

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **042643**(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2023.03.09

(21) Номер заявки
202092644

(22) Дата подачи заявки
2019.04.30

(51) Int. Cl. **C07C 2/62** (2006.01)
C07C 7/00 (2006.01)
B01J 27/02 (2006.01)

**(54) ОБРАТНОЕ КАСКАДИРОВАНИЕ КИСЛОТЫ И УГЛЕВОДОРОДА ПРИ
АЛКИЛИРОВАНИИ**

(31) **62/667,023**

(32) **2018.05.04**

(33) **US**

(43) **2021.02.24**

(86) **PCT/US2019/029887**

(87) **WO 2019/213063 2019.11.07**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
ЛАММУС ТЕКНОЛОДЖИ, ЭлЭлСи
(US)

(72) Изобретатель:
Лю Цзань, Лезос Питер, Медина
Жаклин, Лемуан Ромен (US)

(74) Представитель:
Медведев В.Н. (RU)

(56) US-A1-20100076241
US-A-3683041
CN-A-106281432
JP-A-2005272684
JP-A-2004538270

(57) Каскадная реакторная схема с кислотой и углеводородом, текущими в обратных направлениях. Предложенные системы и процессы для алкилирования олефинов могут включать в себя подачу первого олефина в первую зону алкилирования и подачу второго олефина во вторую зону алкилирования. Изопарафин может подаваться в первую зону алкилирования. Изопарафин и первый олефин могут контактировать с частично отработанной серной кислотой в первой зоне алкилирования с образованием отработанной кислотной фазы и первой углеводородной фазы, содержащей алкилат и непрореагировавший изопарафин. Первая углеводородная фаза и второй олефин могут контактировать с исходной серной кислотой во второй зоне алкилирования с образованием второй углеводородной фазы, также содержащей алкилат и непрореагировавший изопарафин, и частично отработанной серной кислоты, подаваемой в первую зону алкилирования. Кроме того, вторая углеводородная фаза может быть отделена для извлечения фракции изопарафина и фракции алкилатного продукта.

B1**042643****042643****B1**

Уровень техники

Процессы изопарафин-олефинового алкилирования являются ключевым путем производства сильно разветвленных углеводородов с высокими октановыми числами. Алкилирование представляет собой реакцию парафинов, обычно изопарафинов, с олефином в присутствии сильной кислоты, в результате чего получаются парафины, например, с более высоким октановым числом, чем у исходных материалов, и которые кипят в диапазоне бензинов. В нефтепереработке реакция алкилирования обычно представляет собой реакцию олефина C_3 - C_5 с изобутаном и/или изопентаном. В очистке алкилированием обычно используются катализаторы из фтористоводородной или серной кислоты. В типичном процессе реакция выполняется в реакторе, в котором углеводородные реагенты диспергированы в непрерывной кислотной фазе.

Во время процесса алкилирования вода, кислоторастворимые масла (ASO) и другие промежуточные химические соединения из реакций олефина разбавляют кислоту. Таким образом, необходим непрерывный поток кислоты для того, чтобы поддерживать желаемую концентрацию кислоты и удалять воду, ASO и кислоторастворимые промежуточные соединения. Существует острая необходимость в снижении расхода кислоты и эксплуатационных затрат, связанных с обработкой кислоты и регенерацией отработанной кислоты.

Также во время процесса алкилирования образуется алкилсульфат. Если сульфаты не будут удаляться, то они будут вызывать коррозию и засорение последующего оборудования, а также будут способствовать увеличению содержания серы в алкилатном продукте.

Сущность изобретения

Варианты осуществления в настоящем документе относятся к системам и процессам для алкилирования олефинов с изопарафинами в присутствии серной кислоты. Более конкретно варианты осуществления в настоящем документе относятся к схемам процесса алкилирования, в которых олефины обрабатываются в отдельных реакторах с каскадированием кислоты и углеводорода между реакторами в обратном направлении. Как было найдено, варианты осуществления, описываемые в настоящем документе, снижают расход кислоты, увеличивают октановое число алкилата, снижают эксплуатационные требования и уменьшают концентрацию серы в получаемом алкилатном продукте.

В одном аспекте варианты осуществления, раскрытые в настоящем документе, относятся к процессу для производства алкилатов углеводородов от C_3 до C_5 . Процесс для алкилирования олефинов может включать в себя:

- подачу первого олефина в первую зону алкилирования;
- подачу второго олефина во вторую зону алкилирования, причем второй олефин может быть тем же самым или отличающимся от первого олефина; и
- подачу изопарафина в первую зону алкилирования.

Изопарафин и первый олефин могут контактировать с частично отработанной серной кислотой в первой зоне алкилирования при условиях алкилирования с образованием отработанной кислотной фазы и первой углеводородной фазы, содержащей алкилат и непрореагировавший изопарафин. Первая углеводородная фаза и второй олефин могут контактировать с исходной серной кислотой во второй зоне алкилирования в условиях алкилирования с образованием второй углеводородной фазы, содержащей алкилат и непрореагировавший изопарафин, и частично отработанной серной кислоты, подаваемой в первую зону алкилирования. Кроме того, вторая углеводородная фаза может быть отделена для извлечения фракции изопарафина и фракции алкилатного продукта.

В некоторых вариантах осуществления молярное отношение изопарафина к олефину в полном питании первой реакционной зоны больше, чем молярное отношение изопарафина к олефину в полном питании второй реакционной зоны. В других вариантах осуществления молярное отношение изопарафина к олефину в полном питании первой реакционной зоны по меньшей мере в 1,5 раза больше, чем молярное отношение изопарафина к олефину в полном питании второй реакционной зоны. В других вариантах осуществления молярное отношение изопарафина к олефину в полном питании первой реакционной зоны по меньшей мере в 1,75 раза больше, чем молярное отношение изопарафина к олефину в полном питании второй реакционной зоны. В еще одних вариантах осуществления молярное отношение изопарафина к олефину в полном питании первой реакционной зоны по меньшей мере в 2 раза больше, чем молярное отношение изопарафина к олефину в полном питании второй реакционной зоны.

В некоторых вариантах осуществления условия алкилирования в первой и второй зонах алкилирования включают в себя то, что температура реакции в первой зоне алкилирования меньше, чем температура реакции во второй зоне алкилирования. Первый олефин может включать в себя олефины C_3 , и/или C_4 , и/или C_5 , и второй олефин может включать в себя олефины C_3 , и/или C_4 , и/или C_5 .

В некоторых вариантах осуществления процессы в настоящем документе могут дополнительно включать в себя подачу изопарафина во вторую зону алкилирования. Дополнительно или альтернативно процесс в настоящем документе может включать в себя подачу кислоты в первую зону алкилирования напрямую.

В другом аспекте варианты осуществления, раскрытые в настоящем документе, относятся к процессу для производства алкилатов углеводородов от C_3 до C_5 . Процесс для алкилирования олефинов может

включать в себя: подачу содержащего олефин C_5 питания в первую зону алкилирования; подачу содержащего олефин C_4 питания во вторую зону алкилирования; и подачу содержащего олефин C_3 питания в третью зону алкилирования. Изопарафин может подаваться в первый реактор алкилирования. Изопарафин и олефин C_5 могут контактировать со второй частично отработанной серной кислотой в первой зоне алкилирования при условиях алкилирования с образованием отработанной кислотной фазы и первой углеводородной фазы, содержащей алкилат и непрореагировавший изопарафин. Первая углеводородная фаза и олефин C_4 могут контактировать с первой частично отработанной серной кислотой во второй зоне алкилирования в условиях алкилирования с образованием второй углеводородной фазы, содержащей алкилат и непрореагировавший изопарафин, и частично отработанной серной кислоты, подаваемой в первую зону алкилирования. Вторая углеводородная фаза и олефин C_3 могут контактировать со свежим питанием серной кислоты в третьей зоне алкилирования в условиях алкилирования с образованием третьей углеводородной фазы, содержащей алкилат и непрореагировавший изопарафин, и первой частично отработанной серной кислоты, подаваемой во вторую зону алкилирования. Третья углеводородная фаза может быть отделена для извлечения фракции изопарафина и фракции алкилатного продукта.

В некоторых вариантах осуществления молярное отношение изопарафина к олефину в полном питании первой реакционной зоны может быть больше, чем молярное отношение изопарафина к олефину в полном питании второй реакционной зоны, и молярное отношение изопарафина к олефину в полном питании второй реакционной зоны может быть больше, чем молярное отношение изопарафина к олефину в полном питании третьей реакционной зоны ($I_{R1}:O_{R1} > I_{R2}:O_{R2} > I_{R3}:O_{R3}$). В других вариантах осуществления условия алкилирования в первой и второй зонах алкилирования включают в себя то, что температура реакции первой зоны алкилирования меньше, чем температура реакции второй зоны алкилирования, а условия алкилирования во второй и третьей зонах алкилирования включают в себя то, что температура реакции второй зоны алкилирования меньше, чем температура реакции третьей зоны алкилирования ($T_{R1} > T_{R2} > T_{R3}$).

