

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **046939**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2024.05.15**

(21) Номер заявки  
**202390890**

(22) Дата подачи заявки  
**2021.09.15**

(51) Int. Cl. **C07C 1/20** (2006.01)  
**C07C 11/04** (2006.01)  
**C07C 11/06** (2006.01)

---

(54) **СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ЭТИЛЕНА-ПРОПИЛЕНА**

---

(31) **202010968050.4**

(32) **2020.09.15**

(33) **CN**

(43) **2023.09.04**

(86) **PCT/CN2021/118395**

(87) **WO 2022/057807 2022.03.24**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**ЧАЙНА ПЕТРОЛЕУМ ЭНД  
КЕМИКАЛ КОРПОРЕЙШН;  
ШАНХАЙ РИСЕРЧ ИНСТИТЮТ ОФ  
ПЕТРОКЕМИКАЛ ТЕКНОЛОДЖИ  
СИНОПЕК (CN)**

(72) Изобретатель:  
**Цзун Хунюань, Ли Сяохун, Ци  
Гочжэнь, Ван Хунтао, Юй Чжинань,  
Чжэн Ицзюнь, Ван Ли (CN)**

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

(56) **CN-A-107540497  
CN-A-107540503  
CN-A-101279877  
CN-A-109694294  
CN-A-101279875  
WO-A1-2014005997  
US-A1-2008039667**

---

(57) Изобретение предлагает устройство для смешивания, по меньшей мере, двух гранулированных материалов, содержащее первую подъемную трубу, используемую для загрузки первых частиц, и вторую подъемную трубу, окружающую и коаксиальную с первой подъемной трубой и используемую для загрузки вторых частиц, причем верхняя часть указанной первой подъемной трубы продолжается за пределы верхней части указанной второй подъемной трубы, и, по меньшей мере, часть указанной верхней части первой подъемной трубы и, по меньшей мере, часть указанной верхней части второй подъемной трубы расположены внутри осадителя быстрого слоя, что позволяет транспортировать первые и вторые частицы посредством первой и второй подъемных труб внутрь указанного осадителя быстрого слоя и осуществлять смешивание.

---

**B1**

**046939**

**046939**

**B1**

### Область техники, к которой относится изобретение

Изобретение относится к способу получения этилена-пропилена.

#### Уровень техники

Низшие олефины, а именно этилен и пропилен, являются двумя важными основными химическими сырьевыми материалами, и спрос на низшие олефины постоянно растет. В последние годы процесс превращения метанола в олефины (МТО) был значительно усовершенствован, и три технологии нашли промышленное применение, и также существует много связанных патентов.

В CN102464534В и CN102372538А раскрываются зонированные процессы МТО, в которых метанол поступает в нижнюю зону предварительного смешивания или смесительную трубу катализатора и в верхнюю основную реакционную зону, соответственно, для осуществления реакции.

В способе, описанном в CN102276398А, жидкий метанол поступает в зону первоначального контакта для теплообмена с отработанным катализатором и затем поднимается вверх для поступления в основную реакционную зону для реакции с образованием этилена и пропилена.

Согласно приведенной выше схеме, поскольку условия реакции в зоне предварительного смешивания, в смесительной трубе катализатора и в зоне первоначального контакта не подходят для конверсии метанола, возникают потери метанола на основе углерода, и селективность в отношении обоих олефинов является низкой. В частности, в процессах МТО дисперсные катализаторы участвуют в дезактивации (в особенности, например, закоксовывании) и регенерации, при этом некоторая степень закоксовывания катализатора может быть полезной для реакции. Так, в процессе МТО желательно быстро смешивать регенерированный катализатор с дезактивированным закоксованным катализатором в определенном соотношении.

#### Сущность изобретения

Одна из технических проблем, которую необходимо решить с помощью настоящего изобретения, заключается в преодолении технического недостатка низкой селективности по этилену-пропилену в известном уровне техники и обеспечении способа реакции для получения этилена-пропилена, который обладает преимуществом высокой селективности по этилену-пропилену.

С целью решения вышеуказанной проблемы настоящее изобретение предлагает общий способ получения этилена-пропилена, предусматривающий:

а) подачу метанольного сырья в нижнюю часть реактора быстрого слоя для контакта и реакции с катализатором с получением продукта I реакции и первого дисперсного катализатора, полученного в результате частичной дезактивации катализатора, оба подаются вверх в осадитель быстрого слоя;

б) подачу оксигенатного сырья и/или легкого углеводородного сырья в нижнюю часть внешнего лифт-реактора для контакта и реакции с регенерированным катализатором с получением продукта II реакции и второго дисперсного катализатора, оба подаются вверх в осадитель лифт-реактора;

в) подачу второй части второго дисперсного катализатора в нижнюю часть лифт-реактора, который необязательно контактирует и вступает в реакцию с оксигенатным сырьем и/или легким углеводородным сырьем, с образованием смеси продукта III реакции и третьего дисперсного катализатора, при этом второй дисперсный катализатор или, необязательно, смесь продукта III реакции и третьего дисперсного катализатора поступают вверх в осадитель быстрого слоя;

г) смешивание первого дисперсного катализатора со вторым дисперсным катализатором или, необязательно, с третьим дисперсным катализатором в осадителе быстрого слоя с получением смешанного катализатора, и подачу первой части смешанного катализатора и первой части второго дисперсного катализатора в регенератор, соответственно, для регенерации с получением регенерированного катализатора;

и при этом оксигенатное сырье содержит воду и оксигенаты, где оксигенаты присутствуют в количестве 5-60 мас.%, и легкое углеводородное сырье содержит смесь C<sub>4</sub>-C<sub>6</sub> неароматических углеводородов;

при этом реактор быстрого слоя, осадитель быстрого слоя и лифт-реактор расположены коаксиально, и лифт-реактор расположен в радиальном направлении внутри реактора быстрого слоя.

Соответственно, настоящее изобретение также предлагает приводимый в качестве примера конкретный способ получения этилена-пропилена, предусматривающий:

а-1) подачу метанольного сырья в реактор быстрого слоя для контакта и реакции с катализатором с получением продукта I реакции, и подачу вверх первого дисперсного катализатора, полученного в результате частичной дезактивации катализатора, в осадитель быстрого слоя через быстрый сепаратор быстрого слоя;

а-2) для смешанного катализатора в осадителе быстрого слоя подачу его первой части в десорбер, возвращение его второй части в реактор быстрого слоя, и подачу его третьей части во внешний теплообменник для контакта с теплоотводящей средой для охлаждения с последующим возвратом в реактор быстрого слоя;

б-1) подачу легкого углеводородного сырья и оксигенатного сырья во внешний лифт-реактор для контакта с катализатором для реакции во время его подачи вверх, и подачу в осадитель лифт-реактора для получения продукта II реакции и второго дисперсного катализатора, где оксигенатное сырье содержит воду и оксигенат;

c-1) для второго дисперсного катализатора из осадителя лифт-реактора, подачу его первой части в десорбер, и подачу его второй части в лифт-реактор I; при этом второй дисперсный катализатор, подаваемый в лифт-реактор I, поступает в осадитель быстрого слоя через быстрый сепаратор лифт-реактора с помощью подъема подъемной средой лифт-реактора;

d-1) подачу катализатора из десорбера, после десорбции с помощью десорбирующей среды, в регенератор для контакта с регенерирующей средой для сжигания кокса на катализаторе с получением регенерированного катализатора и дымового газа;

d-2) дегазацию регенерированного катализатора и затем подачу дегазированного регенерированного катализатора во внешний лифт-реактор; и подачу продукта I реакции и продукта II реакции вместе в сепарационную установку для получения продукта, богатого этиленом и пропиленом, смеси C<sub>4</sub>-C<sub>6</sub> неароматических углеводородов и водной фазы, при этом часть или вся водная фаза используется в качестве оксигенатного сырья.

Специалистам в данной области будет ясно, что стадия a-1) приводимого в качестве примера конкретного способа получения по существу соответствует стадии a) общего способа по изобретению; аналогичные соответствия существуют между стадиями b) и b-1), c) и c-1), и d) и d-1)/d-2). Следовательно, специалистам в данной области будет ясно, что различные технические признаки, упомянутые в настоящей заявке, могут использоваться взаимозаменяемо на по существу соответствующих стадиях общего способа и приводимого в качестве примера конкретного способа, до тех пор, пока цель настоящего изобретения или конкретная цель соответствующего варианта осуществления не будет достигнута. Кроме того, стадия a-2) приводимого в качестве примера конкретного способа является необязательной дополнительной стадией в сравнении с общим способом.

В настоящем изобретении продукты реакции, упомянутые в различных вариантах осуществления, включают, например, продукт I реакции, продукт II реакции, продукт III реакции и дополнительный продукт реакции и т.д., как указано, каждый из них представляет собой материал, полученный в результате реакции, предназначенной для получения продуктов этилена и пропилена, и способной давать продукты, богатые этиленом и пропиленом, с помощью известных в данной области сепарационных установок, но их конкретный состав может несколько отличаться в различных вариантах осуществления из-за различий в исходных материалах, условиях реакции и т.д., в пределах объема настоящего изобретения.

В техническом решении для получения этилена-пропилена с помощью каталитической конверсии метанола, C<sub>4</sub>-C<sub>6</sub> неароматический углеводород и водный раствор оксигената вступают в контакт и реагируют с регенерированным катализатором во внешнем лифт-реакторе, и конвертируются в этилен и пропилен с высокой селективностью в условиях высокой температуры и высокой линейной скорости, при этом исключается образование тяжелых углеводородных и фенольных соединений. В то же время, полученный регенерированный катализатор полностью смешивается с первым дисперсным катализатором, полученным путем частичной дезактивации в осадителе быстрого слоя благодаря специальной конструкции быстрого сепаратора, и затем поступает в реакционную зону реактора быстрого слоя для участия в реакции МТО, благодаря чему может быть получена высокая селективность по этилену и пропилену.

В соответствии с вариантом осуществления изобретения при использовании катализатора SAPO-34 общий выход этилена и пропилена, в пересчете на углерод, может достигать 90,4 мас.%, что представляет желаемый технический эффект.

#### Описание чертежей

На фиг. 1 приводится схематический рисунок реакционной системы способа получения этилена-пропилена в соответствии с одним вариантом осуществления настоящего изобретения;

на фиг. 2 приводится схематический рисунок реакционной системы способа получения этилена-пропилена в соответствии с одним вариантом осуществления настоящего изобретения;

на фиг. 3-5 приводятся схематические рисунки подробно показанного соединения конструктивного элемента 108 выхода лифт-реактора (быстрого сепаратора) с конструктивным элементом выхода внешней оболочки сосуда (быстрого сепаратора) в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения;

на фиг. 6 и фиг. 7 приводятся схематические рисунки специфического соединения конструктивных элементов выхода лифт-реактора; и

на фиг. 8 представлен схематический рисунок смешивающего устройства в соответствии с одним вариантом осуществления настоящего изобретения.

