

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **036735**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента
2020.12.14

(51) Int. Cl. **C01B 3/38** (2006.01)
C10G 45/00 (2006.01)

(21) Номер заявки
201991238

(22) Дата подачи заявки
2017.11.17

(54) **СПОСОБ ОБРАБОТКИ ПОТОКА, ПОДАВАЕМОГО В УСТАНОВКУ ПАРОВОГО
РИФОРМИНГА**

(31) **16400055.6**

(56) **US-A-3477832**
US-B2-8080070
WO-A2-2011016970
US-B1-7037485
US-A1-2008237090

(32) **2016.12.05**

(33) **EP**

(43) **2019.10.31**

(86) **PCT/EP2017/025337**

(87) **WO 2018/103889 2018.06.14**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
Л'ЭР ЛИКИД, СОСЬЕТЕ
АНОНИМ ПУР Л'ЭТЮД Э
Л'ЭКСПЛУАТАСЬОН ДЕ ПРОСЕДЕ
ЖОРЖ КЛОД (FR)

(72) Изобретатель:
Шривастава Сватантра Кумар,
Самаддар Мритиунджой (DE)

(74) Представитель:
Веселицкий М.Б., Веселицкая И.А.,
Кузенкова Н.В., Каксис Р.А., Белоусов
Ю.В., Куликов А.В., Кузнецова Е.В.,
Кузнецова Т.В., Соколов Р.А. (RU)

(57) Изобретение относится к способу и устройству для получения подаваемого потока, содержащего олефины, для установки для парового риформинга. Согласно изобретению углеводородное исходное сырье, содержащее олефины, с этой целью нагревается, испаряется и подвергается каталитическому гидрированию. Полученный поток продуктов гидрирования олефинов разделяется в сепараторе на газообразный подаваемый поток для риформинга, подаваемый в установку для парового риформинга, и газообразный возвращаемый поток. В этом случае температуру входного потока для гидрирования на входе в реактор для гидрирования регулируют с учетом уровня, до которого он нагрет, и/или с учетом объема возвращаемого потока. Таким образом, обеспечивается возможность безопасной эксплуатации реактора для гидрирования в широком диапазоне содержания олефинов в углеводородном сырье.

036735
B1

036735
B1

Область техники, к которой относится изобретение

Изобретение относится к способу получения потока, подаваемого в установку парового риформинга, в которой используется входной поток, содержащий олефины.

Уровень техники

Углеводороды посредством пара могут быть каталитически преобразованы в синтез-газ, т.е. в смеси водорода (H_2) и монооксида углерода (CO). Как указано в Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Sixth Edition, 1998, электронное издание, ключевое слово "получение газа", указанный паровой риформинг представляет собой наиболее широко применяемый способ получения синтез-газа, который затем можно преобразовывать в более ценные основные химические вещества, такие как метанол или аммиак.

Паровой риформинг природного газа проходит с поглощением значительного количества тепла. Поэтому он осуществляется в печах для риформинга, где параллельно располагаются многочисленные содержащие катализатор трубы для риформинга, в которых протекает реакция парового риформинга. Трубы для риформинга обычно нагреваются с помощью горелок, установленных на верхней стороне или нижней стороне, или на боковых стенках во внутреннем пространстве печи для риформинга и непосредственно нагреваемых промежуточное пространство между трубами для риформинга.

После предварительного нагрева с помощью теплообменников или огневых подогревателей смесь углеводородов и пара после окончательного нагрева поступает в трубы для риформинга и вступает в них в реакцию на катализаторе риформинга с образованием монооксида углерода и водорода. Состав газообразного продукта определяется равновесием реакции, поэтому газообразный продукт содержит не только монооксид углерода и водород, но также диоксид углерода, непрореагировавший метан и водяной пар.

Для осуществления оптимизации энергопотребления и/или в случае, когда исходное сырье содержит высшие углеводороды, после подогревателя может применяться устройство предварительного риформинга для предварительного крекинга исходного сырья. Затем исходное сырье, подвергнутое предварительному крекингу, нагревают в дополнительном нагревателе до необходимой температуры на входе в главное устройство риформинга, например устройство парового риформинга. Традиционный предварительный риформинг можно определить как способ парового риформинга при ограниченных температурах (значительно ниже $700^\circ C$). Он приводит к образованию газообразного промежуточного продукта, основными составляющими которого являются метан и пар. Этот промежуточный продукт совсем не содержит высших углеводородов или содержит лишь малые их доли. Обычно промежуточный продукт в дальнейшем обрабатывают в установке парового риформинга, называемой главным устройством риформинга.