В некоторых вариантах осуществления процессы в настоящем документе могут дополнительно включать в себя подачу изопарафина во вторую зону алкилирования и/или третью зону алкилирования. Дополнительно или альтернативно процессы в настоящем документе могут включать в себя подачу кислоты в первую зону алкилирования и/или во вторую зону алкилирования напрямую. Процесс может дополнительно содержать поддержание силы кислоты для всей подачи кислоты в первую зону алкилирования более низкой, чем сила кислоты для всей подачи кислоты в третью зону алкилирования.

В одном аспекте варианты осуществления, раскрытые в настоящем документе, относятся к процессу для производства алкилатов углеводородов от C_3 до C_5 . Процесс для алкилирования олефинов может включать в себя: подачу содержащего олефин C_5 питания в первую зону алкилирования; подачу содержащего олефин C_4 питания во вторую зону алкилирования; подачу содержащего олефин C_3 питания в третью зону алкилирования; и подачу изопарафина в первый реактор алкилирования. Изопарафин и олефин C_5 могут контактировать с первой частично отработанной серной кислотой в первой зоне алкилирования при условиях алкилирования с образованием второй частично отработанной кислотной фазы и первой углеводородной фазы, содержащей алкилат и непрореагировавший изопарафин. Первая углеводородная фаза и олефин C_4 могут контактировать со второй частично отработанной серной кислотой во второй зоне алкилирования в условиях алкилирования с образованием второй углеводородной фазы, содержащей алкилат и непрореагировавший изопарафин, и отработанной серной кислоты. Вторая углеводородная фаза и олефин C_3 могут контактировать со свежим питанием серной кислоты в третьей зоне алкилирования в условиях алкилирования с образованием третьей углеводородной фазы, содержащей алкилат и непрореагировавший изопарафин, и первой частично отработанной серной кислоты, подаваемой в первую зону алкилирования. Третья углеводородная фаза может быть отделена для извлечения фракции изопарафина и фракции алкилатного продукта.

В другом аспекте варианты осуществления, раскрытые в настоящем документе, относятся к системе для производства алкилатов углеводородов от C_3 до C_5 . Системы для алкилирования олефинов могут включать в себя: первую линию для подачи первого олефина в первую зону алкилирования; вторую линию для подачи второго олефина во вторую зону алкилирования, причем второй олефин может быть тем же самым или отличающимся от первого олефина; и третью линию для подачи изопарафина в первую зону алкилирования. Первая зона алкилирования может использоваться для контактирования изопарафина и первого олефина с частично отработанной серной кислотой при условиях алкилирования с образованием фазы отработанной кислоты и первой углеводородной фазы, содержащей алкилат и непрореагировавший изопарафин. Вторая зона алкилирования может быть предусмотрена для контактирования первой углеводородной фазы и второго олефина со свежим питанием серной кислоты при условиях алкилирования с образованием второй углеводородной фазы, содержащей алкилат и непрореагировавший изопарафин, и частично отработанной серной кислоты, подаваемой в первую зону алкилирования. Кроме того, системы в настоящем документе могут включать в себя сепаратор для отделения второй углеводородной фазы с целью извлечения фракции изопарафина и фракции алкилатного продукта.

В другом аспекте варианты осуществления, раскрытые в настоящем документе, относятся к системе для производства алкилатов углеводородов от C_3 до C_5 . Система для алкилирования олефинов может

включать в себя первую зону алкилирования для контактирования исходного изопарафина и исходного сырья, содержащего олефин C_5 , со второй частично отработанной серной кислотой в условиях алкилирования с образованием фазы отработанной кислоты и первой углеводородной фазы, содержащей алкилат и непрореагировавший изопарафин. Система может также включать в себя вторую зону алкилирования для контактирования первой углеводородной фазы и олефина C_4 с первой частично отработанной серной кислотой при условиях алкилирования с образованием второй углеводородной фазы, содержащей алкилат и непрореагировавший изопарафин, и второй частично отработанной серной кислоты, подаваемой в первую зону алкилирования. Кроме того, система может включать в себя третью зону алкилирования для контактирования второй углеводородной фазы и олефина C_3 со свежим питанием серной кислоты при условиях алкилирования с образованием третьей углеводородной фазы, содержащей алкилат и непрореагировавший изопарафин, и первой частично отработанной серной кислоты, подаваемой во вторую зону алкилирования. Кроме того, может быть предусмотрен сепаратор для отделения третьей углеводородной фазы с целью извлечения фракции изопарафина и фракции алкилатного продукта.

В еще одном аспекте варианты осуществления, раскрытые в настоящем документе, относятся к системе для производства алкилатов углеводородов от C_3 до C_5 . Система для алкилирования олефинов может включать в себя: линию для подачи содержащего олефин C_5 питания в первую зону алкилирования; линию для подачи содержащего олефин C_4 питания во вторую зону алкилирования; и линию для подачи содержащего олефин C_3 питания в третью зону алкилирования. Система дополнительно включает в себя: первую зону алкилирования для контактирования изопарафина и олефина C_5 с первой частично отработанной серной кислотой при условиях алкилирования для получения второй фазы частично отработанной кислоты и первой углеводородной фазы, содержащей алкилат и непрореагировавший изопарафин; вторую зону алкилирования для контактирования первой углеводородной фазы и олефина C_4 со второй частично отработанной серной кислотой при условиях алкилирования для получения второй углеводородной фазы, содержащей алкилат и непрореагировавший изопарафин, и отработанной серной кислоты; и третью зону алкилирования для контактирования второй углеводородной фазы и олефина C_3 со свежим питанием серной кислоты при условиях алкилирования для получения третьей углеводородной фазы, содержащей алкилат и непрореагировавший изопарафин, и первой частично отработанной серной кислоты, подаваемой в первую зону алкилирования. Кроме того, система может включать в себя сепаратор для отделения третьей углеводородной фазы с целью извлечения фракции изопарафина и фракции алкилатного продукта.

Другие аспекты и преимущества будут очевидны из следующего описания и приложенной формулы изобретения.

Краткое описание фигур

Фиг. 1 представляет собой упрощенную схему процесса системы алкилирования в соответствии с вариантами осуществления, раскрытыми в настоящем документе.

Фиг. 2 представляет собой упрощенную схему процесса системы алкилирования в соответствии с вариантами осуществления, раскрытыми в настоящем документе.

Фиг. 3 представляет собой упрощенную схему процесса системы алкилирования в соответствии с вариантами осуществления, раскрытыми в настоящем документе.

Фиг. 4 представляет собой упрощенную схему зоны реакции алкилирования, используемую с вариантами осуществления, раскрытыми в настоящем документе.

Подробное описание

Варианты осуществления, описанные в настоящем документе, относятся к каскадной реакторной схеме, в которой кислота и углеводород текут в обратном направлении. За счет обратного каскадирования углеводорода и кислоты предлагаемая реакторная схема может снижать расход кислоты, уменьшать концентрацию серы в алкилате и улучшать октановое число алкилата.

Использующийся в настоящем документе термин "расход кислоты" относится к разбавлению кислотного катализатора кислоторастворимыми маслами, образующимися в результате нежелательных побочных реакций. Дополнительно к этому формирование при использовании сернокислотного катализатора устойчивых промежуточных соединений, таких как сернокислые сложные эфиры, также разбавляет катализатор, вызывая очевидное увеличение расхода кислоты. Использующийся в настоящем документе термин "сила кислоты" относится к концентрации кислотного катализатора, которая для серной кислоты выражается в мас.% H_2SO_4 и определяется с помощью титрования стандартным гидроксидом натрия.

Исходное сырье для алкилирования, используемое в вариантах осуществления, раскрытых в настоящем документе, может включать в себя смеси различных олефинов и парафинов. Например, исходное сырье для алкилирования может включать в себя парафины C_1 - C_5 , включая n-алканы и изоалканы, а также олефины C_2 - C_5 . Олефины могут включать в себя n-олефины (олефины с линейной цепью), изоолефины (разветвленные олефины), а также их смеси. В некоторых вариантах осуществления парафины могут включать в себя пропан, алканы C_4 (н-бутан и изобутан), алканы C_5 (н-пентан, тетраметилметан и изопентан), а также их смеси. В некоторых вариантах осуществления в качестве парафинового питания используются высокочистые изопарафины, такие как изобутан и/или изопентан. В некоторых вариантах

осуществления исходное сырье для алкилирования может включать в себя погон легкой крекинг-нафты (LCN) C3-C5. В еще одном варианте осуществления настоящее изобретение относится к алкилированию изопарафина с отдельным использованием исходного сырья олефинов C3, C4 и C5.

