

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **034461**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента
2020.02.11

(21) Номер заявки
201691704

(22) Дата подачи заявки
2014.12.23

(51) Int. Cl. **C10G 9/36** (2006.01)
C10G 69/06 (2006.01)
C10G 65/10 (2006.01)

(54) **ИНТЕГРИРОВАННЫЙ СПОСОБ ГИДРОКРЕКИНГА**

(31) **14156638.0**

(32) **2014.02.25**

(33) **EP**

(43) **2017.02.28**

(86) **PCT/EP2014/079242**

(87) **WO 2015/128046 2015.09.03**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**САУДИ БЕЙСИК ИНДАСТРИЗ
КОРПОРЕЙШН (SA); САБИК
ГЛОУБЛ ТЕКНОЛОДЖИЗ Б.В. (NL)**

(72) Изобретатель:
Опринс Арно Йоханнес Мария (NL)

(74) Представитель:
Воль О.И., Фелицына С.Б. (RU)

(56) **US-A1-2013248417
US-A-4137147
US-A1-2007062848
US-A-3839484**

(57) Изобретение относится к интегрированному способу гидрокрекинга для получения олефиновых и ароматических продуктов нефтехимического синтеза из углеводородного исходного сырья, содержащего сырую нефть. Одна цель изобретения заключается в предложении интегрированного способа гидрокрекинга для получения олефиновых и ароматических продуктов нефтехимического синтеза из углеводородного исходного сырья, содержащего сырую нефть, где значительно увеличивают часть сырой нефти, превращенной в газ СНГ.

B1

034461

034461

B1

Настоящее изобретение относится к интегрированному способу гидрокрекинга и парового пиролиза для получения олефиновых и ароматических нефтепродуктов из углеводородного исходного сырья, содержащего сырую нефть.

Такой способ известен из патентной заявки США № 2013/248417. В данной патентной заявке США № 2013/248417 раскрывается интегрированный способ прямой переработки сырой нефти, где сырую нефть и рециркуляционный продукт суспензионного способа загружают в зону гидропереработки, функционирующую в условиях, эффективных для получения отходящего продукта, подвергнутого гидропереработке. Отходящий продукт, подвергнутый гидропереработке, подвергают термическому крекингу в присутствии водяного пара для получения потока смешанного продукта. Остаточную жидкую фракцию, извлеченную по ходу технологического потока до установки термического крекинга или между стадиями конвекции и пиролиза операции парового крекинга, подвергают термическому крекингу в зоне суспензионной гидропереработки для получения суспензионного промежуточного продукта. Водород из потока смешанного продукта очищают и отправляют на рециркуляцию в зону гидропереработки, а из отделенного потока смешанного продукта извлекают олефины, ароматические соединения и пиролизное топливное масло. Отбрасываемые остатки или данные остатки из зоны гидропереработки облагораживают в зоне суспензионной гидропереработки в присутствии водорода для получения суспензионного промежуточного продукта, в том числе средних дистиллятов. Суспензионный промежуточный продукт только отправляют на рециркуляцию и перемешивают с подвергнутым гидрообработке отходящим продуктом из реактора перед проведением переработки в зоне парового пиролиза для превращения.

В способе, соответствующем патентной заявке США № 2013/248417, сырую нефть подвергают гидрокрекингу в целях получения жидкого углеводородного подаваемого потока для проведения последующей переработки при использовании парового крекинга. Паровой крекинг тяжелых жидких подаваемых потоков в результате приводит к получению относительно неудовлетворительных продуктов установки крекинга, включая относительно небольшое количество высокоценных химических реагентов. Это отчасти компенсируют в результате направления некоторых из данных тяжелых углеводородов совместно с наиболее тяжелым отходящим продуктом из зоны первого гидрокрекинга в зону суспензионной гидропереработки, где данное тяжелое вещество подвергают дальнейшему крекингу для получения жидкого углеводородного подаваемого потока для установки парового крекинга (возможно требующего сначала проведения насыщения).

Патент США № 4137147 относится к способу производства этилена и пропилена из загрузки, характеризующейся температурой перегонки, меньшей чем приблизительно 360°C , и включающей, по меньшей мере, нормальные парафины и изопарафины, содержащие по меньшей мере 4 атома углерода при расчете на одну молекулу, где (a) упомянутую загрузку подвергают воздействию реакции гидрогенолиза в зоне гидрогенолиза в присутствии катализатора, (b) отходящий продукт реакции гидрогенолиза подают в зону разделения, из которой выпускают (i) из верха метан и возможно водород, (ii) фракцию, состоящую, по существу, из углеводородов, содержащих 2 и 3 атома углерода при расчете на одну молекулу, и (iii) из низа фракцию, состоящую, по существу, из углеводородов, содержащих по меньшей мере 4 атома углерода при расчете на одну молекулу, (c) только упомянутую фракцию, состоящую, по существу, из углеводородов, содержащих 2 и 3 атома углерода при расчете на одну молекулу, подают в зону парового крекинга в присутствии водяного пара для преобразования по меньшей мере части углеводородов, содержащих 2 и 3 атома углерода при расчете на одну молекулу, в моноолефиновые углеводороды; упомянутую фракцию, состоящую, по существу, из углеводородов, содержащих по меньшей мере 4 атома углерода при расчете на одну молекулу, и полученную из низа упомянутой зоны разделения, подают в зону второго гидрогенолиза, где ее подвергают обработке в присутствии катализатора, отходящий продукт из зоны второго гидрогенолиза подают в зону разделения для выпуска, с одной стороны, углеводородов, содержащих по меньшей мере 4 атома углерода при расчете на одну молекулу, которые отправляют на рециркуляцию, по меньшей мере, частично в упомянутую зону второго гидрогенолиза, а, с другой стороны, фракции, состоящей, по существу, из смеси из водорода, метана и насыщенных углеводородов, содержащих 2 и 3 атома углерода при расчете на одну молекулу; поток водорода и поток метана отделяют от упомянутой смеси и в упомянутую зону парового крекинга подают углеводороды упомянутой смеси, содержащие 2 и 3 атома углерода, совместно с упомянутой фракцией, состоящей, по существу, из углеводородов, содержащих 2 и 3 атома углерода при расчете на одну молекулу, и извлеченной из упомянутой зоны разделения со следующей далее зоной первого гидрогенолиза. На выпускном отверстии из зоны парового крекинга, таким образом, получают в дополнение к потоку метана и водорода и потоку парафиновых углеводородов, содержащих 2 и 3 атома углерода при расчете на одну молекулу, олефины, содержащие 2 и 3 атома углерода при расчете на одну молекулу, и продукты, содержащие по меньшей мере 4 атома углерода при расчете на одну молекулу. В соответствии с данным документом поток нижнего продукта из зоны первого гидрогенолиза направляют в зону второго гидрогенолиза.

