

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **041790**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2022.12.02**

(21) Номер заявки  
**201991040**

(22) Дата подачи заявки  
**2017.04.04**

(51) Int. Cl. **C10G 17/00** (2006.01)  
**C10G 17/095** (2006.01)  
**C10G 3/00** (2006.01)

---

(54) **ОДНОСТАДИЙНЫЙ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫЙ СПОСОБ ПЕРЕРАБОТКИ СЫРОЙ НЕФТИ**

---

(31) **248844**

(32) **2016.11.08**

(33) **IL**

(43) **2019.10.31**

(86) **PCT/IL2017/050407**

(87) **WO 2018/087744 2018.05.17**

(71)(72)(73) Заявитель, изобретатель и патентовладелец:

**ДАВИДОВ БОРИС (IL); ГУК ЮРИЙ (UA)**

(74) Представитель:

**Гизатуллина Е.М., Строкова О.В.,  
Лебедев В.В., Гизатуллин Ш.Ф.,  
Угрюмов В.М., Костюшенкова М.Ю.,  
Николаева О.А., Глухарёва А.О. (RU)**

(56) **US-A-5152886  
US-A1-2015291889  
US-A1-2016177188  
GB-A-629711**

---

(57) В изобретении предложен одностадийный способ переработки углеводородного сырья, причем вышеупомянутый способ включает нагревание вышеупомянутого углеводородного сырья с одной или несколькими жирными кислотами или их смесями при температуре ниже 350°C с получением легкого углеводородного продукта, и при этом вышеупомянутый легкий углеводородный продукт, полученный вышеупомянутым способом, не содержит тяжелые углеводородные продукты.

**041790**

**B1**

**041790**

**B1**

### **Область техники настоящего изобретения**

В общем, настоящее изобретение относится к области переработки сырой нефти и остатков сырой нефти, отработанных смазочных масел, других нефтяных отходов и нефтяного шлама. В частности, изобретение относится к одностадийному комбинированному способу, включающему дистилляцию, изомеризацию и крекинг сырой нефти, сырья для нефтепереработки, отработанных смазочных масел, нефтеносных песков, нефтяного шлама и других нефтяных отходов в присутствии жирных кислот для получения легких углеводородных фракций, таких как дизельное топливо, бензин, керосин и лигроин, с очень высоким выходом.

### **Уровень техники настоящего изобретения**

Стандартный способ промышленной нефтепереработки для превращения сырой нефти в более ценные углеводороды включает фракционирование или дистилляцию сырой нефти с получением отдельных потоков, содержащих легкие нефтяные газы, лигроин, бензин (или автомобильное топливо) для моторов и турбинное топливо, керосин, дизельное топливо (или топливное масло), смазочное масло, тяжелый газойль и остаточное тяжелое низкокачественное топливное масло, так называемый "мазут", для генераторных станций и аналогичных применений. Сырую нефть традиционно обрабатывают на нефтеперерабатывающем заводе, используя ряд фракционирующих колонн и операций химического превращения, чтобы получить конечные товарные продукты, соответствующие четко определенным стандартам или техническим условиям, предусматривающим, например, температурный диапазон дистилляции, содержание серы, эксплуатационные технические показатели, такие как октановое число или дизельное число и т.д.

Как упомянуто выше, конечные товарные продукты включают легкие нефтяные газы, нефтехимический лигроин, бензин (автомобильное топливо), керосин, дизельное топливо (топливное масло) и другие категории топлива, имеющие большее или меньшее октановое число, смазочные масла и другие продукты, такие как растворители, парафин, турбинное топливо и даже дорожный асфальт. Таким образом, нефтеперерабатывающий завод производит относительно большое число конечных товарных продуктов из определенного числа сортов сырой нефти, выбранных в зависимости от их состава и цены.

Переработка сырой нефти может предусматривать множество стадий для получения желательных продуктов. Основные способы, используемые для переработки сырой нефти, представляют собой фракционную дистилляцию, изомеризацию, каталитический или термический крекинг и синтез ароматических соединений. Как правило, исходную сырую нефть сначала подогревают и затем направляют в нефтеперегонную колонну, которую обычно нагревают паром. Летучие и легкие фракции сырой нефти, такие как жидкий нефтяной газ и лигроин, выводят из верхних частей нефтеперегонной колонны, а более тяжелые компоненты выводят из нижних частей нефтеперегонной колонны. Тяжелую фракцию, которая обычно содержит смазочные масла и тяжелый газойль, подвергают каталитическому крекингу в установке крекинга газойля. Тяжелый газойль подвергают крекингу, получая легкие, более ценные компоненты в данной установке каталитического крекинга.

Таким образом, традиционный способ переработки сырой нефти обычно предусматривает два основных процесса. Первый процесс представляет собой фракционную дистилляцию, которая предусматривает перекачивание сырой нефти через трубы в горячих печах и отделение легких углеводородных молекул от тяжелых молекул в установленных ниже по потоку высоких дистилляционных колоннах, которые придают нефтеперерабатывающим заводам их отличительные очертания. Они могут работать при атмосферном давлении и в вакууме. В течение процесса фракционной дистилляции фракции сырой нефти (от жидкого нефтяного газа до тяжелого газойля) разделяют согласно их молекулярной массе. Этот способ также известен как отгон легких фракций, пары которых поднимаются внутри дистилляционной колонны, в то время как тяжелые фракции или остатки остаются на дне, не испаряясь. Когда пары поднимаются, молекулы конденсируются в жидкости при различных температурах в колонне. Только газы достигают верха, где температура обычно падает ниже 160°C. Вследствие конденсации, которую уравнивает испарение на тарелках внутри фракционной дистилляционной колонны, жидкости образуются на указанных тарелках (или лотках), расположенных на различных уровнях колонны. Чем выше в колонне находятся указанные жидкие масла, тем легче они являются. Каждая тарелка собирает отдельную фракцию, также известную как "нефтяной погон", причем высоковязкие углеводороды, такие как битум (асфальт), составляют нижний погон, а газы составляют верхний погон.

Тяжелые остатки, которые образуются после фракционной дистилляции, по-прежнему содержат многочисленные продукты средней плотности. Остатки перемещают в другую колонну, возможно, вакуумную колонну, где их подвергают второй дистилляции для получения средних дистиллятов, таких как тяжелый газойль, смазочное масло и реактивное масло. Все же после атмосферной и/или вакуумной фракционной дистилляции остается большое количество тяжелых остатков сырой нефти, которые представляют собой исходное сырье для нефтепереработки. "Исходное сырье для нефтепереработки" часто представляет собой не единственный продукт, но, главным образом, сочетание фракций, полученных из сырой нефти и предназначенных для последующей переработки, а не для смешивания в нефтеперерабатывающей промышленности. Его превращают в один или несколько компонентов или конечных продуктов.

