

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(21) 202393467 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2024.03.01(51) Int. Cl. B01J 8/18 (2006.01)
B01J 8/24 (2006.01)(22) Дата подачи заявки
2022.06.23

(54) РЕАКТОР С ПСЕВДООЖИЖЕННЫМ СЛОЕМ, УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА НИЗКОУГЛЕРОДИСТОГО ОЛЕФИНА И СПОСОБ ПРОИЗВОДСТВА НИЗКОУГЛЕРОДИСТОГО ОЛЕФИНА

(31) 202110697978.8

(32) 2021.06.23

(33) CN

(86) PCT/CN2022/100672

(87) WO 2022/268151 2022.12.29

(71) Заявитель:

ЧАЙНА ПЕТРОЛЕУМ ЭНД
КЕМИКАЛ КОРПОРЕЙШН;
ШАНХАЙ РИСЕРЧ ИНСТИТЮТ ОФ
ПЕТРОКЕМИКАЛ ТЕКНОЛОДЖИ
СИНОПЕК (CN)

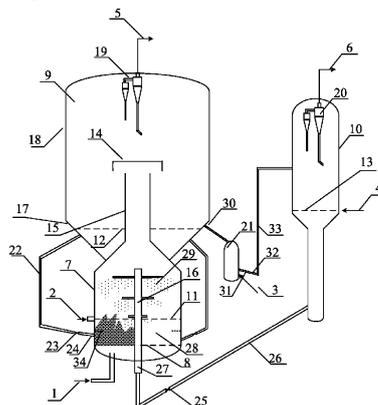
(72) Изобретатель:

Цзун Хунюань, Ци Гочжэнь, Гао Пань,
Ли Сяохун, Цао Цзин, Юй Чжинань,
Ван Яньсюэ, Пэн Фэй (CN)

(74) Представитель:

Гизатуллина Е.М., Христофоров
А.А., Угрюмов В.М., Тихонина О.В.,
Строкова О.В., Костюшенкова М.Ю.,
Гизатуллин Ш.Ф., Джермакян Р.В.
(RU)

(57) Настоящее изобретение относится к области производства олефинов и раскрывает реактор с псевдоожигенным слоем, устройство для производства низкоуглеродистого олефина и способ производства низкоуглеродистого олефина. Реакционная зона реактора с псевдоожигенным слоем содержит расположенные последовательно снизу вверх первый распределитель исходного материала, второй распределитель исходного материала и распределитель катализатора; при этом распределитель катализатора присоединяется ко второму впуску для введения катализатора; плотнофазная зона образуется между первым распределителем исходного материала и вторым распределителем исходного материала, и область, где располагается распределитель катализатора, образуется в зоне распределения катализатора, которая соединяется с плотнофазной зоной; по меньшей мере один из одного или нескольких первых впусков для введения катализатора присутствует на боковой стенке реактора плотнофазной зоны. В результате применения реактора с псевдоожигенным слоем и устройства для производства низкоуглеродистого олефина согласно настоящему изобретению может быть обеспечено распределение катализатора и полный контакт катализатора с исходными материалами, и при этом могут быть эффективно подавлены неоднородное температурное распределение и селективность в отношении низших диенов.



A1

202393467

202393467

A1

**РЕАКТОР С ПСЕВДООЖИЖЕННЫМ СЛОЕМ, УСТРОЙСТВО ДЛЯ
ПРОИЗВОДСТВА НИЗКОУГЛЕРОДИСТОГО ОЛЕФИНА И СПОСОБ
ПРОИЗВОДСТВА НИЗКОУГЛЕРОДИСТОГО ОЛЕФИНА**

ОПИСАНИЕ

Область техники, к которой относится настоящее изобретение

Настоящее изобретение относится к области производства олефинов, в частности, к реактору с псевдоожигенным слоем, к устройству для производства низкоуглеродистого олефина и к способу производства низкоуглеродистого олефина.