#### Описание некоторых ссылочных позиций

201 обозначает реактор быстрого слоя; 202 обозначает осадитель быстрого слоя; 203 обозначает лифт-реактор; 204 обозначает зону подъема реактора быстрого слоя; 205 обозначает внешний лифт-реактор; 206 обозначает осадитель лифт-реактора; 207 обозначает быстрый сепаратор быстрого слоя; 208 обозначает быстрый сепаратор лифт-реактора; 209 обозначает вход для подачи метанола; 210 обозначает вход для подъемной среды лифт-реактора; 211 обозначает вход для обновленного сырья; 212 обозначает выход для продукта;

32 обозначает верхнюю часть ответвительной трубы сепаратора быстрого слоя в составе быстрого слоя; 33 обозначает диффузорную пластину; 34 обозначает диффузорный конус;

38 обозначает нижнюю ответвительную трубу быстрого сепаратора быстрого слоя (нижняя ответвительная труба быстрого сепаратора быстрого слоя); 39 обозначает нижнюю ответвительную трубу быстрого сепаратора лифт-реактора (нижняя ответвительная труба быстрого сепаратора лифт-реактора); 40 обозначает горизонтальную трубу быстрого сепаратора; 41 обозначает горизонтальную трубу быстрого сепаратора лифт-реактора.

#### Варианты осуществления

Настоящее изобретение будет подробно проиллюстрировано в вариантах осуществления со ссылкой на чертежи. Следует понимать, что подробное описание и конкретные примеры, хотя и указывают на предпочтительные варианты осуществления изобретения, приведены только в качестве иллюстрации и объяснения, не ограничивая настоящее изобретение.

Из описания настоящего изобретения следует понимать, что ориентация или взаимное расположение, обозначенные терминами "поперечное направление", "радиальное направление", "направление по окружности", "внутреннее", "внешнее" и тому подобное, ссылаются на ориентацию или взаимное расположение на чертежах, которые предоставлены для удобства легкого и простого описания, но не для указания или обозначения того, что устройство или деталь, названные таким образом, должны иметь определенную ориентацию, быть сконструированы и эксплуатироваться в определенной ориентации, и, таким образом, не должны рассматриваться как ограничение настоящего изобретения.

В настоящем изобретении одна и та же ссылочная позиция обычно обозначает такой же/ соответствующий объект.

В настоящем изобретении давление является манометрическим давлением, если не указано иное.

Как показано на фиг. 1, настоящее изобретение предлагает способ получения этилена-пропилена, при этом реакционная система и ее общая технологическая схема показаны на фигуре. При этом реакционная система содержит:

функциональную зону реакции, содержащую: реактор 201 быстрого слоя, имеющий зону 204 подъема с уменьшенным радиусом в ее верхней части, осадитель 202 быстрого слоя, лифт-реактор 203, необязательно внешний теплообменник (расположенный снаружи смешивающего устройства и не показанный на фигуре); и

внешнюю зону подъема/регенерации, включающую в себя: внешний лифт-реактор 205, осадитель 206 лифт-реактора, необязательно десорбер (не показан), необязательно регенератор (не показан).

Как показано на фиг. 1, в одном варианте осуществления настоящее изобретение предлагает общий способ получения этилена-пропилена, предусматривающий:

а) подачу метанольного сырья 14 в нижнюю часть реактора 201 быстрого слоя для контакта и реакции с катализатором с получением продукта I реакции и первого дисперсного катализатора, полученного в результате частичной дезактивации катализатора, оба подаются вверх в осадитель 202 быстрого слоя;

б) подачу оксигенатного сырья 15 и/или легкого углеводородного сырья 16 в нижнюю часть внешнего лифт-реактора 205 для контакта и реакции с регенерированным катализатором с получением продукта II реакции и второго дисперсного катализатора 10, оба подаются вверх в осадитель 206 лифт-реактора;

с) подачу второй части 10-2 второго дисперсного катализатора в нижнюю часть лифт-реактора 203, которая необязательно контактирует и вступает в реакцию с оксигенатным сырьем 15 и/или легким углеводородным сырьем 16, с получением смеси продукта III реакции и третьего дисперсного катализатора, при этом второй дисперсный катализатор или необязательно смесь продукта III реакции и третьего дисперсного катализатора подают вверх в осадитель 202 быстрого слоя;

д) смешивание первого дисперсного катализатора со вторым дисперсным катализатором или необязательно с третьим дисперсным катализатором в осадителе быстрого слоя с получением смешанного катализатора 9, и подачу первой части смешанного катализатора и первой части второго дисперсного катализатора в регенератор, соответственно, для регенерации с получением регенерированного катализатора.

В одном варианте осуществления, как оксигенатное сырье 15, так и легкое углеводородное сырье 16 подают во внешний лифт-реактор 205, и ни оксигенатное сырье 15, ни легкое углеводородное сырье 16 не подают в лифт-реактор 203. Соответственно, на стадии с), смесь из продукта III реакции и третьего дисперсного катализатора не получают; в то же время вторую часть второго дисперсного катализатора непосредственно подают вверх в осадитель 202 быстрого слоя. Данный вариант осуществления соответствует приводимому в качестве примера конкретному способу настоящего изобретения.

В одном варианте осуществления легкое углеводородное сырье 16 подают во внешний лифт-реактор 205, и оксигенатное сырье 15 подают в лифт-реактор 203. Соответственно, на стадии с) получают смесь продукта III реакции и третьего дисперсного катализатора; эту смесь подают вверх в осадитель 202 быстрого слоя.

В одном варианте осуществления как оксигенатное сырье 15, так и легкое углеводородное сырье 16 подают во внешний лифт-реактор 205, и ни оксигенатное сырье 15, ни легкое углеводородное сырье 16 не подают в лифт-реактор 203. Соответственно, на стадии с) получают смесь продукта III реакции и третьего дисперсного катализатора; эту смесь подают вверх в осадитель 202 быстрого слоя.

В одном варианте осуществления оксигенатное сырье 15 подают во внешний лифт-реактор 205 и

легкое углеводородное сырье 16 подают в лифт-реактор 203. Соответственно, на стадии с) получают смесь продукта III реакции и третьего дисперсного катализатора; эту смесь подают вверх в осадитель 202 быстрого слоя.

В одном варианте осуществления лифт-реактор 203 и реактор 201 быстрого слоя расположены коаксиально с осадителем 202 быстрого слоя, причем реактор 201 быстрого слоя окружает лифт-реактор 203; выход лифт-реактора 203 соединен с конструктивным элементом 208 выхода лифт-реактора (таким как быстрый сепаратор), и верхняя часть реактора 201 быстрого слоя соединена с конструктивным элементом 207 выхода реактора быстрого слоя (таким как быстрый сепаратор); быстрый сепаратор 208 лифт-реактора и быстрый сепаратор 207 быстрого слоя оба расположены внутри осадителя 202 быстрого слоя. В одном варианте осуществления быстрый сепаратор 208 лифт-реактора расположен над быстрым сепаратором 207 быстрого слоя. В одном варианте осуществления конструктивный элемент 208 выхода лифт-реактора (см. фиг. 6 и фиг. 7) расположен внутри быстрого сепаратора 207 быстрого слоя, наружный лифт-реактор 205 расположен коаксиально с осадителем 206 лифт-реактора, и верхняя часть и выход из наружного лифт-реактора 205 расположены внутри осадителя 206 лифт-реактора.

В одном варианте осуществления выходы для смешанного катализатора осадителя 206 лифт-реактора находится в сообщении со входом для подачи в лифт-реактор 203 и находится в сообщении со входом для подачи десорбера, выход для смешанного катализатора осадителя 202 быстрого слоя находится в сообщении со входом для подачи десорбера и находится в сообщении со входом для подачи внешнего теплообменника, выход для твердых частиц десорбера находится в сообщении со входом для подачи твердых частиц регенератора, и выход для охлажденного продукта из внешнего теплообменника находится в сообщении с верхним отверстием осадителя 202 быстрого слоя.

В одном варианте осуществления внутренняя часть осадителя 202 быстрого слоя снабжена кольцевым распределителем, окружающим и коаксиальным с верхней частью внешней оболочки сосуда 201 для подачи псевдоожигающего газа (например, водяного пара) вверх во внутреннюю часть осадителя 202 быстрого слоя для воздействия на первый и второй дисперсные катализаторы.

В системе по изобретению водный раствор оксигената контактирует и вступает в реакцию с регенерированным катализатором во внешнем лифт-реакторе 205, и конвертируется в низшие углеводороды в условиях высокой температуры и высокой линейной скорости, что в результате позволяет избежать образования тяжелых углеводородов и фенольных соединений. В то же время, полученный регенерированный второй катализатор подается вверх и полностью смешивается с первым дисперсным катализатором, полученным путем частичной дезактивации, и затем подается в реакционную зону реактора быстрого слоя для контакта и реакции с метанолом, благодаря чему может быть получена высокая селективность по отношению к этилену и пропилену.

В настоящем изобретении циклоны или любое другое устройство, способное выполнять аналогичную функцию (в частности, такую как отделение катализатора от продукта), могут быть предусмотрены как в осадителе 202 быстрого слоя, так и в осадителе 206 лифт-реактора.

Ссылаясь на иллюстративные варианты осуществления, показанные на фиг. 1-3, согласно одному варианту осуществления настоящего изобретения быстрые сепараторы 208 лифт реактора имеют конструкцию ответвительной трубы, предпочтительно нижних ответвительных труб 39, и предпочтительно нижние ответвительные трубы 39 распределены одинаково.

Согласно одному варианту осуществления настоящего изобретения быстрый сепаратор 207 быстрого слоя имеет конструкцию ответвительной трубы, предпочтительно нижних ответвительных труб 38, и предпочтительно нижние ответвительные трубы 38 распределены одинаково.

В соответствии с одним вариантом осуществления изобретения нижняя ответвительная труба 39 быстрого сепаратора лифт-реактора и нижняя ответвительная труба 38 быстрого сепаратора быстрого слоя распределены перекрестно.

В соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения число  $n$  нижних ответвительных труб 39 быстрого сепаратора 208 лифт-реактора составляет от 2 до 8; и внутренний угол  $\beta$  между соседними нижними ответвительными трубами 39 быстрого сепаратора лифт-реактора равен  $45-180^\circ$ . Такой вариант осуществления показан, например, на фиг. 4.

В соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения число  $m$  нижних ответвительных труб 38 быстрого сепаратора быстрого слоя в составе быстрого сепаратора 207 быстрого слоя равно от 2 до 8; и внутренний угол  $\alpha$  между соседними нижними ответвительными трубами 38 быстрого сепаратора быстрого слоя равен  $45-180^\circ$ . Этот вариант осуществления показан, например, на фиг. 4 и фиг. 5.

В соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения расстояние от центральной точки сепаратора 207 быстрого слоя до центральной точки нижней ответвительной трубы 38 сепаратора быстрого слоя меньше или равно расстоянию от центральной точки быстрого сепаратора 208 лифт-реактора до нижней ответвительной трубы 39 быстрого сепаратора лифт-реактора. Более предпочтительно отношение расстояния от центральной точки сепаратора 207 быстрого слоя до центральной точки нижней ответвительной трубы 38 сепаратора быстрого слоя к расстоянию от центральной точки быстрого сепаратора 208 лифт-реактора до нижней ответвительной трубы 39 быстрого сепаратора лифт-

реактора составляет 0,3-1:1.

В соответствии с вариантом осуществления изобретения верхняя часть лифт-реактора 203 продолжается за пределы верхней части зоны 204 подъема реактора быстрого слоя, таким образом, что конструктивный элемент 208 выхода лифт-реактора расположен над конструктивным элементом 207 выхода быстрого слоя. Такие варианты осуществления могут называться как "расположение выше-ниже" в настоящем изобретении, которые проиллюстрированы, например, на фиг. 1-3. На фиг. 4 и фиг. 5 представлены конкретные иллюстрации выхода конструктивного элемента 208 и выхода конструктивного элемента 207 быстрого слоя, которые могут применяться в указанном расположении выше-ниже.

В соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения конструктивный элемент 208 выхода лифт-реактора расположен внутри конструктивного элемента 207 выхода быстрого слоя, благодаря чему первый дисперсный катализатор предварительно смешивается со вторым дисперсным катализатором внутри конструктивного элемента 207 выхода быстрого слоя. Варианты осуществления, которые могут быть названы как внутреннее расположение в настоящем изобретении, проиллюстрированы, например, на фиг. 6-8.

Аналогично предыдущему обсуждению о соответствии настоящего изобретения, в настоящем изобретении взаимное расположение между конструктивным элементом выхода лифт-реактора и конструктивным элементом выхода внешней оболочки сосуда (конструктивный элемент выхода быстрого слоя) не ограничивается обсуждением в каждом варианте осуществления или иллюстрацией на соответствующей фигуре (фигурах), в то время как позиционное расположение устройства "вверх-вниз" или внутреннее расположение может быть выбрано независимо, как описано выше, пока цель настоящего изобретения или конкретная цель соответствующего варианта осуществления не будет достигнута.

Как видно из фиг. 6, в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения, конструктивный элемент 208 выхода лифт-реактора представляет собой направляющую поток конструкцию, которая состоит из диффузорного конуса 34 и диффузорной пластины 33 в сборе, выход лифт-реактора 203 соединен с диффузорным конусом 34, и диффузорный конус 34 соединен с диффузорной пластиной 33; расстояние между выходом лифт-реактора 203 и верхней частью 32 нижней ответвительной трубы быстрого сепаратора быстрого слоя составляет  $h_1$ , расстояние от места соединения диффузорного конуса 34 и диффузорной пластины 33 до верхней части 32 нижнего ответвления быстрого сепаратора быстрого слоя составляет  $h_3$ , расстояние между краевой точкой диффузорной пластины 33 и верхней частью 32 нижнего ответвления быстрого сепаратора быстрого слоя составляет  $h_2$ , и расстояние между верхней частью 31 быстрого сепаратора быстрого слоя и верхней частью 32 нижнего ответвления быстрого сепаратора составляет  $H$ ; внутренний угол между диффузорным конусом 34 и вертикальным направлением равен  $\gamma$ , и внутренний угол между диффузорной пластиной 33 и горизонтальным направлением равен  $\delta$ ; отношение  $h_1$  к  $H$  составляет (0,05-0,3):1, отношение  $h_2$  к  $H$  составляет (0,2-0,5):1, и отношение  $h_3$  к  $H$  составляет (0,4-0,6):1;  $h_3$  больше, чем  $h_2$ ;  $\gamma$  составляет 10-60°, и  $\delta$  составляет 30-80°.

Как видно из фиг. 7, в соответствии с вариантом осуществления изобретения, конструктивный элемент 208 выхода лифт-реактора использует верхнюю часть лифт-реактора 203 непосредственно в качестве направляющего поток элемента.

Соответственно, как видно из фиг. 8, на которой представлен вариант смешивающего устройства настоящего изобретения, показанного на фиг. 1, в котором используются, например, конструктивный элемент 208 выхода лифт-реактора и конструктивный элемент 207 выхода быстрого слоя, во внутреннем расположении, как показано на фиг. 6, и особенно эффективно в системе для производства этилена-пропилена, как показано на фиг. 2, и, в частности, в качестве реакционной функциональной зоны системы. Согласно данному варианту осуществления смешивающее устройство в качестве иллюстрации содержит внешний теплообменник 4 и циклон 13.

При использовании системы по настоящему изобретению выход пропилена-этилена является высоким.

На фиг. 2 представлен предпочтительный вариант осуществления реакционной системы настоящего изобретения, показанной на фиг. 1, содержащий внешний теплообменник 4, десорбер 7 и регенератор 8. Как видно из фиг. 2, в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения, настоящее изобретение предлагает пример конкретного способа получения этилена-пропилена, способ осуществляется в реакционной системе согласно настоящему изобретению, причем способ предусматривает:

а-1) подачу метанольного сырья в реакционную секцию реактора 201 быстрого слоя через вход 209 для метанольного сырья для контакта и реакции с катализатором с получением продукта 1 реакции (поток 22), из которой первый дисперсный катализатор, полученный в результате частичной дезактивации, поступает вверх через верхнюю зону 204 подъема и подается в осадитель 202 быстрого слоя через быстрый сепаратор 207 быстрого слоя;

а-2) подачу первой части смешанного катализатора (поток 9-1) из осадителя 202 быстрого слоя в десорбер, и возврат второй части (поток 9-2) смешанного катализатора в реакционную секцию реактора 201 быстрого слоя, и подачу третьей части (поток 9-3) смешанного катализатора во внешний теплообменник 4 для контакта с теплоотводящей средой 19 для охлаждения с последующим возвратом в реакци-

онную секцию реактора 201 быстрого слоя;

b-1) подачу легкого углеводородного сырья и оксигенатного сырья во внешний лифт-реактор 205 через вход 211 для обновленного сырья для контакта с катализатором, для реакции во время его подачи вверх, и подачу в осадитель 206 лифт-реактора, для получения продукта II реакции (поток 21) и второго дисперсного катализатора (поток 10), где оксигенатное сырье содержит воду и оксигенат;

c-1) для второго дисперсного катализатора из осадителя 206 лифт-реактора, подачу его первой части (поток 10-1) в десорбер, и подачу его второй части (поток 10-2) в лифт-реактор 203; при этом второй дисперсный катализатор, подаваемый в лифт-реактор 203, поступает в осадитель 202 быстрого слоя через быстрый сепаратор 208 лифт-реактора с помощью подъема подъемной средой лифт-реактора;

d-1) подачу катализатора из десорбера, после десорбции с помощью десорбирующей среды 24, в регенератор для контакта с регенерирующей средой 26 для сжигания кокса на катализаторе с получением регенерированного катализатора и дымового газа 25; и

d-2) необязательно, дегазацию регенерированного катализатора и затем подачу дегазированного регенерированного катализатора (поток 27) во внешний лифт-реактор 205; и подачу продукта I реакции и продукта II реакции вместе через выход 212 для продукта в сепарационную установку для получения продукта, богатого этиленом и пропиленом, смеси  $C_4-C_6$  неароматических углеводородов и водной фазы, при этом часть или вся водная фаза используется в качестве оксигенатного сырья.

В соответствии с вариантом осуществления изобретения десорбер представляет собой независимое устройство. В соответствии с вариантом осуществления изобретения первая часть смешанного катализатора и первая часть второго дисперсного катализатора подаются в один и тот же десорбер.

Специалистам в данной области техники будет ясно, что в настоящем изобретении десорбер в первую очередь предназначен для удаления захваченных катализатором примесей, таких как захваченное реакционное масло и газ. Таким образом, в соответствии с вариантом осуществления изобретения, десорбер может быть заменен любым другим устройством, способным выполнять основную функцию, если это существенно не повредит цели изобретения.

Специалистам в данной области техники будет ясно, что в настоящем изобретении основная функция внешнего теплообменника заключается в охлаждении смешанного катализатора в соответствии с потребностями реакции в реакторе быстрого слоя. Таким образом, в соответствии с вариантом осуществления изобретения, внешний теплообменник может быть заменен любым другим устройством, способным выполнять основную функцию, если это существенно не повредит цели изобретения. Соответственно, внешний теплообменник может быть заменен внутренним теплообменником.

Настоящее изобретение не предъявляет каких-либо особых требований к легкому углеводородному сырью, и легкое углеводородное сырье, обычно используемое в данной области, может использоваться в настоящем изобретении, и в соответствии с вариантом осуществления изобретения легкое углеводородное сырье представляет собой смесь  $C_4-C_6$  неароматических углеводородов, и предпочтительно легкое углеводородное сырье по меньшей мере содержит смесь  $C_4-C_6$  неароматических углеводородов, полученную из сепарационной установки.

В соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения для легкого углеводородного сырья смесь  $C_4-C_6$  неароматических углеводородов, поступающая из сепарационной установки, составляет более 20 мас.%, и оставшаяся часть смеси  $C_4-C_6$  неароматических углеводородов поступает из установки каталитического крекинга и/или установки парового крекинга.

В настоящем изобретении композиция смеси  $C_4-C_6$  неароматических углеводородов может, например, содержать одно или более из изобутена, 1-бутена, н-бутана, изобутана, изопентена, н-пентена, н-пентана, н-гексена и изогексена.

В настоящем изобретении композиция оксигенатного сырья не имеет особых ограничений, и любая смесь, обычно используемая в данной области техники, содержащая воду и оксигенат, может применяться в настоящем изобретении, и для настоящего изобретения предпочтительно, чтобы оксигенатное сырье содержало оксигенат в количестве 5-60 мас.% и воду в количестве 40-95 мас.%.

В настоящем изобретении категория оксигената имеет широкий выбор, и в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения оксигенат содержит метанол и одно или более из этанола, пропанола, бутанола, ацетальдегида, пропионового альдегида, масляного альдегида, ацетона, бутанола, муравьиной кислоты, уксусной кислоты и пропионовой кислоты; предпочтительно оксигенат содержит альдегид и/или кетон в количестве 30-90 мас.%.

Согласно одному варианту осуществления изобретения в лифт-реакторе 203 предусмотрен вход для подачи оксигената или легких углеводородов для реакции с регенерированным катализатором с получением дополнительного продукта реакции, содержащего этилен-пропилен.

Тип теплоотводящей среды 19 не имеет ограничений в настоящем изобретении, и любая среда, способная выделять тепло, такая как вода, может быть использована. В целях иллюстрации, теплоотводящей средой, используемой в примерах, является вода.

В настоящем изобретении условия эксплуатации в реакторе 201 быстрого слоя не ограничиваются специальным образом, и могут применяться любые условия эксплуатации, обычно используемые в данной области техники. В соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения реактор 201

быстрого слоя работает при температуре катализатора 450-500°C, линейной скорости газа 0,8-3 м/с, манометрическом давлении реакции 0,01-0,5 МПа и плотности катализатора 50-250 кг/м<sup>3</sup>.

Согласно изобретению цель изобретения может быть достигнута с помощью дополнительной установки внешнего лифт-реактора и работы в соответствии со способом изобретения, без особых требований к условиям работы во внешнем лифт-реакторе 205, и для настоящего изобретения предпочтительно, чтобы во внешнем лифт-реакторе 205 температура катализатора составляла 530-650°C, линейная скорость газа составляла 1,1-15 м/с, и плотность катализатора составляла 20-100 кг/м<sup>3</sup>.

Согласно предпочтительному варианту осуществления изобретения на стадии b): массовое соотношение между первой частью (поток 9-1) смешанного катализатора в осадителе 202 быстрого слоя, подаваемой в десорбер, второй частью (поток 9-2) смешанного катализатора, возвращаемой в реакционную секцию реактора 201 быстрого слоя, и третьей частью (поток 9-3) смешанного катализатора, подаваемой во внешний теплообменник, составляет (0,5-1):(5-7):(2-4,5).

Согласно предпочтительному варианту осуществления изобретения на стадии d): массовое соотношение первой части (поток 10-1) второго дисперсного катализатора, подаваемой в десорбер, ко второй части (поток 10-2) второго дисперсного катализатора, подаваемой в лифт-реактор 203, составляет (1-3):(7-9).