Исходное сырье для нефтепереработки должно быть далее подвергнуто переработке в более легкие продукты, разложению или отделению в целях выполнения требований утилизации отходов нефтеперерабатывающих заводов. Исходное сырье для нефтепереработки превращают в более легкие продукты способом, называемым "крекинг", который может быть термическим или каталитическим, когда тяжелые углеводороды разлагают, получая более легкие углеводороды. Современный термический крекинг фракций сырой нефти при высоком давлении обычно осуществляют при абсолютных температурах от 500 до 540°C и давлениях, составляющих приблизительно от 2 до 5 МПа. В целом можно наблюдать процесс химического диспропорционирования, в котором легкие обогащенные водородом продукты образуются за счет более тяжелых молекул, которые конденсируются и становятся обедненными в отношении водорода. Фактическая реакция представляет собой гомолитическое расщепление с образованием алкенов, которые используют в экономически важном производстве полимеров. Кроме того, термический крекинг в настоящее время используют для "облагораживания" очень тяжелых фракций или для получения легких фракций или дистиллятов, топлива для горелок и/или нефтяного кокса.

Как правило, каталитический крекинг фракций сырой нефти осуществляют в присутствии кислотных катализаторов (обычно представляющих собой твердые кислоты, такие как двойные оксиды кремния и алюминия и цеолиты), которые способствуют гетеролитическому разрыву связей и ускоряют химическую реакцию. Этим способом обычно превращают не более чем 60% исходного сырья для нефтепереработки в газ, бензин и дизельное топливо. Выход может быть несколько увеличен посредством добавления водорода, причем такой способ называется "гидрокрекинг", или посредством применения глубокого превращения для удаления углерода.

Существуют несколько проблем, связанных с описанными выше способами. Первая проблема имеет более общий характер и связана с тем, что основу традиционного способа нефтепереработки представляет собой фракционирование. В атмосферной дистилляции используют тепло для разделения сырой нефти на лигроин, керосин, бензин, дизельное топливо и тяжелый газойль. Легкие фракции получают с относительно низким полным выходом (составляющим в среднем менее чем 60%), а для тяжелого газойля и остатков требуется дополнительная переработка, которая представляет собой вторую основную проблему.

Применение дорогостоящих катализаторов и вакуумных дистилляционных колонн для обработки фракций тяжелого газойля и остатков в условиях вакуума лишь частично решает вышеупомянутые проблемы. Однако немногие нефтеперерабатывающие предприятия могут осуществлять капиталовложения в установку дорогостоящих вакуумных дистилляционных колонн. Большинство из них предпочитают просто продавать фракции тяжелого газойля и остатки, включая мазут, для генераторных станций, строительства и морской промышленности. Это ставит лицом к лицу со следующей серьезной проблемой, которая еще не была решена. Проблема представляет собой отсутствие полной и экономичной утилизации компонентов сырой нефти, которые являются более тяжелыми, чем дизельное топливо и смазочные масла, и которые рассматривают как продукты, имеющие очень низкую ценность. Указанные компоненты, такие как мазут, битум и гудрон, делают переработку сырой нефти весьма затруднительной. Однако реальная проблема представляет собой недостаточный крекинг и утилизацию исходного сырья для нефтепереработки, остающегося после процесса крекинга. Бензин, полученный в установке каталитического крекинга, имеет повышенное октановое число, потому что он содержит относительно большую долю изомеризованных углеводородов, таких как изогептаны и изомеры углеводородов керосиновой фракции. Таким образом, он имеет меньшую химическую устойчивость по сравнению с другими компонентами бензина вследствие содержания в нем олефинов.

Как правило, переработка тяжелого газойля и остатков на современных нефтеперерабатывающих заводах создает серьезные эксплуатационные и экологические проблемы. Твердые и жидкие отходы, производимые нефтеперерабатывающими заводами, хранят и накапливают в течение многих десятилетий в специально сооруженных подземных пластах-коллекторах. Однако не является тайной, что они имеют конечную накопительную емкость, что представляет собой опасность для окружающей среды. Поскольку накопительная емкость является конечной, нефтеперерабатывающие предприятия должны осуществлять капиталовложения в надлежащее распоряжение и удаление компонентов остатков в целях сохранения чистоты и безопасности окружающей среды и поддержания нефтеперерабатывающих заводов в рабочем состоянии. Кроме того, резервуары, которые содержат остатки сырой нефти, асфальт или продукты, имеющие высокую температуру плавления, нуждаются в паровой или химической очистке в периодическом режиме, а также перед вентиляцией и вводом в эксплуатацию вследствие пиррофорной и канцерогенной опасности. Битум, например, не может быть легко удален, потому что он не является текучим при температурах в среде резервуара и имеет более высокую плотность, чем 10° API. Для решения всех указанных задач требуются дополнительные расходы, которые представляют собой проблему в течение непрерывной эксплуатации нефтеперерабатывающих заводов.

Заключительная, но не меньшая проблема представляет собой чрезвычайно низкую эффективность всего процесса нефтепереработки. Как упомянуто выше, наиболее полезные и желательные легкие нефтяные фракции получают с относительно низким выходом. Фактически, не более чем 50% исходной сырой нефти превращают в легкие фракции. В конечном счете, эксплуатация усложняется, и увеличивают-

ся расходы и энергопотребление. Как отмечено выше, в процессе крекинга требуются очень высокие температуры и сложные процедуры для достижения относительно низкого выхода легких нефтепродуктов. Кроме того, как разъясняется выше, твердые тяжелые остатки, которые остаются после процесса крекинга, могут вызывать серьезную проблему в эксплуатации нефтеперерабатывающих заводов и в экологической ситуации на окружающих территориях. Таким образом, в настоящее время текущая задача перерабатывающей промышленности представляет собой нахождение баланса между выходом, стоимостью переработки и экологическими факторами.

Следовательно, задача настоящего изобретения представляет собой значительное повышение экономической и экологической ценности продуктов, получаемых в ходе процесса переработки сырой нефти, исходного сырья для нефтепереработки, нефтяного шлама и отходов. Это осуществляют посредством существенного улучшения технологичности фракций тяжелого газойля и остатков в одностадийном низкотемпературном способе, предусматривающем дистилляцию и крекинг углеводородного сырья при нагревании в присутствии жирных кислот, и посредством полного устранения остаточных низкокачественных продуктов, таких как мазут, из энергетической промышленности.