Предшествующий уровень техники настоящего изобретения

Низкоуглеродистые олефины, а именно, этилен и пропилен, представляют собой два важных основных химических исходных материала, спрос на которые постоянно возрастает. Как правило, этилен и пропилен производятся способами на основе нефти, однако вследствие ограниченных поставок и высоких цен на нефтяные ресурсы расходы на производство этилена и пропилена из нефтяных ресурсов продолжают увеличиваться. В последние годы человечество приступило к интенсивной разработке технологий в целях превращения альтернативных исходных материалов в этилен и пропилен. При этом важный тип альтернативных исходных материалов для производства низкоуглеродистых олефинов представляют собой кислородсодержащие соединения, такие как спирты (метанол и этанол), простые эфиры (диметиловый эфир и метилэтиловый эфир), сложные эфиры (диметилкарбонат и метилформиат) и т. д. Указанные кислородсодержащие соединения могут быть произведены посредством переработки угля, природного газа, биомассы и других источников энергии. Уже стало возможным крупномасштабное производство определенных кислородсодержащих соединений, таких как метанол, которые могут быть произведены из угля или природного газа, причем этот способ является вполне разработанным и может обеспечивать производство в масштабе миллионов тонн. Вследствие широкого разнообразия источников кислородсодержащих соединений и экономики процесса их превращения в низкоуглеродистые олефины все большее внимание привлекает процесс превращения кислородсодержащих соединений в олефины (ОТО), в частности, процесс превращения метанола в олефины (МТО).

Современная установка для производства олефинов из кислородсодержащих соединений является аналогичным установке каталитического крекинга, поскольку в обеих этих установках находит применение режим непрерывной реакции и регенерации. В международной патентной заявке РСТ WO 2018072139A1 раскрыты турбулентный реактор с псевдооживленным слоем, устройство и способ производства пропилена и углеводородов C₄ из кислородсодержащих соединений; причем в данном техническом решении предусмотрено множество питающих реактор распределителей в реакционной зоне турбулентного реактора с псевдооживленным слоем, и при этом концентрация кислородсодержащих соединений является относительно однородной, что ослабляет ингибирование реакции алкилирования олефинов реакцией МТО, и регенерированный катализатор непосредственно вводится в нижнюю часть реакционной зоны, что является благоприятным для реакций алкилирования этилена, пропилена и метанола.

В патентных заявках КНР с публикациями под номерами CN108794294A и CN108786669A, соответственно, раскрыты распределитель с псевдооживленным слоем и реактор с псевдооживленным слоем, в котором содержится распределитель с псевдооживленным слоем, причем распределитель с псевдооживленным слоем содержит первый распределитель и второй распределитель, и при этом первый распределитель располагается в нижней части псевдооживленного слоя, а второй распределитель располагается по меньшей мере в одном месте, расположенном ниже по потоку газа из первого распределителя, и исходный материал распределяется на различных площадях посредством различных потоков исходных материалов в целях обеспечения контроля массопереноса с последующей координацией и оптимизации системы совместного введения.

В патентной заявке КНР с публикацией под номером CN107235821A раскрыто устройство для производства олефина из метанол, в котором наружный циркуляционный распределитель катализатора и первый перераспределитель катализатора присутствуют в реакционной зоне реактора с псевдооживленным слоем, и второй наружный циркуляционный распределитель катализатора, низкоактивный распределитель катализатора, охлаждаемый распределитель катализатора и второй перераспределитель катализатора присутствуют в регенерационной зоне, что не только обеспечивает однородное распределение температуры и активности реагентов и катализаторов, но также обеспечивает эффект контакта между газообразными реагентами и катализаторами

При этом в документах предшествующего уровня техники отмечается явление неоднородного распределения регенерированного катализатора в реакторе с псевдооживленным слоем, в результате чего возникают значительные флуктуации

температуры слоя и усиленное воздействие на селективность в отношении диенов; кроме того, в процессе регенерации, как правило, воздух используется в качестве регенерационного газа. Посредством регулирования количества вспомогательного газа в поступающем регенерационном газе может быть предотвращено явление «полета температуры» в течение процесса регенерации. Однако в этом способе производится в большом количестве парниковый углекислый газ (CO_2), что не является благоприятным для охраны окружающей среды. Если воздух используется для выжигания углеродных отложений в целях частичной регенерации катализатора, увеличивается скорость выжигания углерода, что не способствует контролю количества остаточного углерода в катализаторе и повышает сложность технологического процесса.