В некоторых вариантах осуществления парафины могут включать в себя алканы C₄ (н-бутан и изобутан), алканы C₅ (н-пентан, неопентан и изопентан), а также их смеси. В других вариантах осуществления олефины могут включать в себя этилен, пропилен, олефины C₄ (такие как 1-бутен, 2-бутен, изобутилен или их смеси), олефины C₅ (такие как 1-пентен, 2-пентен, изопентены и их смеси), а также смеси вышеперечисленного.

Пропиленовое исходное сырье в некоторых вариантах осуществления может быть смесью пропилена и пропана, такой как поток пропилена, содержащий более 50 мас.% пропилена, или смесью C₃ и C₄, такой как поток пропилена на основе олефина, содержащий более 40 мас.% пропилена.

В некоторых вариантах осуществления содержащее бутилен исходное сырье может иметь больше чем 50 мас.% бутилена. В некоторых вариантах осуществления содержащее пентен исходное сырье может иметь больше чем 50 мас.% пентена.

Обычно считается, что уменьшение расходуемой силы кислоты приведет к снижению потребления кислоты, поскольку более низкая сила кислоты расширяет диапазон разбавления кислоты, позволяя удалять ASO при более высокой концентрации. Однако при более низкой силе кислоты образование ASO увеличивается, что сводит на нет эти преимущества или даже обращает их в свою противоположность, что приводит к более высокому потреблению кислоты. Было обнаружено, что для полного использования преимуществ низкой концентрации отработанной кислоты добавление промежуточной кислотной стадии (каскадирование кислоты) может снижать влияние стадии низкой концентрации на потребление кислоты.

Каскадирование кислоты может уменьшать расход кислоты. Однако в реакторе с низкой концентрацией кислоты скорость гидридного переноса является более низкой. В результате концентрация промежуточных соединений в кислотной фазе может увеличиться, а селективность реакции может понизиться, приводя к более высокой концентрации серы в алкилате и к уменьшенному октановому числу алкилата. Для предотвращения этого реактор с более низкой концентрацией кислоты должен иметь более высокий вход/выход или более низкую температуру для того, чтобы компенсировать неблагоприятный эффект, вызываемый низкой концентрацией кислоты. Каскадирование углеводорода в обратном направлении обеспечивает эффективное решение.

В некоторых вариантах осуществления процесс алкилирования включает в себя подачу изопарафинов, таких как изобутан или изопентан, и моноолефинов C₃-C₅ в реактор алкилирования. Реакция алкилирования может катализироваться серной кислотой в количестве свыше 80 процентов в некоторых вариантах осуществления, свыше 88 процентов в других вариантах осуществления, и свыше 96 процентов в еще одних вариантах осуществления. Процесс алкилирования включает в себя реакцию изопарафинов с олефинами в присутствии катализатора из серной кислоты в двух или более реакторах. Продукты реакции затем разделяются, чтобы извлечь богатую углеводородом фазу и богатую кислотой фазу. Богатая углеводородом фаза может быть дополнительно обработана для того, чтобы удалить сернокислые сложные эфиры из углеводородной фазы, среди других последующих операций, для получения выходящего углеводородного потока, который может включать в себя непрореагировавший изопарафин и алкилатные продукты. Извлеченные продукты алкилирования могут быть затем разделены на компоненты бензинового ряда и более тяжелые алкилатные продукты, среди других процессов окончательной обработки.

В вариантах осуществления в настоящем документе поток изопарафина и поток кислоты преимущественно каскадируются в обратных направлениях для улучшения качества продукта и снижения накладных расходов, среди других потенциальных преимуществ, особенно в случае алкилирования пропилена. Например, в двухреакторной системе олефин (олефины C₃, и/или C₄, и/или C₅) можно подавать в два реактора алкилирования параллельно. Свежая кислота может вводиться во второй реактор, и кислота из второго реактора может затем каскадироваться в первый реактор. Часть свежей кислоты может добавляться в первый реактор, если это необходимо. Для углеводородов изобутан из последующего сепаратора, такого как деизобутанизатор (DIB) для отделения алкилата от непрореагировавших изопарафинов, и большая часть или весь рецикл охлаждения вводится в первый реактор, а непрореагировавшие изобутен и алкилатный продукт из первого реактора затем каскадируются во второй реактор.

За счет обратного каскадирования потоков углеводородов и кислоты в системе с двумя реакторами можно достичь нескольких преимуществ. Во-первых, каскадирование кислоты может обеспечить очень низкую силу отработанной кислоты в первом реакторе, в то время как промежуточная кислотная стадия (второй реактор) снижает влияние стадии с низкой концентрацией кислоты за счет уменьшения образования ASO во втором реакторе. По сравнению с параллельной подачей кислоты кислотное каскадирование может снизить потребление кислоты. Во-вторых, поскольку поток углеводородов идет из первого реактора во второй, первый реактор имеет более высокое отношение изопарафина к олефину (I/O). В первом, авто-охлаждаемом реакторе алкилирования, более высокое отношение I/O обеспечивает более низкую рабочую температуру. Более высокое отношение I/O вместе с более низкой температурой улучшает селективность реакции в первом реакторе, что приводит к повышению октанового числа и к сниже-

нию образования промежуточных соединений и ASO. В-третьих, второй реактор будет работать как коагулятор кислого промывочного раствора для удаления избыточного сульфата, образовавшегося в первом реакторе с более низкой концентрацией кислоты. В-четвертых, по сравнению с параллельной подачей изопарафина, последовательное каскадирование изопарафина может удвоить отношение I/O в первом реакторе по сравнению со вторым реактором. В дополнение к этому, поскольку второй реактор может работать при более высокой концентрации кислоты, во втором реакторе может использоваться более высокая температура, что снижает потребление энергии в связанных компрессорах подачи питания. В целом для того, чтобы достичь более низкого потребления кислоты, обратное каскадирование углеводорода/кислоты позволяет уменьшить накладные расходы, связанные с сепаратором продукта (рециклом верхнего погона изопарафина) и компрессорами подачи питания.

Обратное каскадирование может также принести пользу в виде отдельных потоков олефинового питания и реакторных систем, включающих три или более реакторов. Например, богатый C_3 олефин (>70% пропилена) может быть введен в реактор #3, и богатые C_4 и/или C_5 олефины могут быть введены в реактор #1 и/или #2. Для кислотного потока свежая кислота может быть введена в реактор #3 (алкилирование пропилена), а затем частично отработанная кислота может последовательно каскадироваться в реактор #2 и/или #1. Изопарафин, такой как изобутан, может быть сперва введен на реактор #1 или реактор #2 в зависимости от типа питания, количества питания, и чувствительности питания к температуре, отношению I/O и силе кислоты. Предпочтительно большая часть изопарафина должна вводиться в реактор вместе с таким олефином, который является наиболее чувствительным к отношению I/O и температуре.

В результате кислотного каскадирования реактор #3 может иметь самую высокую силу кислоты и самое низкое отношение I/O. Это означает, что реактор #3 имеет самую высокую температуру для автоматического охлаждения, что является предпочтительным рабочим условием для переработки богатых пропиленом олефинов. В дополнение к этому, из-за более высокой концентрации кислоты в реакторе #3 по сравнению с реакторами #1 и #2, весь алкилатный продукт, образовавшийся в реакторе #1 и реакторе #2, может быть промыт в реакторе #3 более сильной кислотой перед разделением и извлечением продукта. Эта более высокая сила кислоты в последнем реакторе облегчает удаление сульфата, образующегося в условиях более слабой кислоты в реакторе #1 и реакторе #2.

На фиг. 1 показана упрощенная диаграмма процесса системы алкилирования в соответствии с вариантами осуществления, описанными в настоящем документе. Эта система алкилирования может включать в себя первую реакционную зону 10 алкилирования, вторую реакционную зону 20 алкилирования, а также один или более сепараторов 30. Питание реакторов может включать в себя изопарафиновое питание 102, одно или более олефиновых питаний 104 и свежее кислотное питание 106.

Свежая кислота 106 может первоначально подаваться в последний реактор, во вторую зону 20 алкилирования, и контактировать с олефином 104b и углеводородным потоком 108, выходящим из первой зоны 10 алкилирования, для превращения изопарафинов и олефина в алкилатный продукт. Получаемый в результате реакции выходной поток может быть затем разделен для извлечения второго выходящего потока 110 углеводородов и фракции 112 частично отработанной кислоты.

Фракция 112 частично отработанной кислоты может затем подаваться в первую реакционную зону 10, где она может контактировать с олефиновым 104a и изопарафиновым 102 потоками для преобразования изопарафинов и олефина в алкилатный продукт. Получаемый в результате реакции выходной поток может быть затем разделен для извлечения выходящего потока 108 углеводородов и фракции 114 отработанной кислоты.

