

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(21) **202391106** (13) **A1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ**

(43) Дата публикации заявки
2023.09.29

(22) Дата подачи заявки
2019.04.19

(51) Int. Cl. *C10G 1/00* (2006.01)
C10G 53/00 (2006.01)
C10G 53/02 (2006.01)
C10G 53/04 (2006.01)

(54) **СПОСОБ ЧАСТИЧНОГО ОБЛАГОРАЖИВАНИЯ ТЯЖЕЛОЙ НЕФТИ**

(31) **62/660,718**

(32) **2018.04.20**

(33) **US**

(62) **202092430; 2019.04.19**

(71) Заявитель:
**ЗЭ ТЕКСЭС А ЭНД М
ЮНИВЕРСИТИ СИСТЕМ (US)**

(72) Изобретатель:
**Джемисон Говард, Стак Дэвид, Ван
Куньпэн (US)**

(74) Представитель:
Нилова М.И. (RU)

(57) Предложен способ непрерывного облагораживания тяжелой нефти с целью получения легких углеводородных газов, которые повторно используют в процессе в качестве газа-носителя, используемого в процессе крекинга углеводородов в искровом разряде. В способе также получают легкие углеводородные жидкости, которые используют для облагораживания тяжелой нефти. Предложено устройство для непрерывного облагораживания тяжелой нефти с целью получения легких углеводородных газов, которые повторно используют в качестве газа-носителя, используемого в устройстве крекинга углеводородов в искровом разряде. В устройстве также получают легкие углеводородные жидкости, которые используют для облагораживания тяжелой нефти.

A1

202391106

202391106

A1

СПОСОБ ЧАСТИЧНОГО ОБЛАГОРАЖИВАНИЯ ТЯЖЕЛОЙ НЕФТИ

ПЕРЕКРЕСТНАЯ ССЫЛКА НА РОДСТВЕННУЮ ЗАЯВКУ

[1] Настоящая заявка испрашивает приоритет в отношении предварительной заявки на патент США № 62/660718, под названием «PROCESS FOR PARTIAL UPGRADING OF HEAVY OIL», поданной 20 апреля 2018 г. и включенной в настоящий документ посредством ссылки в полном объеме.

ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ

[2] Настоящий способ в целом относится к процессу крекинга тяжелой нефти и других тяжелых жидких углеводородных материалов с использованием искрового разряда.

УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

[3] Тяжелая нефть (включая сверхтяжелую нефть и битум) составляет половину мировых запасов нефти, но на сегодняшний день добыта лишь малая её часть (Информационный бюллетень Геологической службы США (USGS) 70-03). В настоящее время на месторождениях тяжелой нефти добываемая тяжелая нефть должна быть немедленно облагорожена или разбавлена более легкими углеводородами (нафта, конденсат природного газа или другие насыщенные углеводороды с более низкой молекулярной массой). Это необходимое разбавление способствует отделению нефти от попутной воды и снижению плотности и вязкости продукта при транспортировке (трубопровод, железная дорога, судно и т. п.). Для разбавления может потребоваться 20-40 % от общего объема товарной сырой нефти, при этом разбавитель необходимо закупить и доставить на производственно-технологические предприятия.

[4] Северная Америка обладает большими запасами тяжелой нефти и осознает ценность, которую принесет частичное облагораживание для добычи тяжелой нефти. Для удовлетворения спроса на более экономичную добычу тяжелой нефти разрабатываются несколько конкурирующих технологий. Почти все современные способы включают модификации существующей технологии нефтепереработки, таким образом, включают такие же жесткие условия эксплуатации и высокие капитальные/эксплуатационные затраты.

[5] Существует потребность в способах и устройствах для оптимизации транспортировки и переработки тяжелой нефти с одновременным получением высокоценной, облагороженной нефти и углеводородных продуктов.

РАСКРЫТИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[6] В одном аспекте предложено устройство для непрерывного облагораживания тяжелой нефти. Устройство может содержать линию подачи тяжелой нефти, соединенную с теплообменником, для транспортировки тяжелой нефти через теплообменник. Линия подачи тяжелой нефти может быть непрерывна с первой линией, соединяющей теплообменник с первым регулировочным теплообменником. Устройство также может содержать реактор со второй линией, выполненной с возможностью подачи в него тяжелой нефти. Вторая линия может проходить через первый регулировочный теплообменник и может быть продолжением первой линии. Кроме того, устройство может содержать сепаратор, соединенный с реактором третьей линией. Сепаратор может быть соединен с четвертой линией, которая разветвлена на линию рециркуляции и пятую линию. Линия рециркуляции может сливаться со второй линией. Пятая линия может быть соединена с теплообменником. Шестая линия может быть соединена с сепаратором и может быть

разветвлена на линию получения легких жидкостей и седьмую линию. Седьмая линия может соединяться со смесителем. Устройство может дополнительно содержать второй регулировочный теплообменник, соединенный с теплообменником восьмой линией. Восьмая линия может быть непрерывна с пятой линией. Устройство может дополнительно содержать девятую линию, соединяющую смеситель и второй регулировочный теплообменник. Кроме того, устройство может содержать линию облагороженной нефти, соединенную со смесителем, для удаления облагороженной нефти из устройства. Устройство также может содержать компрессор. Десятая линия может быть соединена с сепаратором и может быть разветвлена на линию рециркуляции газа и одиннадцатую линию. Линия рециркуляции газа может соединяться с компрессором, а одиннадцатая линия может соединяться с генератором мощности. Кроме того, устройство может содержать линию подачи легкого углеводородного газа для подачи свежего легкого углеводородного газа в реактор. Устройство может дополнительно содержать двенадцатую линию, соединяющую компрессор с линией подачи легкого углеводородного газа. Устройство может дополнительно содержать линию электропитания, соединяющую генератор мощности с реактором.

[7] В другом аспекте предложено устройство для непрерывного облагораживания тяжелой нефти для получения облагороженной нефти. Устройство может содержать линию подачи тяжелой нефти, соединенную с теплообменником, для транспортировки тяжелой нефти через теплообменник. Линия подачи тяжелой нефти может быть непрерывна с первой линией, соединяющей теплообменник с первым регулировочным теплообменником. Устройство также может содержать сепаратор, соединенный с первым регулировочным теплообменником второй линией, которая может быть продолжением первой линии. Кроме того, устройство

может содержать третью линию, соединенную с сепаратором. Третья линия может разветвляться на линию тяжелой нефти и четвертую линию. Линия тяжелой нефти может проходить через теплообменник и может быть продолжена пятой линией, соединенной со вторым регулировочным теплообменником. Четвертая линия может соединяться с реактором. Шестая линия может соединять реактор с сепаратором. Устройство может дополнительно содержать смеситель, соединенный со вторым регулировочным теплообменником седьмой линией. Линия облагороженной нефти для удаления облагороженной нефти из устройства может быть соединена со смесителем. Устройство может дополнительно содержать восьмую линию, соединенную с сепаратором. Восьмая линия может разветвляться на линию легкой углеводородной жидкости и линию получаемой легкой жидкости. Линия для жидких легких углеводородов может соединяться со смесителем. Кроме того, устройство может содержать девятую линию, соединенную с сепаратором. Девятая линия может разветвляться на десятую линию и линию рециркуляции газа. Десятая линия может быть подключена к генератору мощности. Линия рециркуляции газа может быть соединена с компрессором, который может быть соединен с одиннадцатой линией. Одиннадцатая линия может сливаться с линией подачи легкого углеводородного газа, которая может быть выполнена с возможностью транспортировки свежего легкого углеводородного газа в реактор. Устройство может дополнительно содержать линию электропитания, соединяющую генератор мощности с реактором.

[8] В другом аспекте предложен способ непрерывного облагораживания тяжелой нефти для получения облагороженной нефти с использованием импульсного плазменного реактора. Способ может включать нагнетание тяжелой нефти через линию подачи тяжелой нефти под первым давлением от 0,1 до 10 бар изб. или, в качестве альтернативы, от 0,9 до 2 бар изб. в

межэлектродный промежуток внутри реактора. Линия подачи тяжелой нефти может сначала пропускать тяжелую нефть через теплообменник, чтобы отрегулировать температуру тяжелой нефти, и она поступает в первый регулировочный теплообменник, через который тяжелая нефть проходит и поступает в реактор. Межэлектродный промежуток может быть образован расстоянием между первым концом отрицательного электрода и первым концом положительного электрода. Второй конец положительного электрода и второй конец отрицательного электрода могут быть подключены к генератору мощности посредством линии электропитания. Способ также может включать нагнетание при втором давлении от 0,2 до 20 бар изб. или, в качестве альтернативы, от 1 до 3 бар изб. легкого углеводородного газа, через линию подачи легкого углеводородного газа, и в реактор для смешивания в нем с тяжелой нефтью с образованием смеси углеводородной жидкости-газа в межэлектродном промежутке. Кроме того, способ может включать создание искрового разряда в межэлектродном промежутке для реагирования смеси углеводородной жидкости-газа. Способ может дополнительно включать поступление прореагировавшей смеси углеводородной жидкости-газа в сепаратор и отделение легкой углеводородной жидкости и легкого углеводородного газа от тяжелой нефти. Способ может дополнительно включать подачу отделенного легкого углеводородного газа из сепаратора в компрессор и сжатие легкого углеводородного газа. Свежий водород и свежий углеводородный газ могут быть добавлены к легкому углеводородному газу для получения газовой смеси водорода и легкого углеводорода и рециркуляции газовой смеси водорода и легкого углеводорода в реактор. Кроме того, способ может включать подачу тяжелой нефти из сепаратора в теплообменник. Тяжелая нефть из сепаратора может объединяться с тяжелой нефтью из линии подачи тяжелой нефти с получением комбинированной тяжелой нефти. Способ

также может включать удаление комбинированной тяжелой нефти или смешивание комбинированной тяжелой нефти с жидкими легкими углеводородами для получения облагороженной нефти.

[9] В одном или более вариантах воплощения, от 1 % до 50 % объема тяжелой нефти может быть преобразовано в легкую углеводородную жидкость и/или легкий углеводородный газ с предпочтительным диапазоном от 3 % до 30 %.

[10] В одном или более вариантах воплощения, тяжелая нефть из сепаратора и тяжелая нефть из линии подачи тяжелой нефти могут быть объединены в соотношении от 1:10 до 20:1, с предпочтительным соотношением от 1:1 до 10:1.

[11] В одном или более вариантах воплощения, комбинированная тяжелая нефть из сепаратора и тяжелая нефть из линии подачи тяжелой нефти может быть отрегулирована до температуры от 25 °C до 200 °C и вязкости от 1 до 1000 сП при входе в реактор, с предпочтительной вязкостью от 10 до 200 сП.

[12] В одном или более вариантах воплощения, реактор может содержать множество межэлектродных промежутков. Предпочтительное количество промежутков может линейно увеличиваться с необходимой пропускной способностью варианта применения способа. Вспомогательное оборудование, связанное с реакциями, может иметь соответствующие размеры, и более крупные варианты применения могут обеспечить экономию в масштабе этого оборудования.

[13] В одном или более вариантах воплощения, сепаратор может содержать устройство фракционной перегонки или абсорбер, который может быть абсорбером с переменным давлением.

[14] В одном или более вариантах воплощения, легкая углеводородная жидкость может иметь верхнюю точку кипения от 100 °C до 300 °C.

[15] В одном или более вариантах воплощения, часть жидкости из легких углеводородов может быть удалена перед смешиванием легкой углеводородной жидкости с комбинированной тяжелой нефтью.

[16] В одном или более вариантах воплощения, свежий водород и/или свежий углеводородный газ может быть добавлен к отделенному легкому углеводородному газу до и/или после его сжатия.

[17] В одном или более вариантах воплощения, состав легких углеводородных газов может быть проанализирован перед подачей в реактор.

[18] В одном или более вариантах воплощения, сжатый легкий углеводородный газ может быть очищен. Очищенный легкий углеводородный газ может обеспечивать энергией реактор и/или может обеспечивать тепло, используемое в процессе. Водород может быть выделен из очищенного легкого углеводородного газа.

[19] В одном или более вариантах воплощения, энергию для искрового разряда может обеспечивать микротурбина. Количество свежего водорода, добавляемого к легкому углеводородному газу, может представлять собой количество, достаточное для получения газовой смеси водорода и легкого углеводорода, содержащей концентрацию водорода от 1 % до 65 % по объему, с предпочтительной концентрацией от 10 до 50 % водорода. Газовая смесь водорода и легкого углеводорода может подаваться в реактор со скоростью от 0,01 до 1 л/мин.

[20] В одном или более вариантах воплощения, облагороженная нефть может иметь улучшенную кривую кипения, на что указывает преобразование. Величина преобразования может быть определена как количество нового материала, кипящего ниже 400 °С, которое образуется во время реакций, деленное на общую исходную массу. В некоторых вариантах воплощения, преобразование может определяться созданием нового материала, который кипит ниже 300 °С или некоторой другой

температуры. Облагороженная нефть может также иметь улучшенную плотность в градусах API (Американского нефтяного института, American Petroleum Institute) от 0,1 до 20. Облагороженная нефть может иметь улучшенное содержание асфальтенов от 0 до 10 %. Предпочтительные диапазоны преобразования, улучшения плотности в градусах API и уменьшения содержания асфальтенов могут зависеть от конкретного применения и относительных ценностей сырья и продуктов.

[21] В одном или более вариантах воплощения, тяжелую нефть пропускают в обход теплообменника. В одном или более вариантах воплощения, тяжелая нефть может быть пропущена в обход первого регулировочного теплообменника и/или второго регулировочного теплообменника.

[22] В одном или более вариантах воплощения, тяжелая нефть, нагнетаемая через линию подачи тяжелой нефти, может охлаждаться посредством теплообменника и/или первого регулировочного теплообменника.

[23] В одном или более вариантах воплощения, линия подачи тяжелой нефти включает тяжелую нефть, не требующую облагораживания. Линия подачи тяжелой нефти может проходить в обход реактора и поступать в сепаратор после прохождения через теплообменник и первый регулировочный теплообменник. Способ может включать отделение легкой углеводородной жидкости и легкого углеводородного газа от тяжелой нефти. Отделенная тяжелая нефть может быть подана в реактор.

[24] В другом аспекте предложен способ непрерывного облагораживания тяжелой нефти для получения облагороженной нефти с использованием импульсного плазменного реактора. Способ может включать нагнетание тяжелой нефти через линию подачи тяжелой нефти под первым давлением от 0,1 до 10 бар изб. или, в качестве альтернативы, с диапазоном от 0,9 до 2 бар изб., через теплообменник и первый

регулируемый теплообменник в сепаратор, и отделение жидких легких углеводородов и легкого углеводородного газа от тяжелой нефти. Отделенная тяжелая нефть может подаваться в теплообменник для объединения с тяжелой нефтью из линии подачи тяжелой нефти, и/или отделенная тяжелая нефть может подаваться в межэлектродный промежуток, имеющийся в реакторе. Межэлектродный промежуток может быть образован расстоянием между первым концом отрицательного электрода и первым концом положительного электрода. Второй конец положительного электрода и второй конец отрицательного электрода могут быть подключены к генератору мощности посредством линии электропитания. Легкий углеводородный газ может быть подан в компрессор и/или генератор мощности. Легкий углеводородный газ в компрессоре может быть сжат и/или направлен в реактор. Легкая углеводородная жидкость может быть направлена в смеситель и/или собрана. Способ также может включать нагнетание при втором давлении от 0,2 до 20 бар изб. или, в качестве альтернативы, от 1 до 3 бар изб. легкого углеводородного газа, через линию подачи легкого углеводородного газа, и в реактор для смешивания в нем с тяжелой нефтью с образованием смеси углеводородной жидкости-газа в межэлектродном промежутке. Кроме того, способ может включать создание искрового разряда в межэлектродном промежутке для реагирования смеси углеводородной жидкости-газа. Способ может дополнительно включать пропускание прореагировавшей смеси углеводородной жидкости-газа в сепаратор и отделение легкой углеводородной жидкости и легкого углеводородного газа от тяжелой нефти. Способ может дополнительно включать объединение отделенной тяжелой нефти и тяжелой нефти из линии подачи тяжелой нефти, и поступление комбинированной тяжелой нефти через второй регулируемый теплообменник в смеситель, а также

смешивание комбинированной тяжелой нефти с легкой углеводородной жидкостью для получения облагороженной нефти.