Краткое раскрытие настоящего изобретения

Задача настоящего изобретения заключается в том, чтобы преодолеть проблемы неоднородного распределения катализатора, недостаточной регенерации и утилизации тепла и низкого выхода низкоуглеродистых олефинов в существующих устройствах для производства низкоуглеродистого олефина, а также предложить реактор с псевдооживленным слоем и устройство для производства низкоуглеродистого олефина и способ производства низкоуглеродистого олефина.

Согласно первому аспекту настоящего изобретения предлагается реактор с псевдооживленным слоем, который содержит:

в реакционной зоне реактора с псевдооживленным слоем первый распределитель исходного материала, второй распределитель исходного материала и распределитель катализатора, которые располагаются последовательно снизу вверх, и которые используются для распределения одного или нескольких газообразных исходных материалов, причем первый распределитель исходного материала располагается ниже второго распределителя исходного материала; при этом первый распределитель исходного материала и второй распределитель исходного материала имеют одинаковые или различные коэффициенты открытия, каждый из которых независимо составляет 0,05-5%;

первый выпуск исходного материала в нижней части реактора с псевдооживленным слоем, что обеспечивает по меньшей мере для части одного или нескольких исходных материалов двойное последовательное распределение через первый распределитель исходного материала и второй распределитель исходного материала;

при этом распределитель катализатора содержит магистральный направляющий трубопровод распределителя катализатора, который имеет коаксиальное распределение

через первый распределитель исходного материала и второй распределитель исходного материала, причем магистральный направляющий трубопровод распределителя катализатора проходит через первый распределитель исходного материала и второй распределитель исходного материала снизу вверх.

Согласно второму аспекту настоящего изобретения предлагается устройство для производства низкоуглеродистого олефина, причем устройство содержит реактор с псевдооживленным слоем согласно настоящему изобретению, резервуар для отстаивания и регенератор, и боковая стенка реактора содержит по меньшей мере один из одного или нескольких впусков для введения катализатора для введения первого катализатора в пространство между первым распределителем исходного материала и вторым распределителем исходного материала, и в нижней части реактор содержит один или несколько вторых впусков для введения катализатора в целях введения второго катализатора в магистральный направляющий трубопровод распределителя; причем резервуар для отстаивания присоединяется к верхней части реакционной зоны реактора с псевдооживленным слоем, и нижняя часть резервуара для отстаивания присоединяется к одному или нескольким впускам для введения катализатора и к регенератору, соответственно, и выпуск регенерированного катализатора из регенератора присоединяется к одному или нескольким вторым впускам для введения катализатора.

Согласно третьему аспекту настоящего изобретения предлагается способ производства низкоуглеродистого олефина, в котором используется устройство для производства низкоуглеродистого олефина согласно настоящему изобретению, причем в способе предусматривается:

реакция одного или нескольких газообразных исходных материалов и катализатора в реакционной зоне реактора с псевдооживленным слоем;

введение полученного продукта и захваченного катализатора в резервуар для отстаивания через верхнюю часть реакционной зоны;

резервуар для отстаивания разделяет продукт и захваченный катализатор, причем часть отделенного катализатора из одного или нескольких впусков для введения катализатора непосредственно вводится в плотнофазную зону, образованную между первым распределителем (8) исходного материала и одним или несколькими из вторых распределителей (11) исходного материала, в то время как другая часть вводится в зону распределения катализатора из одного или нескольких вторых впусков для введения катализатора после регенерации с применением регенератора.