Как определено в Ullmann's Encyclopaedia of Industrial Chemistry, там же, обычно для парового риформинга используют катализаторы на основе никеля. Эти катализаторы являются чувствительными к катализаторным ядам, таким как сера, мышьяк, медь, ванадий, свинец и хлор или галогены в целом. В частности, сера, значительно снижающая каталитическую активность, находится практически во всем исходном сырье, которое является предметом обсуждения в качестве сырья для парового риформинга. По этой причине указанные составляющие необходимо удалять из подаваемого потока при помощи подходящих мер перед введением этого подаваемого потока в установку парового риформинга. В настоящее время предпочтение отдается системам десульфуризации, в которых удаление соединений серы происходит на оксиде цинка в качестве сорбента при температурах $350-400^\circ C$. Данные системы десульфуризации на основе оксида цинка являются чрезвычайно надежными в отношении абсорбции сероводорода и, с некоторыми ограничениями, таких соединений серы, как карбонилсульфид и меркаптаны. Последние часто подвергают гидрированию водородом на соответствующих катализаторах с образованием сероводорода (гидродесульфуризация, HDS).

Несмотря на то что при паровом риформинге преобладает использование природного газа, содержащего метан, в качестве исходного сырья или сырья также в зависимости от имеющихся в наличии местных ресурсов могут быть использованы другие углеводороды, такие как лигроин, сжиженный нефтяной газ или нефтезаводские газы. Так, в описании патента США US 3477832 изложен способ получения синтез-газа путем каталитического парового риформинга лигроина и подобных углеводородов. Для целей настоящей патентной заявки термин "лигроин" относится к углеводородам, содержащим среднее количество атомов углерода, равное семи, которые включают линейные и разветвленные углеводороды, некоторую долю ароматических и олефиновых углеводородов и различные примеси, например серосодержащие компоненты. Для преобразования данной смеси, которая является жидкой при атмосферных условиях, в подаваемый поток для парового риформинга, ее испаряют и нагревают; при этом температура в идеале должна находиться в диапазоне $260-316^\circ C$, и она ни в коем случае не должна превышать $343^\circ C$, поскольку иначе происходит разложение компонентов, присутствующих в сырье, с образованием нежелательных отложений углерода в установке парового риформинга и компонентах установки до нее. Нагретая и испаренная смесь впоследствии подвергается гидрированию на неподвижном слое катализатора гидрирования на основе $Co-Mo$, при этом гидрирование, необязательно, происходит на нескольких ступенях. Испаренный и гидрированный лигроин затем подается в реактор для парового риформинга.

Трудности, возникающие вследствие сильно экзотермического характера реакции гидрирования,

могут приводить к образованию в слое катализатора зон, имеющих высокую температуру, известных как "участки перегрева". Последние, в свою очередь, могут приводить к нежелательным реакциям крекинга ненасыщенных компонентов исходного сырья и/или преждевременной деактивации катализатора. Для надежного управления температурным режимом в реакторе для гидрирования часть продукта из реактора для гидрирования часто возвращают на впуск реактора с целью разбавления ненасыщенных соединений, присутствующих в исходном сырье. В этом случае недостатком является то, что для достижения необходимого результата разбавления часто необходимо сжимать и возвращать на впуск реактора для гидрирования большие объемы газообразного продукта из реактора для гидрирования, что достигается при помощи соответственно больших и поэтому дорогостоящих компрессоров. В частности, при содержании олефинов от среднего до высокого, например в диапазоне 10-50 мол.%, и в случае, когда содержание олефинов изменяется в широком диапазоне, эффективное предотвращение образования высокотемпературных зон в слое катализатора является затруднительным.

Сущность изобретения

Таким образом, целью настоящего изобретения является создание способа обработки/получения потока для подачи в установку парового риформинга из содержащего олефины исходного сырья, который не обладает вышеописанными недостатками известного уровня техники. В частности, способ и устройство должны обеспечивать надежное испарение жидкого углеводородного исходного сырья и последующее гидрирование присутствующих в нем ненасыщенных соединений с возможностью предотвращения перегрева, приводящего к реакциям крекинга присутствующих олефинов.

Эта цель достигается с помощью способа по п.1 формулы изобретения. Дополнительные варианты осуществления способа согласно настоящему изобретению могут быть получены из зависимых пунктов формулы изобретения.

Способ согласно настоящему изобретению.

Способ обработки потока, подаваемого в установку парового риформинга, содержащую по меньшей мере одну ступень риформинга, который включает следующие этапы:

(а) объединение первого, жидкого входного потока, содержащего олефины, и второго входного потока, содержащего водород, с образованием входного потока для гидрирования;

(b) нагрев входного потока для гидрирования в нагревательном устройстве и испарение входного потока для гидрирования в испарительном устройстве;

(с) введение нагретого и испаренного входного потока для гидрирования в реактор для гидрирования, содержащий по меньшей мере одну зону гидрирования, по меньшей мере, частичную конверсию олефинов, присутствующих во входном потоке для гидрирования, в реакторе для гидрирования в условиях гидрирования олефинов, выпуск потока газообразных продуктов гидрирования олефинов из реактора для гидрирования;

(d) разделение потока продуктов гидрирования олефинов в сепараторе на газообразный подаваемый поток для риформинга, подаваемый в установку парового риформинга, и газообразный возвращаемый поток;