[25] В одном или более вариантах воплощения, от 1 % до 50 % объема тяжелой нефти может быть преобразовано в легкую углеводородную жидкость и/или легкий углеводородный газ с предпочтительным диапазоном от 3 до 30 %.

[26] В одном или более вариантах воплощения, тяжелая нефть из сепаратора и тяжелая нефть из линии подачи тяжелой нефти могут быть объединены в соотношении от 1:10 до 20:1, с предпочтительным диапазоном от 1:1 до 1:10. Комбинированная тяжелая нефть может быть доведена до температуры от 25 °С до 200 °С и может иметь вязкость от 1 до 1000 сП после объединения, с предпочтительным диапазоном от 10 до 200 сП.

[27] В одном или более вариантах воплощения, реактор может содержать множество межэлектродных промежутков. Предпочтительное количество промежутков может линейно увеличиваться с необходимой пропускной способностью варианта применения способа. Вспомогательное оборудование, связанное с реакциями, может иметь соответствующие размеры, и более крупные варианты применения могут обеспечить экономию в масштабе этого оборудования.

[28] В одном или более вариантах воплощения, сепаратор может содержать устройство фракционной перегонки и/или абсорбер. Абсорбер может представлять собой абсорбер с переменным давлением.

[29] В одном или более вариантах воплощения, легкая углеводородная жидкость может иметь верхнюю точку кипения от 100 °С до 300 °С.

[30] В одном или более вариантах воплощения, часть легкой углеводородной жидкости может быть удалена перед ее смешиванием с комбинированной тяжелой нефтью.

[31] В одном или более вариантах воплощения, свежий водород и/или свежий углеводородный газ может быть добавлен к отделенному легкому углеводородному газу до и/или после его сжатия.

[32] В одном или более вариантах воплощения, состав легкого углеводородного газа может быть проанализирован перед его подачей в реактор.

[33] В одном или более вариантах воплощения, сжатый легкий углеводородный газ может быть очищен. Очищенный легкий углеводородный газ может обеспечивать энергией реактор и/или обеспечивать тепло, используемое в процессе. Водород может быть выделен из очищенного легкого углеводородного газа.

[34] В одном или более вариантах воплощения, энергию для искрового разряда может обеспечивать микротурбина. Количество свежего водорода, добавляемого к легкому углеводородному газу, может представлять собой количество, достаточное для получения газовой смеси водорода и легкого углеводорода, содержащей концентрацию водорода от 1 % до 65 % по объему, с предпочтительной концентрацией от 10 до 50 % водорода. Газовая смесь водорода и легкого углеводорода может подаваться в реактор со скоростью от 0,01 до 1 л/мин.

[35] В одном или более вариантах воплощения, облагороженная нефть может иметь улучшенную кривую кипения, на что указывает преобразование. Величина преобразования может быть определена как количество нового материала, кипящего ниже 400 °С, которое образуется во время реакций, деленное на общую исходную массу. В некоторых вариантах воплощения, преобразование может определяться созданием нового материала, который кипит ниже 300 °С или некоторой другой температуры. Облагороженная нефть может также иметь улучшенную плотность в градусах API, от 0,1 до 20. Облагороженная нефть может иметь улучшенное содержание асфальтенов от 0 до 10 %.

Предпочтительные диапазоны преобразования, улучшения плотности в градусах API и уменьшения асфальтенов могут зависеть от конкретного применения и относительных ценностей сырья и продуктов.

[36] В одном или более вариантах воплощения, тяжелая нефть из линии подачи тяжелой нефти и/или тяжелая нефть из сепаратора может быть пропущена в обход теплообменника.

[37] В одном или более вариантах воплощения, тяжелая нефть может быть пропущена в обход первого регулировочного теплообменника и/или второго регулировочного теплообменника.

[38] В одном или более вариантах воплощения, тяжелая нефть, нагнетаемая через линию подачи тяжелой нефти, может охлаждаться посредством теплообменника и/или первого регулировочного теплообменника.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

[39] Фиг. 1 иллюстрирует устройство для непрерывного облагораживания тяжелой нефти, в котором тяжелую нефть сначала подвергают крекингу, затем продукты (легкий углеводородный газ и легкую углеводородную жидкость) отделяют от оставшейся тяжелой нефти, и продукты и оставшуюся тяжелую нефть впоследствии собирают или повторно используют в установке для использования при дальнейшем облагораживании тяжелой нефти.

[40] Фиг. 2 иллюстрирует устройство для непрерывного облагораживания тяжелой нефти, в котором тяжелую нефть сначала разделяют на легкий углеводородный газ, легкую углеводородную жидкость и тяжелую нефть. Затем тяжелую нефть подвергают крекингу в реакторе, а затем компоненты снова разделяют. Легкий углеводородный газ и легкую углеводородную жидкость собирают после разделения или

далее повторно используют в устройстве для использования при дальнейшем облагораживании тяжелой нефти.

РАСКРЫТИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[41] Настоящий способ относится к области переработки жидкостей, содержащих молекулы тяжелых углеводородов, на более легкие жидкие и/или газообразные фракции. Настоящий способ может быть использован для крекинга жидкой тяжелой нефти на более легкие углеводородные фракции с использованием потока газа-носителя, вводимого в жидкую тяжелую нефть для образования смеси, с последующей ионизацией смеси электрическим разрядом. Этот способ может быть с успехом применен для достижения эффективного непрерывного преобразования тяжелой нефти в более ценную товарную облагороженную нефть.

[42] Способ и устройство для обогащения тяжелой нефти, описанные в настоящем документе, включают крекинг жидких углеводородных материалов на легкие углеводородные фракции с использованием искрового разряда. Способ включает в себя подачу жидкого углеводородного материала через разрядную камеру в межэлектродный промежуток внутри разрядной камеры, в которой межэлектродный промежуток образован между парой электродов, расположенных на расстоянии друг от друга. Способ дополнительно включает в себя нагнетание газа-носителя в жидкий углеводородный материал, по мере его поступления в межэлектродный промежуток, в результате чего образуется газожидкостная углеводородная смесь. Пара электродов содержит положительный электрод и отрицательный электрод, причем отрицательный электрод подключен к конденсатору. Конденсатор заряжается до напряжения, равного напряжению пробоя газа-носителя в межэлектродном промежутке, или превышающего его. По мере образования газожидкостной углеводородной смеси она подвергается

воздействию тока между электродами при напряжении, достаточном для возникновения искрового разряда. Способ также включает извлечение легких углеводородных газов и жидкостей, образующихся в результате воздействия импульсного искрового разряда на газожидкостную углеводородную смесь.

[43] В контексте данного документа, термин «тяжелая нефть» относится к тем углеводородным соединениям и их смесям, которые находятся в жидком состоянии при атмосферных условиях. Тяжелая нефть необязательно может содержать взвешенные твердые частицы. Тяжелые нефти могут содержать другие обычные добавки, включая, помимо прочего, улучшители текучести, антистатические агенты, антиоксиданты, агенты, препятствующие осаждению парафинов, ингибиторы коррозии, беззольные детергенты, антидетонационные агенты, улучшители воспламенения, дегазаторы, ароматизаторы, вещества, снижающие сопротивление трубопроводов, смазывающие вещества, улучшители цетанового числа, усилители искрообразования, составы для защиты седел клапанов, текучие среды-носители на синтетических или минеральных маслах и противопенные добавки. Иллюстративные тяжелые нефти включают, помимо прочего, минеральное масло; нефтепродукты, включая, помимо прочего, сырую нефть, бензин, керосин и мазут; парафиновые углеводороды с прямой и разветвленной цепью; циклопарафиновые углеводороды; моноолефиновые углеводороды; диолефиновые углеводороды; алкеновые углеводороды; и ароматические углеводороды, включая, помимо прочего, бензол, толуол и ксилол.

[44] В контексте данного документа, термин «байпас (обход)» относится к полному или частичному обходному пути потока жидкости, через который она проходит. Трубопровод или линия подачи тяжелой нефти могут обходить теплообменник или регулировочный теплообменник, без пропускания через них тяжелой нефти, или с отклонением определенного

процента потока от прохождения через теплообменник или регулировочный теплообменник.

[45] В контексте данного документа, термин «теплообменник» относится к устройству, используемому для теплопередачи между монолитным объектом и текучей средой или между двумя или более текучими средами. Текучие среды могут быть разделены монолитной стенкой для предотвращения смешивания или могут находиться в прямом контакте.

[46] В контексте данного документа, термин «регулирующий теплообменник» относится к теплообменнику, использующему внешние вспомогательные средства, такие как охлаждающая вода, воздух, пар, масляный теплоноситель или какая-либо другая охлаждающая или нагревающая среда, для обеспечения более точной регулировки температуры технологической текучей среды.

[47] В контексте данного документа, термин «сепаратор» относится к корпусу, содержащему средства для разделения компонентов смеси или их очистки. Такие средства включают перегонные кубы, хроматографические колонки, абсорберы, установки для кристаллизации, сублиматоры, фильтры, центрифуги, жидко-жидкостные экстракторы и активированный уголь.

[48] В контексте данного документа, термин «смеситель» относится к контейнеру для перемешивания, смешивания, эмульгирования или гомогенизации многокомпонентных жидкостей.

[49] Если тяжелая нефть содержит сырую нефть, сырая нефть может содержать углеводороды с широким диапазоном молекулярных масс и форм. Например, углеводороды могут включать, но не ограничиваются ими, парафины, ароматические углеводороды, нафтены, циклоалканы, алкены, диены и алкины. Углеводороды могут характеризоваться общим числом атомов углерода (C) и/или количеством одинарных (C-C), двойных (C = C) или тройных (C ≡ C) связей между атомами углерода. Вследствие

разнообразия соединений, имеющихся в сырой нефти, это сырье хорошо подходит для описанного способа. Его можно использовать для удобного получения легких углеводородов, включая, помимо прочего, бензин и керосин, или более тяжелых углеводородов, включая, но не ограничиваясь ими, дизельное топливо и мазут. С использованием способов настоящей технологии, сотни различных молекул углеводородов в сырой нефти преобразуются в компонентах, которые могут использоваться в качестве топлива, смазочных материалов и в качестве сырья в других нефтехимических процессах.

[50] В контексте данного документа, термины «легкий углеводородный газ» или «полученные легкие жидкости» относятся к углеводородам, полученным в результате крекинга углеводородов с более высоким содержанием углерода на соединения с более низким содержанием углерода. Легкий углеводородный газ может включать алканы C_1 - C_5 . Легкий углеводородный газ также может быть введен в процесс или устройство из свежего источника, внешнего по отношению к устройству или способу, описанному в настоящем документе.

[51] В контексте данного документа, термин «линия» может относиться к трубе, трубопроводу или направлению для транспортировки жидкости. В контексте настоящего описания «линия электропитания» передает энергию.

[52] В контексте данного документа, термин «компрессор» относится к механическому устройству, которое увеличивает давление газа за счет уменьшения его объема. Не имеющие ограничительного характера примеры включают поршневые компрессоры, поршневые компрессоры с ионной жидкостью, ротационные винтовые компрессоры, роторно-лопастные компрессоры, вращающиеся поршни, спиральные компрессоры, мембранные компрессоры, динамические компрессоры, воздушно-пузырьковые компрессоры, центробежные компрессоры,

центробежно-осевые компрессоры или диагональные компрессоры, газоструйные компрессоры, или компрессоры с осевым потоком.

[53] В контексте данного документа, термин «генератор мощности» или «источник энергии» относится к стандартным процессам генерации энергии, включая огневые нагреватели, газовые турбины, топливные элементы или способы преобразования химической энергии углеводородного газа в электрическую или тепловую энергию.

[54] Не ограничиваясь теорией, в любом из вышеуказанных способов или вариантов воплощения тяжелые нефти с высоким содержанием углерода расщепляются на молекулы с более низким содержанием углерода с образованием более легких углеводородных фракций (с точки зрения как молекулярной массы, так и температуры кипения) в среднем, чем более тяжелые нефти в сырье. Кроме того, не ограничиваясь теорией, считается, что расщепление тяжелых молекул происходит за счет разрыва связей С-С. Для этих молекул энергия, необходимая для разрыва связи С-С, составляет приблизительно 261,9 кДж/моль. Это количество энергии значительно меньше, чем энергия, необходимая для разрыва связи С-Н (364,5 кДж/моль).

[55] В настоящей заявке предложены способы и устройства для оптимизации транспортировки и обработки тяжелой нефти одновременно для производства высокоценной, облагороженной нефти и углеводородных продуктов с непрерывной переработкой продуктов, полученных в результате переработки тяжелой нефти. В этом способе используется искровой разряд между электродами для крекинга углеводородов в тяжелой нефти. Подвергаемые крекингу углеводороды смешивают с продуктами крекинга для получения облагороженной нефти с желаемой вязкостью. Перед крекингом тяжелая нефть может быть смешана с легкими углеводородными жидкостями и/или легкими углеводородными газами, которые получают из тяжелой нефти,

подвергающейся непрерывному крекингу, и продуктами, которые используются повторно. Легкие углеводородные жидкости и газы также собирают как ценные продукты. Легкие углеводородные газы могут быть повторно использованы из процесса крекинга или введены в свежем виде для смешивания с тяжелой нефтью и образования газожидкостных углеводородных смесей, которые вступают в реакцию посредством искрового разряда.

[56] Легкие углеводородные газы, используемые в процессе крекинга искровым разрядом, содержат атомы водорода. При воздействии на тяжелую нефть искрового разряда образуются свободные радикалы. Свободные радикалы углеводорода притягивают атомы водорода. Используемый в данном способе газ-носитель или легкий углеводородный газ может, таким образом, использоваться в способе в качестве источника атомов водорода. Легкий углеводородный газ отделяют от тяжелой нефти в процессе или устройстве или подают свежим в процесс или устройство из внешнего источника. Подходящие газы-носители могут включать, помимо прочего, газы, содержащие атомы водорода. Иллюстративные газы-носители могут включать, но не ограничиваются ими, водород, метан, природный газ и другие газообразные углеводороды. В любом из вышеупомянутых вариантов воплощения может быть использована смесь таких иллюстративных газов-носителей.

[57] Поскольку способ должен выполняться непрерывно, различные ступени или стадии способа могут происходить одновременно или последовательно, так что тяжелая нефть непрерывно подается в разрядную камеру или реактор по мере того, как углеводородные фракции продукта выходят из камеры.