В соответствии с вариантом осуществления изобретения массовое соотношение легкого углеводородного сырья к оксигенатному сырью составляет 1:(0,5-3). Выход этилена-пропилена может быть увеличен с помощью предпочтительного варианта осуществления, описанного выше.

В соответствии с настоящим изобретением, предпочтительно, катализатор представляет собой молекулярно-ситовый катализатор.

В соответствии с настоящим изобретением, предпочтительно, молекулярно-ситовый катализатор является, по меньшей мере, одним из молекулярно-ситового катализатора SAPO-34, молекулярно-ситового катализатора ZSM-5 и молекулярно-ситового катализатора  $\beta$ , более предпочтительно - молекулярно-ситовым катализатором SAPO-34. При использовании предпочтительного варианта осуществления изобретения конверсия и выход низшего олефина повышаются.

В соответствии с вариантом осуществления изобретения регенерированный катализатор имеет содержание углерода менее 0,1 мас.% относительно общей массы катализатора.

В соответствии с вариантом осуществления изобретения подъемная среда лифт-реактора не имеет специальных ограничений и может представлять собой, например, водяной пар и/или оксигенатное сырье и/или легкое углеводородное сырье.

Настоящее изобретение в основном модифицирует структуру и рабочие процедуры реакционной системы, а остальные рабочие условия, процессы и стадии, которые конкретно не описаны, могут соответствовать обычным процессам, условиям и стадиям.

В данном изобретении общий выход этилена и пропилена, в пересчете на углерод, рассчитывается по формуле: (общий выход этилена и пропилена, в пересчете на углерод)=(масса этилена и пропилена)/(масса метанольного сырья, в пересчете на углерод)  $\times$  100%.

(масса метанольного сырья в пересчете на углерод)=(масса метанольного сырья)  $\times$  14/32.

Таким образом, настоящее изобретение предлагает ряд вариантов осуществления первой приводимой в качестве примера серии, включая:

1. Способ получения этилена-пропилена, предусматривающий:

а) подачу метанольного сырья (14) в нижнюю часть реактора (201) быстрого слоя для контакта и реакции с катализатором с получением продукта I реакции и первого дисперсного катализатора, полученного в результате частичной дезактивации катализатора, оба подаются вверх в осадитель (202) быстрого слоя;

б) подачу оксигенатного сырья (15) и/или легкого углеводородного сырья (16) в нижнюю часть внешнего лифт-реактора (205) для контакта и реакции с регенерированным катализатором с получением продукта II реакции и второго дисперсного катализатора (10), оба из них подаются вверх в осадитель (206) лифт-реактора;

в) подачу второй части (10-2) второго дисперсного катализатора в нижнюю часть лифт-реактора (203), которая необязательно контактирует и вступает в реакцию с оксигенатным сырьем (15) и/или легким углеводородным сырьем (16), для получения смеси продукта III реакции и третьего дисперсного катализатора, при этом вторая часть второго дисперсного катализатора или необязательно смесь продукта III реакции и третьего дисперсного катализатора подаются вверх в осадитель (202) быстрого слоя;

г) смешивание первого дисперсного катализатора со вторым дисперсным катализатором или необязательно с третьим дисперсным катализатором в осадителе быстрого слоя с получением смешанного катализатора (9), и подачу первой части смешанного катализатора и первой части второго дисперсного катализатора в регенератор, соответственно, для регенерации с получением регенерированного катализатора; и

при этом оксигенатное сырье содержит воду и оксигенаты, оксигенаты присутствуют в количестве 5-60 мас.%, и легкое углеводородное сырье содержит смесь C<sub>4</sub>-C<sub>6</sub> неароматических углеводородов;

при этом реактор (201) быстрого слоя, осадитель (202) быстрого слоя и лифт-реактор (203) расположены коаксиально, и лифт-реактор (203) расположен в радиальном направлении внутри реактора (201) быстрого слоя.

2. Способ по варианту осуществления 1 второй приводимой в качестве примера серии, в котором как оксигенатное сырье (15), так и легкое углеводородное сырье (16) подают во внешний лифт-реактор (205), и ни оксигенатное сырье (15), ни легкое углеводородное сырье (16) не подают в лифт-реактор (203).

3. Способ по варианту осуществления 1 второй приводимой в качестве примера серии, в котором легкое углеводородное сырье (16) подают во внешний лифт-реактор (205), и оксигенатное сырье (15) подают в лифт-реактор (203).

4. Способ по варианту осуществления 1 второй приводимой в качестве примера серии, в котором как оксигенатное сырье (15), так и легкое углеводородное сырье (16) подают во внешний лифт-реактор (205), и ни оксигенатное сырье (15), ни легкое углеводородное сырье (16) не подают в лифт-реактор (203).

5. Способ по варианту осуществления 1 второй приводимой в качестве примера серии, в котором оксигенатное сырье (15) подают во внешний лифт-реактор (205), и легкое углеводородное сырье (16) подают в лифт-реактор (203).

6. Способ по варианту осуществления 1 второй приводимой в качестве примера серии, в котором соотношение по массе потоков, поступающих в осадитель (202) быстрого слоя,  $R_w$ , второго дисперсного катализатора или, необязательно, смеси продукта III реакции и третьего дисперсного катализатора к первому дисперсному катализатору составляет  $0,01 < R_w \leq 0,5$ , предпочтительно  $0,02 \leq R_w \leq 0,2$ .

7. Способ по любому из предыдущих вариантов осуществления второй приводимой в качестве примера серии, в котором вторую часть (9-2) смешанного катализатора (9) возвращают в реактор (201) быстрого слоя, и третью часть (9-3) смешанного катализатора (9) подают во внешний теплообменник (204); при этом массовое соотношение первой части, второй части и третьей части катализатора (9) составляет (0,5-1):(5-7):(2-4,5).

8. Способ по любому из предыдущих вариантов осуществления второй приводимой в качестве примера серии, в котором массовое соотношение первой части (10-1) ко второй части (10-2) второго дисперсного катализатора (10) составляет (1-3):(7-9).

9. Способ по любому из предыдущих вариантов осуществления второй приводимой в качестве примера серии, в котором первую часть смешанного катализатора (9-1) и первую часть второго дисперсного катализатора (10-1) соответственно подают в десорбер (7) для десорбции перед соответствующей подачей в регенератор (8) для регенерации; причем и то и другое десорбируют и далее подают в регенератор (8) в смешанном виде.

10. Способ по варианту осуществления 1 второй приводимой в качестве примера серии, где продукт I реакции, продукт II реакции и продукт III реакции объединяют и затем подают в сепарационную установку, с получением продукта, богатого этиленом и пропиленом, смеси  $C_4-C_6$  неароматических углеводородов и водной фазы с помощью разделения;

легкое углеводородное сырье (16) представляет собой смесь  $C_4-C_6$  неароматических углеводородов, и предпочтительно, легкое углеводородное сырье по меньшей мере содержит смесь  $C_4-C_6$  неароматических углеводородов, полученную из сепарационной установки; более предпочтительно, для легкого углеводородного сырья (16) смесь  $C_4-C_6$  неароматических углеводородов, поступающая из сепарационной установки, составляет более 20 мас.%, и оставшаяся часть смеси  $C_4-C_6$  неароматических углеводородов поступает из установки каталитического крекинга и/или установки парового крекинга; предпочтительно смесь  $C_4-C_6$  неароматических углеводородов содержит одно или более из изобутена, 1-бутена, н-бутана, изобутана, изолентена, н-пентена, н-пентана, н-гексена и изогексена;

оксигенатное смешанное сырье (15) содержит оксигенат в количестве 5-60 мас.% и воду в количестве 40-95 мас.%; при этом оксигенат содержит метанол и одно или более из этанола, пропанола, бутанола, ацетальдегида, пропионового альдегида, масляного альдегида, ацетона, бутанона, муравьиной кислоты, уксусной кислоты и пропионовой кислоты; предпочтительно оксигенат содержит альдегид и/или кетон в количестве 30-90 мас.%.  
и/или

11. Способ по варианту осуществления 1 второй приводимой в качестве примера серии, в котором реактор (201) быстрого слоя работает при температуре катализатора 450-500°C, линейной скорости газа 0,8-3 м/с, манометрическом давлении реакции 0,01-0,5 МПа и плотности катализатора 50-250 кг/м<sup>3</sup>;

и/или внешний лифт-реактор (205) работает при температуре катализатора 580-650°C, линейной скорости газа 1,1-3 м/с и плотности катализатора 50-100 кг/м<sup>3</sup>;

и/или лифт-реактор (203) работает при температуре катализатора 530-580°C, линейной скорости газа 3-5 м/с и плотности катализатора 20-80 кг/м<sup>3</sup>.

12. Способ по варианту осуществления 1 второй приводимой в качестве примера серии, в котором катализатор представляет собой молекулярно-ситовый катализатор SAPO-34; и/или регенерированный катализатор (27) имеет содержание углерода менее 0,1 мас.% относительно об-

шей массы катализатора.

13. Реакционная система, применяемая для способа получения этилена-пропилена по любому из предыдущих вариантов осуществления второй приводимой в качестве примера серии, содержащая: реактор (201) быстрого слоя, осадитель (202) быстрого слоя и лифт-реактор (203), которые расположены коаксиально; в которой

лифт-реактор (203) расположен в радиальном направлении внутри реактора (201) быстрого слоя; в нижней части лифт-реактора (203) предусмотрен вход (210) подачи лифт-реактора для подъемной среды; верхний выход лифт-реактора (203) соединен с конструктивным элементом (208) выхода лифт-реактора, через который регенерированный первый дисперсный катализатор, полученный в результате регенерационной обработки и, необязательно, другой обработки, подается в осадитель (202) быстрого слоя;

реактор (201) быстрого слоя позволяет, чтобы в нем в основном осуществлялись контакт и реакция сырья с катализатором для получения этилена-пропилена, во время этой реакции катализатор по меньшей мере частично дезактивируется; верхняя часть реактора (201) быстрого слоя соединена с конструктивным элементом (207) выхода быстрого слоя, через который второй дисперсный катализатор, полученный в результате частичной дезактивации, подается в осадитель (202) быстрого слоя и смешивается с регенерированным первым дисперсным катализатором с получением смешанного катализатора;

конструктивный элемент (208) выхода лифт-реактора и конструктивный элемент (207) выхода быстрого слоя оба расположены внутри осадителя (202) быстрого слоя, и конструктивный элемент (208) выхода лифт-реактора расположен над конструктивным элементом (207) выхода быстрого слоя;

при этом каждый из конструктивного элемента (208) выхода лифт-реактора и конструктивного элемента (207) выхода быстрого слоя предпочтительно представляет собой быстрый сепаратор.