#### **Краткое раскрытие настоящего изобретения**

В приведенном ниже описании раскрыты подробности одного или нескольких вариантов осуществления. Другие признаки, задачи и преимущества описанных технологий становятся очевидными из данного описания и из формулы изобретения.

В настоящем документе описаны варианты осуществления одностадийного комбинированного способа, включающего дистилляцию, каталитический крекинг и изомеризацию фракционированного или нефракционированного углеводородного сырья, причем вышеупомянутый комбинированный способ предусматривает нагревание вышеупомянутого углеводородного сырья с одной или несколькими жирными кислотами или их смесями при температуре пара образующегося легкого углеводородного продукта ниже 360°C с получением легкого углеводородного продукта, при этом вышеупомянутый легкий углеводородный продукт, полученный вышеупомянутым способом, не содержит тяжелые углеводородные продукты, и вышеупомянутый способ сопровождается образованием ароматических углеводородов.

В качестве углеводородного сырья согласно варианту осуществления выбирают сырую нефть (смесь углеводородов), остатки атмосферной или вакуумной перегонки исходного сырья для нефтепереработки, деасфальтизированные растворителем масла, полученные из вышеупомянутой сырой нефти и вышеупомянутых остатков атмосферной или вакуумной перегонки исходного сырья для нефтепереработки, сланцевую нефть, нефтеносные пески, отработанные смазочные масла, нефтяной шлам и другие нефтяные отходы или их смеси. Легкие углеводородные продукты представляют собой легкие нефтяные газы, нефть, лигроин, бензин (автомобильное топливо) для моторов и турбинное топливо, керосин, дизельное топливо (топливное масло) и легкое масло. Тяжелые углеводородные продукты, которые не получают вышеупомянутым способом, представляют собой углеводороды, содержащие 25 атомов углерода или более.

Согласно определенному варианту осуществления углеводородное сырье непрерывно подают в реакционный аппарат вместе с одной или несколькими вышеупомянутыми жирными кислотами или их смесями. Согласно конкретному варианту осуществления одну или несколько жирных кислот выбирают из стеариновой кислоты, олеиновой кислоты, миристиновой кислоты, пальмитиновой кислоты, пальмитолеиновой кислоты, линолеиновой кислоты, линоленовой кислоты, арахидиновой кислоты, гадолеиновой кислоты, эруковой кислоты или их смесей. Полученные легкие углеводородные продукты непрерывно дистиллируют из реакционного аппарата, с фракционированием или без фракционирования, а затем собирают в резервуаре для хранения продуктов.

Углеводородное сырье согласно варианту осуществления предварительно обрабатывают перед его подачей в реакционный аппарат, чтобы удалить воду, водорастворимые соли и суспендированные твердые вещества из вышеупомянутого углеводородного сырья. Вышеупомянутое углеводородное сырье сначала разбавляют, отделяют от суспендированных твердых веществ посредством отстаивания, направляют в нефтewодяной сепаратор для отделения больших количеств масел от отработанной воды и суспендированных твердых веществ, присутствующих в стоках отработанной воды нефтеперерабатывающих заводов и разнообразных установок или в отработанных смазочных маслах, нефтяном шламе и других отходах. Согласно конкретному варианту осуществления вышеупомянутое углеводородное сырье разбавляют частью легкого углеводородного продукта для получения углеводородного сырья, имеющего плотность ниже 0,82-0,84 г/см<sup>3</sup>. Если легкий углеводородный продукт, используемый для разбавления неочищенного углеводородного сырья, отбирают из легкой лигроиновой фракции, которая представляет собой фракцию, кипящую в диапазоне от 40 до 105°C и состоящую, главным образом, из пентана, гексана и гептана, то процесс разбавления не предусматривает полную рециркуляцию. Напротив, только часть легкого углеводородного продукта, используемого для разбавления, постоянно возвращают из резервуара для хранения продуктов в вышеупомянутый нефтewодяной сепаратор. Способ согласно варианту осуществления может быть непрерывным или полунепрерывным, и он может быть осуществлен при атмосферном давлении, при повышенном давлении или в вакууме.

В приведенном ниже описании раскрыты подробности одного или нескольких вариантов осуществ-

ления. Другие признаки, задачи и преимущества описанных технологий становятся очевидными из данного описания и из формулы изобретения.

#### **Подробное раскрытие иллюстративного варианта осуществления**

В последующем описании будут раскрыты разнообразные аспекты настоящего изобретения. Для целей разъяснения представлены конкретные конфигурации и подробности, чтобы обеспечить всестороннее понимание настоящего изобретения. Однако для специалиста в данной области техники также является очевидным, что изобретение может быть практически реализовано без конкретных подробностей, представленных в настоящем документе. Кроме того, хорошо известные признаки могут быть опущены или упрощены, чтобы не затруднять понимание настоящего изобретения.

Термин "включающий", используемый в формуле изобретения, не следует истолковывать как ограничивающий перечисляемые после него компоненты и стадии; он не исключает другие компоненты или стадии. Его следует истолковывать как конкретизирующий присутствие перечисляемых признаков, численных значений, стадий или компонентов, но не запрещающий присутствие или добавление одного или нескольких из других признаков, численных значений, стадий или компонентов или их групп. Таким образом, объем выражения "способ включающий x и z" не следует ограничивать способами, включающими только стадии x и z.

В настоящем документе описаны варианты осуществления одностадийного комбинированного способа, включающего дистилляцию, каталитический крекинг и изомеризацию фракционированного или нефракционированного углеводородного сырья, причем вышеупомянутый комбинированный способ предусматривает нагревание вышеупомянутого углеводородного сырья с одной или несколькими жирными кислотами или их смесями при температуре пара ниже 360°C с получением легкого углеводородного продукта, при этом вышеупомянутый легкий углеводородный продукт, полученный вышеупомянутым способом, не содержит тяжелые углеводородные продукты, и вышеупомянутый способ сопровождается образованием ароматических углеводородов. Как упомянуто выше, "переработка" включает фракционную дистилляцию. Приведенное выше выражение "легкий углеводородный продукт не содержит тяжелые углеводородные продукты" означает, что, хотя тяжелые углеводородные продукты сначала присутствуют в углеводородном сырье и, возможно, не полностью реагируют и превращаются в легкий углеводородный продукт, никакие из них не содержатся в конечном легком углеводородном продукте, дистиллированном из реакционного аппарата. Тем не менее небольшие количества жидких углеводородных продуктов могут оставаться на дне реакционного аппарата. Указанные небольшие количества (составляющие не более чем 10% исходного углеводородного сырья) могут быть отделены от твердых остатков, возвращены в тот же или другой реакционный аппарат и затем превращены в легкие углеводородные продукты таким же способом в процессе нагревания жидкого остатка на дне реакционного аппарата. Такая рециркуляция обеспечивает существенное увеличение выхода в процессе реакции, который в значительной степени зависит от начального содержания асфальтенов в реакционной смеси.