Вышеуказанное описано в отношении потока кислоты (сначала кислота поступает во второй реактор, а затем отработанная кислота подается в первый реактор). Что касается углеводородного (изопарафинового) потока, система может включать в себя поток для подачи первого олефина 104(a) в первую зону 10 алкилирования и поток для подачи второго олефина 104(b) во вторую зону 20 алкилирования, где второй олефин 104(b) может быть тем же самым или отличающимся от первого олефина 104(a). Система может также включать в себя поток 102 для подачи изопарафина в первую зону 10 алкилирования.

В первой зоне 10 алкилирования изопарафин 102 и первый олефин 104(a) могут контактировать с частично отработанной серной кислотой 112 при условиях алкилирования для преобразования олефина и изопарафинов в алкилат и формирования фазы 114 отработанной кислоты и первой углеводородной фазы 108, содержащей алкилат и непрореагировавший изопарафин. Во второй зоне 20 алкилирования первая углеводородная фаза 108 и второй олефин могут контактировать со свежим питанием 106 серной кислоты при условиях алкилирования с образованием второй углеводородной фазы 110, содержащей алкилат и не прореагировавший изопарафин, и частично отработанной серной кислоты 112, которая может подаваться в первую зону 10 алкилирования.

Получаемые углеводороды 110 могут затем подаваться в сепаратор, такой как дистилляционная колонна, для разделения более тяжелой фракции 116 алкилатного продукта и более легкой фракции 118 изопарафина, которая может возвращаться в один или оба из реакторов 10, 20.

На фиг. 2 показана упрощенная схема процесса системы алкилирования в соответствии с вариантами осуществления, описанными в настоящем документе, где одинаковые ссыльные цифры указывают одинаковые детали. Система алкилирования может включать в себя первую реакционную зону 10 алки-

лирования, одну или более промежуточных реакционных зон 40 алкилирования, последнюю реакционную зону 20 алкилирования, а также один или более сепараторов 30. Питание реакторов может включать в себя изопарафиновое питание 102, одно или более олефиновых питаний 104a, 104b, 104c, и свежее кислотное питание 106. В некоторых вариантах осуществления олефиновое питание 104a является богатой пентеном фракцией, олефиновое питание 104b является богатой бутеном фракцией, и олефин 104c является фракцией пропилена.

Свежая кислота 106 может сначала подаваться в последний реактор, в зону 20 алкилирования, и контактировать с олефином 104c и углеводородным потоком 108b, выходящим из промежуточной зоны 40 алкилирования, для преобразования изопарафинов и олефина в алкилатный продукт. Получаемый в результате реакции выходной поток может быть затем разделен для извлечения выходящего потока 110 углеводородов и фракции 112a частично обработанной кислоты.

Фракция 112a частично обработанной кислоты может затем подаваться в промежуточную реакционную зону 40, где она может контактировать с олефиновым 104b и изопарафиновым 102 потоками для преобразования изопарафинов и олефина в алкилатный продукт. Получаемый в результате реакции выходной поток может быть затем разделен для извлечения выходящего потока 108 углеводородов и фракции 112b частично обработанной кислоты.

Фракция 112b частично обработанной кислоты может затем подаваться в первую реакционную зону 10, где она может контактировать с олефиновым 104a и изопарафиновым 102 потоками для преобразования изопарафинов и олефина в алкилатный продукт. Получаемый в результате реакции выходной поток может быть затем разделен для извлечения выходящего потока 108a углеводородов и фракции 114 обработанной кислоты.

Вышеуказанное описано в отношении потока кислоты (сначала кислота поступает в третий реактор, затем обработанная кислота подается во второй реактор, из которого обработанная кислота подается в первый реактор). Что касается углеводородного (изопарафинового) потока, система может включать в себя поток для подачи первого олефина 104(a), такого как пентены, в первую зону 10 алкилирования, поток для подачи второго олефина 104(b), такого как бутены, в промежуточную или вторую зону 40 алкилирования, и поток для подачи третьего олефина, такого как пропилен, в последнюю или третью реакционную зону 20. В некоторых вариантах осуществления первый олефин 104(a), второй олефин 104(b) и/или третий олефин 104(c) могут быть одинаковыми или отличающимися. Система может также включать в себя поток 102 для подачи изопарафина в первую зону 10 алкилирования.

В первой зоне 10 алкилирования изопарафин 102 и первый олефин 104(a) могут контактировать со второй частично обработанной серной кислотой 112b при условиях алкилирования для преобразования олефина и изопарафинов в алкилат и формирования фазы 114 обработанной кислоты и первой углеводородной фазы 108a, содержащей алкилат и непрореагировавший изопарафин. Во второй зоне 40 алкилирования первая углеводородная фаза 108a и второй олефин могут контактировать с частично обработанной серной кислотой 112a при условиях алкилирования с образованием второй углеводородной фазы 108b, содержащей алкилат и непрореагировавший изопарафин, и частично обработанной серной кислоты 112b, которая может подаваться в первую зону 10 алкилирования. В третьей зоне 20 алкилирования вторая углеводородная фаза 108b и третий олефин могут контактировать со свежим питанием 106 серной кислоты при условиях алкилирования с образованием третьей углеводородной фазы 110, содержащей алкилат и непрореагировавший изопарафин, и частично обработанной серной кислоты 112, которая может подаваться во вторую зону 40 алкилирования.

Получаемые углеводороды 110 могут затем подаваться в сепаратор 30, такой как дистилляционная колонна, для отделения более тяжелой фракции 116 алкилатного продукта от более легкой фракции 118 изопарафина, которая может возвращаться в один или в каждый из реакторов 10, 20, 40.

В некоторых вариантах осуществления могут быть реализованы преимущества более высокой предельной температуры реактора, где поток кислоты каскадируется к предшествующему реактору (относительно потока углеводорода), хотя и не к непосредственно предшествующему реактору. На фиг. 3 показана упрощенная схема процесса системы алкилирования в соответствии с другими вариантами осуществления, описанными в настоящем документе, где одинаковые ссылочные цифры указывают одинаковые детали.

Система алкилирования, проиллюстрированная на фиг. 3, может включать в себя первую реакционную зону 10 алкилирования, одну или более промежуточных реакционных зон 40 алкилирования, последнюю реакционную зону 20 алкилирования, а также один или более сепараторов 30. Питание реакторов может включать в себя изопарафиновое питание 102, одно или более олефиновых питаний 104a, 104b, 104c, и свежее кислотное питание 106. В некоторых вариантах осуществления олефиновое питание 104a является богатой пентеном фракцией, олефиновое питание 104b является богатой бутеном фракцией, и олефин 104c является фракцией пропилена.

Свежая кислота 106 может сначала подаваться в последний реактор, в зону 20 алкилирования, и контактировать с олефином 104c и углеводородным потоком 108b, выходящим из промежуточной зоны 40 алкилирования, для преобразования изопарафинов и олефина в алкилатный продукт. Получаемый в результате реакции выходной поток может быть затем разделен для извлечения выходящего потока 110

углеводородов и фракции 112a частично отработанной кислоты.

Фракция 112a частично отработанной кислоты может затем подаваться в первую реакционную зону 10, где она может контактировать с олефиновым 104a и изопарафиновым 102 потоками для преобразования изопарафинов и олефина в алкилатный продукт. Получаемый в результате реакции выходной поток может быть затем разделен для извлечения выходящего потока 108a углеводородов и фракции 112b частично отработанной кислоты.

Фракция 112b частично отработанной кислоты может затем подаваться во вторую реакционную зону 10, где она может контактировать с олефином 104b для преобразования изопарафинов и олефина в алкилатный продукт. Получаемый в результате реакции выходной поток может быть затем разделен для извлечения выходящего потока 108b углеводородов и фракции 114 отработанной кислоты.

Вышеуказанное описано в отношении потока кислоты (сначала кислота поступает в третий реактор, затем отработанная кислота подается в первый реактор, из которого отработанная кислота подается во второй реактор). Что касается углеводородного (изопарафинового) потока, система может включать в себя поток для подачи первого олефина 104(a), такого как пентены, в первую зону 10 алкилирования, поток для подачи второго олефина 104(b), такого как бутены, в промежуточную или вторую зону 40 алкилирования, и поток для подачи третьего олефина, такого как пропилен, в последнюю или третью реакционную зону 20. В некоторых вариантах осуществления первый олефин 104(a), второй олефин 104(b) и/или третий олефин 104(c) могут быть одинаковыми или отличающимися. Система может также включать в себя поток 102 для подачи изопарафина в первую зону 10 алкилирования.