Патент США № 3842138 относится к способу термического крекинга углеводородного исходного сырья для превращения его в более низкомолекулярные продукты, содержащие большие доли олефинов, включающему осуществление упомянутого способа в нагретом реакторе при давлениях, больших, чем атмосферное, в диапазоне от приблизительно 10 до приблизительно 70 бар, регистрируемых на выпуск-

ном отверстию из реактора, в присутствии водорода при температурах на выпускном отверстии из реактора в диапазоне от более чем приблизительно 625 до приблизительно 1100°C и при времени пребывания в секции проведения реакции в диапазоне от менее чем приблизительно 0,5 до приблизительно 0,005 с. В рабочих условиях молярные соотношения между этиленом и этаном и между пропиленом и пропаном варьируются в диапазоне от 0,3 до 2 для первого из них и от 1 до 8 для второго. При термическом гидрокрекинге температуры являются существенно большими, чем в каталитических способах, и в таких пиролитических условиях превращение загрузки в газообразные продукты является более значительным и может быть практически полным, по меньшей мере, для парафиновых углеводородов. Для ароматических соединений вследствие более стабильной структуры ядер задействуются только боковые цепи, которые подвергают более или менее интенсивному деалкилированию в соответствии с жесткостью рабочих условий.

Патентная заявка США № 2006/287561 относится к способу увеличения выработки C₂-C₄ легких олефиновых углеводородов в результате интегрирования способа получения ароматической углеводородной смеси и сжиженного нефтяного газа (СНГ) из углеводородной смеси и способа получения углеводородного исходного сырья, которое способно использоваться в качестве исходного сырья в первом способе.

Патент США № 3839484 относится к способу получения ненасыщенных углеводородов в результате пиролиза лигроинов, кипящих в диапазоне приблизительно от 80 до 450°F (от 26,7 до 232,2°C), в пиролизной печи, включающему гидрокрекинг упомянутых лигроинов для получения смеси из парафинов и изопарафинов и пиролиз получающейся в результате смеси из парафинов и изопарафинов в пиролизной печи.

Патентная заявка США № 2007/062848 относится к способу гидрокрекинга подаваемого потока, содержащего не менее чем 20 мас.% одного или нескольких ароматических соединений, содержащих по меньшей мере два конденсированных ароматических кольца, где данные соединения являются незамещенными или замещенными C₁-алкильными радикалами в количестве вплоть до двух, для получения потока продукта, содержащего не менее чем 35 мас.% смеси из C₂-C₄-алканов. В соответствии с патентной заявкой США № 2007/062848 битум из нефтеносных песков подают в обычную установку перегонки, а поток лигроина из установки перегонки подают в установку гидрообработки лигроина. Поток газообразного верхнего продукта является потоком легкого газа/легкого парафина, и его подают в установку крекинга углеводородов. Поток дизельного топлива из установки перегонки подают в установку гидрообработки дизельного топлива, а поток газойля из установки перегонки подают в установку вакуумной перегонки, где поток вакуумного газойля подают из установки вакуумной перегонки в установку гидрообработки газойля. Поток легкого газа из установки гидрообработки газойля подают в установку крекинга углеводородов. Подвергнутый гидрообработке вакуумный газойль из установки гидрообработки вакуумного газойля подают в установку каталитического крекинга. Поток нижнего продукта из установки вакуумной перегонки представляет собой вакуумный (тяжелый) остаток, который отправляют в установку замедленного коксования, производящую несколько потоков, таких как поток лигроина, отправляемый в установку гидрообработки лигроина, поток дизельного топлива отправляют в установку гидрообработки дизельного топлива для получения подвергнутого гидрообработке дизельного топлива, а поток газойля подают в установку гидрообработки вакуумного газойля, что в результате приводит к получению потока подвергнутого гидрообработке газойля, который подают в установку каталитического крекинга.

Один аспект такого интегрированного способа заключается в том, что на рециркуляцию через установку парового крекинга отправляют значительные количества более тяжелых компонентов парового крекинга, что, в конечном счете, в результате приводит к получению увеличенных размера оборудования и потребности в энергии.

Еще один аспект заключается в том, что, кроме того, паровой крекинг жидких подаваемых потоков (и газа СНГ, за исключением этана) в результате приводит к получению значительных количеств метана, получаемого для использования в качестве топлива в печах парового крекинга. Это означает, что некоторое количество более ценной сырой нефти ухудшается по качеству до метанового топливного показателя. В дополнение к атомам углерода, представляющим данную утрату эффективности, кроме того, также имеет место и большая потеря водорода вследствие данного метана. В результате к сырой нефти требуется добавлять больше водорода, чем необходимо, что делает совокупные балансы по водороду менее благоприятными.

Еще один аспект интегрированного способа заключается в том, что любой газ СНГ, полученный на стадиях переработки при гидрокрекинге, отправляют сначала в компрессор и последующую секцию разделения установки парового крекинга. Эффект от этого заключается в увеличении размера и энергии, затрачиваемой при данных разделениях, находящихся ниже по ходу технологического потока, поскольку желательные продукты парового крекинга разбавляют сначала данным газом СНГ (т.е. добавление этана к этилену и пропану к пропиленовому продукту для разделения еще раз).

Одна цель настоящей изобретения заключается в создании интегрированного способа гидрокрекинга для получения олефиновых и ароматических нефтепродуктов из углеводородного исходного сырья, содержащего сырую нефть, в котором вышеупомянутые проблемы были бы устранены.

Еще одна цель настоящего изобретения заключается в создании интегрированного способа гидрокрекинга для получения олефиновых и ароматических нефтепродуктов из углеводородного исходного сырья, содержащего сырую нефть, где значительно увеличивают часть сырой нефти, превращенной в газ СНГ.

Еще одна цель настоящего изобретения заключается в создании интегрированного способа гидрокрекинга для получения олефиновых и ароматических нефтепродуктов из углеводородного исходного сырья, содержащего сырую нефть, где эффективность и селективность стадии гидрокрекинга регулируют жесткостью условий.

