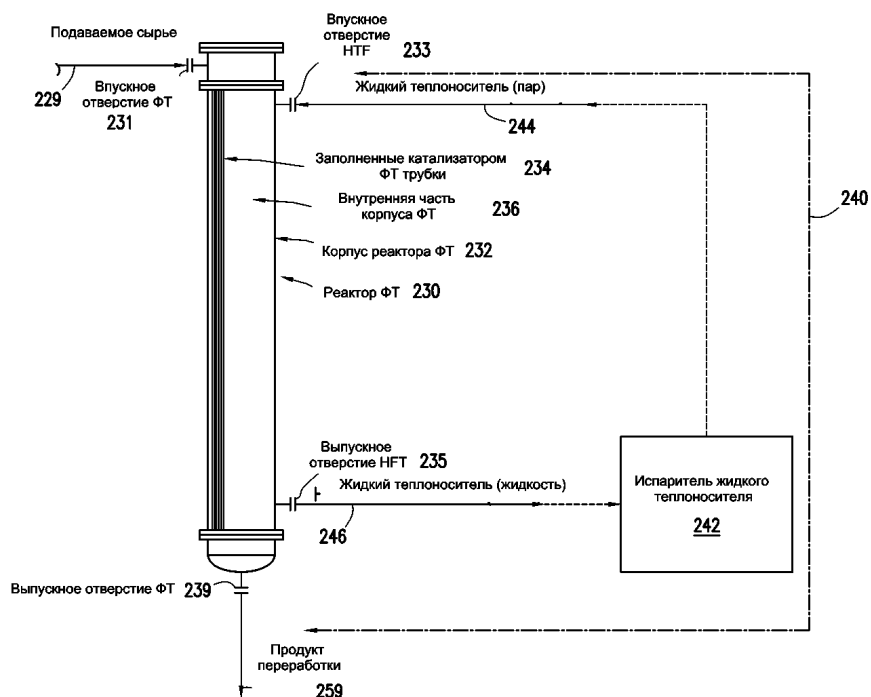
стью контроля давления пара НТФ в паропроводе НТФ, и программируемый логический контроллер (ПЛК), где регулятор давления в зависимости от контролируемого давления контролирует температуру пара НТФ путем подачи сигнала на ПЛК, контролирующего подачу энергии к испарителю НТФ.

29. Система по п.25, дополнительно содержащая регулятор давления, выполненный с возможностью контроля давления пара НТФ в паропроводе НТФ, и модулирующий клапан, расположенный в паропроводе НТФ между испарителем НТФ и реактором ФТ, отличающаяся тем, что регулятор давления в зависимости от контролируемого давления контролирует температуру пара НТФ путем подачи сигнала на модулирующий клапан для регулирования его открывания для пропускания большего или меньшего количества пара НТФ.