В первой зоне 10 алкилирования изопарафин 102 и первый олефин 104(a) могут контактировать с первой частично отработанной серной кислотой 112a при условиях алкилирования для преобразования олефина и изопарафинов в алкилат и формирования второй фазы 112b частично отработанной кислоты и первой углеводородной фазы 108a, содержащей алкилат и непрореагировавший изопарафин. Во второй зоне 40 алкилирования первая углеводородная фаза 108a и второй олефин могут контактировать со второй частично отработанной серной кислотой 112b при условиях алкилирования с образованием второй углеводородной фазы 108b, содержащей алкилат и непрореагировавший изопарафин, и отработанной серной кислоты 114. В третьей зоне 20 алкилирования вторая углеводородная фаза 108b и третий олефин могут контактировать со свежим питанием 106 серной кислоты при условиях алкилирования с образованием третьей углеводородной фазы 110, содержащей алкилат и непрореагировавший изопарафин, и первой частично отработанной серной кислоты 112a, которая может подаваться в первую зону 10 алкилирования.

Получаемые углеводороды 110 могут затем подаваться в сепаратор 30, такой как дистиляционная колонна, для отделения более тяжелой фракции 116 алкилатного продукта от более легкой фракции 118 изопарафина, которая может возвращаться в один или в каждый из реакторов 10, 20, 40.

На фиг. 4 показана упрощенная диаграмма процесса зоны алкилирования в соответствии с вариантами осуществления, описанными в настоящем документе. Зона алкилирования может включать в себя реакционную зону и зону разделения. Зона 400 алкилирования, например, может включать в себя верхнюю реакционную секцию 400a и нижнюю секцию 400b разделения. Контактные структуры 402 могут располагаться в верхней секции 400a для облегчения тесного контакта олефина 404, изопарафина 406 и серной кислоты 408.

Условия в зоне 400 алкилирования могут поддерживаться такими, чтобы по меньшей мере часть или весь олефин реагировал с изопарафином с образованием алкилата, как было упомянуто выше. Получаемая реакционная смесь может быть затем разделена, например путем декантирования реакционной смеси в нижней секции 400b, для извлечения углеводородной фракции 420, включающей в себя алкилат, непрореагировавший изопарафин и непрореагировавший олефин, если он есть, а также отработанной или частично отработанной кислотной фракции 422.

Если используются контактные структуры, они могут располагаться в верхней секции 400a реактора 400 алкилирования для обеспечения контакта потоков серной кислоты, изопарафина и олефина. В некоторых вариантах осуществления контактные структуры или диспергаторы, используемые в описанных в настоящем документе вариантах осуществления, могут включать в себя по меньшей мере 50% пустого пространства; по меньшей мере 60% пустого пространства в других вариантах осуществления; по меньшей мере 70% пустого пространства в других вариантах осуществления; по меньшей мере 80% пустого пространства в других вариантах осуществления; и вплоть до 99% пустого пространства в других вариантах осуществления. Например, в некоторых вариантах осуществления контактная структура может включать в себя компонент из множества волокон и структурный элемент, такой как вязаная проволоочная сетка, диспергаторы или другие подходящие контактные структуры. Например, могут использоваться контактные структуры, описанные в патентном документе US № 6774275, включенном в настоящий документ посредством ссылки.

В некоторых вариантах осуществления для реакционной зоны реакторов 400 алкилирования также можно использовать режим импульсного потока. Импульсы могут характеризоваться большими скоростями массо- и теплопередачи. Повышенное смачивание контактной структуры и непрерывное перемешивание между параллельно текущими ручейками может уменьшить неравномерное распределение по-

тока. В дополнение к этому, образование локальных горячих точек может быть уменьшено, что приведет к более безопасному процессу. Импульсы могут непрерывно мобилизовать жидкость в застойных зонах и устранять их. Поскольку в операциях с тонкими струйками застойная жидкость составляет от 10 до 30 процентов от общего количества удерживаемой жидкости, динамический характер режима импульсного потока может улучшить характеристики реактора, например, за счет улучшенного радиального перемешивания.

Часть или вся фракция 422 частично отработанной кислоты, выходящей из зоны алкилирования, может подаваться в другую зону алкилирования (не показано), как было описано выше. В некоторых вариантах осуществления часть 424 кислотной фракции 458 может также возвращаться в тот же самый реактор 400 алкилирования, например для поддержания желаемой концентрации кислоты в первом реакторе 400 алкилирования. Остальная кислота может быть извлечена как фракция 426 отработанной кислоты, которая может быть направлена в другой реактор или использована для восстановления отработанной кислоты.

Дополнительно к этому, за счет тепла реакции может образовываться некоторое количество паров 440, которые могут быть удалены. При желании, эти пары могут быть сконденсированы или сжаты, например с использованием компрессора 442, и объединены с извлеченной жидкой углеводородной фракцией 420 для формирования углеводородной фракции 444. В некоторых вариантах осуществления полученная углеводородная фракция 444 может разделяться на первую часть 450, направляемую в последующую зону алкилирования или в зону извлечения продукта, и вторую часть 452, которая может возвращаться в тот же самый реактор 400 алкилирования, например для поддержания желаемой концентрации подаваемого олефина и/или для регулирования температуры.

Серная кислота, подаваемая в зоны алкилирования, может включать в себя свежую и/или рециркуляционную серную кислоту. В некоторых вариантах осуществления концентрация фазы серной кислоты, входящей в реакторы алкилирования, может поддерживаться на уровне, соответствующем смесям серной кислоты и воды с титруемой концентрацией 99,8 мас.% или меньше. В других вариантах осуществления концентрация серной кислоты может поддерживаться на уровне, соответствующем смесям серной кислоты и воды с титруемой концентрацией 20-96 мас.%; 25-75 мас.% в других вариантах осуществления; и 30-70 мас.% в других вариантах осуществления. Можно отметить, что кислотная фаза в этих случаях состоит из серной кислоты, сернокислых сложных эфиров, ASO (кислоторастворимых масел) и воды. Она не содержит значительных количеств воды, обычно 0-5 мас.%, и для целей описания содержания кислоты используется терминология "титруется как" или "титруемая как", чтобы обозначить смесь серной кислоты и воды, которая имеет ту же самую кислотность, понимая, что кислотная смесь, используемая в настоящем документе, является более сложной по химическому составу. Измерение кислотности может быть выполнено, например, с использованием титратора METTLER DL-77 или METTLER T-90.

В некоторых вариантах осуществления свежая кислота может подаваться в зоны алкилирования в дополнение к отработанной кислоте. Скоростями потоков свежей кислоты, регенерированной кислоты, возвращаемой в реактор алкилирования, и отработанной кислоты, направляемой в другую зону алкилирования или на регенерацию кислоты, можно управлять для того, чтобы достичь желаемой или оптимальной силы кислоты в каждом соответствующем реакторе алкилирования. Как было описано выше, поток кислоты и рециркулирующей кислоты может поддерживаться таким образом, чтобы сила кислоты в последней зоне алкилирования была больше, чем сила кислоты в предшествующих зонах алкилирования (в соответствии с потоком углеводорода/изопарафина).

Для реакционной системы, содержащей n реакторов, последний реактор (относительно потока углеводорода) может иметь самую высокую силу кислоты. Другими словами, может быть реализовано выгодное разделение серы, когда сила кислоты в реакторе n больше, чем в реакторах $1-n-1$ (то есть сила кислоты в реакторе $n >$ сила кислоты в реакторах $1-n-1$).

В варианте осуществления, показанном на фиг. 1, например, сила кислоты во второй зоне 20 алкилирования может поддерживаться в диапазоне 80-99%, а сила кислоты в первой зоне 10 алкилирования может поддерживаться в диапазоне 80-99%, но меньше, чем в реакторе 20. В варианте осуществления, показанном на фиг. 2, например, сила кислоты в третьей зоне 20 алкилирования может поддерживаться в диапазоне 80-99%, сила кислоты во второй зоне 40 алкилирования может поддерживаться в диапазоне 80-99%, и сила кислоты в первой зоне 10 алкилирования может поддерживаться в диапазоне 80-99%, но меньше чем в реакторе 20. В варианте осуществления, показанном на фиг. 3, например, сила кислоты в зоне 20 алкилирования может поддерживаться в диапазоне 80-99%, сила кислоты в зоне 10 алкилирования может поддерживаться в диапазоне 80-99%, и сила кислоты в зоне 40 алкилирования может поддерживаться в диапазоне 80-99%, но меньше чем в реакторе 20.

В некоторых вариантах осуществления массовое отношение серной кислоты к пропиленовому исходному сырью, подаваемому в реактор алкилирования пропилена, такой как, например, зона 20 алкилирования, может находиться в диапазоне от 0,1:1 до 30:1. В других вариантах осуществления массовое отношение серной кислоты к пропиленовому исходному сырью, подаваемому в реактор алкилирования пропилена, может находиться в диапазоне от 0,1:1 до 20:1; и в диапазоне от 1:1 до 10:1 в еще одних вариантах осуществления.