Таким образом, настоящее изобретение относится к интегрированному способу гидрокрекинга для получения олефиновых и ароматических нефтепродуктов из углеводородного исходного сырья, содержащего сырую нефть, при этом способ включает

обработку исходного сырья, содержащего сырую нефть и остаточный жидкий продукт, в зоне первого гидрокрекинга в присутствии водорода в условиях, эффективных для получения первого отходящего продукта, характеризующегося увеличенным уровнем содержания водорода;

разделение первого отходящего продукта на поток, содержащий газ СНГ, и жидкофазный поток;

разделение упомянутого потока, содержащего газ СНГ, на один или несколько потоков, выбираемых из группы, включающей поток, содержащий водород, поток, содержащий метан, поток, содержащий этан, поток, содержащий бутаны, поток, содержащий пропан, поток, содержащий C_1 -минус, поток, содержащий C_3 -минус, поток, содержащий C_1-C_2 , поток, содержащий C_3-C_4 , поток, содержащий C_2-C_3 , поток, содержащий C_1-C_3 , поток, содержащий C_1-C_4 , поток, содержащий C_2-C_4 , поток, содержащий C_2 -минус, поток, содержащий C_4 -минус;

дальнейшую переработку одного или нескольких таким образом полученных потоков в установке парового крекинга и по меньшей мере одной установке, выбираемой из группы, включающей установку дегидрирования бутанов, установку дегидрирования пропана, установку комбинированного дегидрирования пропана-бутанов или комбинацию из их установок, для получения потока(ов) смешанного продукта;

подачу потока(ов) смешанного продукта из упомянутых установки парового крекинга и по меньшей мере одной установки, выбираемой из группы, включающей установку дегидрирования бутанов, установку дегидрирования пропана и установку комбинированного дегидрирования пропана-бутанов или комбинацию из их установок, в секцию второго разделения;

термический крекинг жидкофазного потока в зоне гидрокрекинга остатков для получения суспензионного промежуточного продукта;

разделение потока(ов) смешанного продукта.

В соответствии с настоящим изобретением поток, содержащий газ СНГ, разделяют на один или несколько потоков, выбираемых из группы, включающей поток, содержащий водород, поток, содержащий метан, поток, содержащий этан, поток, содержащий бутаны, поток, содержащий пропан, поток, содержащий C_1 -минус, поток, содержащий C_3 -минус, поток, содержащий C_1-C_2 , поток, содержащий C_3-C_4 , поток, содержащий C_2-C_3 , поток, содержащий C_1-C_3 , поток, содержащий C_1-C_4 , поток, содержащий C_2-C_4 , поток, содержащий C_2 -минус, поток, содержащий C_4 -минус, при использовании любой надлежащей технологии разделения, где предпочтительно подавать по меньшей мере один поток, выбираемый из группы, включающей поток, содержащий этан, поток, содержащий C_1-C_2 , и поток, содержащий C_2 -минус, в установку парового крекинга. Это означает, что никакие более тяжелые компоненты парового крекинга не отправляют на рециркуляцию через установку парового крекинга, что, в конечном счете, в результате приводит к получению уменьшенных размера оборудования и потребности в энергии. Могут быть использованы альтернативные схемы разделения, что в результате приводит к получению объединенного потока пропана/бутанов, возможно также разбавленного метаном и/или этаном, или потока пропана, возможно разбавленного метаном и/или этаном.

Следует обратить внимание на то, что термин "поток" относится к потоку, образованному в настоящем способе, т.е. данные потоки не поступают "извне".

Таким образом, настоящий способ фокусируется на оптимизации получения потоков, содержащих газ СНГ, где данные потоки, содержащие газ СНГ, идентифицируют как исходное сырье, исключительно хорошо подходящее для использования в способах парового пиролиза и/или способах дегидрирования при получении олефиновых и ароматических продуктов нефтехимического синтеза.

Как это упоминалось выше, поток, содержащий этан, и/или поток, содержащий C_1-C_2 , и/или поток, содержащий C_2 -минус, предпочтительно подают в установку газового парового крекинга, а потоки, содержащие пропан и бутан, предпочтительно подают в установки дегидрирования. Данный маршрут переработки в результате приводит к достижению намного большей эффективности по углероду, а также обеспечивает получение количеств водорода, требуемых для гидрокрекинга при высокой степени превращения на всем пути до газа СНГ. Поток тяжелого вещества непрерывно отправляют в качестве подаваемого потока для зоны суспензионного гидрокрекинга.

Таким образом, настоящий способ включает комбинацию из установки парового крекинга и по меньшей мере одной установки, выбираемой из группы, включающей установку дегидрирования бута-

нов, установку дегидрирования пропана, установку комбинированного дегидрирования пропана-бутанов или комбинацию из их установок, для получения потока смешанного продукта. Данная комбинация из установок обеспечивает получение высокого выхода желательных продуктов, а именно, олефиновых и ароматических продуктов нефтехимического синтеза, где значительно увеличивается часть сырой нефти, превращенной в газ СНГ.

В соответствии с одним предпочтительным вариантом осуществления поток, содержащий газ СНГ, разделяют на один или несколько потоков, где поток, содержащий водород, предпочтительно используют в качестве источника водорода для целей гидрокрекинга, поток, содержащий метан, предпочтительно используют в качестве источника топлива, поток, содержащий этан, предпочтительно используют в качестве подаваемого потока для установки парового крекинга, поток, содержащий пропан, предпочтительно используют в качестве подаваемого потока для установки дегидрирования пропана, поток, содержащий бутаны, предпочтительно используют в качестве подаваемого потока для установки дегидрирования бутана, поток, содержащий C_1 -минус, предпочтительно используют в качестве источника топлива и/или в качестве источника водорода, поток, содержащий C_3 -минус, предпочтительно используют в качестве подаваемого потока для установки дегидрирования пропана, но в соответствии с еще одним вариантом осуществления также и в качестве подаваемого потока для установки парового крекинга, поток, содержащий C_2 - C_3 , предпочтительно используют в качестве подаваемого потока для установки дегидрирования пропана, но в соответствии с еще одним вариантом осуществления также и в качестве подаваемого потока для установки парового крекинга, поток, содержащий C_1 - C_3 , предпочтительно используют в качестве подаваемого потока для установки дегидрирования пропана, но в соответствии с еще одним вариантом осуществления также и в качестве подаваемого потока для установки парового крекинга, поток, содержащий C_1 - C_4 бутаны, предпочтительно используют в качестве подаваемого потока для установки дегидрирования бутана, поток, содержащий C_2 - C_4 бутаны, предпочтительно используют в качестве подаваемого потока для установки дегидрирования бутана, поток, содержащий C_2 -минус, предпочтительно используют в качестве подаваемого потока для установки парового крекинга, поток, содержащий C_3 - C_4 , предпочтительно используют в качестве подаваемого потока для установки дегидрирования пропана или бутана или установки комбинированного дегидрирования пропана и бутана, поток, содержащий C_4 -минус, предпочтительно используют в качестве подаваемого потока для установки дегидрирования бутана.