14. Реакционная система по варианту осуществления 13 второй приводимой в качестве примера серии, в которой каждый из конструктивного элемента (208) выхода лифт-реактора и конструктивного элемента (207) выхода быстрого слоя представляет собой быстрый сепаратор; и

быстрый сепаратор (208) лифт-реактора состоит из нижних ответвительных труб (39) быстрого сепаратора лифт-реактора и горизонтальных труб (40) быстрого сепаратора лифт-реактора, при этом горизонтальные трубы (40) быстрого сепаратора лифт-реактора расположены горизонтально, и внутренний угол между нижней ответвительной трубой (39) быстрого сепаратора лифт-реактора и горизонтальной трубой (40) быстрого сепаратора лифт-реактора составляет  $90^\circ$ ;

быстрый сепаратор (207) быстрого слоя состоит из нижних ответвительных труб (38) быстрого сепаратора быстрого слоя и горизонтальных труб (41) быстрого сепаратора быстрого слоя, при этом горизонтальные трубы (41) быстрого сепаратора быстрого слоя расположены горизонтально, и внутренний угол между нижней ответвительной трубой (38) быстрого сепаратора быстрого слоя и горизонтальной трубой (41) быстрого сепаратора быстрого слоя составляет  $90^\circ$ .

15. Реакционная система по варианту осуществления 14 второй приводимой в качестве примера серии, в которой число  $n$  горизонтальных труб (40) быстрого сепаратора лифт-реактора в составе быстрого сепаратора (208) лифт-реактора равно от 2 до 8; и внутренний угол  $\beta$  между соседними горизонтальными трубами (40) быстрого сепаратора лифт-реактора равен  $45-180^\circ$ ; и/или

число  $m$  горизонтальных труб (41) быстрого сепаратора быстрого слоя в составе быстрого сепаратора (207) быстрого слоя равно от 2 до 8; и внутренний угол  $\alpha$  между соседними горизонтальными трубами (41) быстрого сепаратора быстрого слоя равен  $45-180^\circ$ .

16. Реакционная система по варианту осуществления 14 второй приводимой в качестве примера серии, в которой горизонтальная труба (40) быстрого сепаратора лифт-реактора и горизонтальная труба (41) быстрого сепаратора быстрого слоя распределены перекрестно; и/или

отношение общей площади поперечного сечения горизонтальной трубы (41) быстрого сепаратора быстрого слоя к площади поперечного сечения сужения (42) реактора быстрого слоя составляет 1:1-3; и отношение общей площади поперечного сечения горизонтальной трубы (40) быстрого сепаратора лифт-реактора к площади поперечного сечения лифт-реактора (3) составляет 1:1-2,5.

17. Способ по варианту осуществления 14 второй приводимой в качестве примера серии, в котором отношение длины горизонтальной трубы (41) быстрого сепаратора быстрого слоя к длине горизонтальной трубы (40) быстрого сепаратора лифт-реактора составляет  $(0,3 - 1):1$ ;

отношение длины горизонтальной трубы (40) быстрого сепаратора лифт-реактора к диаметру второго плотного слоя (2) составляет  $(0,8-0,2):1$ .

В дополнение к этому, настоящее изобретение предлагает несколько вариантов осуществления второй приводимой в качестве примера серии, включающих в себя:

1. Реакционную систему для получения этилена-пропилена, содержащую: реактор быстрого слоя, осадитель быстрого слоя, лифт-реактор, внешний теплообменник, внешний лифт-реактор, осадитель лифт-реактора, десорбер и регенератор; где:

труба лифт-реактора коаксиальна с реактором быстрого слоя и осадителем быстрого слоя, и труба лифт-реактора расположена внутри реактора быстрого слоя;

выход лифт-реактора соединен с быстрым сепаратором лифт-реактора или конструктивным эле-

ментом выхода лифт-реактора, и верхняя часть реактора быстрого слоя соединена с быстрым сепаратором быстрого слоя;

каждый из быстрого сепаратора лифт-реактора и быстрого сепаратора быстрого слоя расположен внутри второго плотного слоя, и быстрый сепаратор лифт-реактора расположен над быстрым сепаратором быстрого слоя;

конструктивный элемент выхода лифт-реактора расположен внутри быстрого сепаратора быстрого слоя;

внешний лифт-реактор и осадитель лифт-реактора расположены коаксиально, и часть выше середины и выход из внешнего лифт-реактор расположены внутри осадителя лифт-реактора;

при этом выход для отработанного катализатора осадителя лифт-реактора находится в сообщении со входом для подачи в лифт-реактор и находится в сообщении со входом для подачи десорбера, выход для отработанного катализатора осадителя быстрого слоя находится в сообщении со входом для подачи десорбера и находится в сообщении со входом для подачи внешнего теплообменника, выход для твердых частиц десорбера находится в сообщении со входом для подачи твердых частиц второго плотного слоя, и выход для охлажденного продукта из внешнего теплообменника находится в сообщении с верхним отверстием второго плотного слоя.

2. Реакционная система по варианту осуществления 1 второй приводимой в качестве примера серии, в которой

быстрый сепаратор лифт-реактора состоит из нижних ответвительных труб быстрого сепаратора лифт-реактора и горизонтальных труб быстрого сепаратора лифт-реактора, при этом горизонтальные трубы быстрого сепаратора лифт-реактора расположены горизонтально, и внутренний угол между нижней ответвительной трубой быстрого сепаратора лифт-реактора и горизонтальной трубой быстрого сепаратора лифт-реактора составляет  $90^\circ$ ;

нижние ответвительные трубы быстрого сепаратора лифт-реактора в составе быстрого сепаратора лифт-реактора распределены одинаково; и/или

число  $n$  нижних ответвительных труб быстрого сепаратора лифт-реактора в составе быстрого сепаратора лифт-реактора составляет 2-8; и внутренний угол  $\beta$  между соседними нижними ответвительными трубами быстрого сепаратора лифт-реактора равен  $45-180^\circ$ ; и/или

быстрый сепаратор быстрого слоя состоит из нижних ответвительных труб быстрого сепаратора быстрого слоя и горизонтальных труб быстрого сепаратора быстрого слоя, при этом горизонтальные трубы быстрого сепаратора быстрого слоя расположены горизонтально, и внутренний угол между нижней ответвительной трубой быстрого сепаратора быстрого слоя и горизонтальной трубой быстрого сепаратора быстрого слоя составляет  $90^\circ$ ;

нижние ответвительные трубы быстрого сепаратора быстрого слоя в составе быстрого сепаратора быстрого слоя распределены одинаково; и/или

число  $m$  нижних ответвительных труб быстрого сепаратора быстрого слоя в составе быстрого сепаратора быстрого слоя равно от 2 до 8; и внутренний угол  $\alpha$  между соседними нижними ответвительными трубами быстрого сепаратора быстрого слоя равен  $45-180^\circ$ ; и/или

нижние ответвительные трубы быстрого сепаратора лифт-реактора и нижние ответвительные трубы быстрого сепаратора быстрого слоя распределены перекрестно.

3. Реакционная система по варианту осуществления 1 или 2 второй приводимой в качестве примера серии, в которой отношение между расстоянием от центральной точки быстрого сепаратора быстрого слоя до центральной точки нижней ответвительной трубы быстрого сепаратора быстрого слоя и расстоянием от центральной точки быстрого сепаратора лифт-реактора до нижней ответвительной трубы быстрого сепаратора лифт-реактора составляет  $(0,3-1):1$ .

4. Реакционная система по любому из вариантов осуществления 1-3 второй приводимой в качестве примера серии, в которой конструктивный элемент выхода лифт-реактора состоит из диффузорного конуса и диффузорной пластины, выход лифт-реактора соединен с диффузорным конусом, и диффузорный конус соединен с диффузорной пластиной; расстояние между выходом лифт-реактора и верхней частью нижней ответвительной трубы быстрого сепаратора быстрого слоя составляет  $h_1$ , расстояние от точки соединения диффузорного конуса и диффузорной пластины до верхней части нижней ответвительной трубы быстрого сепаратора быстрого слоя составляет  $h_3$ , расстояние между краевой точкой диффузорной пластины и верхней частью нижней ответвительной трубы быстрого сепаратора быстрого слоя составляет  $h_2$ , и расстояние между верхней частью быстрого сепаратора быстрого слоя и верхней частью нижней ответвительной трубы быстрого сепаратора быстрого слоя составляет  $H$ ; внутренний угол между диффузорным конусом и вертикальным направлением равен  $\gamma$ , и внутренний угол между диффузорной пластиной и горизонтальным направлением равен  $\delta$ ; отношение  $h_1$  к  $H$  составляет  $(0,05-0,3):1$ , отношение  $h_2$  к  $H$  составляет  $(0,2-0,5):1$ , и отношение  $h_3$  к  $H$  составляет  $(0,4-0,6):1$ ;  $h_3$  больше, чем  $h_2$ ;  $\gamma$  составляет  $10-60^\circ$ , и  $\delta$  составляет  $30-80^\circ$ .

5. Способ получения этилена-пропилена, причем способ осуществляют в реакционной системе по любому из вариантов осуществления 1-4 второй приводимой в качестве примера серии, способ преду-

сматривает:

а) подачу метанольного сырья в реактор быстрого слоя для контакта и реакции с катализатором с получением продукта I реакции и подачу закоксованного катализатора вверх в осадитель быстрого слоя через быстрый сепаратор быстрого слоя;

б) подачу части смешанного катализатора из осадителя быстрого слоя в десорбер и возвращение части смешанного катализатора в реактор быстрого слоя, и подачу другой части смешанного катализатора во внешний нагреватель для контакта с теплоотводящей средой для охлаждения с последующим возвратом в реактор быстрого слоя;

в) подачу легкого углеводородного сырья и сырьевой смеси во внешний лифт-реактор для контакта с катализатором для реакции во время его подачи вверх, и подачу в осадитель лифт-реактора, для получения продукта II реакции и второго дисперсного катализатора, при этом сырьевая смесь содержит воду и оксигенат;

г) подачу одной части второго дисперсного катализатора из осадителя лифт-реактора в десорбер, и другой части второго дисперсного катализатора в лифт-реактор; при этом второй дисперсный катализатор, подаваемый в лифт-реактор, поступает в осадитель быстрого слоя через быстрый сепаратор лифт-реактора с помощью подъема подъемной средой лифт-реактора;

д) подачу катализатора из десорбера, после десорбции с помощью десорбирующей среды, в регенератор для контакта с регенерирующей средой для сжигания кокса на катализаторе с получением регенерированного катализатора и дымового газа;

е) дегазацию регенерированного катализатора и затем подачу дегазированного регенерированного катализатора во внешний лифт-реактор; и подачу продукта I реакции и продукта II реакции вместе в сепарационную установку для получения продукта, богатого этиленом и пропиленом, смеси C<sub>4</sub>-C<sub>6</sub> неароматических углеводородов и водной фазы, при этом часть или вся водная фаза используется в качестве сырьевой смеси.

6. Способ по варианту осуществления 5 второй приводимой в качестве примера серии, в котором легкое углеводородное сырье представляет собой смесь C<sub>4</sub>-C<sub>6</sub> неароматических углеводородов, и предпочтительно легкое углеводородное сырье по меньшей мере содержит смесь C<sub>4</sub>-C<sub>6</sub> неароматических углеводородов, полученную из сепарационной установки;

более предпочтительно, для легкого углеводородного сырья смесь C<sub>4</sub>-C<sub>6</sub> неароматических углеводородов, поступающая из сепарационной установки, составляет более 20 мас.%, и оставшаяся часть смеси C<sub>4</sub>-C<sub>6</sub> неароматических углеводородов поступает из установки каталитического крекинга и/или установки парового крекинга;

предпочтительно смесь C<sub>4</sub>-C<sub>6</sub> неароматических углеводородов содержит одно или более из изобутена, 1-бутена, н-бутана, изобутана, изопентена, н-пентена, н-пентана, н-гексена и изогексена.