Условия реакции для зон алкилирования могут зависеть от типа питания и силы кислоты, поддерживаемой в реакторе, как было отмечено выше. Условия в реакторах алкилирования могут поддерживаться такими, чтобы по меньшей мере часть олефина реагировала с изопарафином с образованием алкилата, как было упомянуто выше, минимизируя при этом образование тяжелых фракций. Например, в некоторых вариантах осуществления температура в реакторах алкилирования может поддерживаться в диапазоне от -7°C до 38°C (от 20°F до 100°F); от -4°C до 18°C (от 25°F до 65°F) в других вариантах осуществления; в пределах от -1°C до 10°C (от 30°F до 50°F) в других вариантах осуществления; и в пределах от -7°C до 4°C (от 20°F до 40°F) в еще одних вариантах осуществления. Давление в реакторе алкилирования может находиться в диапазоне от приблизительно 5 до приблизительно 500 фунт/кв.дюйм изб. в некоторых вариантах осуществления; приблизительно 10-250 фунт/кв.дюйм изб. в других вариантах осуществления; и приблизительно 20-150 фунт/кв.дюйм изб. в еще одних вариантах осуществления. Комбинация температуры и давления, используемая в некоторых вариантах осуществления, является достаточной для поддержания питания и продуктов в жидкой фазе.

Для реакторов алкилирования пропилена, таких как реактор 20, в некоторых вариантах осуществления условия реакции могут включать в себя температуру в диапазоне от 0°C до 19°C (32 - 65°F). При этих условиях конверсия пропилена может быть максимизирована. В некоторых вариантах осуществления более высокая сила кислоты, используемая для реактора алкилирования пропилена, может позволить повысить температуру в реакторе, например до диапазона от приблизительно 10°C до приблизительно 38°C (50 - 100°F).

Для двухреакторных систем, таких как проиллюстрированная на фиг. 1, например, условия алкилирования в первой и второй зонах алкилирования включают в себя то, что температура реакции в первой зоне алкилирования меньше, чем температура реакции во второй зоне алкилирования. Например, температура реакции в первой зоне 10 алкилирования может находиться в диапазоне от приблизительно -7°C до приблизительно 38°C , а температура реакции во второй зоне 20 алкилирования может находиться в диапазоне от приблизительно -7°C до приблизительно 38°C .

Аналогичным образом, для трехреакторных систем температура в последнем реакторе (относительно потока углеводорода) может быть самой большой. Условия алкилирования в первой и второй зонах алкилирования могут включать в себя то, что температура реакции первой зоны алкилирования меньше, чем температура реакции второй зоны алкилирования, а условия алкилирования во второй и третьей зонах алкилирования включают в себя то, что температура реакции второй зоны алкилирования меньше, чем температура реакции третьей зоны алкилирования ($T_{R1} > T_{R2} > T_{R3}$). В других вариантах осуществления условия алкилирования в первой, второй и третьей зонах алкилирования могут включать в себя то, что температура реакции в первой или второй зоне алкилирования меньше, чем температура реакции в третьей зоне алкилирования. Например, для процесса, проиллюстрированного на фиг. 2, последний реактор 30 алкилирования пропилена может работать при температуре в диапазоне от приблизительно -7°C до приблизительно 38°C , тогда как первая и вторая зоны 10, 40 алкилирования, в которых реагируют бутены и/или пентены, могут работать в диапазоне температур от приблизительно -7°C до приблизительно 38°C .

В некоторых вариантах осуществления молярное отношение олефина к изопарафину в полном питании реактора для каждой из реакционных зон алкилирования может находиться в диапазоне от приблизительно 1:1,5 до приблизительно 1:30, например от приблизительно 1:5 до приблизительно 1:15. Также могут использоваться более низкие отношения олефина к изопарафину.

Для двухреакторных систем, например, молярное отношение изопарафина к олефину в полном питании первой реакционной зоны (в соответствии с потоком изопарафина) больше, чем молярное отношение изопарафина к олефину в полном питании второй реакционной зоны. Последний реактор может иметь наименьшее молярное отношение изопарафина к олефину. В варианте осуществления, показанном на фиг. 1, например, молярное отношение изопарафина к олефину в полном питании первой реакционной зоны 10 больше, чем молярное отношение изопарафина к олефину в полном питании второй реакционной зоны 20. В некоторых вариантах осуществления молярное отношение изопарафина к олефину в полном питании первой реакционной зоны 10 по меньшей мере в 1,5 раза больше молярного отношения изопарафина к олефину в полном питании второй реакционной зоны 20; по меньшей мере в 1,75 раза больше в других вариантах осуществления, и по меньшей мере в 2 раза больше в еще одних вариантах осуществления.

Аналогичным образом для трехреакторных систем молярное отношение изопарафина к олефину в полном питании первой реакционной зоны может быть больше, чем молярное отношение изопарафина к олефину в полном питании второй реакционной зоны, и молярное отношение изопарафина к олефину в полном питании второй реакционной зоны может быть больше, чем молярное отношение изопарафина к олефину в полном питании третьей реакционной зоны ($I_{R1}:O_{R1} > I_{R2}:O_{R2} > I_{R3}:O_{R3}$). В некоторых вариантах осуществления молярное отношение изопарафина к олефину в полном питании первой реакционной зоны 10 может быть по меньшей мере в 1,5 раза больше молярного отношения изопарафина к олефину в полном питании второй реакционной зоны 40; по меньшей мере в 1,75 раза больше в других вариантах осуществления, и по меньшей мере в 2 раза больше в еще одних вариантах осуществления. Аналогичным

образом молярное отношение изопарафина к олефину в полном питании второй реакционной зоны 40 может быть по меньшей мере в 1,5 раза больше молярного отношения изопарафина к олефину в полном питании третьей реакционной зоны 20; по меньшей мере в 1,75 раза больше в других вариантах осуществления, и по меньшей мере в 2 раза больше в еще одних вариантах осуществления. Аналогичным образом для варианта осуществления, проиллюстрированного на фиг. 3, молярное отношение изопарафина к олефину в полном питании первой или второй реакционных зон 10, 40 больше, чем молярное отношение изопарафина к олефину в полном питании третьей реакционной зоны 30.

Продукты алкилирования, сформированные в соответствии с вариантами осуществления, описанными в настоящем документе, могут включать в себя углеводороды C_7 - C_{10} . Алкилат, полученный с использованием вариантов осуществления процессов и систем, раскрытых в настоящем документе, может использоваться в качестве бензина. В некоторых вариантах осуществления алкилатные продукты C_7 и C_8 могут быть смешаны с другими компонентами для получения бензина.

Как было описано выше, варианты осуществления в настоящем документе направлены на системы алкилирования с обратным каскадированием потока углеводорода и кислотного потока. Хотя это описано в отношении однореакторных систем, предполагается, что поток может представлять собой комбинацию последовательного потока и параллельного потока, например, когда одна или более реакционных зон включают в себя множество реакторов, работающих параллельно, с потоком олефина, парафина и кислоты, как описано, например, для фиг. 1, 2 или 3. Также возможны другие варианты осуществления, в которых реакционные зоны могут включать в себя последовательный и/или параллельный поток внутри реакционной зоны, но предпочтительно используют обратное каскадирование кислоты, описанное в настоящем документе. Например, реакционная зона 10 может иметь множество реакторов, функционирующих параллельно в отношении кислотного потока, получаемого из реакторов 20, а также изопарафина и/или олефина, подаваемых в реакторы. Аналогичным образом реакционные зоны 20 и 40 могут иметь множество реакторов, функционирующих параллельно в отношении потоков кислоты, изопарафина и олефина.

Варианты осуществления, описанные в настоящем документе, могут преимущественно обеспечивать, среди других преимуществ, одно или более из следующего: снижение потребления энергии; снижение расхода кислоты; повышение октанового числа алкилатного продукта; и понижение содержания серы в алкилатном продукте.

В то время как настоящее раскрытие включает в себя ограниченное количество вариантов осуществления, специалисту в данной области техники, обладающему преимуществом этого раскрытия, будет понятно, что могут быть разработаны и другие варианты осуществления, которые не выходят за пределы области охвата настоящего раскрытия. Соответственно, область охвата должна быть ограничена только прилагаемой формулой изобретения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ алкилирования олефинов, содержащий:
 - подачу первого C_3 - C_5 олефина в первую зону алкилирования;
 - подачу второго C_3 - C_5 олефина во вторую зону алкилирования, причем второй C_3 - C_5 олефин может быть тем же самым или отличающимся от первого C_3 - C_5 олефина;
 - подачу C_3 - C_5 изопарафина в первую зону алкилирования;
 - контактирование изопарафина и первого C_3 - C_5 олефина с частично отработанной серной кислотой в первой зоне алкилирования при условиях алкилирования в диапазоне температур между -7°C и 38°C , с образованием отработанной кислотной фазы и первой углеводородной фазы, содержащей алкилат и непрореагировавший изопарафин, где массовое соотношение серной кислоты и олефина, подаваемого в зону алкилирования, составляет от 0,1:1 до 30:1;
 - контактирование первой углеводородной фазы и второго C_3 - C_5 олефина с исходной серной кислотой во второй зоне алкилирования при условиях алкилирования с образованием второй углеводородной фазы, содержащей алкилат и непрореагировавший изопарафин, и частично отработанной серной кислоты, подаваемой в первую зону алкилирования;
 - отделение второй углеводородной фазы, чтобы извлечь фракцию изопарафина и фракцию алкилатного продукта.
2. Способ по п.1, в котором молярное отношение изопарафина к олефину в полном питании первой реакционной зоны больше, чем молярное отношение изопарафина к олефину в полном питании второй реакционной зоны.
3. Способ по п.1, в котором молярное отношение изопарафина к олефину в полном питании первой реакционной зоны по меньшей мере в 1,5 раза больше, чем молярное отношение изопарафина к олефину в полном питании второй реакционной зоны.
4. Способ по п.1, в котором молярное отношение изопарафина к олефину в полном питании первой реакционной зоны по меньшей мере в 1,75 раза больше, чем молярное отношение изопарафина к олефину в полном питании второй реакционной зоны.