В соответствии с использованием в настоящем документе термин " $C_{\#}$ углеводороды" или " $C_{\#}$ ", где " $\#$ " представляет собой положительное целое число, подразумевает описание всех углеводородов, содержащих $\#$ атомов углерода. Кроме того, термин " $C_{\#}+$ углеводороды" или " $C_{\#}+$ " подразумевает описание всех углеводородных молекул, содержащих $\#$ и более атомов углерода. В соответствии с этим термин " C_5+ углеводороды" или " C_5+ " подразумевает описание смеси из углеводородов, содержащих 5 и более атомов углерода. В соответствии с этим термин " C_5+ алканы" относится к алканам, содержащим 5 и более атомов углерода. В соответствии с этим термин " $C_{\#}$ -минус углеводороды" или " $C_{\#}$ -минус" подразумевает описание смеси из углеводородов, содержащих $\#$ и менее атомов углерода и включающих водород. Например, термин " C_2 -минус" или " C_2 -минус" относится к смеси из этана, этилена, ацетилена, метана и водорода. Например, термин C_1 - C_3 относится к смеси, содержащей C_1 , C_2 и C_3 . В заключение, термин " C_4 -смесь" подразумевает описание смеси из бутанов, бутенов и бутадиена, т.е. н-бутана, изобутана, 1-бутена, цис- и транс-2-бутена, изобутена и бутадиена.

В настоящем документе используют термин "олефин", имеющий свое общепризнанное значение. В соответствии с этим, олефин относится к ненасыщенному углеводородному соединению, содержащему по меньшей мере одну двойную связь углерод-углерод. Предпочтительно термин "олефины" относится к смеси, содержащей два и более представителя, выбираемых из этилена, пропилена, бутадиена, бутилена-1, изобутилена, изопрена и циклопентадиена.

Термин "СНГ" в соответствии с использованием в настоящем документе относится к общепризнанному акрониму для термина "сжиженный нефтяной газ". Газ СНГ в общем случае состоит из смеси из C_3 - C_4 углеводородов, т.е. смеси из C_3 и C_4 углеводородов.

Один из нефтепродуктов, получаемых в способе настоящего изобретения, представляет собой продукт БТК. Термин "БТК" в соответствии с использованием в настоящем документе относится к смеси из бензола, толуола и ксилолов. Предпочтительно продукт, полученный в способе настоящего изобретения, содержит, кроме того, подходящие для использования ароматические углеводороды, такие как этилбензол. В соответствии с этим, настоящее изобретение предпочтительно предлагает способ получения смеси из бензола, толуола, ксилолов и этилбензола ("БТКЭ"). Полученный продукт может представлять собой физическую смесь из различных ароматических углеводородов или может быть непосредственно направлен на дальнейшее разделение, например, в результате перегонки для получения различных потоков очищенных продуктов. Такой поток очищенного продукта может включать поток бензольного продукта, поток толуольного продукта, поток ксилольного продукта и/или поток этилбензольного продукта.

В соответствии с настоящим способом получают небольшое количество метана, и метан может быть использован в качестве топлива для печей парового крекинга и дегидрирования. Любое более тяжелое вещество может быть отправлено на рециркуляцию на различные ступени описанного способа.

В соответствии с одним предпочтительным вариантом осуществления способ, кроме того, включает подачу по меньшей мере одного потока, выбираемого из группы, включающей поток, содержащий пропан, поток, содержащий C_3-C_4 , поток, содержащий C_3 -минус, поток, содержащий бутаны, поток, содержащий C_4 -минус, поток, содержащий C_2-C_3 , поток, содержащий C_1-C_3 , поток, содержащий C_1-C_4 , и поток, содержащий C_2-C_4 , по меньшей мере в одну установку дегидрирования, выбираемую из группы, включающей установку дегидрирования бутанов, установку дегидрирования пропана, установку комбинированного дегидрирования пропана-бутанов или комбинацию из их установок.

Следует отметить, что потоки, упомянутые в данном случае при использовании термина "поток", относятся к потоку, образованному в настоящем способе, т.е. данные потоки не поступают "извне".

В соответствии с еще одним предпочтительным вариантом осуществления способ, кроме того, включает извлечение олефинов и ароматических соединений из отделенного потока смешанного продукта.

В соответствии с одним предпочтительным вариантом осуществления способ, кроме того, включает обработку упомянутого жидкофазного подаваемого потока в зоне второго гидрокрекинга в присутствии водорода в условиях, эффективных для получения второго отходящего продукта, характеризующегося увеличенным уровнем содержания водорода;

извлечение из второго отходящего продукта из упомянутой зоны второго гидрокрекинга потока, содержащего продукт БТКЭ, потока, содержащего газ СНГ, и потока остаточной жидкости. Одно из преимуществ зоны второго гидрокрекинга заключается в том, что она обеспечивает достижение большего регулирования эффективности и селективности стадий гидрокрекинга в результате регулирования жесткости условий.

В соответствии с одним предпочтительным вариантом осуществления способ, кроме того, включает термический крекинг упомянутого потока остаточной жидкости совместно с упомянутым жидкофазным потоком в зоне гидрокрекинга остатков для получения суспензионного промежуточного продукта. В зоне гидрокрекинга остатков все остающиеся тяжелые углеводородные фракции превращают в более легкий подаваемый поток, который может быть превращен в газ СНГ в одной из зон гидрокрекинга. И данные потоки, содержащие газ СНГ, будут отправлены в любую одну установку, выбираемую из установки парового крекинга и установок дегидрирования.

В соответствии с одним предпочтительным вариантом осуществления способ, кроме того, включает объединение содержащего газ СНГ потока, происходящего из упомянутой зоны первого гидрокрекинга, с содержащим газ СНГ потоком, происходящим из упомянутой зоны второго гидрокрекинга.

В соответствии с одним предпочтительным вариантом осуществления способ, кроме того, включает извлечение парообразных продуктов из суспензионного промежуточного продукта и объединение таким образом извлеченных парообразных продуктов с потоком(ами), содержащим газ СНГ.

В соответствии с одним предпочтительным вариантом осуществления способ, кроме того, включает отделение от первого и второго отходящих продуктов остаточных жидких фракций и направление упомянутых остаточных жидких фракций на рециркуляцию во впускное отверстие в зону первого гидрокрекинга и/или зону второго гидрокрекинга. В еще одном варианте осуществления газообразный/жидкий отходящий продукт из зоны суспензионного гидрокрекинга может быть отправлен на рециркуляцию в любую из технологических установок, которая лучше всего соответствует составу и давлению соответствующих потоков, подобно отходящему продукту (более тяжелому, чем газ СНГ) из зоны второго гидрокрекинга. Длина данных отправленных на рециркуляцию потоков могут быть либо перемешаны друг с другом, либо могут быть сохранены раздельно, так чтобы они могли бы пойти в местоположения различных подаваемых потоков в настоящем интегрированном способе.

Из отделенного потока(ов) смешанного продукта предпочитается извлекать олефины и ароматические соединения.

В соответствии с одним предпочтительным вариантом осуществления способ, кроме того, включает извлечение из отделенного потока смешанного продукта метана и направление упомянутого метана на рециркуляцию в установку парового крекинга для использования в качестве топлива для горелок и/или нагревателей.