Сырьевая смесь содержит оксигенат в количестве 5-60 мас.% и воду в количестве 40-95 мас.%; при этом оксигенат содержит метанол и одно или более из этанола, пропанола, бутанола, ацетальдегида, пропионового альдегида, масляного альдегида, ацетона, бутанола, муравьиной кислоты, уксусной кислоты и пропионовой кислоты; предпочтительно оксигенат содержит альдегид и/или кетон в количестве 30-90 мас.%.  
7. Способ по варианту осуществления 5 или 6 второй приводимой в качестве примера серии, в котором

реактор быстрого слоя работает при температуре катализатора 450-500°C, линейной скорости газа 0,8-3 м/с, манометрическом давлении реакции 0,01-0,5 МПа и плотности катализатора 50-250 кг/м<sup>3</sup>; и/или

внешний лифт-реактор работает при температуре катализатора 530-650°C, линейной скорости газа 1,1-15 м/с и плотности катализатора 20-100 кг/м<sup>3</sup>; и/или

на стадии б): массовое соотношение между частью смешанного катализатора в осадителе быстрого слоя, подаваемой в десорбер, частью смешанного катализатора в осадителе быстрого слоя, возвращаемой в реактор быстрого слоя, и частью смешанного катализатора в осадителе быстрого слоя, подаваемой во внешний теплообменник, составляет (0,5-1):(5-7):(2-4,5);

на стадии г): массовое соотношение части второго дисперсного катализатора, подаваемой в десорбер, к части второго дисперсного катализатора, подаваемой в лифт-реактор 203, составляет (1-3):(7-9).

8. Способ по любому из вариантов осуществления 5-7 второй приводимой в качестве примера серии, в котором массовое соотношение легкого углеводородного сырья к сырьевой смеси составляет 1:(0,5-3).

9. Способ по любому из вариантов осуществления 5-8 второй приводимой в качестве примера серии, в котором

катализатор представляет собой молекулярно-ситовый катализатор SAPO-34; и/или регенерированный катализатор имеет содержание углерода менее 0,1 мас.% относительно общей массы катализатора.

10. Способ по любому из вариантов осуществления 5-9 второй приводимой в качестве примера серии, в котором подъемная среда лифт-реактора представляет собой водяной пар и/или сырьевую смесь и/или легкое углеводородное сырье.

### Примеры

Изобретение далее проиллюстрировано, без ограничения, следующими примерами. В примерах в первую очередь делается ссылка на вариант осуществления смешивающего устройства по настоящему изобретению для использования в реакционной системе этилена-пропилена, показанной на фиг. 2; при этом конструктивный элемент выхода лифт-реактора, конструктивный элемент выхода быстрого слоя и т.д. описаны со ссылкой на варианты осуществления, показанные на фиг. 3-7.

#### Пример 1

Использовалось устройство, показанное на фиг. 2.

Как видно из фиг. 4, число  $n$  нижних ответвительных труб 39 быстрого сепаратора лифт-реактора в составе быстрого сепаратора 208 лифт-реактора составляло 2; и внутренний угол  $\beta$  между соседними нижними ответвительными трубами 39 быстрого сепаратора лифт-реактора был равен  $180^\circ$ ; число  $m$  нижних ответвительных труб 38 быстрого сепаратора быстрого слоя в составе быстрого сепаратора 207 быстрого слоя было 2; и внутренний угол  $\alpha$  между соседними нижними ответвительными трубами 38 быстрого сепаратора быстрого слоя был равен  $180^\circ$ ; и нижняя ответвительная труба 39 быстрого сепаратора лифт-реактора и нижняя ответвительная труба 38 быстрого сепаратора быстрого слоя были распределены перекрестно.

Отношение между расстоянием от центральной точки быстрого сепаратора 207 быстрого слоя до центральной точки нижней ответвительной трубы 38 быстрого сепаратора быстрого слоя и расстоянием от центральной точки быстрого сепаратора 208 лифт-реактора до нижней ответвительной трубы 39 быстрого сепаратора лифт-реактора составляло 0,8:1.

Способ предусматривал:

a-1) подачу метанольного сырья в реактор 201 быстрого слоя через вход 209 для метанольного сырья для контакта и реакции с катализатором с получением продукта I реакции, из которой первый дисперсный катализатор, полученный в результате частичной дезактивации, подавался вверх и поступал в осадитель 202 быстрого слоя через быстрый сепаратор 207 быстрого слоя;

a-2) подачу первой части смешанного катализатора (поток 9-1) из осадителя 202 быстрого слоя в десорбер 7 и возврат второй части (поток 9-2) смешанного катализатора в реакционную секцию реактора 201 быстрого слоя, и подачу третьей части (поток 9-3) смешанного катализатора во внешний теплообменник 4 для контакта с теплоотводящей средой 19 для охлаждения с последующим возвратом в реактор 201 быстрого слоя;

b-1) подачу легкого углеводородного сырья и оксигенатного сырья во внешний лифт-реактор 205 для контакта с катализатором для реакции во время его подачи вверх, и подачу в осадитель 206 лифт-реактора, для получения продукта II реакции и второго дисперсного катализатора, где оксигенатное сырье содержало воду и оксигенат;

c-1) для второго дисперсного катализатора из осадителя 206 лифт-реактора, подачу его первой части (поток 10-1) в десорбер 7 и подачу его второй части (поток 10-2) в лифт-реактор 203; при этом второй дисперсный катализатор, подаваемый в лифт-реактор 203, поступает в осадитель 202 быстрого слоя через быстрый сепаратор 208 лифт-реактора с помощью подъема подъемной средой лифт-реактора;

d-1) подачу катализатора из десорбера, после десорбции с помощью десорбирующей среды 24, в регенератор для контакта с регенерирующей средой 26 для сжигания кокса на катализаторе с получением регенерированного катализатора 27 и дымового газа 25; и

d-2) дегазацию регенерированного катализатора 27 и затем подачу дегазированного регенерированного катализатора во внешний лифт-реактор 205; и подачу через выход 212 для продукта продукта I реакции и продукта II реакции вместе в сепарационную установку для получения продукта, богатого этиленом и пропиленом, смеси  $C_4$ - $C_6$  неароматических углеводородов и водной фазы, при этом часть или вся водная фаза используется в качестве оксигенатного сырья.

На стадии b): массовое соотношение между первой частью (поток 9-1) смешанного катализатора в осадителе 202 быстрого слоя, подаваемой в десорбер, второй частью (поток 9-2) смешанного катализатора, возвращаемой в реактор 201 быстрого слоя, и третьей частью (поток 9-3) смешанного катализатора, подаваемой во внешний теплообменник, составляло 0,8:6:3,2.

На стадии d): массовое соотношение первой части (поток 10-1) второго дисперсного катализатора, подаваемой в десорбер, и второй части (поток 10-2) второго дисперсного катализатора, подаваемой в лифт-реактор 203, составляло 2:8.

Легкое углеводородное сырье было представлено смесью  $C_4$ - $C_6$  неароматических углеводородов, полученной с помощью сепарационной установки, содержащей бутилен в количестве 60 мас.%, пентен в количестве 30 мас.%, гексилен в количестве 10 мас.%; оксигенатное сырье содержало оксиды в общем количестве 50 мас.%, причем оксиды содержали, по массе, метанол в количестве 19%, этанол в количестве 5%, пропанол в количестве 3%, бутанол в количестве 2%, ацетальдегид в количестве 8%, пропиональдегид в количестве 2%, ацетон в количестве 40%, бутанон в количестве 20% и формиат в количестве 1%.

Реактор 201 быстрого слоя работал при температуре катализатора  $490^\circ\text{C}$ , линейной скорости газа 2

м/с, манометрическом давлении реакции 0,2 МПа и плотности катализатора  $70 \text{ кг/м}^3$ ; и внешний лифт-реактор 205 работал при температуре катализатора  $600^\circ\text{C}$ , линейной скорости газа 5 м/с и плотности катализатора  $40 \text{ кг/м}^3$ .

Массовое соотношение легкого углеводородного сырья к оксигенатному сырью было 1:1.

Катализатором был молекулярно-ситовый катализатор SAPO-34; и регенерированный катализатор 27 имел содержание углерода 0,05 мас.%, относительно общей массы катализатора.

Подъемной средой лифт-реактора был водяной пар.

В примере общий выход этилена и пропилена, в пересчете на углерод, составлял 90,4 мас.%.

Пример 2

Согласно способу примера 1, использовалось устройство, показанное на фиг. 2, за исключением того, что конструкция быстрого сепаратора 208 лифт-реактора, показанная на фиг. 4, была заменена конструкцией 208 выхода лифт-реактора, показанной на фиг. 6.

Среди прочего, отношение  $h1$  к  $H$  составляло 0,05:1, отношение  $h2$  к  $H$  составляло 0,2:1, и отношение  $h3$  к  $H$  составляло 0,4:1;  $\gamma$  равнялось  $60^\circ$ , и  $\delta$  равнялось  $30^\circ$ .

Легкое углеводородное сырье содержало бутулен в количестве 30 мас.%, бутан в количестве 20 мас.%, пентен в количестве 45 мас.%, гексилен в количестве 5 мас.%; и оксигенатное сырье содержало оксиды в общем количестве 60 мас.%, при этом оксиды содержали, по массе, метанол в количестве 5%, этанол в количестве 3%, пропанол в количестве 2%, ацетальдегид 20%, ацетон в количестве 50% и бутанон в количестве 20%.

Реактор 201 быстрого слоя работал при температуре катализатора  $490^\circ\text{C}$ , линейной скорости газа 2 м/с, манометрическом давлении реакции 0,2 МПа и плотности катализатора  $70 \text{ кг/м}^3$ ; и внешний лифт-реактор 205 работал при температуре катализатора  $600^\circ\text{C}$ , линейной скорости газа 5 м/с и плотности катализатора  $40 \text{ кг/м}^3$ .

Массовое соотношение легкого углеводородного сырья к оксигенатному сырью было 1:1.

Катализатором был молекулярно-ситовый катализатор SAPO-34; и регенерированный катализатор 27 имел содержание углерода 0,05 мас.% относительно общей массы катализатора.

Подъемной средой лифт-реактора был водяной пар.

В примере общий выход этилена и пропилена, в пересчете на углерод, составлял 89,3 мас.%.

Пример 3

Низшие олефины получали в соответствии с системой и способом примера 2, за исключением того, что  $\delta$  составляла  $80^\circ$ ,  $\gamma$  составлял  $10^\circ$ , отношение  $h1$  к  $H$  составляло 0,3:1, отношение  $h2$  к  $H$  составляло 0,5:1, и отношение  $h3$  к  $H$  составляло 0,6:1; тогда как остальное было таким же, как и в примере 2.

В данном примере общий выход этилена и пропилена, в пересчете на углерод, составлял 90,1 мас.%.

Пример 4

Низшие олефины получали в соответствии с системой и способом примера 2, за исключением того, что  $\delta$  составляла  $90^\circ$ ,  $\gamma$  составлял  $70^\circ$ , отношение  $h1$  к  $H$  составляло 0,4:1, отношение  $h2$  к  $H$  составляло 0,1:1, и отношение  $h3$  к  $H$  составляло 0,3:1; тогда как остальное было таким же, как и в примере 2.

В данном примере общий выход этилена и пропилена, в пересчете на углерод, составлял 86,3 мас.%.