(е) охлаждение газообразного возвращаемого потока с обеспечением, по меньшей мере, частичной его конденсации, и последующее введение его в устройство разделения фаз, в котором его разделяют на газообразную часть возвращаемого потока и жидкую часть возвращаемого потока;

(f) выпуск газообразной части возвращаемого потока и жидкой части возвращаемого потока из устройства разделения фаз, при этом газообразную часть возвращаемого потока объединяют с упомянутым вторым входным потоком, а жидкую часть возвращаемого потока объединяют с упомянутым первым входным потоком и/или возвращают на этап (а) способа,

при этом температуру входного потока для гидрирования на входе в реактор для гидрирования регулируют при помощи упомянутого нагревательного устройства, используемого на этапе (b) способа и/или при помощи упомянутого сепаратора, используемого на этапе (d) способа.

Для целей настоящего изобретения "высшими углеводородами" являются все углеводороды, содержащие более одного атома углерода в молекуле.

Общее содержание олефинов представляет собой суммарное содержание моноолефинов и диолефинов.

Условия реакции, необходимые для реакции олефинов в реакторе для гидрирования, т.е. условия гидрирования олефинов, известны специалистам в данной области техники из известного уровня техники, например из упомянутых вначале документов. Необходимые адаптации данных условий к соответствующим эксплуатационным требованиям указанные специалисты осуществляют на основе контрольных испытаний.

Изобретение основано на понимании того, что возврат части продукта из реактора для гидрирования в не газообразной форме на впуск реактора для гидрирования с целью достижения требуемого результата разбавления является преимущественным. Более того, предлагается охлаждение и, по меньшей мере, частичная конденсация части потока продуктов гидрирования олефинов, отделяемой в сепараторе от газообразного подаваемого потока для риформинга. Полученный на данном этапе жидкий частично возвращаемый поток (жидкая часть возвращаемого потока) может быть подан при помощи простых гид-

равлических насосов и объединен, например, с первым, жидким входным потоком. Газообразный частично возвращаемый поток (газообразная часть возвращаемого потока), полученный на данном этапе, благодаря его небольшому размеру можно переместить и сжать при помощи отдельного небольшого компрессора, или, иначе, для подачи и сжатия газообразного частичного возвращаемого потока можно использовать компрессор, который в любом случае необходим для сжатия второго, содержащего водород входного потока. Таким образом, это позволяет сэкономить на большом и дорогостоящем компрессоре для возвращаемой части продукта из реактора для гидрирования.

Также преимуществом является то, что теплота конденсации, высвобождаемая, по меньшей мере, при частичной конденсации части отделяемого потока продуктов гидрирования олефинов, может быть перенесена при помощи опосредованного теплообмена, например, в первый, жидкий входной поток и, таким образом, вносит вклад в нагрев последнего перед испарением. Это повышает энергоэффективность способа.

Дальнейший аспект настоящего изобретения заключается в том, что температуру входного потока для гидрирования на входе в реактор для гидрирования регулируют с учетом уровня, до которого он нагрет, и/или с учетом объема возвращаемого потока. Таким образом, обеспечивается возможность безопасной эксплуатации реактора для гидрирования в широком диапазоне содержания олефинов в углеводородном сырье. При низком общем содержании олефинов температуру входного потока для гидрирования на входе в реактор для гидрирования предпочтительно регулируют с учетом уровня, до которого он нагрет. Эту регулировку можно осуществить путем надлежащей настройки используемого нагревательного устройства. Таким образом, можно эффективно избежать перегрева реактора для гидрирования. Это делает необязательными вмешательства во фракционирование и возврат потока продуктов гидрирования олефинов.

При более высоком общем содержании олефинов может являться более преимущественной регулировка температуры входного потока для гидрирования на входе в реактор для гидрирования с учетом объема возвращаемого потока. В данном случае температура на входе в реактор для гидрирования остается при постоянном минимальном значении за счет фиксированной настройки нагревательного устройства.

В случае, когда общее содержание олефинов изменяется в широком диапазоне, температуру входного потока для гидрирования на входе в реактор для гидрирования предпочтительно регулируют как с учетом уровня, до которого он нагрет, так и с учетом объема возвращаемого потока. Регулировка температуры входного потока для гидрирования на входе в реактор для гидрирования данного типа обладает большей гибкостью по сравнению с двумя вышеописанными вариантами осуществления и обеспечивает возможность более безопасной эксплуатации реактора для гидрирования в широком диапазоне содержания олефинов в углеводородном сырье.

Предпочтительные варианты осуществления изобретения.