В соответствии с одним предпочтительным вариантом осуществления способ, кроме того, включает извлечение и очистку водорода из отделенного потока(ов) смешанного продукта и направление его на рециркуляцию во впускное отверстие в зону первого и/или второго гидрокрекинга.

В соответствии с одним предпочтительным вариантом осуществления способ, кроме того, включает извлечение из отделенного потока(ов) смешанного продукта пиролизного топливного масла и направление упомянутого пиролизного топливного масла на рециркуляцию во впускное отверстие в упомянутую зону первого и/или второго гидрокрекинга или даже во впускное отверстие зоны гидрокрекинга остатков.

Один очень широко распространенный способ превращения алканов в олефины включает "паровой крекинг". В соответствии с использованием в настоящем документе термин "паровой крекинг" относится к нефтехимическому способу, в котором насыщенные углеводороды разбиваются на более мелкие, зачастую ненасыщенные углеводороды, такие как этилен и пропилен. При паровом крекинге газовые угле-

водородные подаваемые потоки, подобные этану, пропану и бутанам, или их смеси (газовый крекинг) или жидкие углеводородные подаваемые потоки, подобные лигроину или газойлю, (жидкостной крекинг) разбавляют водяным паром и быстро нагревают в печи при отсутствии кислорода. Обычно температура реакции является очень высокой, составляя приблизительно 850°C, но реакции дают возможность протекать очень быстро, обычно при времени пребывания 50-500 мс. Предпочтительно углеводородные соединения в виде этана, пропана и бутанов подвергают раздельному крекингу в соответствующим образом специализированных печах для обеспечения протекания крекинга в оптимальных условиях. После достижения температуры крекинга газ быстро подвергают закаливанию для прекращения реакции в теплообменнике трубопровода или внутри закаливающего коллектора при использовании закалочного масла. Паровой крекинг в результате приводит к медленному осаждению кокса, формы углерода, на стенках реактора. Коксоудаление требует выведения печи из способа, а после этого пропускания потока водяного пара или смеси водяной пар/воздух через змеевики печи. Это приводит к превращению твердого сплошного углеродного слоя в монооксид углерода и диоксид углерода. Сразу после завершения данной реакции печь возвращают в эксплуатацию. Продукты, полученные в результате парового крекинга, зависят от состава подаваемого потока, соотношения между углеводородом и водяным паром и от температуры крекинга и времени пребывания в печи. Легкие углеводородные подаваемые потоки, такие как этан, пропан, бутаны или легкий лигроин, приводят к получению потоков продуктов, обогащенных по более легким олефинам полимерного сорта, в том числе этилену, пропилену и бутadiену. Более тяжелый углеводород (фракции неочищенного и тяжелого лигроина и газойля) также приводят к получению продуктов, обогащенных по ароматическим углеводородам.

Для разделения различных углеводородных соединений, полученных в результате парового крекинга, на подвергнутый крекингу газ воздействуют при использовании установки фракционирования. Такие установки фракционирования хорошо известны в уровне техники и могут включать так называемую бензиновую фракционирующую колонну, где тяжелый дистиллят ("каменноугольное масло") и средний дистиллят ("дистиллят, подвергнутый крекингу") отделяют от легкого дистиллята и газов. В последующей закалочной башне основная часть легкого дистиллята, полученного в результате парового крекинга, ("пиролизный бензин" или "пиробензин") может быть отделена от газов в результате конденсирования легкого дистиллята. После этого газы могут быть подвергнуты воздействию нескольких ступеней компримирования, где между ступенями компримирования остаток легкого дистиллята может быть отделен от газов. Между ступенями компримирования также могут быть удалены кислые газы (CO₂ и H₂S). На следующей далее стадии газы, полученные в результате пиролиза, могут быть частично сконденсированы на ступенях каскадной системы охлаждения приблизительно до состояния, когда в газовой фазе остается только водород. После этого различные углеводородные соединения могут быть разделены в результате простой перегонки, где этилен, пропилен и C₄ олефины представляют собой наиболее важные высокоценные химические соединения, полученные в результате парового крекинга. Метан, полученный в результате парового крекинга, в общем случае используют в качестве топливного газа, водород может быть отделен и отправлен на рециркуляцию в способы, которые потребляют водород, такие как способ гидрокрекинга. Ацетилен, полученный в результате парового крекинга, предпочтительно селективно гидрируют для получения этилена. Алканы, содержащиеся в подвергнутом крекингу газе, могут быть отправлены на рециркуляцию в способ превращения алканов в олефины.

Термин "установка дегидрирования пропана" в соответствии с использованием в настоящем документе относится к установке нефтехимического способа, где пропановый подаваемый поток превращают в продукт, содержащий пропилен и водород. В соответствии с этим термин "установка дегидрирования бутана" относится к технологической установке для превращения бутанового подаваемого потока в C₄ олефины. Совместно способы дегидрирования низших алканов, таких как пропан и бутаны, описываются как способ дегидрирования низших алканов. Способы дегидрирования низших алканов хорошо известны в современном уровне техники и включают способы окислительного дегидрирования и способы неокислительного дегидрирования. В одном способе окислительного дегидрирования получение технологического тепла обеспечивают в результате неполного окисления низшего алкана(ов) в подаваемом потоке. В одном способе неокислительного дегидрирования, который является предпочтительным в контексте настоящего изобретения, получение технологического тепла для эндотермической реакции дегидрирования обеспечивают при использовании внешних источников тепла, таких как горячие дымовые газы, получаемые в результате сжигания топливного газа, или водяной пар. Например, способ UOP Oleflex делает возможным дегидрирование пропана для получения пропилена и (изо)бутана для получения (изо)бутилена (или их смесей) в присутствии катализатора, содержащего платину, нанесенную на носитель в виде оксида алюминия, в реакторе с подвижным слоем катализатора; смотрите, например, публикацию US 4,827,072. Способ Uhde STAR делает возможным дегидрирование пропана для получения пропилена или бутана для получения бутилена в присутствии промотированного платинового катализатора, нанесенного на носитель в виде алюмоцинковой шпинели; см., например, публикацию US 4926005. Способ STAR недавно был улучшен в результате применения принципа оксидегидрирования. Во вторичной адиабатической зоне в реакторе часть водорода из промежуточного продукта подвергается селективному превращению при участии добавленного кислорода с образованием воды. Это сдви-

гает термодинамическое равновесие к более высокой степени превращения и обеспечивает достижение большего выхода. Также внешнее тепло, требуемое для эндотермической реакции дегидрирования, отчасти поступает от экзотермического превращения водорода. В способе Lummus Catofin используют несколько реакторов с неподвижным слоем катализатора, функционирующих в циклическом варианте. Катализатор представляет собой активированный оксид алюминия, импрегнированный при использовании 18-20 мас.% хрома; смотрите, например, публикации EP 0192059 A1 и GB 2162082 A. Способ Catofin, как это сообщается, является надежным и способным иметь дело с примесями, которые отравляли бы платиновый катализатор. Продукты, полученные при использовании способа дегидрирования бутана, зависят от природы бутанового подаваемого потока и используемого способа дегидрирования бутана. Также способ Catofin делает возможным дегидрирование бутана для получения бутилена; см., например, публикацию US 7622623.