Пример 5

Низшие олефины получали в соответствии с системой и способом примера 1, за исключением того, что число  $n$  нижних ответвительных труб 39 быстрого сепаратора лифт-реактора в составе быстрого сепаратора 208 лифт-реактора составляло 8; и внутренний угол  $\beta$  между соседними нижними ответвительными трубами 39 быстрого сепаратора лифт-реактора был равен  $45^\circ$ ; число  $m$  нижних ответвительных труб 38 быстрого сепаратора быстрого слоя в составе быстрого сепаратора 207 быстрого слоя было 8; и внутренний угол  $\alpha$  между соседними нижними ответвительными трубами 38 быстрого сепаратора быстрого слоя был равен  $45^\circ$ ; и нижняя ответвительная труба 39 быстрого сепаратора лифт-реактора и нижняя ответвительная труба 38 быстрого сепаратора быстрого слоя были распределены перекрестно. Отношение между расстоянием от центральной точки быстрого сепаратора 207 быстрого слоя до центральной точки нижней ответвительной трубы 38 быстрого сепаратора быстрого слоя и расстоянием от центральной точки быстрого сепаратора 208 лифт-реактора до нижней ответвительной трубы 39 быстрого сепаратора лифт-реактора составляло 1:1.

В данном примере общий выход этилена и пропилена, в пересчете на углерод, составлял 90,2 мас.%.

Пример 6

Низшие олефины получали в соответствии с системой и способом примера 1, за исключением того, что число  $n$  нижних ответвительных труб 39 быстрого сепаратора лифт-реактора в составе быстрого сепаратора 208 лифт-реактора составляло 10; и внутренний угол  $\beta$  между соседними нижними ответвительными трубами 39 быстрого сепаратора лифт-реактора был равен  $18^\circ$ ; число  $m$  нижних ответвительных труб 38 быстрого сепаратора быстрого слоя в составе быстрого сепаратора 207 быстрого слоя было

10; и внутренний угол  $\alpha$  между соседними нижними ответвительными трубами 38 быстрого сепаратора быстрого слоя был равен  $18^\circ$ ; и нижняя ответвительная труба 39 быстрого сепаратора лифт-реактора и нижняя ответвительная труба 38 быстрого сепаратора быстрого слоя были распределены перекрестно. Отношение между расстоянием от центральной точки быстрого сепаратора 207 быстрого слоя до центральной точки нижней ответвительной трубы 38 быстрого сепаратора быстрого слоя и расстоянием от центральной точки быстрого сепаратора 208 лифт-реактора до нижней ответвительной трубы 39 быстрого сепаратора лифт-реактора составляло 1,5:1.

В данном примере общий выход этилена и пропилена, в пересчете на углерод, составлял 88,7 мас. %.

#### Пример 7

Низшие олефины получали в соответствии с системой и способом примера 1, за исключением того, что реактор 201 быстрого слоя работал при температуре катализатора  $450^\circ\text{C}$ , линейной скорости газа 0,8 м/с, манометрическом давлении реакции 0,01 МПа и плотности катализатора  $250 \text{ кг/м}^3$ ; и внешний лифт-реактор 205 работал при температуре катализатора  $530^\circ\text{C}$ , линейной скорости газа 1,1 м/с и плотности катализатора  $100 \text{ кг/м}^3$ .

В данном примере общий выход этилена и пропилена, в пересчете на углерод, составлял 87,6 мас. %.

#### Пример 8

Низшие олефины получали в соответствии с системой и способом примера 1, за исключением того, что реактор 201 быстрого слоя работал при температуре катализатора  $500^\circ\text{C}$ , линейной скорости газа 3 м/с, манометрическом давлении реакции 0,5 МПа и плотности катализатора  $50 \text{ кг/м}^3$ ; и внешний лифт-реактор 205 работал при температуре катализатора  $650^\circ\text{C}$ , линейной скорости газа 15 м/с и плотности катализатора  $20 \text{ кг/м}^3$ .

В данном примере общий выход этилена и пропилена, в пересчете на углерод, составлял 89,1 мас. %.

#### Пример 9

Низшие олефины получали в соответствии с системой и способом примера 1, за исключением того, что число  $n$  нижних ответвительных труб 39 быстрого сепаратора лифт-реактора в составе быстрого сепаратора 208 лифт-реактора составляло 1; число  $m$  нижних ответвительных труб 38 быстрого сепаратора быстрого слоя в составе быстрого сепаратора 207 быстрого слоя было 1; и нижняя ответвительная труба 38 быстрого сепаратора быстрого слоя и нижняя ответвительная труба 39 быстрого сепаратора лифт-реактора были выровнены по линии.

В данном примере общий выход этилена и пропилена, в пересчете на углерод, составлял только 84,1 мас. %.

#### Сравнительный пример 1

Пример 1 повторяли с тем отличием, что внешний лифт-реактор 205 и осадитель 206 лифт-реактора отсутствовали, и регенерированный катализатор 27 подавали непосредственно в реактор 201 быстрого слоя для участия в реакции.

В данном примере общий выход этилена и пропилена, в пересчете на углерод, составлял только 82,4 мас. %.

#### Сравнительный пример 2

Низшие олефины получали в соответствии с системой и способом примера 1, за исключением того, что лифт-реактор 203 и конструкция быстрого сепаратора отсутствовали, при этом второй дисперсный катализатор (поток 10) подавали непосредственно в реактор 201 быстрого слоя.

В данном примере общий выход этилена и пропилена, в пересчете на углерод, составлял 85,2 мас. %.

#### Сравнительный пример 3

Пример 2 повторяли с тем отличием, что выход из внешнего лифт-реактора 3 был соединен непосредственно с осадителем 202 быстрого слоя.

В данном примере общий выход этилена и пропилена, в пересчете на углерод, составлял только 83,3 мас. %.

Предпочтительные варианты осуществления настоящего изобретения были подробно описаны выше со ссылкой на прилагаемые чертежи, но настоящее изобретение этим не ограничивается. В рамках технической идеи изобретения возможны многочисленные простые варианты, включающие комбинацию отдельных специфических технических признаков любым подходящим способом. Различные возможные способы комбинирования настоящего изобретения подробно не описаны для исключения излишних повторов. Такие простые модификации и комбинации также следует рассматривать как раскрытые в настоящем изобретении, и все такие модификации и комбинации предполагаются включенными в объем настоящего изобретения.

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ получения этилена-пропилена, включающий:

а) подачу (209) метанольного сырья в нижнюю часть реактора (201) быстрого слоя для контакта и реакции с катализатором с получением продукта I реакции и первого дисперсного катализатора, полученного в результате частичной дезактивации катализатора, где оба подаются вверх в осадитель (202) быстрого слоя;

б) подачу оксигенатного сырья (15) и/или легкого углеводородного сырья (16) в нижнюю часть внешнего лифт-реактора (205) для контакта и реакции с регенерированным катализатором с получением продукта II реакции и второго дисперсного катализатора (10), где оба из них подаются вверх в осадитель (206) лифт-реактора;

в) подачу второй части (10-2) второго дисперсного катализатора в нижнюю часть лифт-реактора (203) для получения смеси продукта III реакции и третьего дисперсного катализатора, при этом вторая часть второго дисперсного катализатора подается вверх в осадитель (202) быстрого слоя;

г) смешивание первого дисперсного катализатора со вторым дисперсным катализатором или необязательно с третьим дисперсным катализатором в осадителе быстрого слоя с получением смешанного катализатора (9) и подачу первой части смешанного катализатора и первой части второго дисперсного катализатора в регенератор, соответственно, для регенерации с получением регенерированного катализатора; и

при этом оксигенатное сырье содержит воду и оксигенаты, оксигенаты присутствуют в количестве 5-60 мас.%, и легкое углеводородное сырье содержит смесь  $C_4-C_6$  неароматических углеводородов;

при этом реактор (201) быстрого слоя, осадитель (202) быстрого слоя и лифт-реактор (203) расположены коаксиально, и лифт-реактор (203) расположен в радиальном направлении внутри реактора (201) быстрого слоя.

2. Способ по п.1, в котором

на стадии в) подаваемая вторая часть (10-2) второго дисперсного катализатора в нижнюю часть лифт-реактора (203) контактирует и вступает в реакцию с оксигенатным сырьем (15) и/или легким углеводородным сырьем (16), для получения смеси продукта III реакции и третьего дисперсного катализатора, при этом вторая часть второго дисперсного катализатора или смесь продукта III реакции и третьего дисперсного катализатора подаются вверх в осадитель (202) быстрого слоя;

на стадии г) смешивают первый дисперсный катализатора со вторым дисперсным катализатором или с третьим дисперсным катализатором в осадителе быстрого слоя с получением смешанного катализатора (9), и подают первую часть смешанного катализатора и первой части второго дисперсного катализатора в регенератор, соответственно, для регенерации с получением регенерированного катализатора.

3. Способ по п.1, в котором как оксигенатное сырье (15), так и легкое углеводородное сырье (16) подают во внешний лифт-реактор (205) и ни оксигенатное сырье (15), ни легкое углеводородное сырье (16) не подают в лифт-реактор (203).

4. Способ по п.1, в котором легкое углеводородное сырье (16) подают во внешний лифт-реактор (205) и оксигенатное сырье (15) подают в лифт-реактор (203).

5. Способ по п.1, в котором как оксигенатное сырье (15), так и легкое углеводородное сырье (16) подают во внешний лифт-реактор (205) и ни оксигенатное сырье (15), ни легкое углеводородное сырье (16) не подают в лифт-реактор (203).

6. Способ по п.1, в котором оксигенатное сырье (15) подают во внешний лифт-реактор (205) и легкое углеводородное сырье (16) подают в лифт-реактор (203).

7. Способ по п.1, в котором соотношение по массе потоков, поступающих в осадитель (202) быстрого слоя,  $R_w$ , второго дисперсного катализатора или, необязательно, смеси продукта III реакции и третьего дисперсного катализатора к первому дисперсному катализатору составляет  $0,01 < R_w \leq 0,5$ , предпочтительно  $0,02 \leq R_w \leq 0,2$ .

8. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором вторую часть (9-2) смешанного катализатора (9) возвращают в реактор (201) быстрого слоя и третью часть (9-3) смешанного катализатора (9) подают во внешний теплообменник (4); при этом массовое соотношение первой части, второй части и третьей части катализатора (9) составляет (0,5-1):(5-7):(2-4,5).

9. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором массовое соотношение первой части (10-1) ко второй части (10-2) второго дисперсного катализатора (10) составляет (1-3):(7-9).

10. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором первую часть смешанного катализатора (9-1) и первую часть второго дисперсного катализатора (10-1) соответственно подают в десорбер (7) для десорбции перед соответствующей подачей в регенератор (8) для регенерации; причем и то и другое десорбируют и далее подают в смешанном виде в регенератор (8).