[58] Как изложено выше, способ включает в себя создание плазмы искрового разряда в струе газа в межэлектродном промежутке. Напряжение пробоя газа-носителя будет меньше напряжения пробоя

жидкости, соответственно можно использовать струю газа при том же уровне напряжения для создания более длинного межэлектродного промежутка. Увеличение межэлектродного промежутка при одновременном снижении коррозионного воздействия способа на электроды увеличивает площадь прямого контакта между плазменным разрядом и обработанной тяжелой нефтью. Не желая ограничиваться какой-либо конкретной теорией, считается, что при контакте плазмы разряда с тяжелой нефтью в межэлектродном промежутке тяжелая нефть быстро нагревается и испаряется с образованием пара. Таким образом, молекулы тяжелой нефти смешиваются с молекулами газа-носителя и частицами плазмы, образующейся в них. Электроны плазмы сталкиваются с молекулами углеводородов, тем самым разбивая их на более мелкие молекулы, имеющие одну ненасыщенную связь и являющиеся по существу свободными радикалами, то есть фрагментами молекул, имеющих свободную связь. Свободные радикалы также возникают в результате прямого взаимодействия быстро движущихся электронов со стенками жидкости, образованными вокруг плазменного канала, установленного между электродами.

[59] Как отмечено выше, различные газы-носители, известные в данной области техники, могут быть использованы в способах и устройствах по настоящей технологии. Примеры газов-носителей включают, помимо прочего, гелий, неон, аргон, ксенон, метан, углеводороды C_1-C_5 и водород (H_2). В некоторых вариантах воплощения, газ-носитель представляет собой водородсодержащий газ, включающий, помимо прочего, воду, водяной пар, чистый водород, метан, природный газ или другие газообразные углеводороды. Смеси любых двух или более таких водородсодержащих газов могут быть использованы в любом из описанных вариантов воплощения. Кроме того, газы, не содержащие водород, включая, помимо прочего, гелий, неон, аргон и ксенон, могут

быть использованы либо в качестве газов-разбавителей для любого из водородсодержащих газов, либо они могут быть использованы с тяжелыми нефтями, таким образом, позволяя свободным радикалам обрывать друг друга, а не атом водорода из газа-носителя. С точки зрения затрат энергии на образование одного свободного атома водорода, чтобы выбрать подходящий газ-носитель, целесообразно сравнить энергию диссоциации различных газов-носителей или водородсодержащих газов. Так, например, для разрыва связи между атомами водорода в молекуле H_2 потребуется приблизительно 432 кДж/моль. Для водяного пара энергия, необходимая для высвобождения атома водорода, составляет приблизительно 495 кДж/моль, тогда как для удаления атома водорода из молекулы углеводорода, включая, но не ограничиваясь, метан, требуется приблизительно 364,5 кДж/моль.

[60] Согласно некоторым вариантам воплощения, газ-носитель представляет собой метан. Использование метана или природного газа выгодно не только с точки зрения энергии, необходимой для разрыва связей, но и из-за его относительно низкой стоимости. Использование метана гарантирует, что связи C-H разрываются с образованием водородного радикала и метильного радикала, каждый из которых может объединяться с более крупными углеводородными радикалами на стадии обрыва. В некоторых вариантах воплощения, газ-носитель представляет собой метан или смесь метана с инертным газом, включая, но не ограничиваясь ими, гелий, аргон, неон или ксенон. В некоторых вариантах воплощения, газ-носитель представляет собой смесь метана, водорода (свежего и/или полученного в процессе или устройстве) и, необязательно, легкого углеводородного газа, полученного в раскрытом способе или устройстве.

[61] Для создания плазмы в струе газа могут быть использованы различные типы электрических разрядов. Эти разряды могут существовать

как в непрерывном, так и в импульсном режиме. Например, в некоторых вариантах воплощения, эффективным является использование непрерывных разрядов, включая, но не ограничиваясь этим, дуговой разряд или тлеющий разряд. Однако использование этого типа разряда для крекинга тяжелых углеводородов может быть ограничено тем фактом, что нагрев газовой среды постоянным током может привести к нежелательному повышению температуры внутри разрядной камеры. Такое повышение температуры может привести к увеличению коксования и образования сажи. Кроме того, при использовании непрерывного разряда продукты углеводородной фракции постоянно подвергаются воздействию разряда до тех пор, пока они не выйдут из плазмы. Напротив, использование импульсного разряда, особенно импульсного искрового разряда, может быть желательным для цели производства фракции легких углеводородов из фракций тяжелой нефти, поскольку интервал между импульсами позволяет прекратить образование свободных радикалов и дает время для выхода из плазмы легких углеводородных продуктов.

[62] В другом аспекте предложено устройство для превращения жидкой углеводородной среды в продукт углеводородной фракции. Устройство может содержать разрядную камеру, входящую в реактор, для размещения элементов, обеспечивающих искровой разряд, вызывающий преобразование. Разрядная камера, а, следовательно, и устройство, содержит вход, выполненный с возможностью транспортирования тяжелой нефти в разрядную камеру, выход, выполненный с возможностью транспортирования продукта углеводородной фракции из разрядной камеры, отрицательный электрод, имеющий первый конец и второй конец, и положительный электрод, имеющий первый конец и второй конец. В разрядной камере первый конец отрицательного электрода отстоит от первого конца положительного электрода на расстояние, которое определяет межэлектродный промежуток. Чтобы обеспечить способ

смешивания тяжелой нефти с газом-носителем, как описано выше, разрядная камера может также содержать газовую струю, выполненную с возможностью ввода газа-носителя вблизи межэлектродного промежутка. Газ-носитель вводят в тяжелую нефть во время закачки в межэлектродный промежуток или непосредственно перед ней. Второй конец отрицательного электрода и второй конец положительного электрода подключены к а, который может содержать конденсатор, и предусмотрен генератор мощности, выполненный с возможностью создания искрового разряда в межэлектродном промежутке.

[63] В реакторе искровой разряд образуется в межэлектродном промежутке, когда напряжение (V), приложенное к электродам, равно или больше, чем напряжение пробоя (V_b) в межэлектродном промежутке. Искровой разряд инициируется свободными электронами, которые обычно появляются на положительном электроде в результате автоэлектронной эмиссии или других процессов электронной эмиссии. Свободные электроны ускоряются в электрическом поле, охватывающем промежуток, и, когда газ в промежутке ионизируется, создается искровой плазменный канал. После формирования канала искрового разряда через плазму течет разрядный ток. Напряжение внутри плазменного канала (V_d) ниже, чем напряжение пробоя (V_b). Дуговой разряд возникает, если мощность генератора достаточна для протекания тока в канале разряда в непрерывном режиме. В искровом разряде происходит также нагрев плазмы. Однако регулировать температуру можно не только путем регулировки силы тока разряда, но и путем управления длительностью разряда. В некоторых вариантах воплощения, в результате создания плазменного канала в газе температура газа может достигать нескольких тысяч градусов Цельсия.

[64] В качестве альтернативы для создания искрового разряда можно использовать другую схему питания. В некоторых вариантах воплощения,

для зажигания искровых разрядов используют большое количество различных генераторов импульсов. Например, может быть использована схема, разряжающая накопительный конденсатор предварительного заряда под нагрузкой. Параметры импульсного напряжения на нагрузке определяются емкостью накопителя, а также параметрами всей разрядной цепи. Потери энергии будут зависеть от характеристик разрядной цепи, в частности, от потерь в переключателе.

[65] В некоторых вариантах воплощения, в качестве нагрузки непосредственно используется искровой выключатель, то есть плазменный реактор, что снижает потери энергии в разрядной цепи. Кроме того, накопительный конденсатор может быть подключен параллельно искровому разряднику в цепи с минимальной индуктивностью. Пробой промежутка происходит, когда напряжение на накопительном конденсаторе достигает напряжения пробоя, а подвод энергии в плазменную искру происходит во время разряда конденсатора. Следовательно, потери энергии в цепи низкие.

[66] В соответствии с любым из вышеупомянутых вариантов воплощения, положительный электрод может иметь форму плоского электрода, либо в виде листа, лезвия, либо плоского вывода, в то время как отрицательный электрод имеет форму трубки, то есть канюлирован. Отрицательный канюлированный электрод представляет собой полый электрод, через который газ-носитель может вводиться в тяжелую нефть в межэлектродном промежутке. Таким образом, отрицательный канюлированный электрод может служить каналом для газа-носителя. Когда отрицательный электрод канюлирован, проход канюли будет иметь радиус кривизны в отверстии трубки. Высота или длина разрядного электрода обычно измеряется от основания, которое является точкой крепления, до вершины. В некоторых вариантах воплощения, отношение

радиуса кривизны к высоте или длине катода может быть больше приблизительно 10.

[67] Как отмечено выше, межэлектродный промежуток, то есть расстояние между двумя электродами, влияет на эффективность способа. Межэлектродный промежуток – это характеристика, которая может быть оптимизирована, например, на основании конкретного углеводородного материала, подаваемого в разрядную камеру, введенного газа-носителя и приложенного напряжения и/или тока. Однако могут быть установлены некоторые диапазоны межэлектродного промежутка. Например, в любом из вышеуказанных вариантов воплощения, межэлектродный промежуток может составлять от приблизительно 1-3 до приблизительно 100 миллиметров. Сюда может входить межэлектродный промежуток от приблизительно 3 до приблизительно 20 миллиметров, при использовании рабочего напряжения 30-50 кВ оптимальная длина промежутка будет от 8 до 12 миллиметров. Отрицательный электрод и положительный электрод могут оба выступать в разрядную камеру.

[68] Как указано, накопительный конденсатор может заряжаться до напряжения, равного напряжению пробоя газа-носителя или превышающего его, так что возникает искровой разряд. В некоторых вариантах воплощения, разряд возникает между положительным электродом и газом-носителем вблизи первого конца положительного электрода. В некоторых вариантах воплощения, разряд является непрерывным. В некоторых вариантах воплощения, разряд является импульсным. В некоторых вариантах воплощения, интенсивность электрического разряда регулируется значением сопротивления в цепи зарядки накопительного конденсатора.

[69] Генератор мощности подключен ко всей системе, чтобы обеспечить подвод энергии, необходимой для запуска разряда. В некоторых вариантах воплощения, в описанном в настоящем документе устройстве можно

использовать генератор постоянного тока с рабочим напряжением 15-25 кВ. Генератор мощности зависит от количества промежутков для обработки углеводородной жидкости, от их длины, частоты следования импульсов, расхода жидкости через реактор, расхода газа через каждый промежуток. В настоящем документе описан пример устройства, в котором использованы 12 промежутков. Например, устройство может содержать реактор, в котором используют межэлектродные промежутки длиной 3,5 мм, конденсаторы емкостью 100 пФ, рабочее напряжение 18 кВ и частоту следования импульсов 5 Гц. Потребляемая мощность генератора может составлять от 1 до 2 Вт, а плазма может потреблять мощность приблизительно 0,97 Вт непосредственно в разряде. Оставшаяся мощность может рассеиваться в конденсаторах системы зарядки.

[70] В устройство также могут быть включены другие составные элементы. Например, резервуар или трубопроводная система могут соединять линию подачи тяжелой нефти с источником тяжелой нефти и резервуар или трубопроводная система могут быть подключены к выпускным отверстиям для сбора облагороженной нефти, легкого углеводородного газа или легких углеводородных жидких продуктов. Продукты могут быть подвергнуты дальнейшей переработке путем разделения перегонкой компонентов с более низкой молекулярной массой, при этом компоненты с более высокой молекулярной массой возвращаются в реактор для возможной дальнейшей обработки. Система улавливания газа может быть подключена к выпускному отверстию на устройстве, что позволяет улавливать углеводородные газы с низким молекулярным весом, жидкий углеводородный газ и/или газы-носители, причем последний из них повторно используют для повторной закачки в качестве газа-носителя, а первые два собирают для другого использования.

[71] Устройство может быть приспособлено для любого конкретного режима обработки тяжелой нефти. Такая адаптивная гибкость

обеспечивает удобное управление переработкой сырой нефти, которая может изменяться в широком диапазоне составов и примесей. Управление условиями процесса крекинга тяжелых нефтей возможно путем изменения лишь нескольких рабочих параметров. Например, такие параметры могут включать в себя изменения длины межэлектродного промежутка и/или приложенного напряжения (V). Повышение напряжения может привести к увеличению в квадратной пропорции энергии $W = CV^2/2$, запасенной в конденсаторе. Изменение емкости конденсатора прямо пропорционально изменению потребляемой мощности в разряде W . Управление частотой следования импульсов может быть достигнуто путем изменения емкости и сопротивления цепи. В некоторых вариантах воплощения, частота следования импульсов составляет от приблизительно 1 до приблизительно 1000 импульсов в секунду. В других вариантах воплощения, частота следования импульсов составляет от приблизительно 2 до приблизительно 7 импульсов в секунду. В любом из указанных вариантов воплощения, частота следования импульсов составляет от приблизительно 3 до приблизительно 5 импульсов в секунду.

[72] Изменения электрических характеристик цепи питания являются не единственной причиной изменения процесса крекинга с использованием устройства. Регулирование искрового разряда может быть выполнено путем изменения скорости потока газа-носителя и тяжелой нефти, а также путем регулирования времени обработки жидких углеводородов и продуктов углеводородной фракции в камере. При прочих равных условиях поток газа-носителя в тяжелую нефть оказывает значительное влияние на облагороженную нефть, легкие углеводородные жидкости и легкие углеводородные газовые продукты. В межэлектродном промежутке могут формироваться потоки или струи газа-носителя различного диаметра в зависимости от скорости потока газа и вязкости текучей среды. Плазма искрового разряда не находится в

непосредственном контакте с жидкостью, благодаря газовой струе большого диаметра, если она образуется при высоком расходе газа. При малом расходе газа диаметр газовой струи сопоставим с диаметром искры в канале. В таких случаях происходит интенсивное взаимодействие плазмы разряда с окружающей жидкостью. Интенсивное взаимодействие указывает на то, что площадь контакта плазменного канала и жидкости максимальна.

[73] В одном аспекте, со ссылкой на фиг. 1, предложено устройство для непрерывного облагораживания тяжелой нефти, причем устройство содержит линию (31) подачи тяжелой нефти, соединенную с теплообменником (11) для транспортировки тяжелой нефти через теплообменник (11), при этом линия (31) подачи тяжелой нефти непрерывна с линией (33), соединяющей теплообменник (11) с первым регулировочным теплообменником (12). Устройство содержит реактор (13) с линией (34), выполненной с возможностью подачи в него тяжелой нефти, при этом линия (34) проходит через первый регулировочный теплообменник (12) и непрерывна с линией (33). Устройство содержит сепаратор (14), соединенный с реактором (13) линией (36), при этом сепаратор (14) соединен с линией (44), которая разветвлена на линию (45) рециркуляции и линию (46), при этом линия (45) рециркуляции сливается с линией (34), и линия (46) соединена с теплообменником (11), а линия (37) соединена с сепаратором и разветвлена на линию (38) получаемых легких жидкостей и вторую линию (39), при этом вторая линия (39) соединена со смесителем (18). Устройство содержит второй регулировочный теплообменник (16), соединенный с теплообменником (11) линией (30), при этом линия (30) является продолжением линии (46). Устройство содержит линию (32), соединяющую смеситель (18) и второй регулировочный теплообменник (16). Устройство содержит линию (35) облагороженной нефти, соединенную со смесителем (18). Устройство

содержит компрессор (15), при этом линия (40) соединена с сепаратором (14) и разветвлена на линию (42) рециркуляции газа и третью линию (41), причем линия (42) рециркуляции газа соединена с компрессором (15), а третья линия (41) соединена с генератором (17) мощности. Устройство содержит линию (66) подачи легкого углеводородного газа для транспортировки свежего легкого углеводородного газа в реактор (13). Устройство содержит линию (43), соединяющую компрессор (15) с линией (66) подачи легкого углеводородного газа. Устройство содержит линию (47) электропитания, соединяющую генератор (17) мощности с реактором (13).