Ниже подробно обсуждаются другие аспекты, варианты осуществления и преимущества способа настоящего изобретения. Кроме того, необходимо понимать, что, как вышеизложенная информация, так и следующее далее подробное описание изобретения представляют собой просто иллюстративные примеры различных аспектов и вариантов осуществления и предназначены для приведения общего представления или рамок понимания природы и характера заявленных признаков и вариантов осуществления. Приложенный чертеж является иллюстративным и служит для содействия пониманию различных аспектов и вариантов осуществления способа изобретения.

На фигуре продемонстрирована технологическая схема потоков, включающая интегрированные способ и систему гидропереработки в соответствии с указанием ссылочной позицией 101. Интегрированная система 101 в общем случае включает зону селективной гидропереработки, зону парового пиролиза, зону разделения продукта и зону гидрокрекинга остатков.

Зона селективной гидропереработки включает зону 4 реакции гидропереработки, т.е. установку зоны первого гидрокрекинга, имеющую впускное отверстие 3 для приема смеси, содержащей подаваемый поток 1 на основе сырой нефти, поток остаточного жидкого продукта 36, 37, водород 48, 43 и подпиточный водород по мере надобности (не показано). Зона 4 реакции гидропереработки, кроме того, включает выпускное отверстие для выпуска подвергнутого гидропереработке отходящего продукта 5. Подвергнутый гидропереработке отходящий продукт 5 может быть частично отправлен на рециркуляцию в качестве потока 37 во впускное отверстие в зону 5 реакции гидропереработки, т.е. установку зоны первого гидрокрекинга.

Остальную часть 6 отходящего продукта 5 реактора из зоны 4 реакции гидропереработки отправляют в сепаратор 7 высокого давления. Верхний продукт 9 сепаратора очищают в аминовой установке 45, а получающийся в результате поток 46 газа, обогащенного по водороду, пропускают в рециркуляционный компрессор 47 для использования в качестве газа 48 рециркуляции в реакторе 4 первой гидропереработки 4. Поток 8 нижнего продукта из сепаратора 7 высокого давления, который образует, по существу, жидкую фазу, охлаждают и вводят в качестве потока 10 в холодный сепаратор 12 низкого давления, где его разделяют на поток 13 газа, т.е. поток, содержащий газ СНГ, и жидкий поток 14. Остаточная жидкая фаза 11 из сепаратора 7 высокого давления и остаточная жидкая фаза 15 из холодного сепаратора 12 низкого давления могут быть отправлены на рециркуляцию во впускное отверстие в зону 4 реакции гидропереработки, т.е. установку зоны первого гидрокрекинга. Газы 13 из холодного сепаратора 12 низкого давления включают водород, H_2S , NH_3 и любые легкие углеводороды, такие как C_1 - C_4 углеводороды.

Поток 13, содержащий газ СНГ, кроме того, разделяют в установке 19 на отдельные потоки 20, 21, 22, такие как один или несколько потоков, выбираемых из группы, включающей поток, содержащий водород, поток, содержащий метан, поток, содержащий этан, поток, содержащий бутаны, поток, содержащий пропан, поток, содержащий C_1 -минус, поток, содержащий C_3 -минус, поток, содержащий C_1 - C_2 , поток, содержащий C_3 - C_4 , поток, содержащий C_2 - C_3 , поток, содержащий C_1 - C_3 , поток, содержащий C_1 - C_4 , поток, содержащий C_2 - C_4 , поток, содержащий C_2 -минус, поток, содержащий C_4 -минус. Несмотря на демонстрацию ограниченного количества отдельных потоков 20, 21, 22 ясно то, что изобретение конкретным количеством отдельных потоков не ограничивается. Поток 20, т.е. фракцию легких продуктов, происходящую из установки 19 разделения, предпочтительно отправляют в установку 51 газового парового крекинга. Поток 52 отходящего продукта из установки 51 газового парового крекинга отправляют в секцию разделения 41. Данные отдельные потоки 21, 22 подвергают дальнейшей переработке в установке 38, где установка 38 должна пониматься как группа установок, выбираемых из установки дегидрирования бутанов, установки дегидрирования пропана, установки комбинированного дегидрирования пропана-бутанов или комбинации из их установок, для получения потока 39 смешанного продукта. Установка 38 также включает секцию разделения 41, предназначенную для разделения потока(ов) 39 смешанного продукта и извлечения, например, нескольких потоков 40, 44, 72, в том числе олефинов и ароматических соединений, из отделенного потока 39 смешанного продукта. Несмотря на демонстрацию ограниченного количества отдельных потоков 40, 44, 72 ясно то, что изобретение не ограничивается конкретным количеством отдельных потоков. Поток 42 в основном содержит водород. Секция 41 разделения может включать несколько установок разделения. Поток, содержащий метановую часть, отделяют в установке 41 и

отправляют на рециркуляцию в установку парового крекинга и/или установки дегидрирования установки 38 для использования там в качестве топлива для горелок и/или нагревателей. После этого поток 42, содержащий водород, пропускают в установку 49 очистки водорода, такую как установка короткоциклового безнагревной адсорбции (КБА), для получения потока 43 водорода, характеризующегося степенью чистоты 99,9+ %, или установку мембранного разделения для получения потока 43 водорода, характеризующегося степенью чистоты, составляющей приблизительно 95%, или установку любой другой технологии очистки водорода для достижения желательной степени чистоты водорода. После этого поток 43 очищенного водорода отправляют на рециркуляцию обратно для восполнения основной части требуемого водорода для зоны 4 реакции гидропереработки или на рециркуляцию обратно отправляют его часть 50 для восполнения основной части требуемого водорода для зоны 24 второго гидрокрекинга. Все количество или часть жидкого потока 16 исполняет функцию подаваемого потока для зоны 24 второго гидрокрекинга. Зона 24 второго гидрокрекинга производит второй отходящий продукт, включающий поток 25, содержащий продукт БТКЭ, поток 23, содержащий газ СНГ, и поток 27 жидкого остатка. Поток 27 может быть разделен на поток, отправляемый в зону 31 суспензионной гидропереработки, и поток, отправляемый на рециркуляцию во впускное отверстие в зону 4 первого гидрокрекинга.

В дополнительных вариантах осуществления до секций 24 по ходу технологического потока располагают зону 17 разделения. Поток 16 фракционируют, например, в результате перегонки или мгновенного испарения на остаточную жидкую фазу 28 (отправляемую в установку 29) и жидкую фазу 18 (отправляемую в зону 24 второго гидрокрекинга).