Согласно одному варианту осуществления углеводородное сырье содержит сырую нефть, исходное сырье для нефтепереработки, отработанные смазочные масла, нефтяной шлам и другие нефтяные отходы или их смеси. "Углеводородное сырье" определено в настоящем документе как любой углеводородный исходный материал, не разделенный на фракции и используемый в операциях нефтепереработки, включая природный газовый конденсат, сырую нефть (смесь углеводородов), остатки атмосферной или вакуумной перегонки или исходное сырье для нефтепереработки, деасфальтизированные растворителем масла, которые получают из указанной сырой нефти и остатков, сланцевую нефть, нефтеносные пески, отработанные смазочные масла, нефтяной шлам и любые другие нефтяные отходы. Углеводородное сырье также может быть подвергнуто предварительной обработке с применением одного или нескольких технологических химических реагентов, включая растворители, деэмульгаторы, ингибиторы коррозии и т.д.

"Легкий углеводородный продукт" согласно варианту осуществления определен в настоящем документе как легкие нефтяные газы, лигроин, бензин для моторов и турбинное топливо, керосин, дизельное топливо и легкая сырая нефть или их смеси. Выше перечислены только легкие углеводороды, получаемые способом согласно варианту осуществления. Тяжелые углеводородные продукты, содержащие 25 атомов углерода или более, не образуются в способе согласно варианту осуществления или образуются в очень малых количествах, которыми можно пренебречь. Неожиданно было обнаружено, что в результате нагревания углеводородного сырья с жирными кислотами происходят:

- 1) изомеризация всех углеводородных молекул, начиная от гексана вплоть до тяжелых углеводородных молекул; и
- 2) эффективный крекинг тяжелых углеводородных молекул с образованием легких углеводородных молекул.

Оказалось, что этот процесс сопровождается образованием ароматических углеводородов.

В ходе реакции крекинга образующийся легкий углеводородный продукт непрерывно дистиллируют из реакционного аппарата, с фракционированием или без фракционирования, а затем собирают в аппарате для хранения продуктов. "Низкотемпературный крекинг" определен в настоящем документе как непрерывный или полунепрерывный процесс крекинга, который осуществляют при температуре пара ниже 360°C, при атмосферном давлении, повышенном давлении или даже в вакууме, превращая высоко-

кипящие высокомолекулярные углеводородные фракции углеводородного сырья в значительно более легкое дизельное топливо, керосин, бензин, лигроин и другие нефтепродукты. Наиболее важные признаки способа согласно настоящему изобретению заключаются в том, что в ходе данного процесса не образуются никакие тяжелые углеводородные продукты и самопроизвольно образуются ароматические углеводороды.

Способ согласно варианту осуществления представляет собой действительный одностадийный непрерывный способ, осуществляемый в ходе одностадийной реакции. Исходное углеводородное сырье непрерывно подают в реакционный аппарат вместе с одной или несколькими жирными кислотами или их смесями. Согласно конкретному варианту осуществления жирную кислоту выбирают из стеариновой кислоты, олеиновой кислоты, миристиновой кислоты, пальмитиновой кислоты, пальмитолеиновой кислоты, линолеиновой кислоты, линоленовой кислоты, арахидиновой кислоты, гадолеиновой кислоты, эруковой кислоты или их смесей. Применение жирных кислот обеспечивает эффективный крекинг углеводородного сырья при температуре пара образующегося легкого углеводородного продукта ниже  $360^{\circ}\text{C}$  в неразделенном углеводородном сырье. Таким образом, отсутствует необходимость нагревания реакционного аппарата выше  $400^{\circ}\text{C}$ , что делает весь способ более выгодным в экономическом отношении, чем существующие способы переработки сырой нефти, помимо того, что этот способ является одностадийным и производит только легкие углеводородные продукты.

Механизм осуществления реакций изомеризации и крекинга подаваемого углеводородного сырья в присутствии жирных кислот остается неизвестным. Однако авторы могут предположить, что жирные кислоты способны образовывать комплексы с металлами, которые они экстрагируют из неочищенного углеводородного сырья. Сырая нефть обычно содержит металлы, такие как ванадий, никель и железо. Такие металлы обычно проявляют тенденцию к концентрированию в более тяжелых фракциях, таких как мазут, битум и гудрон. Однако присутствие металлов делает чрезвычайно затруднительной переработку указанных более тяжелых фракций. Имея высокую гидрофобность, жирные кислоты способны быстро проникать в масляный объем углеводородного сырья, подаваемого в реакционный аппарат, и в результате этого в вышеупомянутом объеме образуются комплексы с металлами. Когда жирные кислоты образуют комплексы с металлами, они предположительно становятся способными значительно облегчать протекание реакции крекинга (посредством снижения температуры реакции) без какого-либо химического катализатора или добавки. Таким образом, жирные кислоты или их смеси могут быть определены в настоящем документе термином "реагент-катализатор". По существу, неожиданно обнаружено, что жирные кислоты или их смеси способны вести себя как реагенты и катализаторы в способе согласно вариантам осуществления.

Согласно определенному варианту осуществления углеводородное сырье необходимо предварительно обрабатывать перед его введением в реакционный аппарат. Это осуществляют, чтобы удалить воду, водорастворимые соли и суспендированные твердые вещества из углеводородного сырья перед его переработкой. Требования качества предварительной обработки неочищенного углеводородного сырья являются такими же, как для любой промышленной нефтепереработки, т.е. содержание воды не должно превышать 0,5%, и в исходном сырье, вводимом в реакционный аппарат, должны отсутствовать любые суспендированные твердые вещества и водорастворимые соли.

Согласно некоторым вариантам осуществления неочищенное углеводородное сырье, принимаемое на нефтепереработку, может быть сначала разбавлено (до его предварительной обработки) в целях получения раствора углеводородного сырья, имеющего плотность ниже  $0,82\text{--}0,84\text{ г/см}^3$ . Это неочищенное углеводородное сырье разбавляют частью легкого углеводородного продукта, получаемого способом согласно варианту осуществления.