[74] В другом аспекте, со ссылкой на фиг. 2, предложено устройство для непрерывного облагораживания тяжелой нефти для получения облагороженной нефти, причем устройство содержит линию (48) подачи тяжелой нефти, соединенную с теплообменником (21) для транспортировки тяжелой нефти через теплообменник (21), при этом линия (48) подачи тяжелой нефти непрерывна с линией (49), соединяющей теплообменник (21) с первым регулировочным теплообменником (22). Устройство содержит сепаратор (24), соединенный с первым регулировочным теплообменником (22) линией (50), при этом линия (50) непрерывна с линией (49). Устройство содержит линию (57), соединенную с сепаратором (24), при этом линия (57) разветвлена на линию (59) тяжелой нефти и линию (58), причем линия (59) тяжелой нефти проходит через теплообменник (21) и непрерывна с линией (56), соединенной со вторым регулировочным теплообменником (26), и при этом линия (58) соединена с реактором (23), причем линия (60) соединяет реактор (23) с сепаратором (24). Устройство содержит смеситель (28), соединенный со вторым регулировочным теплообменником (26) линией (54), при этом линия (55) облагороженной нефти соединена со смесителем (28), линия (51) соединена с сепаратором (24), при этом линия (51) разветвлена на

линию (53) для жидких легких углеводородов и линию (52) для получаемой легкой жидкости, при этом линия (53) для жидких легких углеводородов соединена со смесителем (28). Устройство содержит линию (61), соединенную с сепаратором (24), при этом линия (61) разветвлена на линию (63) и линию (62) рециркуляции газа, при этом линия (63) соединена с генератором (27) мощности, и при этом линия (62) рециркуляции газа соединена с компрессором (25), при этом компрессор (25) соединен с линией (64), а линия (64) сливается с линией (67) подачи легкого углеводородного газа, при этом линия подачи легкого углеводородного газа выполнена с возможностью транспортировки свежего легкого углеводородного газа в реактор (23). Устройство содержит линию (65) электропитания, соединяющую генератор (27) мощности с реактором (23).

[75] В другом аспекте, со ссылкой на фиг. 1, предложен способ непрерывного облагораживания тяжелой нефти для получения облагороженной нефти с использованием импульсного плазменного реактора (13), включающий: нагнетание тяжелой нефти через линию подачи (31) тяжелой нефти под первым давлением от 0,1 до 10 бар изб. (предпочтительно от 0,9 до 2 бар изб.) в межэлектродный промежуток внутри реактора (13), при этом линия (31) подачи тяжелой нефти сначала пропускает тяжелую нефть через теплообменник (11), чтобы отрегулировать температуру тяжелой нефти, и доставляет ее в первый регулировочный теплообменник (12), через который проходит тяжелая нефть, чтобы попасть в реактор (13), и при этом межэлектродный промежуток определяется расстоянием между первым концом отрицательного электрода и первым концом положительного электрода, причем второй конец положительного электрода и второй конец отрицательного электрода подключены к генератору (17) мощности через линию (47) электропитания. Способ дополнительно включает в себя

нагнетание при втором давлении от 0,2 до 20 бар изб. (предпочтительно от 1 до 3 бар изб.) легкого углеводородного газа через линию (66) подачи легкого углеводородного газа в реактор (13) для смешивания в нем с тяжелой нефтью с образованием смеси углеводородной жидкости-газа в межэлектродном промежутке. Способ дополнительно включает в себя создание искрового разряда в межэлектродном промежутке для реагирования смеси углеводородной жидкости-газа. Способ дополнительно включает в себя поступление прореагировавшей смеси углеводородной жидкости-газа в сепаратор (14) и отделение легкой углеводородной жидкости и легкого углеводородного газа от тяжелой нефти. Способ дополнительно включает в себя поступление отделенного легкого углеводородного газа из сепаратора (14) в компрессор (15) и сжатие легкого углеводородного газа, при этом свежий водород и/или свежий углеводородный газ добавляют к легкому углеводородному газу для получения газовой смеси водорода и легких углеводородов и рециркуляции газовой смеси водорода и легких углеводородов в реактор (13). Кроме того, способ включает в себя поступление тяжелой нефти из сепаратора (14) в теплообменник (11), в котором тяжелая нефть из сепаратора (14) объединяется с тяжелой нефтью из линии подачи тяжелой нефти с получением комбинированной тяжелой нефти. Способ дополнительно включает в себя удаление комбинированной тяжелой нефти или смешивание комбинированной тяжелой нефти с легкой углеводородной жидкостью для получения облагороженной нефти.

[76] В некоторых вариантах воплощения, от 1 % до 50 % объема тяжелой нефти превращается в легкую углеводородную жидкость и/или легкий углеводородный газ. В некоторых вариантах воплощения, от 1% до 10 % объема тяжелой нефти превращается в легкую углеводородную жидкость и/или легкий углеводородный газ. В некоторых вариантах воплощения, от 10 % до 20 % объема тяжелой нефти превращается в легкую

углеводородную жидкость и/или легкий углеводородный газ. В некоторых вариантах воплощения, от 20 % до 30 % объема тяжелой нефти превращается в легкую углеводородную жидкость и/или легкий углеводородный газ. В некоторых вариантах воплощения, от 30 % до 50 % объема тяжелой нефти превращается в легкую углеводородную жидкость и/или легкий углеводородный газ. В некоторых вариантах воплощения, от 50 % до 75 % объема тяжелой нефти превращается в легкую углеводородную жидкость и/или легкий углеводородный газ. В некоторых вариантах воплощения, от 75% до 100 % объема тяжелой нефти превращается в легкую углеводородную жидкость и/или легкий углеводородный газ. В зависимости от применения, предпочтительный диапазон может составлять всего 3 %, чтобы быть экономически выгодным, в то время как другие варианты воплощения могут требовать более высокого преобразования за один цикл реакции, чтобы быть конкурентными. Каждый вариант применения будет обладать оптимальным диапазоном преобразования, поскольку увеличение стоимости продукта за счет более высокого преобразования потребует дополнительной энергии. Предпочтительное преобразование при частичном облагораживании тяжелой сырой нефти для транспортировки по трубопроводу составляет от 3 до 10 %, тогда как предпочтительное преобразование тяжелого газойля нефтеперерабатывающего завода может составлять от 5 до 30 %.

[77] В некоторых вариантах воплощения, тяжелую нефть из сепаратора (14) и тяжелую нефть из линии подачи тяжелой нефти объединяют в соотношении от 1:10 до 20:1. В некоторых вариантах воплощения, тяжелую нефть из сепаратора (14) и тяжелую нефть из линии подачи тяжелой нефти объединяют в соотношении от 1:10 до 1:5. В некоторых вариантах воплощения, тяжелую нефть из сепаратора (14) и тяжелую нефть из линии подачи тяжелой нефти объединяют в соотношении от 1:5

до 1:2. В некоторых вариантах воплощения, тяжелую нефть из сепаратора (14) и тяжелую нефть из линии подачи тяжелой нефти объединяют в соотношении от 1:2 до 1:1. В некоторых вариантах воплощения, тяжелую нефть из сепаратора (14) и тяжелую нефть из линии подачи тяжелой нефти объединяют в соотношении от 1:1 до 2:1. В некоторых вариантах воплощения, тяжелую нефть из сепаратора (14) и тяжелую нефть из линии подачи тяжелой нефти объединяют в соотношении от 2:1 до 5:1. В некоторых вариантах воплощения, тяжелую нефть из сепаратора (14) и тяжелую нефть из линии подачи тяжелой нефти объединяют в соотношении от 5:1 до 10:1. Предпочтительное соотношение подачи/рециркуляции нефти составляет от 1 до 10.

[78] В некоторых вариантах воплощения, комбинированная тяжелая нефть из сепаратора (14) и тяжелая нефть из линии подачи тяжелой нефти регулируются до температуры от 25 °С до 200 °С. В некоторых вариантах воплощения, комбинированная тяжелая нефть из сепаратора (14) и тяжелая нефть из линии подачи тяжелой нефти регулируются до температуры от 15 °С до 50 °С. В некоторых вариантах воплощения, комбинированная тяжелая нефть из сепаратора (14) и тяжелая нефть из линии подачи тяжелой нефти регулируются до температуры от 50 °С до 100 °С. В некоторых вариантах воплощения, комбинированная тяжелая нефть из сепаратора (14) и тяжелая нефть из линии подачи тяжелой нефти регулируются до температуры от 100 °С до 150 °С. В некоторых вариантах воплощения, комбинированная тяжелая нефть из сепаратора (14) и тяжелая нефть из линии подачи тяжелой нефти регулируются до температуры от 150 °С до 200 °С с предпочтительной температурой между 120 и 150 °С.

[79] В некоторых вариантах воплощения, комбинированная тяжелая нефть из сепаратора (14) и тяжелая нефть из линии подачи тяжелой нефти имеет вязкость от 1 до 1000 сП на входе в реактор (13). В некоторых

вариантах воплощения, комбинированная тяжелая нефть из сепаратора (14) и тяжелая нефть из линии подачи тяжелой нефти имеет вязкость от 1 до 50 сП на входе в реактор (13). В некоторых вариантах воплощения, комбинированная тяжелая нефть из сепаратора (14) и тяжелая нефть из линии подачи тяжелой нефти имеет вязкость от 50 до 300 сП на входе в реактор (13). В некоторых вариантах воплощения, комбинированная тяжелая нефть из сепаратора (14) и тяжелая нефть из линии подачи тяжелой нефти имеет вязкость от 300 до 600 сП на входе в реактор (13). В некоторых вариантах воплощения, комбинированная тяжелая нефть из сепаратора (14) и тяжелая нефть из линии подачи тяжелой нефти имеет вязкость от 600 до 900 сП на входе в реактор (13). В некоторых вариантах воплощения, комбинированная тяжелая нефть из сепаратора (14) и тяжелая нефть из линии подачи тяжелой нефти имеет вязкость от 900 до 1250 сП на входе в реактор (13). В некоторых вариантах воплощения, комбинированная тяжелая нефть из сепаратора (14) и тяжелая нефть из линии подачи тяжелой нефти имеет вязкость, большую 1000 сП на входе в реактор (13). Предпочтительный диапазон вязкости составляет от 10 до 200 сП.

[80] В некоторых вариантах воплощения, реактор (13) содержит множество межэлектродных промежутков. В некоторых вариантах воплощения, реактор (13) содержит два межэлектродных промежутка. В некоторых вариантах воплощения, реактор (13) содержит три межэлектродных промежутка. В некоторых вариантах воплощения, реактор (13) содержит четыре межэлектродных промежутка. В некоторых вариантах воплощения, реактор (13) содержит пять межэлектродных промежутков. В некоторых вариантах воплощения, реактор (13) содержит 5-10 межэлектродных промежутков. В некоторых вариантах воплощения, реактор (13) содержит 20-50 межэлектродных промежутков. В некоторых вариантах воплощения, реактор (13) содержит 50-100 межэлектродных

промежутков. В некоторых вариантах воплощения, реактор (13) содержит более 100 межэлектродных промежутков. Предпочтительное количество промежутков будет линейно увеличиваться с желаемой пропускной способностью способа согласно заявке. Вспомогательное оборудование, участвующее в реакциях, будет иметь соответствующие размеры, и более крупные варианты применения обеспечат экономию масштаба для этого оборудования.

[81] В некоторых вариантах воплощения, сепаратор (14) содержит устройство фракционной перегонки или абсорбер. В некоторых вариантах воплощения, абсорбер представляет собой абсорбер с переменным давлением.

[82] В некоторых вариантах воплощения, легкая углеводородная жидкость имеет верхнюю точку кипения от 100 °С до 300 °С. В некоторых вариантах воплощения, легкая углеводородная жидкость имеет верхнюю точку кипения от 90 °С до 110 °С. В некоторых вариантах воплощения, легкая углеводородная жидкость имеет верхнюю точку кипения от 110 °С до 130 °С. В некоторых вариантах воплощения, легкая углеводородная жидкость имеет верхнюю точку кипения от 130 °С до 150 °С. В некоторых вариантах воплощения, легкая углеводородная жидкость имеет верхнюю точку кипения от 150 °С до 170 °С. В некоторых вариантах воплощения, легкая углеводородная жидкость имеет верхнюю точку кипения от 170 °С до 190 °С. В некоторых вариантах воплощения, легкая углеводородная жидкость имеет верхнюю точку кипения от 190 °С до 210 °С. В некоторых вариантах воплощения, легкая углеводородная жидкость имеет верхнюю точку кипения от 210 °С до 230 °С. В некоторых вариантах воплощения, легкая углеводородная жидкость имеет верхнюю точку кипения от 230 °С до 250 °С. В некоторых вариантах воплощения, легкая углеводородная жидкость имеет верхнюю точку кипения от 250 °С до 270 °С. В некоторых вариантах воплощения, легкая углеводородная жидкость имеет верхнюю

точку кипения от 270 °С до 290 °С. В некоторых вариантах воплощения, легкая углеводородная жидкость имеет верхнюю точку кипения от 270 °С до 310 °С. В некоторых вариантах воплощения, легкая углеводородная жидкость имеет верхнюю точку кипения меньшую, чем 90 °С.

[83] В некоторых вариантах воплощения, способ дополнительно включает в себя удаление части легкой углеводородной жидкости перед смешиванием с комбинированной тяжелой нефтью. В некоторых вариантах воплощения, свежий водород и/или свежий углеводородный газ добавляют к отделенному легкому углеводородному газу перед сжатием и/или после него.

[84] В некоторых вариантах воплощения, способ включает анализ состава легкого углеводородного газа перед его подачей в реактор (13). В некоторых вариантах воплощения, анализ выполняется методом колориметрического анализа. В некоторых вариантах воплощения, анализ выполняется методом газовой хроматографии (gas chromatography, GC). В некоторых вариантах воплощения, анализ выполняется методом газовой хроматографии и масс-спектрометрии (gas chromatography mass spectrometry, GCMS). В некоторых вариантах воплощения, анализ проводится методом измерения плотности газа, молекулярной массы газа или с помощью других методов измерения для определения состава газа, прямо или косвенно.

[85] В некоторых вариантах воплощения изобретения, способ дополнительно включает очистку сжатого легкого углеводородного газа для регулирования давления. В некоторых вариантах воплощения, очищенный легкий углеводородный газ обеспечивает питание реактора (13) и/или обеспечивает тепло, используемое в процессе. В некоторых вариантах воплощения, водород извлекают из очищенного легкого углеводородного газа. В некоторых вариантах воплощения, энергию для искрового разряда обеспечивает микротурбина.

[86] В некоторых вариантах воплощения, количество свежего водорода, добавленного к легкому углеводородному газу, представляет собой количество, достаточное для получения газовой смеси водорода и легкого углеводородного газа, имеющей концентрацию водорода от 1 % до 50 % по объему. В некоторых вариантах воплощения, концентрация водорода составляет от 1 % до 10 % по объему. В некоторых вариантах воплощения, концентрация водорода составляет от 10 % до 20 % по объему. В некоторых вариантах воплощения, концентрация водорода составляет от 20 % до 30 % по объему. В некоторых вариантах воплощения, концентрация водорода составляет от 30 % до 40 % по объему. В некоторых вариантах воплощения, концентрация водорода составляет от 40 % до 50 % по объему. В некоторых вариантах воплощения, концентрация водорода составляет от 50 % до 60 % по объему. В некоторых вариантах воплощения, концентрация водорода составляет от 60 % до 80 % по объему. В некоторых вариантах воплощения, концентрация водорода больше, чем 80 % по объему.