Несмотря на то что в данном случае зона 24 второго гидрокрекинга показана в виде одного блока в настоящем описании изобретения, ссылочную позицию 24 следует понимать в виде зоны гидрокрекинга, т.е. зоны гидрокрекинга, включающей одну или несколько установок, выбираемых из группы, включающей установки гидрокрекинга подаваемого потока (ГПП), гидрокрекинга бензина (ГБ), раскрытия ароматических колец, гидрокрекинга (газойль) и гидрокрекинга остатков (вакуумные остатки), включая секции разделения.

В способе, использующем компоновку, продемонстрированную на фигуре, исходное сырье 1 на основе сырой нефти и остаточные тяжелые жидкие продукты 36, 37 примешивают к эффективному количеству водорода 48, 43 (и необязательно подпиточного водорода, не показано) и смесь загружают во впускное отверстие в зону 4 реакции селективной гидропереработки при температуре в диапазоне от 200 до 600°C.

Зона 4 реакции гидропереработки функционирует при параметрах, эффективных для гидродеметаллизации, гидродеароматизации, гидроденитрогенизации,

гидродесульфурации и/или гидрокрекинга нефтяного исходного сырья, которое в определенных вариантах осуществления представляет собой сырую нефть. В определенных вариантах осуществления гидропереработку проводят при использовании следующих далее условий: рабочая температура в диапазоне от 200 до 600°C; рабочее давление в диапазоне 0,2-20 МПа и часовая объемная скорость жидкости (ЧОСЖ) в диапазоне от 0,1 до 10 ч⁻¹.

Подаваемый поток для зоны гидрокрекинга остатков включает комбинации из потоков 34, происходящих от извлечения ценных продуктов из потока смешанного продукта 39, потока 27, поступающего из зоны 24 второго гидрокрекинга, потока 28, содержащего остаточную тяжелую жидкость. Данный объединенный подаваемый поток подвергают переработке в зоне 31 суспензионной гидропереработки, необязательно при прохождении через зону 29 перемешивания. В зоне 29 перемешивания остаточную жидкую фракцию (фракции) перемешивают с суспензионными непрореагировавшими остатками 33, которые включают активные частицы катализатора, для получения подаваемого потока для зоны 31 суспензионной гидропереработки. После этого данный подаваемый поток 30 облагораживают в зоне 31 суспензионной гидропереработки в присутствии водорода (не показано) для получения суспензионного промежуточного продукта 32, в том числе средних дистиллятов. В определенных вариантах осуществления зона 31 суспензионной гидропереработки заключается в обычной петле высокого давления с одним или несколькими реакторами в зоне 4 гидропереработки и/или зоне 24 второго гидрокрекинга. Суспензионный промежуточный продукт 32 отправляют на рециркуляцию через установку 70 разделения, а предпочтительно разделяют на газовый поток 71 и поток 73, но также он может поступать непосредственно в любом из подаваемых потоков в отдельные установки гидрокрекинга в зоне 24 второго гидрокрекинга, которые наилучшим образом соответствуют составу подаваемого потока. Такой поток 71 может быть объединен с другими потоками 13, 23, содержащими газ СНГ. Поток 73 предпочтительно перемешивают с отходящим продуктом из установки 17 до переработки в зоне 24 второго гидрокрекинга для достижения превращения.

В одном варианте осуществления, где зона 27 второго гидрокрекинга не присутствует, жидкостной поток 16 (теперь как поток 28) подвергают термическому крекингу в зоне гидрокрекинга остатков или суспензионной гидропереработки 31 для получения суспензионного промежуточного продукта 32.

Как это упоминалось выше, зоной 24 второго гидрокрекинга является зона гидрокрекинга, включающая одну или несколько установок, выбираемых из группы, включающей установки гидрокрекинга подаваемого потока (ГПП), гидрокрекинга бензина (ГБ), раскрытия ароматических колец, гидрокрекинга

(газойль) и гидрокрекинга остатков (вакуумные остатки). Предпочтительные условия для установки ГПП включают температуру в диапазоне 300-550°C, давление в диапазоне 300-5000 кПа (изб.) и объемную скорость подачи сырья на единицу массы катализатора в час в диапазоне 0,1-10 ч⁻¹. Более предпочтительные условия для гидрокрекинга подаваемого потока (ГПП) включают температуру в диапазоне 300-450°C, давление в диапазоне 300-5000 кПа (изб.) и объемную скорость подачи сырья на единицу массы катализатора в час в диапазоне 0,1-10 ч⁻¹. Еще более предпочтительные условия для установки ГПП, оптимизированные для раскрытия колец ароматических углеводородов, включают температуру в диапазоне 300-400°C, давление в диапазоне 600-3000 кПа (изб.) и объемную скорость подачи сырья на единицу массы катализатора в час в диапазоне 0,2-2 ч⁻¹. Предпочтительные условия для гидрокрекинга бензина (ГБ) включают температуру в диапазоне 300-580°C, более предпочтительно 400-580°C, а еще более предпочтительно 430-530°C, давление в диапазоне 0,3-5 МПа (изб.), более предпочтительно 0,6-3 МПа (изб.), в особенности предпочтительно 1-2 МПа (изб.), а наиболее предпочтительно 1,2-1,6 МПа (изб.) и объемную скорость подачи сырья на единицу массы катализатора в час (ОСПСЕМКЧ) в диапазоне 0,1-20 ч⁻¹, более предпочтительно 0,2-15 ч⁻¹, а наиболее предпочтительно 0,4-10 ч⁻¹. Способ раскрытия ароматических колец (способ ARO, см., например, публикацию US 7513988) может включать насыщение ароматических колец при температуре в диапазоне 100-500°C, предпочтительно 200-500°C, более предпочтительно 300-500°C, давлении в диапазоне 2-10 МПа совместно с 1-30 мас.%, предпочтительно 5-30 мас.%, водорода (по отношению к углеводородному исходному сырью) в присутствии катализатора гидрирования ароматических соединений и разрыв колец при температуре в диапазоне 200-600°C, предпочтительно 300-400°C, давлении в диапазоне 1-12 МПа совместно с 1-20 мас.% водорода (по отношению к углеводородному исходному сырью) в присутствии катализатора разрыва колец, где упомянутые насыщение ароматических колец и разрыв колец могут быть проведены в одном реакторе или в двух последовательных реакторах. Технологические условия, используемые для гидрокрекинга, в общем случае включают технологическую температуру в диапазоне 200-600°C, повышенные давления в диапазоне 0,2-20 МПа, объемные скорости в диапазоне 0,1-20 ч⁻¹.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Интегрированный способ гидрокрекинга для получения олефиновых и ароматических нефтепродуктов из углеводородного исходного сырья, содержащего сырую нефть, при этом способ включает обработку исходного сырья, содержащего сырую нефть в зоне первого гидрокрекинга в присутствии водорода в условиях, эффективных для получения первого отходящего продукта, характеризующегося увеличенным уровнем содержания водорода;