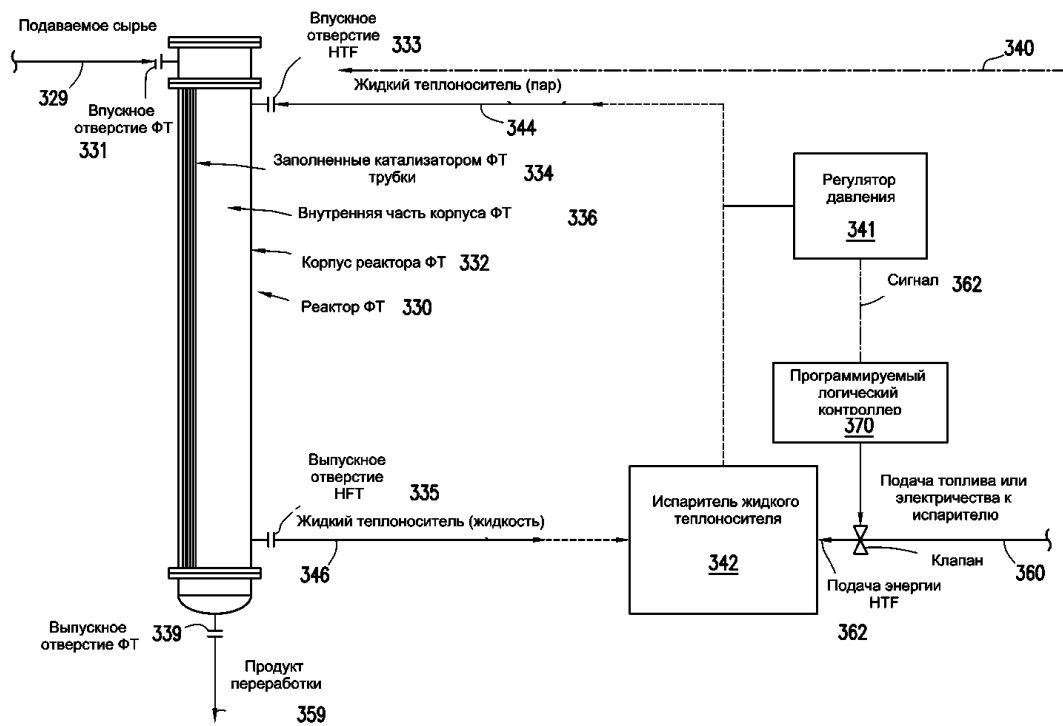
30. Система по п.25, дополнительно содержащая регулятор температуры, контролирующей температуру пара НТФ в паропроводе НТФ и регулирующий подачу энергии к испарителю НТФ для контроля температуры пара НТФ.