[87] В некоторых вариантах воплощения, газовую смесь водорода и легкого углеводорода подают в реактор со скоростью потока от 0,01 до 1 л/мин. В некоторых вариантах воплощения, газовую смесь водорода и легкого углеводорода подают в реактор со скоростью потока от 0,01 до 0,2 л/мин. В некоторых вариантах воплощения, газовую смесь водорода и легкого углеводорода подают в реактор со скоростью потока от 0,2 до 0,4 л/мин. В некоторых вариантах воплощения, газовую смесь водорода и легкого углеводорода подают в реактор со скоростью потока от 0,4 до 0,6 л/мин. В некоторых вариантах воплощения, газовую смесь водорода и легкого углеводорода подают в реактор со скоростью потока от 0,6 до 0,8 л/мин. В некоторых вариантах воплощения, газовую смесь водорода и легкого углеводорода подают в реактор со скоростью потока от 0,8 до 1 л/мин. В некоторых вариантах воплощения, газовую смесь водорода и

легкого углеводорода подают в реактор со скоростью потока, большей, чем 1 л/мин.

[88] В некоторых вариантах воплощения, облагороженная нефть имеет улучшенную кривую кипения, на что указывает преобразование. Величина преобразования определяется как количество нового материала, кипящего ниже 400 °С, которое создается во время реакций, деленное на общую начальную массу. В некоторых вариантах воплощения, преобразование может определяться созданием нового материала, который кипит ниже 300 °С или некоторой другой температуры. Облагороженная нефть также будет иметь улучшенную плотность в градусах API от 0,1 до 20. Облагороженная нефть будет иметь улучшенное содержание асфальтенов, от 0 до 10 %. Предпочтительные диапазоны преобразования, улучшения плотности в градусах API и уменьшения асфальтенов будут зависеть от конкретного применения и относительных ценностей сырья и продуктов.

[89] В некоторых вариантах воплощения, тяжелую нефть пропускают в обход теплообменника (11). В некоторых вариантах воплощения, тяжелую нефть пропускают в обход первого регулировочного теплообменника (12) и/или второго регулировочного теплообменника (16). В некоторых вариантах воплощения, тяжелая нефть, нагнетаемая через линию (31) подачи тяжелой нефти, охлаждается теплообменником (11) и первым регулировочным теплообменником (12). В некоторых вариантах воплощения, теплообменник (11) охлаждает тяжелую нефть. В некоторых вариантах воплощения, теплообменник (11) нагревает тяжелую нефть. В некоторых вариантах воплощения, теплообменник (11) может быть обойден проходящей линией.

[90] В некоторых вариантах воплощения, первый регулировочный теплообменник (12) нагревает тяжелую нефть, проходящую через него. В некоторых вариантах воплощения, первый регулировочный

теплообменник (12) охлаждает тяжелую нефть, проходящую через него. В некоторых вариантах воплощения, второй регулировочный теплообменник (16) нагревает тяжелую нефть, проходящую через него. В некоторых вариантах воплощения, второй регулировочный теплообменник (16) охлаждает тяжелую нефть, проходящую через него.

[91] В некоторых вариантах воплощения, линия подачи тяжелой нефти содержит тяжелую нефть, которая не требует облагораживания, и при этом линия подачи тяжелой нефти проходит в обход реактора (13), чтобы попасть в сепаратор (14) после прохождения через теплообменник (11) и первый регулировочный теплообменник (12), при этом способ включает отделение легкой углеводородной жидкости и легкого углеводородного газа от тяжелой нефти, причем отделенная тяжелая нефть транспортируется в реактор (13).

[92] В другом аспекте, со ссылкой на фиг. 2, предложен способ непрерывного облагораживания тяжелой нефти для получения облагороженной нефти с использованием импульсного плазменного реактора (23), включающий в себя нагнетание тяжелой нефти через линию (48) подачи тяжелой нефти под первым давлением от 0,1 до 10 бар изб. (предпочтительный диапазон 0,9 до 2 бар изб.) через теплообменник (21) и первый регулировочный теплообменник (22) в сепаратор (24), и отделение легкой углеводородной жидкости и легкого углеводородного газа от тяжелой нефти, при этом отделенная тяжелая нефть поступает в теплообменник (21) для объединения с тяжелой нефтью из линии (48) подачи тяжелой нефти, и/или отделенная тяжелая нефть поступает в межэлектродный промежуток, включенный в реактор (23), причем межэлектродный промежуток определяется расстоянием между первым концом отрицательного электрода и первым концом положительного электрода, при этом второй конец положительного электрода и второй конец отрицательного электрода подключены к генератору (27) мощности

посредством линии (65) электропитания, и при этом легкий углеводородный газ поступает в компрессор (25) или генератор (27) мощности, при этом легкий углеводородный газ в компрессоре (25) сжимается и направляется в реактор (23), и при этом легкая углеводородная жидкость подается в смеситель (28) или собирается. Способ дополнительно включает в себя нагнетание при втором давлении от 0,2 до 20 бар изб. (предпочтительно в диапазоне от 1 до 3 бар изб.) легкого углеводородного газа через линию (67) подачи легкого углеводородного газа в реактор (23) для смешивания в нем с тяжелой нефтью с образованием смеси углеводородной жидкости-газа в межэлектродном промежутке. Способ дополнительно включает в себя создание искрового разряда в межэлектродном промежутке для реагирования смеси углеводородной жидкости-газа. Способ дополнительно включает в себя поступление прореагировавшей смеси углеводородной жидкости-газа в сепаратор (24) и отделение легкой углеводородной жидкости и легкого углеводородного газа от тяжелой нефти. Способ дополнительно включает в себя объединение отделенной тяжелой нефти и тяжелой нефти из линии подачи тяжелой нефти и поступление комбинированной тяжелой нефти через второй регулировочный теплообменник (26) в смеситель (28), а также смешивание комбинированной тяжелой нефти с легкой углеводородной жидкостью для получения облагороженной нефти.

[93] В некоторых вариантах воплощения, комбинированная тяжелая нефть из сепаратора (24) и тяжелая нефть из линии подачи тяжелой нефти регулируются до температуры от 25 °С до 200 °С. В некоторых вариантах воплощения, комбинированная тяжелая нефть из сепаратора (24) и тяжелая нефть из линии подачи тяжелой нефти регулируются до температуры от 15 °С до 50 °С. В некоторых вариантах воплощения, комбинированная тяжелая нефть из сепаратора (24) и тяжелая нефть из

линии подачи тяжелой нефти регулируются до температуры от 50 °С до 100 °С. В некоторых вариантах воплощения, комбинированная тяжелая нефть из сепаратора (24) и тяжелая нефть из линии подачи тяжелой нефти регулируются до температуры от 100 °С до 150 °С. В некоторых вариантах воплощения, комбинированная тяжелая нефть из сепаратора (24) и тяжелая нефть из линии подачи тяжелой нефти регулируются до температуры от 150 °С до 200 °С с предпочтительной температурой между 120 и 150 °С.

[94] В некоторых вариантах воплощения, комбинированная тяжелая нефть из сепаратора (24) и тяжелая нефть из линии подачи тяжелой нефти имеет вязкость от 1 до 1000 сП после объединения. В некоторых вариантах воплощения, комбинированная тяжелая нефть из сепаратора (24) и тяжелая нефть из линии подачи тяжелой нефти имеет вязкость от 1 до 50 сП после объединения. В некоторых вариантах воплощения, комбинированная тяжелая нефть из сепаратора (24) и тяжелая нефть из линии подачи тяжелой нефти имеет вязкость от 50 до 300 сП после объединения. В некоторых вариантах воплощения, комбинированная тяжелая нефть из сепаратора (24) и тяжелая нефть из линии подачи тяжелой нефти имеет вязкость от 300 до 600 сП после объединения. В некоторых вариантах воплощения, комбинированная тяжелая нефть из сепаратора (24) и тяжелая нефть из линии подачи тяжелой нефти имеет вязкость от 600 до 900 сП после объединения. В некоторых вариантах воплощения, комбинированная тяжелая нефть из сепаратора (24) и тяжелая нефть из линии подачи тяжелой нефти имеет вязкость от 900 до 1250 сП после объединения. В некоторых вариантах воплощения, комбинированная тяжелая нефть из сепаратора (24) и тяжелая нефть из линии подачи тяжелой нефти имеет вязкость, большую, чем 1000 сП после объединения. Предпочтительный диапазон вязкости составляет от 10 до 200 сП.

[95] В некоторых вариантах воплощения, реактор (23) содержит множество межэлектродных промежутков. В некоторых вариантах воплощения, реактор (23) содержит два межэлектродных промежутка. В некоторых вариантах воплощения, реактор (23) содержит три межэлектродных промежутка. В некоторых вариантах воплощения, реактор (23) содержит четыре межэлектродных промежутка. В некоторых вариантах воплощения, реактор (23) содержит пять межэлектродных промежутков. В некоторых вариантах воплощения, реактор (23) содержит 5-10 межэлектродных промежутков. В некоторых вариантах воплощения, реактор (23) содержит 20-50 межэлектродных промежутков. В некоторых вариантах воплощения, реактор (23) содержит 50-100 межэлектродных промежутков. В некоторых вариантах воплощения, реактор (23) содержит более 100 межэлектродных промежутков. Предпочтительное количество промежутков будет линейно увеличиваться с желаемой пропускной способностью способа согласно заявке. Вспомогательное оборудование, участвующее в реакциях, будет иметь соответствующие размеры, и более крупные варианты применения обеспечат экономию масштаба для этого оборудования.

[96] В некоторых вариантах воплощения, сепаратор (24) содержит устройство фракционной перегонки или абсорбер. В некоторых вариантах воплощения, абсорбер представляет собой абсорбер с переменным давлением.

[97] В некоторых вариантах воплощения, легкая углеводородная жидкость имеет верхнюю точку кипения от 100 °С до 300 °С. В некоторых вариантах воплощения, легкая углеводородная жидкость имеет верхнюю точку кипения от 90 °С до 110 °С. В некоторых вариантах воплощения, легкая углеводородная жидкость имеет верхнюю точку кипения от 110 °С до 130 °С. В некоторых вариантах воплощения, легкая углеводородная жидкость имеет верхнюю точку кипения от 130 °С до 150 °С. В некоторых

вариантах воплощения, легкая углеводородная жидкость имеет верхнюю точку кипения от 150 °С до 170 °С. В некоторых вариантах воплощения, легкая углеводородная жидкость имеет верхнюю точку кипения от 170 °С до 190 °С. В некоторых вариантах воплощения, легкая углеводородная жидкость имеет верхнюю точку кипения от 190 °С до 210 °С. В некоторых вариантах воплощения, легкая углеводородная жидкость имеет верхнюю точку кипения от 210 °С до 230 °С. В некоторых вариантах воплощения, легкая углеводородная жидкость имеет верхнюю точку кипения от 230 °С до 250 °С. В некоторых вариантах воплощения, легкая углеводородная жидкость имеет верхнюю точку кипения от 250 °С до 270 °С. В некоторых вариантах воплощения, легкая углеводородная жидкость имеет верхнюю точку кипения от 270 °С до 290 °С. В некоторых вариантах воплощения, легкая углеводородная жидкость имеет верхнюю точку кипения от 270 °С до 310 °С. В некоторых вариантах воплощения, легкая углеводородная жидкость имеет верхнюю точку кипения меньшую, чем 90 °С.

[98] В некоторых вариантах воплощения, способ дополнительно включает в себя удаление части легкой углеводородной жидкости перед ее смешиванием с комбинированной тяжелой нефтью. В некоторых вариантах воплощения, свежий водород и/или свежий углеводородный газ добавляют к отделенному легкому углеводородному газу перед сжатием и/или после него.

[99] В некоторых вариантах воплощения, способ включает анализ состава легкого углеводородного газа перед его подачей в реактор (23). В некоторых вариантах воплощения, анализ выполняется методом колориметрического анализа. В некоторых вариантах воплощения, анализ выполняется методом газовой хроматографии (gas chromatography, GC). В некоторых вариантах воплощения, анализ выполняется методом газовой хроматографии и масс-спектрометрии (gas chromatography mass spectrometry, GCMS). В некоторых вариантах воплощения, анализ

проводится методом измерения плотности газа, молекулярной массы газа или с помощью других методов измерения для определения состава газа, прямо или косвенно.

[100] В некоторых вариантах воплощения изобретения, способ дополнительно включает очистку сжатого легкого углеводородного газа для регулирования давления. В некоторых вариантах воплощения, очищенный легкий углеводородный газ обеспечивает питание реактора (23) и/или обеспечивает тепло, используемое в процессе. В некоторых вариантах воплощения, водород извлекают из очищенного легкого углеводородного газа. В некоторых вариантах воплощения, энергию для искрового разряда обеспечивает микротурбина.

[101] В некоторых вариантах воплощения, количество свежего водорода, добавленного к легкому углеводородному газу, представляет собой количество, достаточное для получения газовой смеси водорода и легкого углеводородного газа, содержащей концентрацию водорода от 1 % до 50 % по объему. В некоторых вариантах воплощения, концентрация водорода составляет от 1 % до 10 % по объему. В некоторых вариантах воплощения, концентрация водорода составляет от 10 % до 20 % по объему. В некоторых вариантах воплощения, концентрация водорода составляет от 20 % до 30 % по объему. В некоторых вариантах воплощения, концентрация водорода составляет от 30 % до 40 % по объему. В некоторых вариантах воплощения, концентрация водорода составляет от 40 % до 50 % по объему. В некоторых вариантах воплощения, концентрация водорода составляет от 50 % до 60 % по объему. В некоторых вариантах воплощения, концентрация водорода составляет от 60 % до 80 % по объему. В некоторых вариантах воплощения, концентрация водорода больше, чем 80 % по объему.

[102] В некоторых вариантах воплощения, газовую смесь водорода и легкого углеводорода подают в реактор со скоростью потока от 0,01 до 1

л/мин. В некоторых вариантах воплощения, газовую смесь водорода и легкого углеводорода подают в реактор со скоростью потока от 0,01 до 0,2 л/мин. В некоторых вариантах воплощения, газовую смесь водорода и легкого углеводорода подают в реактор со скоростью потока от 0,2 до 0,4 л/мин. В некоторых вариантах воплощения, газовую смесь водорода и легкого углеводорода подают в реактор со скоростью потока от 0,4 до 0,6 л/мин. В некоторых вариантах воплощения, газовую смесь водорода и легкого углеводорода подают в реактор со скоростью потока от 0,6 до 0,8 л/мин. В некоторых вариантах воплощения, газовую смесь водорода и легкого углеводорода подают в реактор со скоростью потока от 0,8 до 1 л/мин. В некоторых вариантах воплощения, газовую смесь водорода и легкого углеводорода подают в реактор со скоростью потока, большей, чем 1 л/мин.