В предпочтительном варианте осуществления способа согласно настоящему изобретению нагревательное устройство на этапе (с) способа выполнено в виде теплообменника, в котором входной поток для гидрирования нагревается за счет опосредованного теплообмена с потоком горячего сырого продукта, содержащего синтез-газ из установки парового риформинга, потоком горячего отходящего газа из печи для риформинга, потоком горячего газообразного продукта из установки для конверсии СО (преобразования СО), установленной после установки парового риформинга, или с множеством указанных потоков горячих газов, при этом температуру входного потока для гидрирования на входе в реактор для гидрирования регулируют с учетом объема потока горячего газа, подаваемого по перепускному трубопроводу в обход теплообменника. В результате принятия данной меры теплосодержание упомянутых технологических потоков используется для нагрева первого входного потока и, таким образом, для повышения энергоэффективности всего способа.

Было обнаружено, что температуру входного потока для гидрирования на входе в реактор для гидрирования можно преимущественным образом регулировать с учетом объема потока горячего газа, подаваемого вблизи теплообменника, в особенности тогда, когда общее содержание олефинов в первом входном потоке, содержащем олефины, находится в диапазоне 2-15 мол. %. Таким образом, энтальпия реакции, высвобождаемая при гидрировании указанного содержания олефинов, может быть достаточно скомпенсирована, для того чтобы можно было эффективно избежать перегрева реактора для гидрирования. Это делает необязательными вмешательства во фракционирование и возврат потока продуктов гидрирования олефинов.

Дальнейший предпочтительный вариант осуществления способа согласно настоящему изобретению отличается тем, что температуру входного потока для гидрирования на входе в реактор для гидрирования регулируют при помощи сепаратора с учетом объема газообразного возвращаемого потока. Данный вариант осуществления преимущественно используется, в частности, тогда, когда общее содержание олефинов в первом входном потоке, содержащем олефины, находится в диапазоне 10-50 мол.%. В этом случае температура на входе в реактор для гидрирования остается при постоянном минимальном значении за счет фиксированной настройки температуры потока горячего газа, подаваемого вблизи теплообменника.

Последние упомянутые два предпочтительных варианта осуществления способа согласно настоя-

шему изобретению можно эффективно объединить, если общее содержание олефинов в первом входном потоке, содержащем олефины, находится в диапазоне 2-50 мол.%. В этом случае температуру входного потока для гидрирования на входе в реактор для гидрирования регулируют как при помощи нагревательного устройства с учетом объема перепускного потока, так и при помощи сепаратора с учетом объема газообразного возвращаемого потока. Данный способ регулировки температуры входного потока для гидрирования на входе в реактор для гидрирования обладает большей гибкостью по сравнению с двумя вышеописанными вариантами осуществления и обеспечивает возможность более безопасной эксплуатации реактора для гидрирования в широком диапазоне содержания олефинов в углеводородном сырье.

В дальнейшем аспекте способа согласно настоящему изобретению газообразный частично возвращаемый поток объединяют со вторым входным потоком и сжимают вместе с последним, или, в качестве альтернативы, газообразный частично возвращаемый поток объединяют с предварительно сжатым вторым входным потоком. Таким образом, становится возможным достижение возврата газообразного частично возвращаемого потока в отсутствие потребности в отдельном компрессоре для этой цели. С этой целью также может использоваться имеющийся водородный компрессор.

В разработке настоящего изобретения в реакторе для гидрирования в условиях гидродесульфуризации (HDS) также происходит, по меньшей мере, частичная конверсия органических соединений серы, присутствующих в первом входном потоке, с получением десульфуризованных углеводородов и сероводорода, при этом образующийся сероводород отделяется от подаваемого потока для риформинга перед подачей последнего в установку для парового риформинга. Условия гидрирования ненасыщенных соединений и гидродесульфуризации являются настолько подобными, что в случае, когда необходима десульфуризация входного потока органических веществ, эти два этапа способа можно осуществлять в одном реакторе.

В дальнейшем варианте осуществления способа согласно настоящему изобретению охлаждение на этапе (f) способа осуществляют на нескольких ступенях, при этом по меньшей мере одна ступень охлаждения выполнена в виде теплообменника, в котором происходит охлаждение газообразного возвращаемого потока за счет опосредованного теплообмена с первым входным потоком, вводимым в способ, или с входным потоком для гидрирования. Таким образом, помимо охлаждения газообразного возвращаемого потока может быть выполнен предварительный нагрев первого входного потока или входного потока для гидрирования. Это улучшает управление тепловым режимом способа.

В вышеупомянутом варианте осуществления способа согласно настоящему изобретению особое предпочтение отдается наличию по меньшей мере одной дополнительной ступени охлаждения, на которой происходит охлаждение газообразного возвращаемого потока за счет опосредованного теплообмена с имеющейся охлаждающей средой, в частности с охлаждающей водой. Таким образом, получается большая гибкость в отношении достигаемого охлаждающего действия.

Особенно преимущественным является охлаждение газообразного возвращаемого потока на этапе (f) способа в той мере, что, по меньшей мере, половина него конденсируется и по меньшей мере 50 мол.% этого возвращаемого потока, предпочтительно по меньшей мере 70 мол.% этого возвращаемого потока, присутствует в жидкой форме. Таким образом, газообразный частично возвращаемый поток имеет настолько небольшой объем, что он может быть подан в компрессор для второго входного потока в отсутствие необходимости в наличии компрессора большего размера.