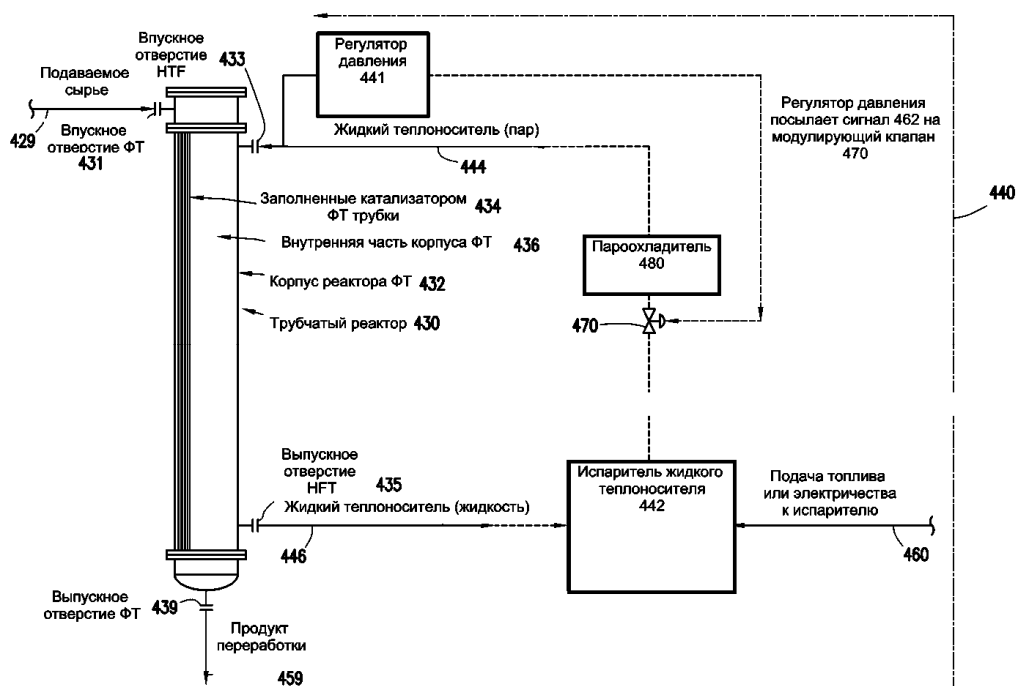
Фиг. 1



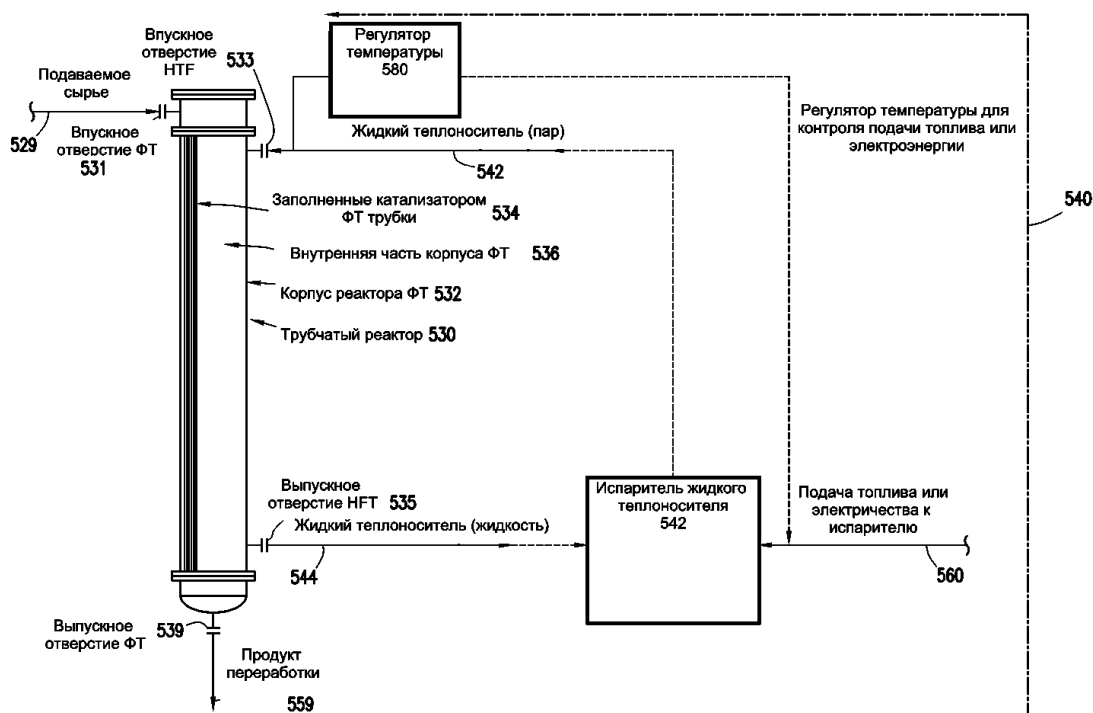
Фиг. 2



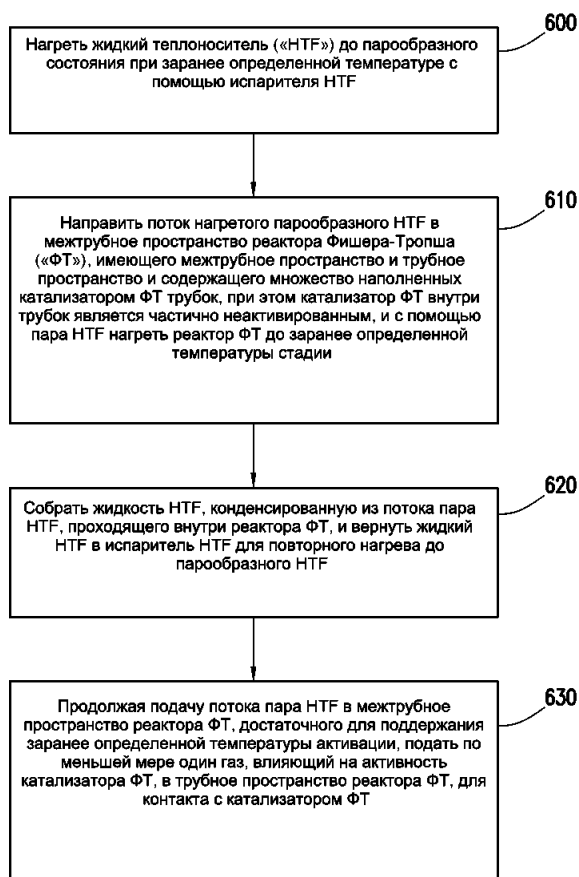
Фиг. 3