[103] В некоторых вариантах воплощения, облагороженная нефть имеет улучшенную кривую кипения, на что указывает преобразование. Величина преобразования определяется как количество нового материала, кипящего ниже 400 °С, которое создается во время реакций, деленное на общую начальную массу. В некоторых вариантах воплощения, преобразование может определяться созданием нового материала, который кипит ниже 300 °С или некоторой другой температуры. Облагороженная нефть также будет иметь улучшенную плотность в градусах API от 0,1 до 20. Облагороженная нефть будет иметь улучшенное содержание асфальтенов, от 0 до 10 %. Предпочтительные диапазоны преобразования, улучшения плотности в градусах API и уменьшения асфальтенов будут зависеть от конкретного применения и относительных ценностей сырья и продуктов.

[104] В некоторых вариантах воплощения, тяжелая нефть из линии (48) подачи тяжелой нефти и/или тяжелая нефть из сепаратора (24) проходит в обход теплообменника (21). В некоторых вариантах воплощения, обход

первого регулировочного теплообменника (22) и/или второго регулировочного теплообменника (26) выполнен за счет пропуска в обход тяжелой нефти из линии (48) подачи тяжелой нефти и/или тяжелой нефти из сепаратора (24).

[105] В некоторых вариантах воплощения, тяжелая нефть, нагнетаемая через линию (31) подачи тяжелой нефти, охлаждается теплообменником (21) и первым регулировочным теплообменником (22). В некоторых вариантах воплощения, теплообменник (21) охлаждает тяжелую нефть. В некоторых вариантах воплощения, теплообменник (21) нагревает тяжелую нефть. В некоторых вариантах воплощения, теплообменник (21) может быть обойден проходящей линией.

[106] В некоторых вариантах воплощения, первый регулировочный теплообменник (22) нагревает тяжелую нефть, проходящую через него. В некоторых вариантах воплощения, первый регулировочный теплообменник (22) охлаждает тяжелую нефть, проходящую через него. В некоторых вариантах воплощения, второй регулировочный теплообменник (26) нагревает тяжелую нефть, проходящую через него. В некоторых вариантах воплощения, второй регулировочный теплообменник (26) охлаждает тяжелую нефть, проходящую через него.

[107] Устройство и способы, в целом описанные выше, будут лучше понятны со ссылкой на следующие примеры, которые никоим образом не предназначены для ограничения устройства или способов, описанных выше.

ПРИМЕРЫ

[108] В первом примере со ссылкой на фиг. 1, поток тяжелой перерабатываемой нефти, такой как атмосферный осадок, не прореагировавшая нефть гидрокрекинга и/или другой тяжелой газойль, подают в технологический процесс, а теплообменник и регулировочный теплообменник поддерживают соответствующую температуру сырья в

реакторе от 100 °С до 200 °С. Эта температура может изменяться в зависимости от состава жидкости с целью получения достаточно низкой вязкости для поддержания небольшого размера пузырьков. В качестве исходного газа может использоваться любой легкий нефтезаводской газ, не содержащий кислорода и серы. В результате реакций в искровом разряде будут образовываться более легкие топливные продукты, которые могут быть удалены в сепараторе и отправлены на другие установки для дальнейшей обработки и смешивания. Часть тяжелого жидкого продукта из сепаратора также может быть возвращена обратно в реактор для увеличения общего преобразования сырья. Часть рециркулирующего газа из сепаратора может быть удалена для использования в качестве топлива для источника энергии, который обеспечивает электричеством искровые разряды и другое технологическое оборудование.

[109] Во втором примере со ссылкой на фиг. 2, поток разбавленной тяжелой сырой нефти подается в технологический процесс через теплообменник и регулировочный теплообменник для поддержания соответствующей температуры в нижней части сепаратора. Существующий легкий материал (разбавитель) удаляется в сепараторе, а тяжелый материал направляется в реактор при температуре, обеспечивающей низкую вязкость жидкости, которая поддерживает небольшой размер пузырьков. Исходный газ может представлять собой природный газ или попутный добытый газ, не содержащий кислорода. В результате реакций в искровом разряде будут образовываться более легкие углеводородные продукты, которые могут быть смешаны для улучшения характеристик транспортировки сырой нефти и/или удалены как легкий продукт. Часть тяжелого жидкого продукта из сепаратора также может быть удалена и смешана для улучшения качества сырой нефти. Часть рециркулирующего газа из сепаратора может быть удалена для использования в качестве топлива для источника энергии, который

обеспечивает электричеством искровые разряды и другое технологическое оборудование.

[110] Изобретение дополнительно определяется следующими вариантами воплощения:

[111] Вариант воплощения А. Устройство для непрерывного облагораживания тяжелой нефти, содержащее: линию подачи тяжелой нефти, соединенную с теплообменником, для транспортировки тяжелой нефти через теплообменник, при этом линия подачи тяжелой нефти непрерывна с первой линией, соединяющей теплообменник с первым регулировочным теплообменником; реактор со второй линией, выполненной с возможностью подачи в него тяжелой нефти, при этом вторая линия проходит через первый регулировочный теплообменник и непрерывна с первой линией; сепаратор, соединенный с реактором третьей линией, при этом сепаратор соединен с четвертой линией, которая разветвлена на линию рециркуляции и пятую линию, при этом линия рециркуляции сливается со второй линией, а пятая линия соединена с теплообменником, и при этом шестая линия соединена с сепаратором и разветвлена на линию получаемых легких жидкостей и седьмую линию, а седьмая линия соединена со смесителем; второй регулировочный теплообменник, соединенный с теплообменником восьмой линией, причем восьмая линия непрерывна с пятой линией; девятую линию, соединяющую смеситель и второй регулировочный теплообменник; линию облагороженной нефти, соединенную со смесителем, для удаления облагороженной нефти из установки; компрессор, причем десятая линия соединена с сепаратором и разветвлена на линию рециркуляции газа и одиннадцатую линию, при этом линия рециркуляции газа соединена с компрессором, а одиннадцатая линия соединена с генератором мощности; линию подачи легкого углеводородного газа для подачи свежего легкого углеводородного газа в реактор; двенадцатую линию, соединяющую

компрессор с линией подачи легкого углеводородного газа; и линию электропитания, соединяющую генератор мощности с реактором.

[112] Вариант воплощения В. Устройство для непрерывного облагораживания тяжелой нефти для получения облагороженной нефти, содержащее: линию подачи тяжелой нефти, соединенную с теплообменником для транспортировки тяжелой нефти через теплообменник, причем линия подачи тяжелой нефти непрерывна с первой линией, соединяющей теплообменник с первым регулировочным теплообменником; сепаратор, соединенный с первым регулировочным теплообменником второй линией, причем вторая линия непрерывна с первой линией; третью линию, соединенную с сепаратором, при этом третья линия разветвлена на линию тяжелой нефти и четвертую линию, при этом линия тяжелой нефти проходит через теплообменник и продолжается пятой линией, соединенной со вторым регулировочным теплообменником, и при этом четвертая линия соединена с реактором, а шестая линия соединяет реактор с сепаратором; смеситель, соединенный со вторым регулировочным теплообменником седьмой линией, при этом линия облагороженной нефти для удаления облагороженной нефти из устройства соединена со смесителем; восьмую линию, соединенную с сепаратором, при этом восьмая линия разветвлена на линию легкой углеводородной жидкости и линию полученной легкой жидкости, при этом линия легкой углеводородной жидкости соединена со смесителем; девятую линию, соединенную с сепаратором, при этом девятая линия разветвлена на десятую линию и линию рециркуляции газа, при этом десятая линия соединена с генератором мощности, а линия рециркуляции газа соединена с компрессором, при этом компрессор соединен с одиннадцатой линией, причем одиннадцатая линия сливается с линией подачи легкого углеводородного газа, при этом линия подачи легкого углеводородного газа выполнена с возможностью транспортировки

свежего легкого углеводородного газа в реактор; и линию электропередачи, соединяющую генератор мощности с реактором.

[113] Вариант воплощения С. Способ непрерывного облагораживания тяжелой нефти для получения нефти высокого качества с использованием импульсного плазменного реактора, включающий: нагнетание тяжелой нефти через линию подачи тяжелой нефти под первым давлением от 0,1 до 10 бар изб. (предпочтительный диапазон от 0,9 до 2 бар изб.) в межэлектродный промежуток внутри реактора, при этом линия подачи тяжелой нефти сначала пропускает тяжелую нефть через теплообменник, чтобы отрегулировать температуру тяжелой нефти, и поступает в первый регулировочный теплообменник, через который тяжелая нефть проходит перед поступлением в реактор, и при этом межэлектродный промежуток определяется расстоянием между первым концом отрицательного электрода и первым концом положительного электрода, при этом второй конец положительного электрода и второй конец отрицательного электрода соединены с генератором мощности линией электропитания; нагнетание при втором давлении от 0,2 до 20 бар изб. (предпочтительный диапазон от 1 до 3 бар изб.) легкого углеводородного газа через линию подачи легкого углеводородного газа в реактор для смешивания в нем с тяжелой нефтью с образованием смеси углеводородной жидкости-газа в межэлектродном промежутке; создание искрового разряда в межэлектродном промежутке для реагирования смеси углеводородной жидкости-газа; прохождение прореагировавшей смеси углеводородной жидкости-газа в сепаратор, и отделение легкой углеводородной жидкости и легкого углеводородного газа от тяжелой нефти; прохождение отделенного легкого углеводородного газа из сепаратора в компрессор и сжатие легкого углеводородного газа, при этом свежий водород и свежий углеводородный газ добавляют к легкому углеводородному газу для получения газовой смеси водорода-легкого углеводорода и рециркуляции

газовой смеси водорода-легкого углеводорода в реактор; поступление тяжелой нефти из сепаратора в теплообменник, в котором тяжелая нефть из сепаратора объединяется с тяжелой нефтью из линии подачи тяжелой нефти с получением комбинированной тяжелой нефти; и удаление комбинированной тяжелой нефти или смешивание комбинированной тяжелой нефти с легкой углеводородной жидкостью с получением облагороженной нефти.

[114] Вариант воплощения D. Способ, согласно варианту воплощения C, в котором от 1 % до 50 % объема тяжелой нефти превращается в легкую углеводородную жидкость и/или легкий углеводородный газ с предпочтительным диапазоном от 3 до 30 %.

[115] Вариант воплощения E. Способ, согласно варианту воплощения C или D, в котором тяжелую нефть из сепаратора и тяжелую нефть из линии подачи тяжелой нефти объединяют в соотношении от 1:10 до 20:1, с предпочтительным соотношением от 1:1 до 10:1.

[116] Вариант воплощения F. Способ, согласно любому из вариантов воплощения C-E, в котором комбинированная тяжелая нефть из сепаратора и тяжелая нефть из линии подачи тяжелой нефти может быть отрегулирована до температуры от 25 °C до 200 °C и вязкости от 1 до 1000 сП при входе в реактор, с предпочтительной вязкостью от 10 до 200 сП.

[117] Вариант воплощения G. Способ, по любому из вариантов воплощения C-F, в котором реактор содержит множество межэлектродных промежутков.

[118] Вариант воплощения H. Способ, согласно любому из вариантов воплощения C-G, в котором сепаратор содержит устройство фракционной перегонки или абсорбер.

[119] Вариант воплощения I. Способ, согласно любому из вариантов воплощения C-H, в котором абсорбер представляет собой абсорбер с переменным давлением.

[120] Вариант воплощения J. Способ, по любому из вариантов воплощения C-I, в котором легкая углеводородная жидкость имеет верхнюю точку кипения от 100 °С до 300 °С.

[121] Вариант воплощения K. Способ, согласно любому из вариантов воплощения C-J, дополнительно включающий удаление части легкой углеводородной жидкости перед ее смешиванием с комбинированной тяжелой нефтью.

[122] Вариант воплощения L. Способ, согласно любому из вариантов воплощения C-K, в котором свежий водород и/или свежий углеводородный газ добавляют к отделенному легкому углеводородному газу перед сжатием и/или после него.

[123] Вариант воплощения M. Способ, согласно любому из вариантов воплощения C-L, дополнительно включающий анализ состава легкого углеводородного газа перед его подачей в реактор.

[124] Вариант воплощения N. Способ, согласно любому из вариантов воплощения C-M, дополнительно включающий очистку сжатого легкого углеводородного газа.

[125] Вариант воплощения O. Способ, по любому из вариантов воплощения C-N, в котором очищенный легкий углеводородный газ обеспечивает питание реактора и/или обеспечивает тепло, используемое в процессе.

[126] Вариант воплощения P. Способ, согласно любому из вариантов воплощения C-O, в котором водород выделяют из очищенного легкого углеводородного газа.

[127] Вариант воплощения Q. Способ, согласно любому из вариантов воплощения C-P, в котором энергию для искрового разряда обеспечивает микротурбина.

[128] Вариант воплощения R. Способ, согласно любому из вариантов воплощения C-Q, в котором количество свежего водорода, добавленного

к легкому углеводородному газу, представляет собой количество, достаточное для получения газовой смеси водорода-легкого углеводорода, содержащей концентрацию водорода от 1 % до 65 % по объему с предпочтительной концентрацией водорода от 10 до 50 %.

[129] Вариант воплощения S. Способ, согласно любому из вариантов воплощения C-R, в котором газовую смесь водорода-легкого углеводорода подают в реактор со скоростью потока от 0,01 до 1 л/мин.

[130] Вариант воплощения T. Способ, согласно любому из вариантов воплощения C-S, в котором облагороженная нефть имеет улучшенную кривую кипения, на что указывает преобразование.

[131] Вариант воплощения U. Способ, согласно любому из вариантов воплощения C-T, в котором тяжелую нефть пропускают в обход теплообменника.

[132] Вариант воплощения V. Способ, согласно любому из вариантов воплощения C-U, в котором тяжелую нефть пропускают в обход первого регулировочного теплообменника и/или второго регулировочного теплообменника.

[133] Вариант воплощения W. Способ, согласно любому из вариантов воплощения C-V, в котором тяжелая нефть, нагнетаемая через линию подачи тяжелой нефти, охлаждается теплообменником и первым регулировочным теплообменником.

[134] Вариант воплощения X. Способ, согласно любому из вариантов воплощения C-W, в котором линия подачи тяжелой нефти содержит тяжелую нефть, которая не требует облагораживания, и при этом линия подачи тяжелой нефти проходит в обход реактора, чтобы попасть в сепаратор после прохождения через теплообменник и первый регулировочный теплообменник, при этом способ включает отделение легкой углеводородной жидкости и легкого углеводородного газа от

тяжелой нефти, причем отделенная тяжелая нефть транспортируется в реактор.

[135] Вариант воплощения Y. Способ непрерывного облагораживания тяжелой нефти для получения облагороженной нефти, с использованием импульсного плазменного реактора, включающий: нагнетание тяжелой нефти через линию подачи тяжелой нефти под первым давлением от 0,1 до 10 бар изб. (предпочтительный диапазон 0,9 до 2 бар изб.) через теплообменник и первый регулировочный теплообменник в сепаратор, и отделение легкой углеводородной жидкости и легкого углеводородного газа от тяжелой нефти, при этом отделенная тяжелая нефть поступает в теплообменник для объединения с тяжелой нефтью из линии подачи тяжелой нефти, и/или отделенная тяжелая нефть поступает в межэлектродный промежуток, имеющийся в реакторе, при этом межэлектродный промежуток определяется расстоянием между первым концом отрицательного электрода и первым концом положительного электрода, при этом второй конец положительного электрода и второй конец отрицательного электрода соединены с генератором мощности линией электропитания, и при этом легкий углеводородный газ подается в компрессор или генератор мощности, при этом легкий углеводородный газ в компрессоре сжимается и направляется в реактор, и при этом легкая углеводородная жидкость подается в смеситель или собирается; нагнетание, при втором давлении между 0,2 и 20 бар изб. (предпочтительный диапазон от 1 до 3 бар изб.), легкого углеводородного газа через линию подачи легкого углеводородного газа в реактор для смешивания в нем с тяжелой нефтью с образованием смеси углеводородной жидкости-газа в межэлектродном промежутке; создание искрового разряда в межэлектродном промежутке для реагирования смеси углеводородной жидкости-газа; прохождение прореагировавшей смеси углеводородной жидкости-газа в сепаратор, и отделение легкой

углеводородной жидкости и легкого углеводородного газа от тяжелой нефти; объединение отделенной тяжелой нефти и тяжелой нефти из линии подачи тяжелой нефти и прохождение комбинированной тяжелой нефти через второй регулировочный теплообменник в смеситель, и смешивание комбинированной тяжелой нефти с легкой углеводородной жидкостью с получением облагороженной нефти.