11. Способ по п.1, в котором продукт I реакции, продукт II реакции и продукт III реакции объединяют и затем подают в сепарационную установку, с получением продукта, богатого этиленом и пропиленом, смеси  $C_4-C_6$  неароматических углеводородов и водной фазы с помощью разделения;

легкое углеводородное сырье (16) представляет собой смесь  $C_4-C_6$  неароматических углеводородов,

и предпочтительно легкое углеводородное сырье по меньшей мере содержит смесь  $C_4-C_6$  неароматических углеводородов, полученную из сепарационной установки; более предпочтительно, для легкого углеводородного сырья (16) смесь  $C_4-C_6$  неароматических углеводородов, поступающая из сепарационной установки, составляет более 20 мас.%, и оставшаяся часть смеси  $C_4-C_6$  неароматических углеводородов поступает из установки каталитического крекинга и/или установки парового крекинга; предпочтительно смесь  $C_4-C_6$  неароматических углеводородов содержит одно или более из изобутена, 1-бутена, н-бутана, изобутана, изопентена, н-пентена, н-пентана, н-гексена и изогексена;

оксигенатное смешанное сырье (15) содержит оксигенат в количестве 5-60 мас.% и воду в количестве 40-95 мас.%; при этом оксигенат содержит метанол и одно или более из этанола, пропанола, бутанола, ацетальдегида, пропионового альдегида, масляного альдегида, ацетона, бутанола, муравьиной кислоты, уксусной кислоты и пропионовой кислоты; предпочтительно оксигенат содержит альдегид и/или кетон в количестве 30-90 мас.%.  
 12. Способ по п.1, в котором

реактор (201) быстрого слоя работает при температуре катализатора 450-500°C, линейной скорости газа 0,8-3 м/с, манометрическом давлении реакции 0,01-0,5 МПа и плотности катализатора 50-250 кг/м<sup>3</sup>; и/или

внешний лифт-реактор (205) работает при температуре катализатора 580-650°C, линейной скорости газа 1,1-3 м/с и плотности катализатора 50-100 кг/м<sup>3</sup>; и/или

лифт-реактор (203) работает при температуре катализатора 530-580°C, линейной скорости газа 3-5 м/с и плотности катализатора 20-80 кг/м<sup>3</sup>.

13. Способ по п.1, в котором

катализатор представляет собой молекулярно-ситовый катализатор SAPO-34; и/или

регенерированный катализатор (27) имеет содержание углерода менее 0,1 мас.% относительно общей массы катализатора.

14. Реакционная система, применяемая для способа получения этилена-пропилена по любому из предыдущих пунктов, содержащая: реактор (201) быстрого слоя, осадитель (202) быстрого слоя и лифт-реактор (203), которые расположены коаксиально; в которой

лифт-реактор (203) расположен в радиальном направлении внутри реактора (201) быстрого слоя; нижняя часть лифт-реактора (203) снабжена входом (210) для подачи лифт-реактора для подъемной среды; верхний выход лифт-реактора (203) соединен с конструктивным элементом (208) выхода лифт-реактора, через который регенерированный первый дисперсный катализатор, полученный в результате регенерационной обработки, подается в осадитель (202) быстрого слоя;

реактор (201) быстрого слоя позволяет, чтобы в нем в основном осуществлялись контактирование и реакция сырья с катализатором для получения этилена-пропилена, во время этой реакции катализатор, по меньшей мере частично, дезактивируется; верхняя часть реактора (201) быстрого слоя соединена с конструктивным элементом (207) выхода быстрого слоя, через который второй дисперсный катализатор, полученный в результате частичной дезактивации, подается в осадитель (202) быстрого слоя и смешивается с регенерированным первым дисперсным катализатором с получением смешанного катализатора;

конструктивный элемент (208) выхода лифт-реактора и конструктивный элемент (207) выхода быстрого слоя оба расположены внутри осадителя (202) быстрого слоя, и конструктивный элемент (208) выхода лифт-реактора расположен над конструктивным элементом (207) выхода быстрого слоя.

15. Реакционная система по п.13, в которой каждый из конструктивного элемента (208) выхода лифт-реактора и конструктивного элемента (207) выхода быстрого слоя представляет собой быстрый сепаратор; и

быстрый сепаратор (208) лифт-реактора состоит из нижних ответвительных труб (39) быстрого сепаратора лифт-реактора и горизонтальных труб (40) быстрого сепаратора лифт-реактора, при этом горизонтальные трубы (40) быстрого сепаратора лифт-реактора расположены горизонтально, и внутренний угол между нижней ответвительной трубой (39) быстрого сепаратора лифт-реактора и горизонтальной трубой (40) быстрого сепаратора лифт-реактора составляет 90°;

быстрый сепаратор (207) быстрого слоя состоит из нижних ответвительных труб (38) быстрого сепаратора быстрого слоя и горизонтальных труб (41) быстрого сепаратора быстрого слоя, при этом горизонтальные трубы (41) быстрого сепаратора быстрого слоя расположены горизонтально, и внутренний угол между нижней ответвительной трубой (38) быстрого сепаратора быстрого слоя и горизонтальной трубой (41) быстрого сепаратора быстрого слоя составляет 90°.

16. Реакционная система по п.14, в которой число  $n$  горизонтальных труб (40) быстрого сепаратора лифт-реактора в составе быстрого сепаратора (208) лифт-реактора равно от 2 до 8; и внутренний угол  $\beta$  между соседними горизонтальными трубами (40) быстрого сепаратора лифт-реактора равен 45-180°; и/или

число  $m$  горизонтальных труб (41) быстрого сепаратора быстрого слоя в составе быстрого сепаратора (207) быстрого слоя равно от 2 до 8; и внутренний угол  $\alpha$  между соседними горизонтальными трубами (41) быстрого сепаратора быстрого слоя равен 45-180°.

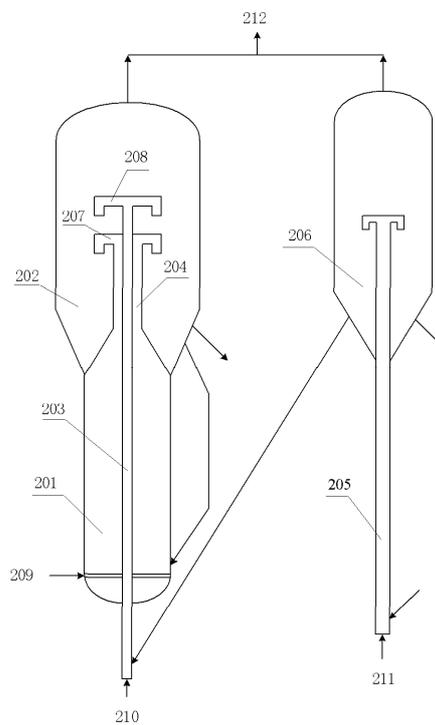
17. Реакционная система по п.14, в которой горизонтальная труба (40) быстрого сепаратора лифт-реактора и горизонтальная труба (41) быстрого сепаратора быстрого слоя распределены перекрестно; и/или

отношение общей площади поперечного сечения горизонтальной трубы (41) быстрого сепаратора быстрого слоя к площади поперечного сечения сужения (42) реактора быстрого слоя составляет 1:1-3; и отношение общей площади поперечного сечения горизонтальной трубы (40) быстрого сепаратора лифт-реактора к площади поперечного сечения лифт-реактора (3) составляет 1:1-2,5.

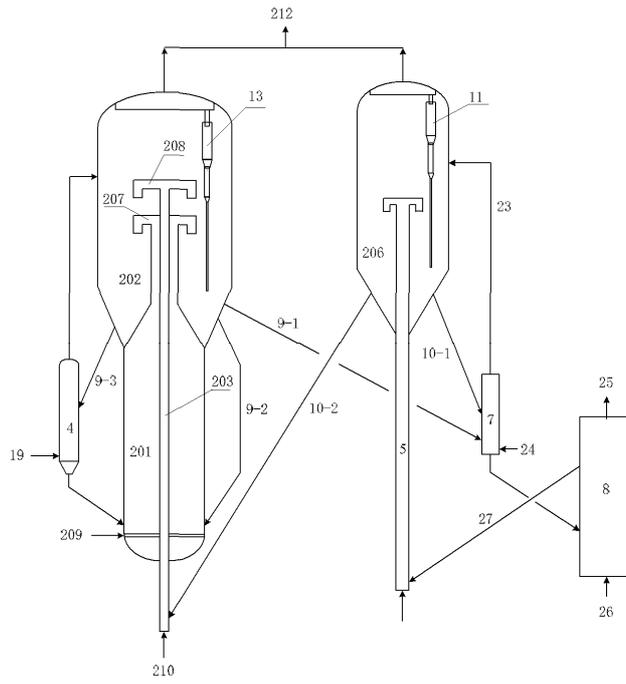
18. Реакционная система по п.14, в которой отношение длины горизонтальной трубы (41) быстрого сепаратора быстрого слоя к длине горизонтальной трубы (40) быстрого сепаратора лифт-реактора составляет (0,3-1):1;

отношение длины горизонтальной трубы (40) быстрого сепаратора лифт-реактора к диаметру второго плотного слоя (2) составляет (0,8-0,2):1.

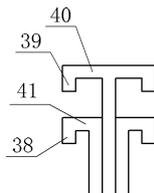
19. Реакционная система по п.14, в которой верхний выход лифт-реактора (203) соединен с конструктивным элементом (208) выхода лифт-реактора, через который регенерированный первый дисперсный катализатор, полученный в результате регенерационной обработки и другой обработки, подается в осадитель (202) быстрого слоя.



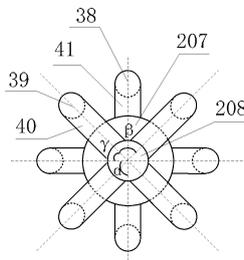
Фиг. 1



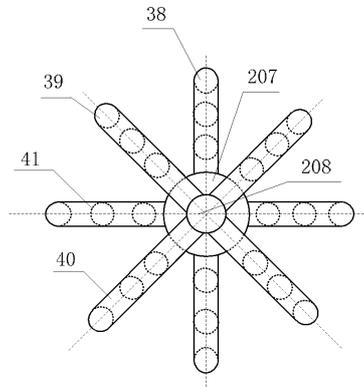
Фиг. 2



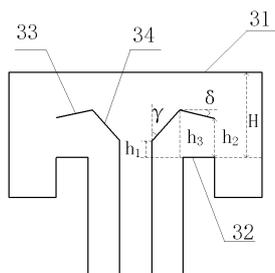
Фиг. 3



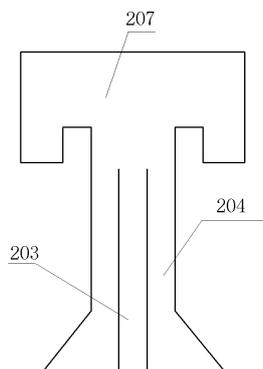
Фиг. 4



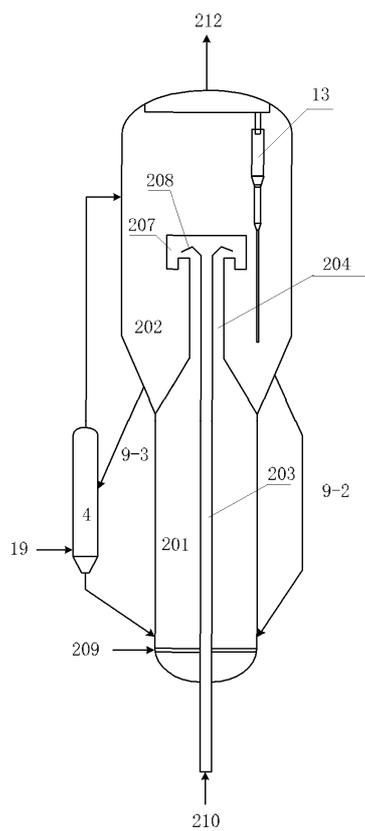
Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7



Фиг. 8