Согласно конкретному варианту осуществления легкие углеводородные продукты, используемые для разбавления неочищенного углеводородного сырья, отбирают из легкой лигроиновой фракции, которая представляет собой фракцию, кипящую в диапазоне от  $40$  до  $105^{\circ}\text{C}$  и состоящую, главным образом, из молекул пентана, гексана и гептана. Легкая лигроиновая фракция может быть использована для разбавления отработанных смазочных масел, нефтяного шлама и любых других нефтяных отходов в способе согласно вариантам осуществления в целях увеличения выхода бензина. Разбавление может быть осуществлено на всех стадиях переработки углеводородного сырья и его транспортировки, оно может упрощать отделение сырой нефти от суспендированных твердых веществ и воды, а также может сокращать энергетические расходы на нагревание в течение транспортировки. В этом заключается отличие от современной ситуации в нефтяной промышленности, когда только тяжелые фракции разбавляют легкими фракциями, и тяжелые фракции необходимо нагревать в течение транспортировки, чтобы предотвратить их затвердевание.

Если легкий углеводородный продукт, используемый для разбавления неочищенного углеводородного сырья, отбирают из вышеупомянутой легкой лигроиновой фракции, то процесс разбавления не предусматривает полную рециркуляцию. Напротив, только часть легкого углеводородного продукта, используемого для разбавления, постоянно возвращают из резервуара для хранения продуктов в вышеупомянутый нефтеводяной сепаратор. Согласно конкретному варианту осуществления часть получаемого легкого углеводородного продукта, который не представляет собой легкую лигроиновую фракцию (пен-

таны, гексаны или гептаны), направляют обратно в нефтеводяной сепаратор для разбавления неочищенного углеводородного сырья перед его введением в реакционный аппарат. Существует постоянное количество легкого углеводородного продукта, выделяемого после дистилляции из полного количества дистиллированного легкого углеводородного продукта. Его затем направляют обратно в нефтеводяной сепаратор для разбавления новой части углеводородного сырья. Это постоянное количество дистиллированного легкого углеводородного продукта фактически циркулирует между резервуаром для хранения продуктов и нефтеводяным сепаратором.

Способ согласно варианту осуществления для получения легкого углеводородного продукта следует осуществлять в условиях реакции, близких к адиабатическим. Это осуществляют для обеспечения нагревания реакционной смеси за счет тепла, высвобождаемого в ходе экзотермической реакции, происходящей в реакционном аппарате. По этой причине скорость реакции должна быть равной или превышающей скорость испарения образующихся легких углеводородов и их изомеров. Поскольку данный способ является одностадийным, легкий углеводородный продукт получают в реакционном аппарате и немедленно дистиллируют из реакционного аппарата в процессе протекания реакции. Как отмечено выше, образование ароматических углеводородов в течение реакции сопровождается способом согласно настоящему изобретению.

Как любой другой промышленный способ дистилляции, способ согласно варианту осуществления может быть осуществлен при атмосферном давлении, в вакууме или при повышенном давлении, с фракционированием или без фракционирования. Легкий углеводородный продукт, полученный с высоким выходом (составляющим более чем 75%), может быть далее направлен во фракционную дистилляционную колонну для его разделения на потребительские продукты, такие как легкие нефтяные газы, нефтя, лигроин, бензин, керосин и дизельное топливо, или направлен в другие промышленные процессы. Как упомянуто выше, в дистиллированном легком углеводородном продукте отсутствуют какие-либо тяжелые углеводороды, и он представляет собой единственный продукт способа согласно варианту осуществления. Его фракционирование происходит легко и быстро, и энергопотребление, очевидно, является ниже для одностадийного способа переработки, чем для многостадийных способов переработки, используемых в промышленности в настоящее время. Кроме того, как упомянуто выше, способ согласно варианту осуществления дополнительно предусматривает возвращение по меньшей мере части потока вышеупомянутого полученного углеводородного продукта в вышеупомянутый нефтеводяной сепаратор для целей разбавления.

### Примеры

Получение жидкой смеси жирных кислот.

Растворяли 1,2 г стеариновой кислоты в 25 мл эфирно-альдегидной фракции этанола, которая представляет собой смесь, содержащую от 94 до 98% этанола и от 2 до 6% простых эфиров, альдегидов, ди-ацетила, метанола, нитратов и сульфатов. Полученный раствор смешивали с 50 мл технической олеиновой кислоты, получая прозрачный раствор жидкой смеси. Техническая олеиновая кислота содержит следующие жирные кислоты (мас.%):

$C_{14}H_{28}O_2$	Миристиновая кислота	0,2-0,5%
$C_{16}H_{32}O_2$	Пальмитиновая кислота	4,0-6,5%
$C_{16}H_{30}O_2$	Пальмитолеиновая кислота	0,2-0,5%
$C_{18}H_{36}O_2$	Стеариновая кислота	1,0-3,5%
$C_{18}H_{34}O_2$	Олеиновая кислота	50,0-68,0%
$C_{18}H_{32}O_2$	Линолеиновая кислота	17,0-20,0%
$C_{18}H_{30}O_2$	Линоленовая кислота	1,0-3,0%
$C_{20}H_{40}O_2$	Арахидиновая кислота	0,3-0,7%
$C_{20}H_{38}O_2$	Гадолеиновая кислота	1,5-3,5%
$C_{22}H_{42}O_2$	Эруковая кислота	4,5-14,0%

Полученная жидкая смесь жирных кислот может быть введена в исходное углеводородное сырье любого типа, включая смазочные масла, тяжелые нефтяные фракции, остатки, битум или гудрон. Перед реакцией указанные фракции могут быть разбавлены, промыты и обессолены при температуре окружающей среды.

Получение твердой смеси комплексов жирных кислот с металлами.

Полученную ранее жидкую смесь жирных кислот добавляли в углеводородное сырье, получая приблизительно от 0,5 до 1,0 мас.% смеси, а затем осуществляли реакцию низкотемпературного крекинга до тех пор, пока в реакционном аппарате не оставался только твердый продукт с небольшим количеством тяжелых неиспарившихся углеводородов и других примесей. Этот твердый продукт промывали бензином и керосином для удаления тяжелых неиспарившихся углеводородов и других примесей. Полученный твердый продукт измельчали, перемешивали, повторно промывали и активировали простоэфир-

но-альдегидной фракцией этанола. Полученный высушенный продукт представляет собой твердую смесь жирных кислот, образующих комплексы с металлами. Он может быть введен непосредственно в жидкий раствор, подвергаемый крекингу, или помещен в дистилляционную колонну для введения в контакт с дистиллированной жидкой фазой.