[136] Вариант воплощения Z. Способ согласно варианту воплощения Y, в котором от 1 % до 50 % объема тяжелой нефти преобразуется в легкую углеводородную жидкость и/или легкий углеводородный газ с предпочтительным диапазоном от 3 до 30 %.

[137] Вариант воплощения AA. Способ, согласно варианту воплощения Y или Z, в котором тяжелую нефть из сепаратора и тяжелую нефть из линии подачи тяжелой нефти объединяют в соотношении от 1:10 до 20:1, с предпочтительным соотношением от 1:1 до 1:10.

[138] Вариант воплощения BB. Способ, согласно любому из вариантов воплощения Y-AA, в котором комбинированная тяжелая нефть может быть доведена до температуры от 25 °C до 200 °C и имеет вязкость от 1 до 1000 сП после объединения, с предпочтительным диапазоном от 10 до 200 сП.

[139] Вариант воплощения CC. Способ, по любому из вариантов воплощения Y-BB, в котором реактор содержит множество межэлектродных промежутков.

[140] Вариант воплощения DD. Способ, согласно любому из вариантов воплощения Y-CC, в котором сепаратор содержит устройство фракционной перегонки или абсорбер.

[141] Вариант воплощения EE. Способ, согласно любому из вариантов воплощения Y-DD, в котором абсорбер представляет собой абсорбер с переменным давлением.

[142] Вариант воплощения FF. Способ, по любому из вариантов воплощения Y-EE, в котором легкая углеводородная жидкость имеет верхнюю точку кипения от 100 °С до 300 °С.

[143] Вариант воплощения GG. Способ, согласно любому из вариантов воплощения Y-FF, дополнительно включающий удаление части легкой углеводородной жидкости перед ее смешиванием с комбинированной тяжелой нефтью.

[144] Вариант воплощения HH. Способ, согласно любому из вариантов воплощения Y-GG, в котором свежий водород и/или свежий углеводородный газ добавляют к отделенному легкому углеводородному газу перед сжатием и/или после него.

[145] Вариант воплощения II. Способ, согласно любому из вариантов воплощения Y-HH, дополнительно включающий анализ состава легкого углеводородного газа перед его подачей в реактор.

[146] Вариант воплощения JJ. Способ, согласно любому из вариантов воплощения Y-II, дополнительно включающий очистку сжатого легкого углеводородного газа.

[147] Вариант воплощения KK. Способ, по любому из вариантов воплощения Y-JJ, в котором очищенный легкий углеводородный газ обеспечивает питание реактора и/или обеспечивает тепло, используемое в процессе.

[148] Вариант воплощения LL. Способ, согласно любому из вариантов воплощения Y-KK, в котором водород выделяют из очищенного легкого углеводородного газа.

[149] Вариант воплощения MM. Способ, согласно любому из вариантов воплощения Y-LL, в котором энергию для искрового разряда обеспечивает микротурбина.

[150] Вариант воплощения NN. Способ, согласно любому из вариантов воплощения Y-MM, в котором количество свежего водорода,

добавленного к легкому углеводородному газу, представляет собой количество, достаточное для получения газовой смеси водорода-легкого углеводорода, содержащей концентрацию водорода от 1 % до 65 % по объему с предпочтительной концентрацией водорода от 10 до 50 %.

[151] Вариант воплощения ОО. Способ, согласно любому из вариантов воплощения Y-NN, в котором газовую смесь водорода-легкого углеводорода подают в реактор со скоростью потока от 0,01 до 1 л/мин.

[152] Вариант воплощения РР. Способ, согласно любому из вариантов воплощения Y-ОО, в котором облагороженная нефть имеет улучшенную кривую кипения, на что указывает преобразование.

[153] Вариант воплощения QQ. Способ, согласно любому из вариантов воплощения Y-РР, в котором тяжелая нефть из линии подачи тяжелой нефти и/или тяжелая нефть из сепаратора проходит в обход теплообменника.

[154] Вариант воплощения RR. Способ, согласно любому из вариантов воплощения Y-QQ, в котором тяжелую нефть пропускают в обход первого регулировочного теплообменника и/или второго регулировочного теплообменника.

[155] Вариант воплощения SS. Способ, согласно любому из вариантов воплощения Y-RR, в котором тяжелая нефть, нагнетаемая через линию подачи тяжелой нефти, охлаждается теплообменником и первым регулировочным теплообменником.

[156] Для целей настоящего раскрытия и, если не указано иное, неопределенное количество означает «один или более».

[157] В контексте данного документа, термин «приблизительно» будет понятен специалистам в данной области техники и будет изменяться до некоторой степени в зависимости от контекста, в котором он используется. Если имеются варианты использования термина, которые не ясны специалистам в данной области техники, учитывая контекст, в котором он

используется, «приблизительно» будет означать «до» плюс или минус 10 % от значения конкретной величины.

[158] Все публикации, заявки на патенты, выданные патенты и другие документы, упомянутые в данном описании, включены в настоящий документ посредством ссылки, как если бы каждая отдельная публикация, заявка на патент, выданный патент или другой документ были специально и отдельно указаны как включенные посредством ссылки в полном объеме. Определения, содержащиеся в тексте, включенном посредством ссылки, исключаются в той степени, в которой они противоречат определениям в настоящем описании.

[159] Варианты воплощения, иллюстративно описанные в настоящем документе, могут подходящим образом применяться на практике при отсутствии какого-либо элемента или элементов, ограничения или ограничений, конкретно не раскрытых в настоящем документе. Таким образом, например, термины «содержащий», «включающий», «содержащийся» и т. п. следует толковать широко и без ограничений. Кроме того, используемые в настоящем документе термины и выражения, использовались как описательные, а не ограничивающие, и при использовании таких терминов и выражений отсутствует намерение исключать какие-либо эквиваленты показанных и описанных признаков или их частей, но признается, что в рамках заявленного способа возможны различные изменения. Кроме того, выражение «состоящий по существу из» следует понимать, как включающее в себя те элементы, которые конкретно изложены, и те, дополнительные элементы, которые существенно не влияют на основные и новые характеристики заявленного способа. Выражение «состоящий из» исключает любой неуказанный элемент.

[160] Настоящее изобретение не ограничено конкретными вариантами воплощения, описанными в данной заявке, которые предназначены только

для иллюстрации различных аспектов. Многие модификации и изменения могут быть выполнены без отклонения от его сущности и объема, что будет очевидно специалистам в данной области техники. Функционально эквивалентные составы, устройства и способы, входящие в объем настоящего изобретения, в дополнение к перечисленным в данном документе, будут очевидны специалистам в данной области техники из предшествующего описания. Предполагается, что такие модификации и изменения попадают в объем прилагаемой формулы изобретения. Настоящее изобретение должно быть ограничено только условиями прилагаемой формулы изобретения вместе с полным объемом эквивалентов, на которые такая формула изобретения имеет право. Должно быть понятно, что настоящее изобретение не ограничено конкретными способами, реагентами, составами соединений или биологическими системами, которые, естественно, могут изменяться. Также следует понимать, что используемая в настоящем документе терминология предназначена только для описания конкретных вариантов воплощения и не предназначена для их ограничения.

[161] Кроме того, если признаки или аспекты изобретения описаны в терминах групп Маркуша, специалисты в данной области техники поймут, что изобретение, таким образом, также описывается в терминах любого отдельного члена или подгруппы членов группы Маркуша.

[162] Как будет понятно специалисту в данной области техники, для любых и всех без исключения целей, в частности, с точки зрения представления письменного описания, все диапазоны, раскрытые в данном документе, также охватывают любые и все возможные поддиапазоны и их комбинации. Любой перечисленный диапазон может быть вполне очевиден как достаточно описывающий и позволяющий разбить один и тот же диапазон по меньшей мере на равные половины, трети, четверти, пятые, десятые и т. п. В качестве не имеющего

ограничительного характера примера каждый описанный в настоящем документе диапазон может быть легко разбит на нижнюю треть, среднюю треть и верхнюю треть и т. п. Как также будет понятно специалисту в данной области техники, все термины, включая, помимо прочего, «до», «по меньшей мере», «больше, чем», «меньше, чем», 'и т. п., включают указанное число и относятся к диапазонам, которые впоследствии могут быть разбиты на поддиапазоны, как описано выше. Наконец, как будет понятно специалисту в данной области техники, диапазон включает каждый отдельный элемент.

[163] Несмотря на то, что были проиллюстрированы и описаны определенные варианты воплощения, следует понимать, что в них могут быть внесены изменения и модификации, выполняемые обычными специалистами в данной области техники, без отклонения от способа в его более широких аспектах, определенных в следующей формуле изобретения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ непрерывного облагораживания тяжелой нефти для получения облагороженной нефти с использованием импульсного плазменного реактора, включающий:

нагнетание тяжелой нефти через линию подачи тяжелой нефти под первым давлением от 0,1 до 10 бар через теплообменник и первый регулировочный теплообменник в сепаратор, и отделение легкой углеводородной жидкости и легкого углеводородного газа от тяжелой нефти,

при этом выполняют проведение отделенной тяжёлой нефти в теплообменник для объединения с тяжелой нефтью из линии подачи тяжелой нефти, и/или поступление отделенной тяжелой нефти в межэлектродный промежуток, имеющийся в реакторе, при этом межэлектродный промежуток определяют по расстоянию между первым концом отрицательного электрода и первым концом положительного электрода, при этом второй конец положительного электрода и второй конец отрицательного электрода соединены с генератором мощности линией электропитания,

и при этом легкий углеводородный газ подается в компрессор или генератор мощности, при этом легкий углеводородный газ в компрессоре сжимается и направляется в реактор,

и при этом легкая углеводородная жидкость подается в смеситель или собирается;

нагнетание при втором давлении от 0,2 до 20 бар легкого углеводородного газа через линию подачи легкого углеводородного газа в реактор для смешивания в нем с

тяжелой нефтью с образованием смеси углеводородной жидкости-газа в межэлектродном промежутке;
создание искрового разряда в межэлектродном промежутке для реагирования смеси углеводородной жидкости-газа;
поступление прореагировавшей смеси углеводородной жидкости-газа в сепаратор и отделение легкой углеводородной жидкости и легкого углеводородного газа от тяжелой нефти; и
объединение отделенной тяжелой нефти и тяжелой нефти из линии подачи тяжелой нефти и поступление комбинированной тяжелой нефти через второй регулировочный теплообменник в смеситель, а также смешивание комбинированной тяжелой нефти с легкой углеводородной жидкостью для получения облагороженной нефти.

2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что от 1 % до 50 % объема тяжелой нефти преобразуется в легкую углеводородную жидкость и/или легкий углеводородный газ.

3. Способ по п. 2, отличающийся тем, что тяжелую нефть из сепаратора и тяжелую нефть из линии подачи тяжелой нефти объединяют в соотношении от 1:10 до 20:1.

4. Способ по п. 3, отличающийся тем, что комбинированная тяжелая нефть может быть доведена до температуры от 25 °С до 200 °С и имеет вязкость от 1 до 1000 сП после объединения.

5. Способ по п. 1, отличающийся тем, что реактор содержит множество межэлектродных промежутков.

6. Способ по п. 1, отличающийся тем, что сепаратор содержит устройство фракционной перегонки или абсорбер.

7. Способ по п. 6, отличающийся тем, что абсорбер представляет собой абсорбер с переменным давлением.

8. Способ по п. 1, отличающийся тем, что легкая углеводородная жидкость имеет верхнюю точку кипения от 100 °С до 300 °С.

9. Способ по п. 1, отличающийся тем, что дополнительно включает удаление части легкой углеводородной жидкости перед ее смешиванием с комбинированной тяжелой нефтью.

10. Способ по п. 1, отличающийся тем, что свежий водород и/или свежий углеводородный газ добавляют к отделенному легкому углеводородному газу перед сжатием и/или после него.

11. Способ по п. 1, отличающийся тем, что дополнительно включает анализ состава легкого углеводородного газа перед его подачей в реактор.

12. Способ по п. 1, отличающийся тем, что дополнительно включает очистку сжатого легкого углеводородного газа.

13. Способ по п. 12, отличающийся тем, что очищенный легкий углеводородный газ обеспечивает питание реактора и/или обеспечивает тепло, используемое в технологическом процессе.

14. Способ по п. 12, отличающийся тем, что водород выделяют из очищенного легкого углеводородного газа.

15. Способ по п. 1, отличающийся тем, что энергию для искрового разряда обеспечивает микротурбина.

16. Способ по п. 10, отличающийся тем, что количество свежего водорода, добавленного к легкому углеводородному газу, представляет собой количество, достаточное для получения газовой смеси водорода-легкого углеводорода, содержащей концентрацию водорода от 1 % до 65 % по объему.

17. Способ по п. 16, отличающийся тем, что газовую смесь водорода-легкого углеводорода подают в реактор со скоростью потока от 0,01 до 1 л/мин.

18. Способ по п. 1, отличающийся тем, что облагороженная нефть имеет плотность в градусах API (Американского нефтяного института) от 0,1 до 20 и содержание асфальтенов от 0 до 10 %.

19. Способ по п. 1, отличающийся тем, что тяжелую нефть из линии подачи тяжелой нефти и/или тяжелую нефть из сепаратора проводят в обход теплообменника.

20. Способ по п. 1, отличающийся тем, что тяжелую нефть пропускают в обход первого регулировочного теплообменника и/или второго регулировочного теплообменника.

21. Способ по п. 1, отличающийся тем, что тяжелую нефть, нагнетаемую через линию подачи тяжелой нефти, охлаждают теплообменником и первым регулировочным теплообменником.