5. Способ по п.1, в котором молярное отношение изопарафина к олефину в полном питании первой реакционной зоны по меньшей мере в 2 раза больше, чем молярное отношение изопарафина к олефину в полном питании второй реакционной зоны.

6. Способ по п.1, в котором условия алкилирования в первой и второй зонах алкилирования включают в себя то, что температура реакции в первой зоне алкилирования меньше, чем температура реакции во второй зоне алкилирования.

7. Способ по п.1, в котором первый олефин содержит олефины C_3 , и/или C_4 , и/или C_5 , и в котором второй олефин содержит олефины C_3 , и/или C_4 , и/или C_5 .

8. Способ по п.1, дополнительно содержащий подачу изопарафина во вторую зону алкилирования.

9. Способ по п.1, дополнительно содержащий подачу кислоты в первую зону алкилирования напрямую.

10. Способ алкилирования олефинов, содержащий:

подачу содержащего олефин C_5 питания в первую зону алкилирования; подачу содержащего олефин C_4 питания во вторую зону алкилирования;

подачу содержащего олефин C_3 питания в третью зону алкилирования; подачу изопарафина в первый реактор алкилирования;

контактирование изопарафина и олефина C_5 со второй частично отработанной серной кислотой в первой зоне алкилирования при условиях алкилирования с образованием отработанной кислотной фазы и первой углеводородной фазы, содержащей алкилат и непрореагировавший изопарафин;

контактирование первой углеводородной фазы и олефина C_4 с первой частично отработанной серной кислотой во второй зоне алкилирования при условиях алкилирования с образованием второй углеводородной фазы, содержащей алкилат и непрореагировавший изопарафин, и второй частично отработанной серной кислоты, подаваемой в первую зону алкилирования;

контактирование второй углеводородной фазы и олефина C_3 со свежим питанием серной кислоты в третьей зоне алкилирования при условиях алкилирования с образованием третьей углеводородной фазы, содержащей алкилат и непрореагировавший изопарафин, и первой частично отработанной серной кислоты, подаваемой во вторую зону алкилирования;

отделение третьей углеводородной фазы, чтобы извлечь фракцию изопарафина и фракцию алкилатного продукта.

11. Способ по п.10, в котором молярное отношение изопарафина к олефину в полном питании первой реакционной зоны больше, чем молярное отношение изопарафина к олефину в полном питании второй реакционной зоны, и в котором молярное отношение изопарафина к олефину в полном питании второй реакционной зоны больше, чем молярное отношение изопарафина к олефину в полном питании третьей реакционной зоны ($I_{R1}:O_{R1} > I_{R2}:O_{R2} > I_{R3}:O_{R3}$).

12. Способ по п.10, в котором условия алкилирования в первой и второй зонах алкилирования включают в себя то, что температура реакции первой зоны алкилирования меньше, чем температура реакции второй зоны алкилирования, а условия алкилирования во второй и третьей зонах алкилирования включают в себя то, что температура реакции второй зоны алкилирования меньше, чем температура реакции третьей зоны алкилирования ($T_{R1} < T_{R2} < T_{R3}$).

13. Способ по п.10, дополнительно содержащий подачу изопарафина во вторую зону алкилирования и третью зону алкилирования.

14. Способ по п.10, дополнительно содержащий подачу кислоты в первую зону алкилирования и/или во вторую зону алкилирования напрямую.

15. Способ по п.10, дополнительно содержащий поддержание силы кислоты для всей подачи кислоты в первую зону алкилирования более низкой, чем сила кислоты для всей подачи кислоты в третью зону алкилирования.

16. Способ алкилирования олефинов, содержащий:

подачу содержащего олефин C_5 питания в первую зону алкилирования;

подачу содержащего олефин C_4 питания во вторую зону алкилирования;

подачу содержащего олефин C_3 питания в третью зону алкилирования;

подачу изопарафина в первый реактор алкилирования;

контактирование изопарафина и олефина C_5 с первой частично отработанной серной кислотой в первой зоне алкилирования при условиях алкилирования с образованием второй частично отработанной кислотной фазы и первой углеводородной фазы, содержащей алкилат и непрореагировавший изопарафин;

контактирование первой углеводородной фазы и олефина C_4 со второй частично отработанной серной кислотой во второй зоне алкилирования при условиях алкилирования с образованием второй углеводородной фазы, содержащей алкилат и непрореагировавший изопарафин, и отработанной серной кислоты;

контактирование второй углеводородной фазы и олефина C_3 со свежим питанием серной кислоты в третьей зоне алкилирования при условиях алкилирования с образованием третьей углеводородной фазы, содержащей алкилат и непрореагировавший изопарафин, и первой частично отработанной серной кисло-

ты, подаваемой в первую зону алкилирования;

отделение третьей углеводородной фазы, чтобы извлечь фракцию изопарафина и фракцию алкилатного продукта.

17. Способ по п.16, в котором молярное отношение изопарафина к олефину в полном питании первой или второй реакционной зоны больше, чем молярное отношение изопарафина к олефину в полном питании третьей реакционной зоны.

18. Способ по п.16, в котором условия алкилирования в первой, второй и третьей зонах алкилирования включают в себя то, что температура реакции в первой или второй зоне алкилирования меньше, чем температура реакции в третьей зоне алкилирования.

19. Способ по п.16, дополнительно содержащий подачу изопарафина во вторую зону алкилирования и/или третью зону алкилирования.

20. Способ по п.16, дополнительно содержащий подачу кислоты в первую зону алкилирования и/или во вторую зону алкилирования напрямую.

21. Способ для алкилирования олефинов, содержащий:

подачу первого C_3-C_5 олефина в первую зону алкилирования;

подачу второго C_3-C_5 олефина во вторую зону алкилирования, причем второй C_3-C_5 олефин может быть тем же самым или отличающимся от первого C_3-C_5 олефина;

подачу третьего C_3-C_5 олефина в третью зону алкилирования, причем третий C_3-C_5 олефин может быть тем же самым или отличающимся от первого и/или второго C_3-C_5 олефина;

подачу C_3-C_5 изопарафина в первую зону алкилирования;

контактирование изопарафина и первого C_3-C_5 олефина со второй частично отработанной серной кислотой в первой зоне алкилирования при условиях алкилирования с образованием отработанной кислотной фазы и первой углеводородной фазы, содержащей алкилат и непрореагировавший изопарафин;

контактирование первой углеводородной фазы и второго C_3-C_5 олефина с первой частично отработанной серной кислотой во второй зоне алкилирования при условиях алкилирования с образованием второй углеводородной фазы, содержащей алкилат и непрореагировавший изопарафин, и второй частично отработанной серной кислоты, подаваемой в первую зону алкилирования;

контактирование второй углеводородной фазы и третьего C_3-C_5 олефина с питанием серной кислоты в третьей зоне алкилирования при условиях алкилирования с образованием третьей углеводородной фазы, содержащей алкилат и непрореагировавший изопарафин, и первой частично отработанной серной кислоты, подаваемой во вторую зону алкилирования;

отделение третьей углеводородной фазы, чтобы извлечь фракцию изопарафина и фракцию алкилатного продукта.