В конкретном варианте осуществления способа согласно настоящему изобретению установка парового риформинга содержит ступень предварительного риформинга (устройство предварительного риформинга), на которой высшие углеводороды в условиях предварительного риформинга, по меньшей мере, частично преобразуются в метан. Данный вариант осуществления является преимущественным, поскольку олефины, присутствующие в подаваемом потоке, подвергаются гидрированию с образованием соответствующих алканов, которые затем могут направленным образом вступать в предварительную реакцию с образованием метана на ступени предварительного риформинга перед достижением смешанным подаваемым потоком главной ступени риформинга.

Действующие образцы и численные примеры.

Дополнительные признаки, преимущества и возможные варианты применения настоящего изобретения также могут быть взяты из следующего описания действующих образцов и численных примеров, а также графических материалов. В этом случае все признаки, описанные и/или изображенные по отдельности или в любой комбинации, образуют объект настоящего изобретения независимо от способа их сочетания в пунктах формулы изобретения или обратных ссылок на эти пункты.

На фигурах показаны:

фиг. 1 - способ получения потока для подачи в установку парового риформинга согласно известному уровню техники;

фиг. 2 - схематическое изображение способа согласно изобретению в соответствии с предпочтительным вариантом осуществления.

На фиг. 1 в виде технологической блок-схемы схематически представлен способ согласно известному уровню техники для получения потока, подаваемого в установку парового риформинга из содержащего олефины входного потока углеводородов.

Первый входной поток, содержащая олефины жидкая смесь углеводородов, доставляется посредством трубопровода 10 и насоса 12 и подается по трубопроводу 14 в теплообменник 30. Второй входной поток, газообразный поток, содержащий водород, доставляется посредством трубопровода 20 и компрессора 22 и, аналогично, подается по трубопроводам 24 и 14 в теплообменник 30. Таким образом, объединение первого и второго входных потоков дает входной поток для гидрирования, который нагревается и испаряется в теплообменнике 30 и подается по трубопроводу 32 в реактор 40 для гидрирования. В качестве альтернативы, для образования входного потока для гидрирования, второй, содержащий водород входной поток также может быть добавлен к первому входному потоку после испарения, и в этом случае для настройки необходимой температуры на входе в реактор для гидрирования, необязательно, предусматривается дополнительное нагревательное устройство.

Как показано на фиг. 1, полученный в результате входной поток для гидрирования нагревается в теплообменнике 30 за счет опосредованного теплообмена с потоком горячего газообразного продукта из установки для конверсии СО (преобразования СО), расположенной после установки парового риформинга, который подается в теплообменник 30 по трубопроводу 34.

Для ограничения роста температуры при нагреве входного потока для гидрирования в теплообменнике 30 последний оснащают перепускным трубопроводом 36 и регулирующим клапаном 37, расположенным на трубопроводе 36. Охлажденный поток газообразного продукта из установки для конверсии СО выпускается из способа по трубопроводу 35.

В реакторе 40 для гидрирования олефины, присутствующие во входном потоке для гидрирования, и какие-либо по-прежнему присутствующие доли диолефинов подвергаются гидрированию с получением потока продуктов гидрирования олефинов, содержащего парафины. Кроме того, органические серосодержащие компоненты также могут подвергаться гидрированию с получением соответствующих углеводородов и сероводорода. В последнем случае полученный сероводород необходимо удалять при помощи соответствующих мер, например путем использования поглотителей на основе оксида цинка, перед введением потока продуктов гидрирования олефинов в установку парового риформинга. Катализаторы, необходимые для комбинированного гидрирования моноолефинов и диолефинов, а также органических серосодержащих компонентов, например катализаторы на основе Co-Mo или Ni-Mo, являются доступными для приобретения. В качестве альтернативы, гидрирование диолефинов, а также органических серосодержащих компонентов, можно осуществлять в отдельных реакторах для гидрирования с целью настройки условий гидрирования, оптимальных для каждого исходного сырья. Особенно часто для предотвращения полимеризации и осаждения получающегося в результате полимера в реакторе для гидрирования олефинов, предпочтение отдается гидрированию диолефинов в отдельном реакторе для гидрирования при менее высоких температурах гидрирования. Условия гидрирования, выбираемые для всех указанных вариантов гидрирования, известны специалистам в данной области техники. Вышеописанные модификации, содержащие отдельный реактор для гидрирования диолефинов и органических серосодержащих компонентов, не представлены на фигурах, однако они сами по себе известны специалистам в данной области техники.