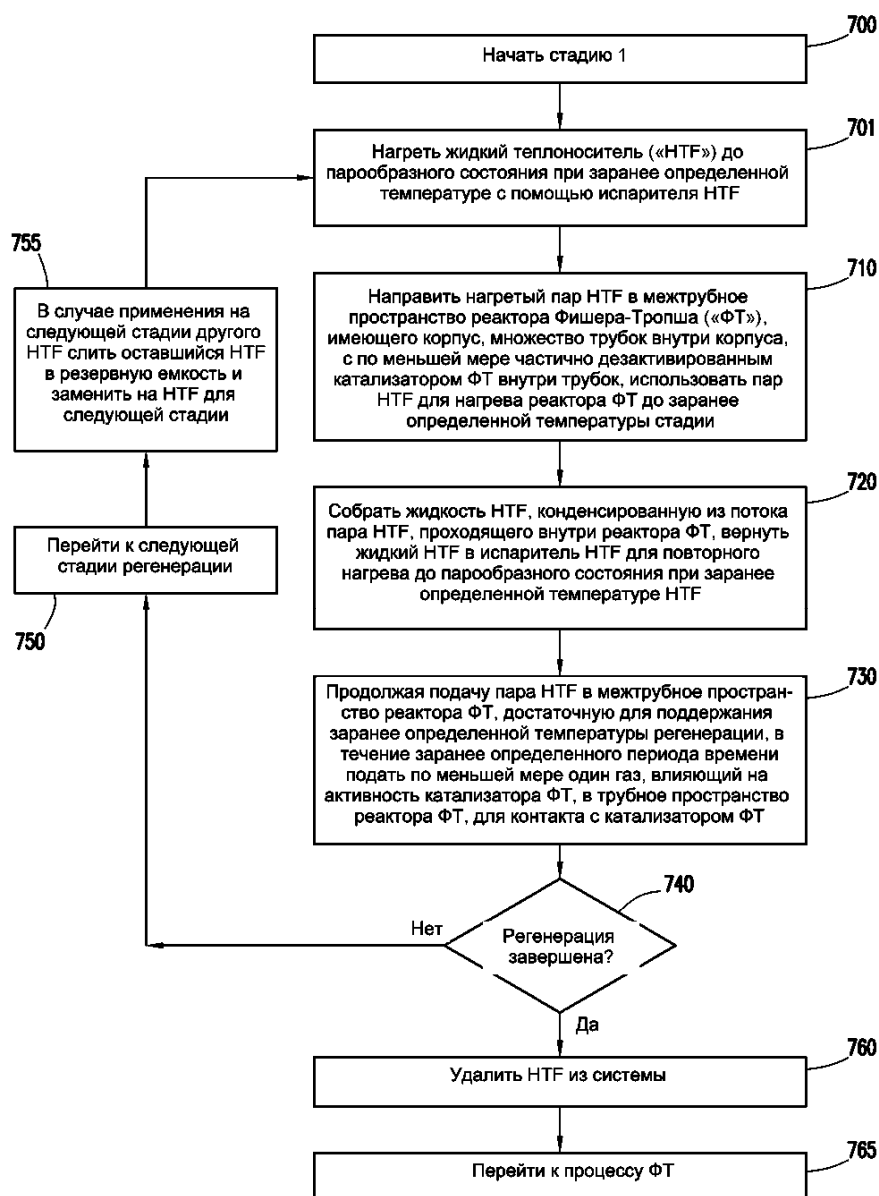
Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7



Евразийская патентная организация, ЕАПВ

Россия, 109012, Москва, Малый Черкасский пер., 2