разделение первого отходящего продукта на поток, содержащий сжиженный нефтяной газ (СНГ), и жидкофазный поток;

разделение указанного потока, содержащего СНГ, на поток, содержащий бутаны; поток, содержащий пропан; потоки, выбранные из группы потока содержащего этан, потока, содержащего С₁-С₂, потока, содержащего С₂-минус; и группы потоков, содержащих поток, содержащий водород; поток, содержащий метан; поток, содержащий С₁-минус; поток, содержащий С₃-минус; поток, содержащий С₃-С₄; поток, содержащий С₂-С₃; поток, содержащий С₁-С₃; поток, содержащий С₁-С₄; поток, содержащий С₂-С₄; поток, содержащий С₄-минус;

дальнейшую переработку по меньшей мере одного потока, выбранного из группы, включающей поток, содержащий пропан; поток, содержащий С₃-С₄; поток, содержащий С₃-минус; поток, содержащий бутаны; поток, содержащий С₄-минус; поток, содержащий С₂-С₃; поток, содержащий С₁-С₃; поток, содержащий С₁-С₄; поток, содержащий С₂-С₄; по меньшей мере в одной установке дегидрирования, выбранной из группы, включающей установку дегидрирования бутанов, установку дегидрирования пропана, комбинированную установку дегидрирования пропана-бутанов или комбинацию из этих установок, и переработку по меньшей мере одного потока, выбранного из группы потока, содержащего этан; потока, содержащего С₁-С₂; потока, содержащего С₂-минус, в установке парового крекинга;

подачу потока(ов) смешанного продукта из указанной установки парового крекинга и по меньшей мере одной установки, выбранной из группы, включающей установку дегидрирования бутанов, установку дегидрирования пропана, комбинированную установку дегидрирования пропана-бутанов или комбинацию этих установок, во вторую секцию разделения для извлечения олефиновых и ароматических нефтепродуктов;

термический крекинг жидкофазного потока в зоне гидрокрекинга остатков для получения суспензионного промежуточного продукта и остаточного жидкого продукта;

рецикл остаточного жидкого продукта в зону первого гидрокрекинга.

2. Способ по п.1, в котором термический крекинг упомянутого жидкофазного потока в зоне гидрокрекинга остатков проводят в зоне второго гидрокрекинга в присутствии водорода в условиях, эффективных для получения второго отходящего продукта, характеризующегося увеличенным уровнем содержания водорода; и осуществляют извлечение из второго отходящего продукта из упомянутой зоны второго гидрокрекинга потока, содержащего бензол-толуол-ксилолы-этилбензол (продукт БТКЭ), потока,

содержащего СНГ, и упомянутого потока остаточного жидкого продукта.

3. Способ по п.2, дополнительно включающий термический крекинг упомянутого потока остаточного жидкого продукта совместно с упомянутым жидкофазным потоком в зоне гидрокрекинга остатков для получения суспензионного промежуточного продукта.

4. Способ по п.2, дополнительно включающий объединение потока, содержащего СНГ, происходящего из упомянутой зоны первого гидрокрекинга, с потоком, содержащим СНГ, происходящим из упомянутой зоны второго гидрокрекинга.

5. Способ по любому из пп.1-4, дополнительно включающий извлечение парообразных продуктов из суспензионного промежуточного продукта и объединение извлеченных таким образом парообразных продуктов с потоком(ами), содержащим СНГ.

6. Способ по любому из пп.2-5, дополнительно включающий отделение остаточного жидкого продукта от первого отходящего продукта, происходящего из упомянутой зоны первого гидрокрекинга, и второго отходящего продукта, происходящего из упомянутой зоны второго гидрокрекинга, и направление упомянутого остаточного жидкого продукта на рециркуляцию во впускное отверстие в зону первого гидрокрекинга и/или зону второго гидрокрекинга.

7. Способ по любому из пп.1-6, дополнительно включающий извлечение из отделенного потока(ов) смешанного продукта метана и направление упомянутого метана на рециркуляцию в установку парового крекинга для использования в качестве топлива для горелок и/или нагревателей.

8. Способ по любому из пп.1-7, дополнительно включающий извлечение и очистку водорода из отделенного потока(ов) смешанного продукта и направление его на рециркуляцию во впускное отверстие в зону первого и/или второго гидрокрекинга.

9. Способ по любому из пп.1-8, дополнительно включающий извлечение из отделенного потока(ов) смешанного продукта пиролизного топливного масла и направление упомянутого пиролизного топливного масла на рециркуляцию во впускное отверстие в упомянутую зону первого и/или второго гидрокрекинга.

10. Способ по любому из пп.1-9, в котором зона первого гидрокрекинга функционирует при рабочей температуре в диапазоне 200-600°C; рабочем давлении в диапазоне 0,2-20 МПа и часовой объемной скорости жидкости (ЧОСЖ) в диапазоне 0,1-10 ч⁻¹.

11. Способ по любому из пп.2-10, в котором зона второго гидрокрекинга представляет собой зону гидрокрекинга, включающую одну или несколько установок, выбранных из группы, включающей установки гидрокрекинга подаваемого потока, гидрокрекинга бензина, раскрытия ароматических колец, гидрокрекинга газойля и гидрокрекинга остатков.

12. Способ по п.11, в котором рабочие условия для установки гидрокрекинга подаваемого потока включают температуру в диапазоне 300-550°C, давление в диапазоне 300-5000 кПа (изб.) и объемную скорость подачи сырья на единицу массы катализатора в час в диапазоне 0,1-10 ч⁻¹; условия работы установки для гидрокрекинга бензина включают температуру в диапазоне 300-580°C, давление в диапазоне 0,3-5 МПа (изб.) и объемную скорость подачи сырья на единицу массы катализатора в час в диапазоне 0,1-20 ч⁻¹, условия работы для установки раскрытия ароматических колец включают насыщение ароматических колец при температуре в диапазоне 100-500°C, давлении в диапазоне 2-10 МПа в присутствии 1-30 мас.% водорода в присутствии катализатора гидрирования ароматических соединений и разрыв колец при температуре в диапазоне 200-600°C, давлении в диапазоне 1-12 МПа в присутствии 1-20 мас.% водорода в присутствии катализатора разрыва колец и условия работы, используемые для гидрокрекинга, включают температуру в диапазоне 200-600°C, давление в диапазоне 0,2-20 МПа, объемную скорость в диапазоне 0,1-20 ч⁻¹, причем количество водорода указано по отношению к углеводородному исходному сырью.