Полученный поток продуктов гидрирования олефинов выпускается по трубопроводу 42 из реактора 40 для гидрирования и подается в сепаратор 50. Это можно простым образом реализовать при помощи регулирующих клапанов, расположенных в каналах трубопроводов 52 и 54. Подаваемый поток для парового риформинга выпускается из сепаратора по трубопроводу 52 и подается в установку парового риформинга. Кроме того, газообразный возвращаемый поток выпускается из сепаратора по линии 54 и подается в охлаждающее устройство 56. Охлаждающее устройство 56 может быть выполнено, например, в виде теплообменника, в котором охлаждение газообразного возвращаемого потока осуществляется за счет охлаждающей среды, например охлаждающей воды. Задачей охлаждающего устройства является удаление из газообразного возвращаемого потока тепла, высвобождаемого при экзотермическом гидрировании, и охлаждение последнего в той мере, чтобы его можно было ввести во входной поток для гидрирования, что, таким образом, позволяет избежать перегрева реактора 40 для гидрирования. Однако данный возвращаемый поток остается в газообразном состоянии.

Охлажденный газообразный возвращаемый поток подается по трубопроводу 58 в циркуляционный компрессор 60, где подвергается сжатию. Сжатый газообразный возвращаемый поток проходит по трубопроводу 62 и трубопроводу 14 обратно в теплообменник 30, после чего он объединяется с первым входным потоком и вторым входным потоком и, таким образом, становится составляющей входного потока для гидрирования.

На схематическом изображении способа согласно изобретению и устройства согласно изобретению, представленном на фиг. 2, ход способа до ссылочной позиции 54 в предпочтительном варианте осуществления соответствует последовательности технологических операций, изложенной в связи с фиг. 1, при этом ссылочные позиции имеют такую же нумерацию и значение, как на фиг. 1.

В дополнение к последовательности технологических операций, представленной на фиг. 1, входной поток для гидрирования, образованный за счет объединения первого входного потока и второго входного потока, подается по трубопроводу 14 в теплообменник 70 и предварительно нагревается в нем за счет опосредованного теплообмена с газообразным возвращаемым потоком, который выпускается по трубопро-

воду 54 из сепаратора 50 и подается в теплообменник 70. Предварительно нагретый входной поток для гидрирования затем подается по трубопроводу 16 в теплообменник 30, где он нагревается и испаряется.

Охлажденный газообразный возвращаемый поток, выпускаемый из теплообменника 70, подается по трубопроводу 72 в охлаждающее устройство 80. Охлаждающее устройство 80 может быть выполнено, например, в виде теплообменника, в котором охлаждение газообразного возвращаемого потока осуществляется за счет охлаждающей среды, например охлаждающей воды. Задачей теплообменника 70 и охлаждающего устройства 80 является удаление из газообразного возвращаемого потока тепла, высвобождаемого при экзотермическом гидрировании, и охлаждение последнего в той мере, чтобы происходила его, по меньшей мере, частичная конденсация. Этот частично конденсированный поток выпускается по трубопроводу 82 из охлаждающего устройства 80, вводится в устройство 90 разделения фаз и разделяется в последнем на газообразный частично возвращаемый поток и жидкий частично возвращаемый поток. Газообразный частично возвращаемый поток, также содержащий долю водорода, не вступившего в реакцию гидрирования, выпускается из устройства разделения фаз по трубопроводу 92 и объединяется со вторым входным потоком, текущим по трубопроводу 20.

Жидкий частично возвращаемый поток, выпускаемый из устройства разделения фаз по трубопроводу 94, объединяется при помощи насоса 96 и трубопровода 98 с входным потоком для гидрирования, подаваемым по трубопроводу 14. В качестве альтернативы, жидкий частично возвращаемый поток также может быть объединен с первым входным потоком, текущим по трубопроводу 10, что позволяет сэкономить на насосе 96.

Преимущество конфигурации согласно настоящему изобретению, описанной на фиг. 2, заключается в том, что по сравнению с последовательностью технологических операций, известной из уровня техники и представленной на фиг. 1, удается сэкономить на циркуляционном компрессоре 60. Данный экономический эффект является значительным, поскольку из-за больших объемов газа или пара, подлежащего возврату, и уровня температуры газов или паров, подлежащих сжатию, компрессор представляет собой устройство, имеющее сложную, возможно многоступенчатую конфигурацию и большой размер.

Для регулировки температуры в реакторе для гидрирования в варианте осуществления способа согласно настоящему изобретению, представленном на фиг. 2, показаны различные типы регулировки, действующие как альтернативные варианты или совместно в зависимости от общего содержания олефинов в углеводородном сырье. Сигнальные линии регулирующего устройства представлены на фиг. 2 прерывистыми линиями. В качестве управляющего воздействия во всех случаях служит температура потока продуктов гидрирования олефинов на выпуске реактора для гидрирования, измеряемая при помощи устройства ПТС2 измерения и регулировки температуры.