Получение углеводородного сырья для низкотемпературного процесса.

Обычно углеводородное сырье, получаемое на нефтеперерабатывающем заводе, уже является предварительно обработанным посредством удаления суспендированных твердых веществ и содержит менее чем 0,5 мас.% воды.

Однако для отработанного смазочного масла, тяжелой сырой нефти, нефтяного шлама и мазута требуется специальная предварительная обработка. Отработанное смазочное масло разбавляли легким углеводородным продуктом согласно варианту осуществления настоящего изобретения, получая раствор смазочного масла, имеющий плотность в диапазоне от 0,82 до 0,84 г/см<sup>3</sup>. Полученный раствор фильтровали и выдерживали в течение ночи в нефтеводяном сепараторе, чтобы разделить масляную и водную фазы. Отделенное масло, также содержащее менее чем 0,5 мас.% воды, переносили из сепаратора в вышеупомянутый реакционный аппарат.

Тяжелую сырую нефть, нефтяной шлам и мазут смешивали, получая суспензию, а затем осуществляли разбавление вышеупомянутой суспензии легким углеводородным продуктом согласно варианту осуществления, чтобы плотность вышеупомянутой разбавленной суспензии находилась в диапазоне от 0,82 до 0,84 г/см<sup>3</sup>. Разбавленную суспензию фильтровали и выдерживали в течение ночи в нефтеводяном сепараторе для осаждения суспендированных твердых веществ и разделения масляной и водной фаз. Отделенную масляную фазу, содержащую менее чем 0,5 мас.% воды, перемещали из сепаратора в вышеупомянутый реакционный аппарат.

Фактическая причина вышеупомянутой предварительной обработки углеводородного сырья представляет собой удаление воды, полное содержание которой в реакционной смеси не должно превышать 0,5 мас.%. Такая же настоятельная проблема существует в отношении неотфильтрованных твердых частиц или суспендированных твердых веществ, которые должны быть удалены перед иницированием процесса крекинга.

Низкотемпературный процесс с жидкой смесью жирных кислот.

В лабораторный стакан объемом 250 мл помещали 100 мл углеводородного сырья, а затем добавляли приблизительно от 0,5 до 1,0 об.% жидкой смеси жирных кислот. Этот раствор переносили в колбу Вюрца объемом 250 мл, снабженную холодильником Либиха и термометром. Мерный цилиндр помещали у конца холодильника Либиха, чтобы собирать дистиллированную жидкость. Колбу Вюрца, содержащую раствор исходного сырья с жирными кислотами, слабо нагревали с помощью масляной бани до появления первой капли сконденсированной жидкости в мерном цилиндре. После прекращения капания сконденсированной жидкости в мерный цилиндр нагревание усиливали, увеличивая температуру кипящей жидкости в колбе Вюрца. Этот цикл повторяли несколько раз. Процесс замедлялся, когда выход легкого углеводородного продукта реакции достигал 78-82%.

После дистилляции почти всей жидкости (93-95%) из колбы Вюрца в мерный цилиндр процесс прекращался. Сконденсированная жидкость в мерном цилиндре представляла собой легкий углеводородный продукт реакции крекинга. Выход продукта реакции вычисляли на основании измеренного объема этой жидкости. В приведенной ниже таблице представлен выход легкого углеводородного продукта при различных температурах кипения для смеси, содержащей 1% жирных кислот:

%	°C
10	90
20	170
30	240
40	230
50	275
60	240
70	240
80	245
86	205

В диапазоне от 40 до 45°C в колбе наблюдали некоторое выделение пузырьков с увеличением объема реакционной смеси на 10-15%, но фактическое кипение начиналось при 55°C. Процесс крекинга был устойчивым и равномерным в диапазоне от 48 до 77% дистиллированной жидкости и не требовал какого-либо регулирования температуры. Температура нагревания увеличивалась при дистилляции 23, 48 и 77% жидкости.

Низкотемпературный процесс с твердой смесью комплексов жирных кислот с металлами.

В лабораторный стакан объемом 250 мл помещали 100 мл углеводородного сырья, а затем добавля-

ли от 2 до 3 г твердой смеси комплексов жирных кислот с металлами. Затем выполняли такую же процедуру, как описано выше для жидкой смеси жирных кислот, и получали такие же результаты.

Лабораторные эксперименты - дистилляция с добавлением реагента-катализатора.

Ниже представлены результаты исследований, осуществленных в аккредитованной исследовательской лаборатории "West-Inos" (Львов, Украина). Условия различных исследований соответствовали требованиям нормативных документов для исследовательского и родственного лабораторного оборудования. Дистилляцию предоставленных образцов нефти осуществляли согласно ГОСТ 11011-85.

Измеренная плотность образца сырой нефти при температуре 20°C (ГОСТ 3900) составляла 856,2 кг/м<sup>3</sup>, в то время как измеренная плотность такой же сырой нефти при температуре 15°C (ГОСТ 31072) составляла 859,5 кг/м<sup>3</sup>.

Масса образца сырой нефти составляла 2800 г. Количество реагента-катализатора, введенного в перегонный куб, составляло 33 мл (1% в расчете на объем сырой нефти). Реагент-катализатор и сырую нефть не перемешивали. Результаты дистилляции сырой нефти с реагентом-катализатором представлены в табл. 1.

Таблица 1

Партия	Масса выбранной фракции, г	Температура, °С		Масса, % по отношению к сырой нефти	Фракция
		Куб	Пары		
1	35,4*	Вплоть до 250	Вплоть до 190	18,34	Бензин
2	270,5				
3	207,5				
4	346,5	250-303	190-250	12,38 (30,72)	Образец 1 (керосин)
5	435,5	303-343	250-285	15,56 (46,28)	Образец 2 (дизельное топливо)
6	506,0	345-363	285-305	18,07 (64,35)	Образец 3 (дизельное топливо)
7	652,0	365-367	305-313	23,29 (87,64)	Образец 4 (дизельное топливо)
8	34,2**	367		1,22 (88,86)	
Итого	2487,6				

\*Фракция с температурой кипения вплоть до 48°C, включенная в полный выход легких фракций, но исключенная из дальнейших исследований.

\*\*Фракция в начале термического разложения, включенная в полный выход легких фракций, но исключенная из состава исследованного дизельного топлива.