22. Устройство для непрерывного облагораживания тяжелой нефти для получения облагороженной нефти, содержащее:

линию подачи тяжелой нефти, соединенную с теплообменником для транспортировки тяжелой нефти через теплообменник, при этом линия подачи тяжелой нефти непрерывна с первой линией, соединяющей теплообменник с первым регулировочным теплообменником;

сепаратор, соединенный с первым регулировочным теплообменником второй линией, причем вторая линия непрерывна с первой линией;

третью линию, соединенную с сепаратором, при этом третья линия разветвлена на линию тяжелой нефти и четвертую линию, при этом линия тяжелой нефти проходит через теплообменник и продолжается пятой линией, соединенной со вторым регулировочным теплообменником, и при этом четвертая линия соединена с реактором, а шестая линия соединяет реактор с сепаратором;

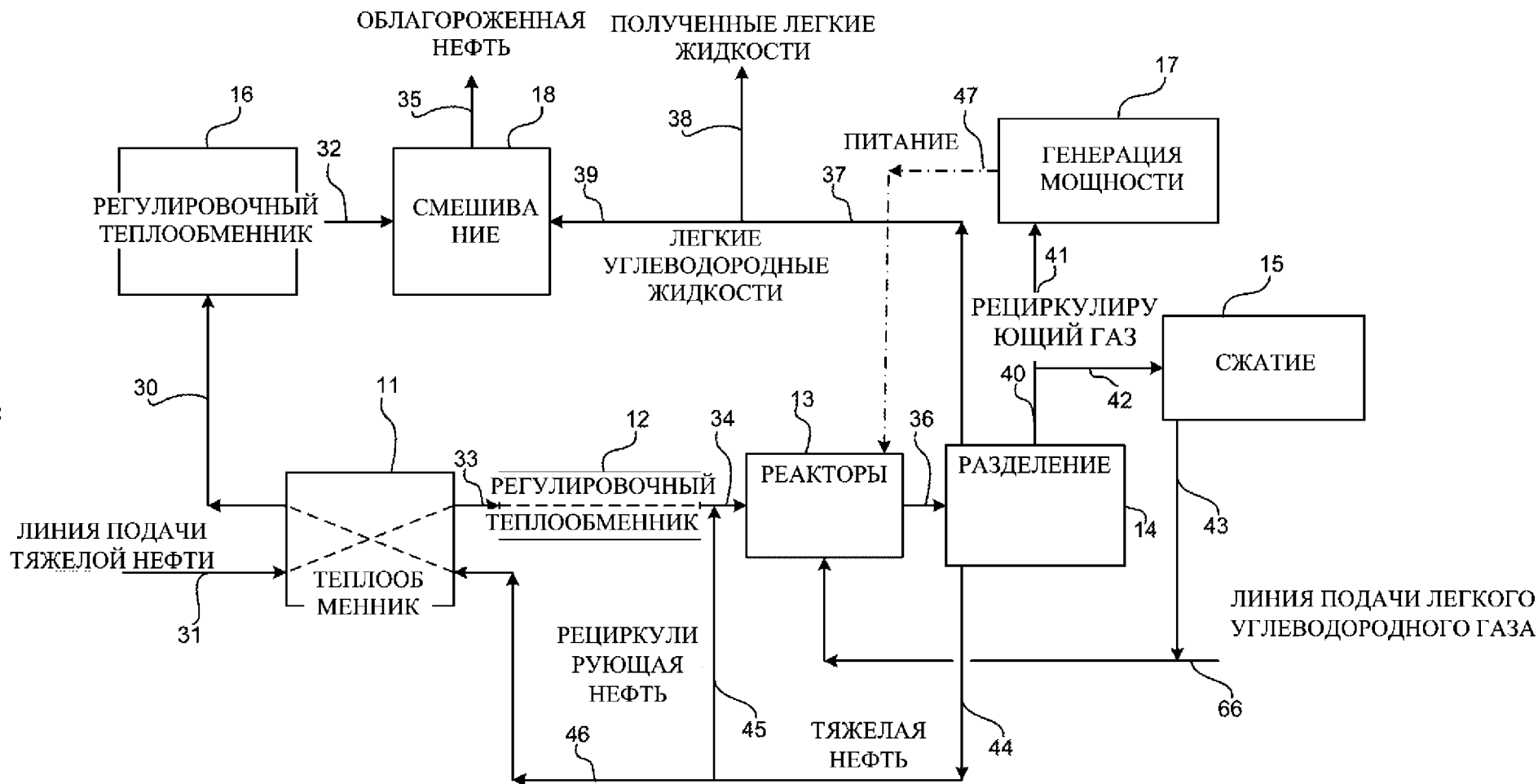
смеситель, соединенный со вторым регулировочным теплообменником седьмой линией, при этом линия облагороженной нефти для удаления облагороженной нефти из устройства соединена со смесителем;

восьмую линию, соединенную с сепаратором, при этом восьмая линия разветвлена на линию легкой углеводородной жидкости и линию полученной легкой жидкости, при этом линия легкой углеводородной жидкости соединена со смесителем;

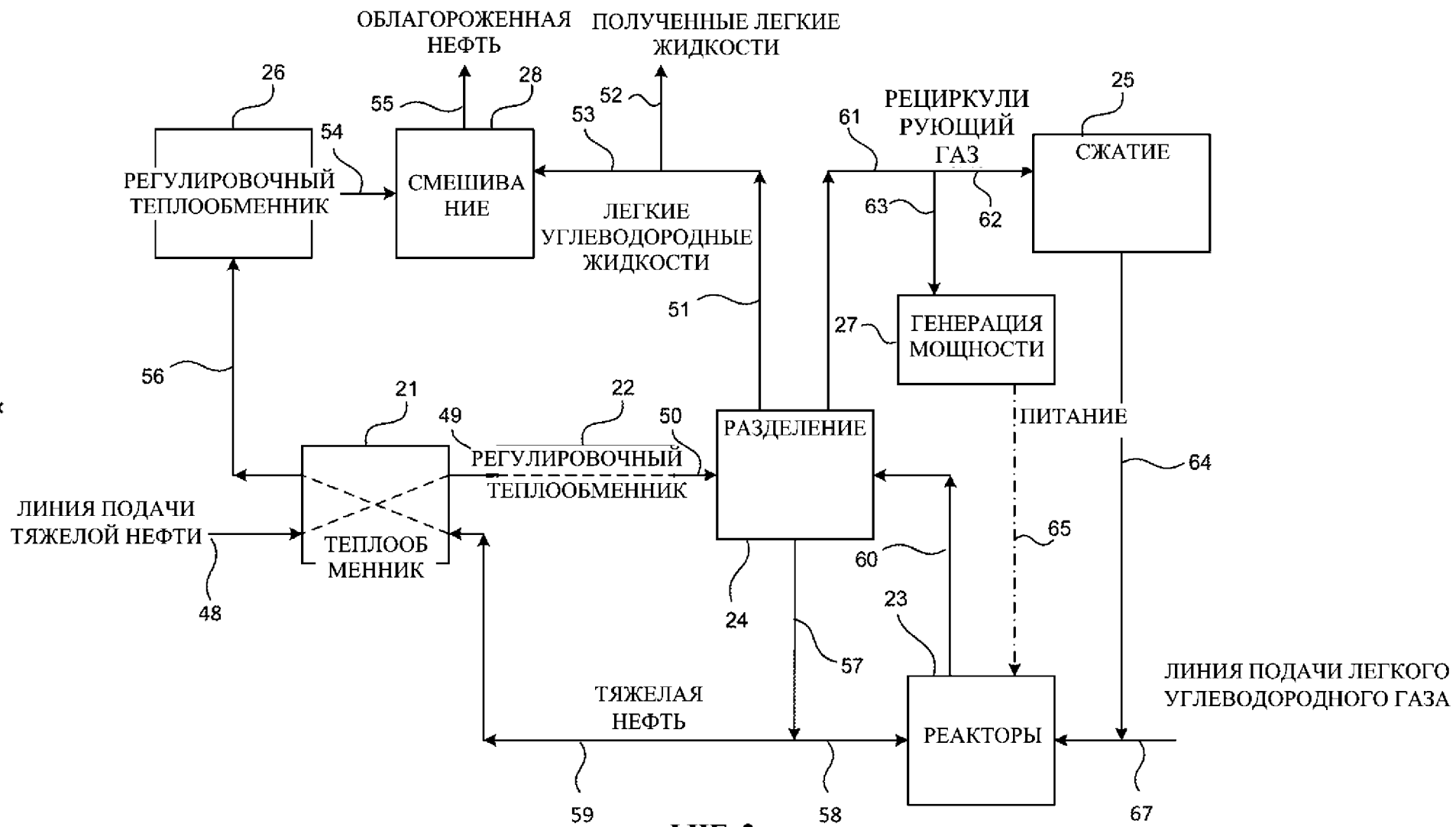
девятую линию, соединенную с сепаратором, при этом девятая линия разветвлена на десятую линию и линию рециркуляции газа, при этом десятая линия соединена с генератором

мощности, а линия рециркуляции газа соединена с компрессором, при этом компрессор соединен с одиннадцатой линией, причем одиннадцатая линия сливается с линией подачи легкого углеводородного газа, при этом линия подачи легкого углеводородного газа выполнена с возможностью транспортировки свежего легкого углеводородного газа в реактор, и

линию электропитания, соединяющую генератор мощности с реактором.



ФИГ. 1



ФИГ. 2

PATENT COOPERATION TREATY

PCT

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

(PCT Article 18 and Rules 43 and 44)

Applicant's or agent's file reference 625119-1046		FOR FURTHER ACTION see Form PCT/ISA/220 as well as, where applicable, item 5 below.	
International application No. PCT/US19/28338	International filing date (<i>day/month/year</i>) 19 April 2019 (19.04.2019)	(Earliest) Priority Date (<i>day/month/year</i>) 20 April 2018 (20.04.2018)	
Applicant THE TEXAS A & M UNIVERSITY SYSTEM			

This international search report has been prepared by this International Searching Authority and is transmitted to the applicant according to Article 18. A copy is being transmitted to the International Bureau.

This international search report consists of a total of 5 sheets.

It is also accompanied by a copy of each prior art document cited in this report.

1. Basis of the report

a. With regard to the language, the international search was carried out on the basis of:

the international application in the language in which it was filed.

a translation of the international application into _____ which is the language of a translation furnished for the purposes of international search (Rules 12.3(a) and 23.1(b)).

b. This international search report has been established taking into account the rectification of an obvious mistake authorized by or notified to this Authority under Rule 91 (Rule 43.6bis(a)).

c. With regard to any nucleotide and/or amino acid sequence disclosed in the international application, see Box No. I.

2. Certain claims were found unsearchable (see Box No. II).

3. Unity of invention is lacking (see Box No. III).

4. With regard to the title,

the text is approved as submitted by the applicant.

the text has been established by this Authority to read as follows:

5. With regard to the abstract,

the text is approved as submitted by the applicant.

the text has been established, according to Rule 38.2, by this Authority as it appears in Box No. IV. The applicant may, within one month from the date of mailing of this international search report, submit comments to this Authority.

6. With regard to the drawings,

a. the figure of the drawings to be published with the abstract is Figure No. 1

as suggested by the applicant.

as selected by this Authority, because the applicant failed to suggest a figure.

as selected by this Authority, because this figure better characterizes the invention.

b. none of the figures is to be published with the abstract.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US19/28338

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

This application contains the following inventions or groups of inventions which are not so linked as to form a single general inventive concept under PCT Rule 13.1. In order for all inventions to be examined, the appropriate additional examination fees must be paid.

Group I: Claims 1, and 3-24 are directed towards an apparatus and a method according to arrangement of the Applicants figure 1, the arrangement including a processing segment from a heat exchanger to a trim exchanger to a reactor to a separator.

Group II: Claims 2, and 25-45 are directed towards an apparatus and a method according to arrangement of the Applicants figure 2, the arrangement including a processing segment from a heat exchanger to a trim exchanger to a separator to a reactor.

-***-Continued Within the Next Supplemental Box-***-

1. As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:
Claims 1, and 3-24

Remark on Protest

- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US19/28338

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC - C10G 1/00, 53/00, 53/02, 53/04 (2019.01)
CPC - C10G 1/00, 1/002, 53/00, 53/02, 53/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
See Search History document

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
See Search History document

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
See Search History document

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2015/0376513 A1 (UOP LLC) 31 December 2015; figure 2; paragraphs [0015], [0032], [0036]-[0037]	1, 3-24
A	US 9,074,143 B2 (MCGEHEE, JF et al.) 07 July 2015; abstract; figure; column 2, lines 60-67; column 5, lines 11-15; column 6, lines 1-11; column 7, lines 21-26	1
A	US 2017/0306252 A1 (SHERRITT INTERNATIONAL CORPORATION) 26 October 2017; figure 2; paragraphs [0074]-[0075], [0080]-[0082], [0087]	1
A	WO 2018/005141 A1 (EXXONMOBIL RESEARCH AND ENGINEERING COMPANY) 04 January 2018; abstract; paragraph [0075]; figure 2	1, 3-24
A	TWI 275,636 B (CHEVRON USA INC) 11 March 2007; title; abstract; page 5, middle-bottom; figure 1	1
A	US 6,852,215 B2 A (WEN, MY et al.) 08 February 2005; abstract; figures 1, 4; column 4, lines 51-59; column 5, lines 60-67; column 6, lines 28-29; column 7, lines 53-59, 66-67; ; column 8, lines 16-21; column 9, lines 45-55; column 11, lines 37-42	3-24
A	(JAHANMIRI, A et al.) Naphtha cracking through a pulsed DBD plasma reactor: Effect of applied voltage, pulse repetition frequency and electrode material. Chemical Engineering Journal, Vol. 191, pp. 416-425. 15 May 2012; abstract; page 417, column 2, first paragraph; page 419, column 1, first paragraph	3-24

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"D" document cited by the applicant in the international application	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"&" document member of the same patent family
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 27 June 2019 (27.06.2019)	Date of mailing of the international search report 05 AUG 2019
--	--

Name and mailing address of the ISA/US Mail Stop PCT, Attn: ISA/US, Commissioner for Patents P.O. Box 1450, Alexandria, Virginia 22313-1450 Facsimile No. 571-273-8300	Authorized officer Shane Thomas Telephone No. PCT Helpdesk: 571-272-4300
---	--

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US19/28338

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 107,880,927 A (CHINA PETROCHEM CORP et al.) 06 April 2018; see machine translation; abstract; claims 10, 12; paragraphs [0007], [0012], [0014]-[0015], [0027], [0072]; figure 1	3-24

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US19/28338

----Continued from Box III: Observations where unity of invention is lacking----

The special technical features of Group I include wherein the second line runs through the first trim exchanger and is continuous with the first line; a separator connected to the reactor by a third line, which are not present in Group II; and the special technical features of Group II include a third line connected to the separator, wherein the third line branches into a heavy oil line and a fourth line, wherein the fourth line connects to a reactor, wherein a sixth line connects the reactor with the separator, which are not present in Group I.

The common technical features of Groups I-II are a heavy oil feed connected to a heat exchanger for conveying heavy oil through the heat exchanger; a separator; a reactor; a recycling line; a blender; an upgraded oil line; a compressor; a light hydrocarbon gas feed; and a power generator.

These common technical features are disclosed by US 2017/0306252 A1 to Sherritt International Corporation, et al. (hereinafter "Sherritt").

Sherritt discloses a heavy oil feed connected to a heat exchanger for conveying heavy oil through the heat exchanger (a heavy oil feed 1 is pumped through a heat exchanger 30; abstract; figure 3; paragraphs [0074], [0080], [0088]); a separator (a separator 50; abstract; figure 3; paragraphs [0080]) a reactor (a reactor 40; abstract; figure 3; paragraph [0075]); a recycling line (a recycling line back to a reactor; abstract; paragraph [0074]); a blender (a tank to combine 60 (a blender) a partially upgraded heavy oil slurry and a liquid hydrocarbon stream; abstract; figure 3; paragraphs [0081]-[0082].); an upgraded oil line (a partially upgraded heavy oil is removed; abstract); a compressor (a condenser (a compressor); abstract; paragraph [0080]); a light hydrocarbon gas feed (a steam from reactor overhead (a light hydrocarbon) is fed to a hydrotreatment reactor 100; abstract; paragraphs [0074], [0088]); and a power generator (a hydrogen production unit 80 used as steam reforming plant; abstract; figure 3; paragraph [0087]).

Since the common technical features are previously disclosed by Sherritt, these common features are not special and so Groups I-II lack unity.