В случае общего содержания олефинов от низкого до среднего, например в диапазоне 2-15 мол.%, температуру в реакторе для гидрирования регулируют с учетом температуры входного потока для гидрирования на входе в реактор. Эта регулировка осуществляется путем надлежащей настройки регулирующего клапана 37 в канале перепускного трубопровода 36 вблизи теплообменника 30. Регулировка выполняется как каскадная регулировка, при которой на внутреннюю схему регулировки, состоящую из клапана 37 и устройства ПТС1 измерения и регулировки температуры, оказывает влияние управляющее воздействие через блок FУ управления. В этом случае преимущественным является то, что при помощи данной концепции регулировки могут в значительной степени уравниваться любые воздействия давления трения (гистерезис) и давления впуска (нелинейность) в клапане.

В случае общего содержания олефинов от среднего до высокого, например в диапазоне 10-50 мол.%, температуру в реакторе для гидрирования регулируют с учетом объема возвращаемого потока в трубопроводе 54. В этом случае температура на входе в реактор для гидрирования остается при постоянном минимальном значении за счет фиксированной настройки регулирующего клапана 37. Данная регулировка также выполняется как каскадная регулировка, при которой на внутреннюю схему регулировки, состоящую из регулирующих клапанов 51 и 53 и устройства FIC измерения и регулировки потока, оказывает влияние управляющее воздействие через блок FУ управления.

В случае общего содержания олефинов от низкого до высокого, например в диапазоне 2-50 мол.%, требуется высокая гибкость регулировки. По этой причине температуру в реакторе для гидрирования регулируют с учетом температуры входного потока для гидрирования на входе в реактор (регулирующий клапан 37), а также с учетом объема возвращаемого потока в трубопроводе 54 (регулирующие клапаны 51 и 53). Эта регулировка выполняется как регулировка с разделенным диапазоном, и ее можно считать комбинацией двух вышеупомянутых концепций регулировки. В данном случае на температуру входного потока для гидрирования на входе в реактор, в первую очередь, главным образом, в диапазоне регулировки 0-50%, и лишь во вторую очередь в диапазоне регулировки 50-100%, оказывает влияние изменение объема возвращаемого потока в трубопроводе 54, и, таким образом, трубы и устройства, присутствующие в канале трубопровода между трубопроводами 54, 92 или 98, могут быть выполнены с очень небольшим размером, что приводит к сокращению капитальных затрат на соответствующую установку.

Численные примеры.

В следующих численных примерах способ действия настоящего изобретения проиллюстрирован при помощи результатов модельных расчетов. Изучен случай получения сырья для установки парового

риформинга, имеющей производительность по водороду 130000 стандартных м³/ч, где в качестве углеводородного исходного сырья служит смесь сжиженных нефтяных газов (LPG) с содержанием олефинов 50 мол. %.

Сравнительный пример.

При получении подаваемого потока для установки парового риформинга согласно известному уровню техники (фиг. 1) используемый циркуляционный компрессор 60 требует электрической мощности 165 кВт. Энергия внешнего охлаждения, которую необходимо приложить к охлаждающему устройству 56 для приведения температуры газообразного возвращаемого потока на входе к соответствующему уровню температуры, составляет 4,2 ГДж/ч. Потребление охлаждающей воды для охлаждения циркуляционного компрессора 60 составляет 60 м³/ч.

Настоящее изобретение.

При получении потока, подаваемого в установку парового риформинга согласно настоящему изобретению (фиг. 2), удастся обойтись без циркуляционного компрессора 60, в результате чего экономятся капитальные затраты. С другой стороны, требуется насос 96, но он является значительно более дешевым из-за его меньшего размера и более простой конструкции, и он, необязательно, может быть опущен, в сравнении с тем, что указано выше в отношении фиг. 2. Существующий компрессор 22 также используется для газообразного частичного возвращаемого потока и, таким образом, это не приводит к появлению отдельных капитальных затрат. Электрическая мощность, необходимая в данном режиме эксплуатации, составляет 20 кВт, и, таким образом, по сравнению со сравнительным примером, экономится 145 кВт электрической мощности. С другой стороны, энергия внешнего охлаждения, которую необходимо приложить к охлаждающему устройству 80 для доведения температуры газообразного возвращаемого потока до уровня температуры, соответствующего частичной конденсации, составляет приблизительно 9,50 ГДж/ч, и, таким образом, согласно настоящему изобретению требуется на 5,32 ГДж/ч энергии внешнего охлаждения больше, чем в случае режима эксплуатации согласно известному уровню техники. Однако, в частности на объединенных площадках, охлаждающие среды, такие как охлаждающая вода, часто доступны с низкой себестоимостью, поэтому преобладает экономия в отношении необходимой электроэнергии в сочетании с пропуском циркуляционного компрессора.

Промышленная применимость

В изобретении предусмотрены способ и устройство для получения потока, содержащего олефины, подаваемого в установку парового риформинга. В результате охлаждения согласно изобретению газообразного возвращаемого потока, по меньшей мере, до частичной его конденсации и отдельной рециркуляции газообразного частичного возвращаемого потока и жидкого частичного возвращаемого потока удастся избежать приобретения большого и сложного циркуляционного компрессора и обеспечить экономию электроэнергии для эксплуатации этого компрессора. Регулировка согласно изобретению температуры входного потока для гидрирования на входе в реактор для гидрирования обладает большой гибкостью и обеспечивает возможность безопасной эксплуатации реактора для гидрирования в широком диапазоне содержания олефинов в углеводородном сырье.