22. Способ для алкилирования олефинов, содержащий:

подачу первого C_3-C_5 олефина в первую зону алкилирования;

подачу второго олефина во вторую зону алкилирования, причем второй C_3-C_5 олефин может быть тем же самым или отличающимся от первого C_3-C_5 олефина;

подачу третьего олефина в третью зону алкилирования, причем третий C_3-C_5 олефин может быть тем же самым или отличающимся от первого и/или второго C_3-C_5 олефина;

подачу изопарафина в первую зону алкилирования;

контактирование C_3-C_5 изопарафина и первого C_3-C_5 олефина с первой частично отработанной серной кислотой в первой зоне алкилирования при условиях алкилирования с образованием второй частично отработанной кислотной фазы и первой углеводородной фазы, содержащей алкилат и непрореагировавший изопарафин;

контактирование первой углеводородной фазы и второго C_3-C_5 олефина со вторым частично отработанным питанием серной кислоты во второй зоне алкилирования при условиях алкилирования с образованием второй углеводородной фазы, содержащей алкилат и непрореагировавший изопарафин, и отработанной фазы серной кислоты;

контактирование второй углеводородной фазы и третьего C_3-C_5 олефина с питанием серной кислоты в третьей зоне алкилирования при условиях алкилирования с образованием третьей углеводородной фазы, содержащей алкилат и непрореагировавший изопарафин, и первой частично отработанной серной кислоты, подаваемой в первую зону алкилирования;

отделение третьей углеводородной фазы, чтобы извлечь фракцию изопарафина и фракцию алкилатного продукта.

23. Система для алкилирования олефинов, содержащая:

первую линию подачи первого C_3-C_5 олефина в первую зону алкилирования;

вторую линию подачи второго C_3-C_5 олефина во вторую зону алкилирования, причем второй олефин может быть тем же самым или отличающимся от первого олефина;

третью линию подачи C_3-C_5 изопарафина в первую зону алкилирования;

первую зону алкилирования для контактирования изопарафина и первого олефина с частично отработанной серной кислотой при условиях алкилирования с образованием фазы отработанной кислоты и первой углеводородной фазы, содержащей алкилат и непрореагировавший изопарафин;

вторую зону алкилирования для контактирования первой углеводородной фазы и второго C_3 - C_5 олефина со свежим питанием серной кислоты при условиях алкилирования с образованием второй углеводородной фазы, содержащей алкилат и непрореагировавший изопарафин, и частично отработанной серной кислоты, подаваемой в первую зону алкилирования;

сепаратор для отделения второй углеводородной фазы с целью извлечения фракции изопарафина и фракции алкилатного продукта.

24. Система для алкилирования олефинов, содержащая:

первую зону алкилирования для контактирования изопарафинового питания и содержащего олефин C_5 питания со второй частично отработанной серной кислотой при условиях алкилирования с образованием фазы отработанной кислоты и первой углеводородной фазы, содержащей алкилат и непрореагировавший изопарафин;

вторую зону алкилирования для контактирования первой углеводородной фазы и олефина C_4 с первой частично отработанной серной кислотой при условиях алкилирования с образованием второй углеводородной фазы, содержащей алкилат и непрореагировавший изопарафин, и второй частично отработанной серной кислоты, подаваемой в первую зону алкилирования;

третью зону алкилирования для контактирования второй углеводородной фазы и олефина C_3 со свежим питанием серной кислоты при условиях алкилирования с образованием третьей углеводородной фазы, содержащей алкилат и непрореагировавший изопарафин, и первой частично отработанной серной кислоты, подаваемой во вторую зону алкилирования;

сепаратор для отделения третьей углеводородной фазы с целью извлечения фракции изопарафина и фракции алкилатного продукта.

25. Система для алкилирования олефинов, содержащая:

линию подачи содержащего олефин C_5 питания в первую зону алкилирования;

линию подачи содержащего олефин C_4 питания во вторую зону алкилирования;

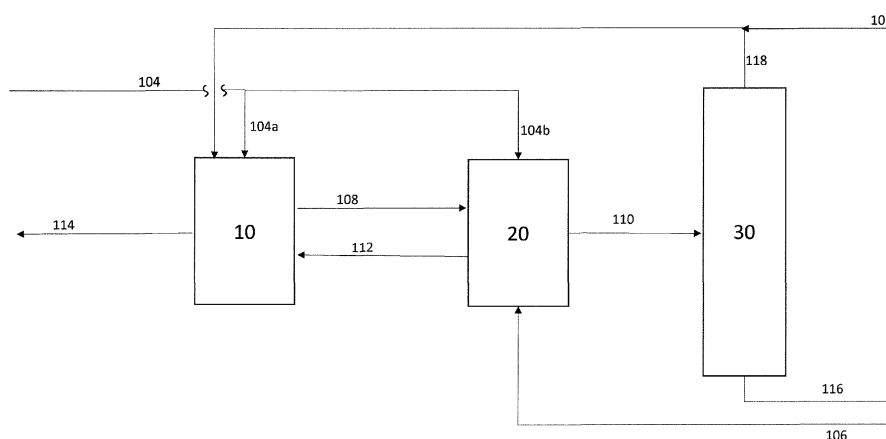
линию подачи содержащего олефин C_3 питания в третью зону алкилирования;

первую зону алкилирования для контактирования изопарафина и олефина C_5 с первой частично отработанной серной кислотой при условиях алкилирования с образованием второй фазы частично отработанной кислоты и первой углеводородной фазы, содержащей алкилат и непрореагировавший изопарафин;

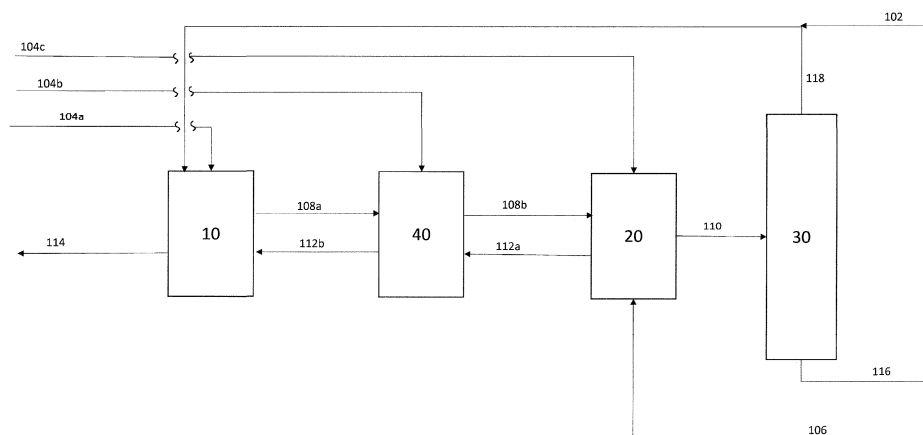
вторую зону алкилирования для контактирования первой углеводородной фазы и олефина C_4 со второй частично отработанной серной кислотой при условиях алкилирования с образованием второй углеводородной фазы, содержащей алкилат и непрореагировавший изопарафин, и частично отработанной серной кислоты;

третью зону алкилирования для контактирования второй углеводородной фазы и олефина C_3 со свежим питанием серной кислоты при условиях алкилирования с образованием третьей углеводородной фазы, содержащей алкилат и непрореагировавший изопарафин, и первой частично отработанной серной кислоты, подаваемой в первую зону алкилирования;

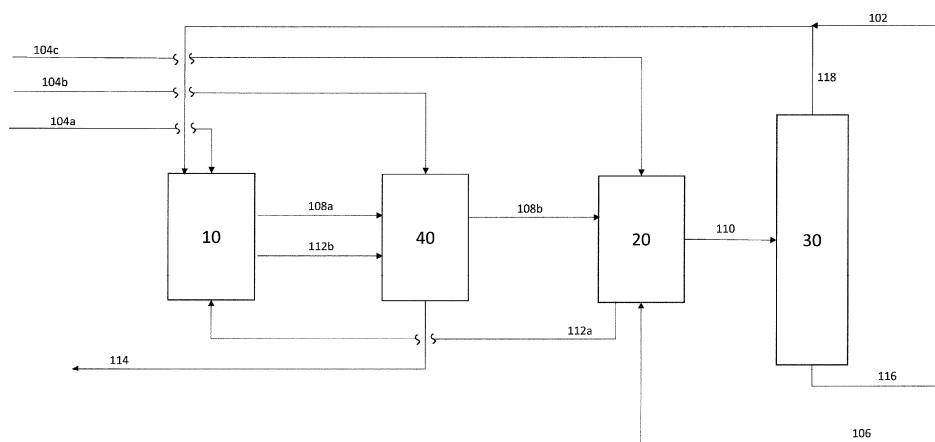
сепаратор для отделения третьей углеводородной фазы с целью извлечения фракции изопарафина и фракции алкилатного продукта.



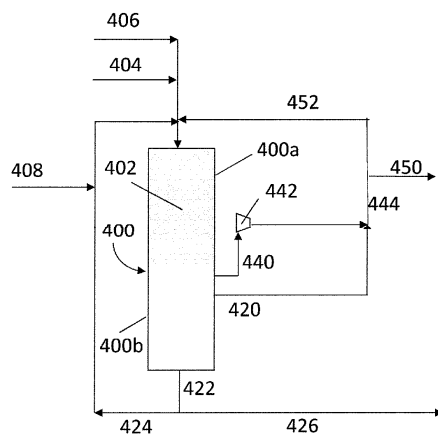
Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4