Как видно в табл. 1, полный выход легких фракций составлял 88,86%, включая следующие легкие углеводородные продукты: бензин (автомобильное топливо) 18,34 мас.%, керосин 12,38 мас.% и дизельное топливо 58,14 мас.%. Остаток в перегонном кубе составлял 230 г (8,21 мас.%), и потеря массы составляла лишь 82 г (2,93 мас.%).

После дистилляции получали один образец бензина, один образец керосина и три образца дизельного топлива, для которых определяли октановое число (бензин, керосин) и цетановое число (дизельное топливо). Результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2

Физико-химический параметр		Фактическое значение	Метод анализа
Цетановое число	Образец 1 (керосин)	52,0	Экспресс-метод
	Образец 2 (дизельное топливо)	46,6	
	Образец 3 (дизельное топливо)	42,7	
	Образец 4 (дизельное топливо)	41,7	
Детонационная стойкость (бензин)	Исследовательское октановое число (RON)	93,9	Экспресс-метод
	Моторное октановое число (MON)	85,4	

Кроме того, образцы 2-4 (дизельное топливо) объединяли в один образец. Этот объединенный образец далее дистиллировали, получая две фракции: фракцию легкого дизельного топлива с температурой кипения вплоть до 300°C (температура пара), которую дополнительно очищали с помощью силикагеля, и фракцию тяжелого дизельного топлива с температурой кипения выше 300°C (температура пара). Указанные две фракции направляли на исследование. Очистку образцов бензина и керосина также осуществляли с помощью силикагеля в лаборатории "West-Inos".

Получали четыре образца: бензин, керосин, дизельное топливо и масла. Соответствующие результаты исследования представлены ниже в табл. 3-6.

Таблица 3

Бензин (автомобильное топливо)			
Партия	Физико-химический параметр	Фактическое значение	
1	Плотность при температуре 15°C, кг/м <sup>3</sup>	749,2	ГОСТ 31072
2	Фракционный состав: - температура начала кипения, °C - температура дистилляции 5%, °C - температура дистилляции 10%, °C - температура дистилляции 20%, °C - температура дистилляции 30%, °C - температура дистилляции 40%, °C - температура дистилляции 50%, °C - температура дистилляции 60%, °C - температура дистилляции 70%, °C - температура дистилляции 80%, °C - температура дистилляции 90%, °C - температура дистилляции 95%, °C - доля дистилляции до 70°C, % - доля дистилляции до 100°C, %	63 89 97 106 114 122 131 140 149 159 170 179 1,0 13,0	ГОСТ 2177 (метод А)
	- доля дистилляции до 150°C, % - температура окончания кипения, °C - остаток в колбе, %	71,0 196 1,0	
3	Детонационная стойкость: Исследовательское октановое число (RON) Моторное октановое число (MON)	93,8 85,3	Экспресс-метод
4	Содержание серы, мас.%	0,0158	ГСТУ ISO 20847
5	Внешний вид: прозрачная легкая жидкость светло-желтого оттенка без суспендированных твердых веществ и воды		ГСТУ 7687, параграф 9.4
6	Объемная доля ароматических углеводородов, %	10,51	ГОСТ 29040
7	Объемная доля бензола, %	0,56	ГСТУ EN 12177
8	Массовая доля кислорода, %	0,5	ГСТУ EN 13132
9	Объемная доля кислородсодержащих соединений, %: - метанол - топливный этанол - изопропанол - изобутанол - трет-бутанол - сложные эфиры (C5 и выше) - другие кислородсодержащие соединения с температурой кипения не выше 210°C	<0,17 0,2 1,26 0 0 0,1 <0,17	ГСТУ EN 13132

Таблица 4

Керосин			
Партия	Физико-химический параметр	Фактическое значение	
1	Детонационная стойкость: Исследовательское октановое число (RON) Моторное октановое число (MON)	94,0 85,3	Экспресс-метод

Таблица 5

Дизельное топливо			
Партия	Физико-химический параметр	Фактическое значение	
1	Плотность при температуре 15°C, кг/м <sup>3</sup>	826,0	ГОСТ 31072
2	Фракционный состав: - температура начала кипения, °C - температура дистилляции 5%, °C - температура дистилляции 10%, °C	106 156 194	ГОСТ 2177 (метод А)

	- температура дистилляции 20%, °C	236	
	- температура дистилляции 30%, °C	260	
	- температура дистилляции 40%, °C	275	
	- температура дистилляции 50%, °C	286	
	- температура дистилляции 60%, °C	298	
	- температура дистилляции 70%, °C	308	
	- температура дистилляции 80%, °C	318	
	- температура дистилляции 90%, °C	344	
	- доля дистилляции до 250°C, %	26,0	
	- доля дистилляции до 350°C, %	91,0	
	- температура дистилляции 95%, °C	360	
	- температура окончания кипения, °C	367	
	- остаток в колбе, %	2,0	
3	Температура воспламенения в закрытой чашке, °C	30	ГОСТ 6356
4	Кинематическая вязкость при 40°C, мм <sup>2</sup> /с	2,69	ГОСТ 33
5	Температура блокады холодного фильтра, °C	2	ГСТУ EN 116
6	Зольность, мас.%	0,01	ГОСТ 1461
7	Цетановое число	47,7	Экспресс-метод
8	Содержание серы, мас.%	0,517	ГСТУ ISO 20847

Таблица 6

Нефть			
Партия	Физико-химический параметр	Фактическое значение	
1	Кинематическая вязкость при 40°C, мм <sup>2</sup> /с	8,95	ГОСТ 33
2	Кинематическая вязкость при 100°C, мм <sup>2</sup> /с	2,69	ГОСТ 33
3	Температура текучести, °C	20	ГОСТ 20287
4	Температура воспламенения в открытой чашке, °C	132	ГОСТ 4333
5	Содержание серы, мас.%	0,625	ГСТУ ISO 20847

В табл. 7 представлены результаты дистилляции легкой лигроиновой фракции по сравнению с гексаном и гептаном. Эксперимент осуществляли следующим образом. В 120 мл н-гексана добавляли 1 мл реагента-катализатора и смесь нагревали и дистиллировали в колбе Вюрца. Получали 110 мл образца дистиллята "G".

В отдельном эксперименте 120 мл н-гексана и 1 мл реагента-катализатора добавляли в предварительно обработанный нефтяной шлам. Предварительная обработка включала удаление суспендированных твердых веществ и воды (см. приведенный выше протокол предварительной обработки нефтяного шлама). Кроме того, удаляли легкие углеводороды (с температурой кипения ниже 25°C). Предварительно обработанный нефтяной шлам дистиллировали в колбе Вюрца. Полученный образец дистиллята обозначен как "G.Sys." в табл. 7.