Перечень ссылочных позиций

- 10 - Трубопровод;
- 12 - насос;
- 14 - трубопровод;
- 20 - трубопровод;
- 22 - компрессор;
- 24 - трубопровод;
- 30 - теплообменник;
- 32 - трубопровод;
- 34 - трубопровод;
- 35 - трубопровод;
- 36 - трубопровод;
- 37 - регулирующий клапан;
- 40 - реактор для гидрирования;
- 42 - трубопровод;
- 50 - сепаратор;
- 51 - регулирующий клапан;
- 52 - трубопровод;
- 53 - регулирующий клапан;
- 54 - трубопровод;
- 56 - охлаждающее устройство;
- 58 - трубопровод;
- 60 - циркуляционный компрессор;
- 62 - трубопровод;
- 70 - теплообменник;

72 - теплообменник;
 80 - охлаждающее устройство;
 82 - трубопровод;
 90 - устройство разделения фаз;
 92 - трубопровод;
 94 - трубопровод;
 96 - насос;
 98 - трубопровод;
 TIS - устройство измерения и регулировки температуры;
 FIC - устройство измерения и регулировки потока;
 FY - блок управления.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ обработки потока, подаваемого в установку парового риформинга, содержащую по меньшей мере одну ступень риформинга, который включает следующие этапы:

(а) объединение первого, жидкого входного потока, содержащего олефины, и второго входного потока, содержащего водород с образованием входного потока для гидрирования;

(б) нагрев входного потока для гидрирования в нагревательном устройстве и испарение входного потока для гидрирования в испарительном устройстве;

(с) введение нагретого и испаренного входного потока для гидрирования в реактор для гидрирования, содержащий по меньшей мере одну зону гидрирования, по меньшей мере, частичную конверсию олефинов, присутствующих во входном потоке для гидрирования, в реакторе для гидрирования в условиях гидрирования олефинов, выпуск потока газообразных продуктов гидрирования олефинов из реактора для гидрирования;

(d) разделение потока продуктов гидрирования олефинов в сепараторе на газообразный подаваемый поток для риформинга, подаваемый в установку парового риформинга, и газообразный возвращаемый поток;

(е) охлаждение газообразного возвращаемого потока с обеспечением, по меньшей мере, частичной его конденсации, и последующее введение его в устройство разделения фаз, в котором его разделяют на газообразную часть возвращаемого потока и жидкую часть возвращаемого потока;

(f) выпуск газообразной части возвращаемого потока и жидкой части возвращаемого потока из устройства разделения фаз, при этом газообразную часть возвращаемого потока объединяют с упомянутым вторым входным потоком, а жидкую часть возвращаемого потока объединяют с упомянутым первым входным потоком и/или возвращают на этап (а) способа,

при этом температуру входного потока для гидрирования на входе в реактор для гидрирования регулируют при помощи упомянутого нагревательного устройства, используемого на этапе (b) способа, и/или при помощи упомянутого сепаратора, используемого на этапе (d) способа.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что нагревательное устройство на этапе (b) способа выполнено в виде теплообменника, в котором входной поток для гидрирования нагревают за счет опосредованного теплообмена с потоком горячего сырого продукта, содержащего синтез-газ, отводимый из установки парового риформинга, потоком горячего отходящего газа из печи для риформинга, потоком горячего газообразного продукта из установки для конверсии CO, расположенной после установки парового риформинга, или с множеством указанных потоков горячих газов, при этом температуру входного потока для гидрирования на входе в реактор для гидрирования регулируют с учетом объема потока горячего газа, подаваемого по перепускному трубопроводу в обход теплообменника.

3. Способ по п.1, отличающийся тем, что температуру входного потока для гидрирования на входе в реактор для гидрирования регулируют при помощи сепаратора с учетом объема газообразного возвращаемого потока.

4. Способ по п.2, отличающийся тем, что общее содержание олефинов в первом входном потоке, содержащем олефины, находится в диапазоне 2-15 мол.%.

5. Способ по п.3, отличающийся тем, что общее содержание олефинов в первом входном потоке, содержащем олефины, находится в диапазоне 10-50 мол.%.

6. Способ по пп.2 и 3, отличающийся тем, что температуру входного потока для гидрирования на входе в реактор для гидрирования регулируют как при помощи нагревательного устройства с учетом объема перепускного потока, так и при помощи сепаратора с учетом объема газообразного возвращаемого потока, причем общее содержание олефинов в первом входном потоке, содержащем олефины, находится в диапазоне 2-50 мол.%.

7. Способ по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что газообразную часть возвращаемого потока объединяют с упомянутым вторым входным потоком и сжимают вместе с последним или газообразную часть возвращаемого потока объединяют с предварительно сжатым вторым входным потоком.