В третьем эксперименте 120 мл н-гептана и 1 мл реагента-катализатора добавляли в нефтяной шлам, предварительно обработанный, как описано выше, и затем дистиллировали в колбе Вюрца. Полученный образец дистиллята обозначен как "H" в табл. 7.

Таблица 7

Детонационная стойкость			Фактическое значение	Метод анализа
Гексан	G	Исследовательское октановое число (RON)	75,0	Экспресс-метод
		Моторное октановое число (MON)	74,8	
	G.Sys.	Исследовательское октановое число (RON)	79,3	
		Моторное октановое число (MON)	77,8	
Гептан	H	Исследовательское октановое число (RON)	85,1	
		Моторное октановое число (MON)	81,5	

В табл. 8 кратко представлены все вышеупомянутые результаты.

Таблица 8

		RON	MON	Цетановое число
1	<b>Бензин:</b> - дистилляция без реагента-катализатора - дистилляция с реагентом-катализатором	41-56 93,9	43-58 85,4	- -
2	<b>Керосин:</b> - дистилляция без реагента-катализатора - дистилляция с реагентом-катализатором	30 94	- 85,3	40 52
3	<b>Дизельное топливо:</b> - дистилляция без реагента-катализатора - дистилляция с реагентом-катализатором	- -	- -	45-55 47,7
4	<b>n-Гексан:</b> - дистилляция без реагента-катализатора - дистилляция с реагентом-катализатором	24-26 79,3	- 77,8	- -
5	<b>n-Гептан:</b> - дистилляция без реагента-катализатора - дистилляция с реагентом-катализатором	0 85,1	- 81,5	- -

Хотя определенные признаки проиллюстрированы и описаны в настоящем документе, для обычных специалистов в данной области техники являются очевидными многочисленные модификации, замещения, изменения и эквиваленты. Таким образом, следует понимать, что прилагаемая формула изобретения предназначена для распространения на все такие модификации и изменения, которые соответствуют действительной идее настоящего изобретения.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Одностадийный комбинированный способ получения легкого углеводородного продукта из нефракционированного или фракционированного углеводородного сырья, причем вышеупомянутый способ сочетает дистилляцию, изомеризацию и крекинг вышеупомянутого нефракционированного или фракционированного углеводородного сырья, в одной стадии, и отличается тем, что:

(а) вышеупомянутая стадия включает нагревание вышеупомянутого углеводородного сырья в реакционном аппарате с реагентом-катализатором, при этом температура пара образующегося вышеупомянутого легкого углеводородного продукта не превышает 360°C;

(b) выход вышеупомянутого легкого углеводородного продукта составляет по меньшей мере 60%, и он не содержит тяжелые углеводородные продукты;

(с) вышеупомянутый способ сопровождается образованием ароматических углеводородов;

(d) вышеупомянутый реагент-катализатор является:

(1) жидкой смесью стеариновой кислоты, растворенной в эфирно-альдегидной фракции этанола и затем смешанной с технической олеиновой кислотой; или

(2) твердым остатком, который остается в реакционном аппарате после окончания вышеупомянутого процесса и затем активизируется промывкой эфирно-альдегидной фракцией этанола,

где вышеупомянутая эфирно-альдегидная фракция этанола содержит 94-98% этанола и 2-6% эфиров, альдегидов, диацетила, метанола, нитратов и сульфатов.

2. Способ по п.1, в котором вышеупомянутое углеводородное сырье выбирают из природного газового конденсата, сырой нефти, остатков атмосферной или вакуумной перегонки нефти, деасфальтизированных масел, полученных из вышеупомянутой сырой нефти и вышеупомянутых остатков атмосферной или вакуумной перегонки нефти, сланцевой нефти, нефтеносных песков, отработанных смазочных масел, нефтяного шлама и других нефтяных отходов или их смеси.

3. Способ по п.1, в котором вышеупомянутый легкий углеводородный продукт содержит легкие нефтяные газы, нефту, лигроин, бензин (автомобильное топливо) для моторов и турбинное топливо, керосин, дизельное топливо (топливное масло) и легкое масло.

4. Способ по п.1, в котором вышеупомянутые тяжелые углеводородные продукты представляют собой углеводороды, содержащие более 25 атомов углерода.

5. Способ по п.1, в котором вышеупомянутое углеводородное сырье непрерывно подают в реакционный аппарат вместе с вышеупомянутым реагентом-катализатором.

6. Способ по п.1, в котором вышеупомянутые полученные легкие углеводородные продукты непрерывно дистиллируют из реакционного аппарата и затем собирают в резервуаре для хранения продуктов.

7. Способ по п.1, в котором вышеупомянутые полученные легкие углеводородные продукты под-

вергают фракционной дистилляции из реакционного аппарата и затем собирают в резервуарах для хранения продуктов.

8. Способ по п.1, в котором вышеупомянутое углеводородное сырье предварительно обрабатывают перед его подачей в реакционный аппарат для удаления воды, водорастворимых солей и взвешенных твердых частиц из вышеупомянутого углеводородного сырья.

9. Способ по п.8, в котором вышеупомянутое углеводородное сырье сначала направляют в нефтewодяной сепаратор для отделения больших количеств масел от отработанной воды и взвешенных твердых частиц, присутствующих в стоках отработанной воды нефтеперерабатывающих заводов и разнообразных установок или в отработанных смазочных маслах, нефтяном шламе и других нефтяных отходах.

10. Способ по п.1, причем перед вышеупомянутым способом вышеупомянутое углеводородное сырье разбавляют частью легкого углеводородного продукта для получения углеводородного сырья, имеющего плотность ниже 0,82-0,84 г/см<sup>3</sup>.

11. Способ по п.10, в котором вышеупомянутое разбавление осуществляют непрерывно в ходе вышеупомянутого способа или во время транспортировки углеводородного сырья.

12. Способ по п.10, в котором вышеупомянутую часть легкого углеводородного продукта, используемого для разбавления углеводородного сырья, отбирают из легкой лигроиновой фракции, имеющей температурный диапазон кипения от 40 до 105°C.

13. Способ по п.1, в котором вышеупомянутое нагревание вышеупомянутого углеводородного сырья в реакционном аппарате осуществляют при атмосферном давлении.

14. Способ по п.1, в котором вышеупомянутое нагревание вышеупомянутого углеводородного сырья в реакционном аппарате осуществляют при повышенном давлении или в вакууме.

15. Способ по п.1, причем вышеупомянутый способ является непрерывным или полупериодическим.