Согласно настоящему изобретению предлагаются реактор с псевдооживленным слоем и устройство для производства низкоуглеродистого олефина посредством

расположения первого распределителя исходного материала, второго распределителя исходного материала и распределителя катализатора в реакционной зоне реактора с псевдооживленным слоем, причем плотнофазная зона и зона распределения катализатора образуются так, что нерегенерированный циркуляционный катализатор, который вводится из одного или нескольких впусков для введения катализатора, может непосредственно поступать в плотнофазную зону и вступать в контакт и реагировать с одним или несколькими исходными материалами для реакции, и регенерированный катализатор, который вводится из одного или нескольких вторых впусков для введения катализатора, поступает в реактор с псевдооживленным слоем, а затем предварительно распределяется в зоне распределения катализатора под действием распределителя катализатора, таким образом, что осуществляется перенос энергии и реакция под действием поля течения, и в результате этого распределение регенерированного катализатора становится более однородным, обеспечивается регулирование перемешивания частиц регенерированного катализатора, и повышается эффективность реакции в реакторе с псевдооживленным слоем.

Согласно настоящему изобретению предлагаются реактор с псевдооживленным слоем и устройство для производства низкоуглеродистого олефина, и при этом один или несколько исходных материалов для реакции стратифицируются и вводятся в реакционную зону через первый распределитель исходного материала и второй распределитель исходного материала, и в результате этого осуществляется сегментированный контроль поля течения в реакторе с псевдооживленным слоем, что обеспечивает эффективное достижение полного контакта между катализатором и одним или несколькими исходными материалами для реакции, эффективное устранение дефектов состояния неудовлетворительного псевдооживления и низкой селективности в отношении низкоуглеродистых олефинов, дополнительно повышает эффективность реакции, а также способствует увеличению выхода низкоуглеродистых олефинов.

Другие характерные признаки и преимущества настоящего изобретения будут подробно описаны в следующем разделе, раскрывающем варианты осуществления.

Таким образом, согласно настоящему изобретению предложена первая группа примерных вариантов осуществления, которые представлены в следующем описании.

1. Реактор с псевдооживленным слоем, содержащий:

первый распределитель (8) исходного материала, второй распределитель (11) исходного материала и распределитель (16) катализатора в реакционной зоне реактора с псевдооживленным слоем, которые используются для распределения одного или нескольких газообразных исходных материалов, причем первый распределитель (8)

исходного материала располагается ниже второго распределителя (11) исходного материала; причем первый распределитель (8) исходного материала и второй распределитель (11) исходного материала имеют одинаковые или различные коэффициенты открытия, причем каждый из них независимо составляет 0,05-5%;

один или несколько первых впусков (1) для введения исходного материала в нижней части реактора с псевдооживленным слоем, что обеспечивает по меньшей мере для части одного или нескольких исходных материалов двойное последовательное распределение через первый распределитель (8) исходного материала и второй распределитель (11) исходного материала;

при этом распределитель (16) катализатора содержит магистральный направляющий трубопровод (47) распределителя катализатора, который имеет коаксиальное распределение через первый распределитель (8) исходного материала и второй распределитель (11) исходного материала, причем магистральный направляющий трубопровод (47) распределителя катализатора проходит через первый распределитель (8) исходного материала и второй распределитель (11) исходного материала снизу вверх.

2. Реактор с псевдооживленным слоем согласно примерному варианту осуществления 1 первой группы, отличающийся тем, что реактор с псевдооживленным слоем содержит один или несколько впусков Y для введения исходного материала, которые последовательно располагаются снизу вверх выше одного или нескольких первых впусков (1) для введения исходного материала, причем Y представляет собой положительное целое число, составляющее не менее 2, при том условии, что когда присутствуют один или несколько впусков для введения исходного материала, расположение одного или нескольких первых впусков для введения исходного материала и одного или нескольких впусков Y для введения исходного материала обеспечивает соотношение производительности одного или нескольких впусков Y для введения исходного материала и производительности одного или нескольких впусков $Y-1$ для введения исходного материала, которое составляет 1:1-10.

3. Реактор с псевдооживленным слоем согласно примерному варианту осуществления 1 первой группы, отличающийся тем, что по меньшей мере один из одного или нескольких первых впусков (24) для введения катализатора располагается на боковой стенке реактора между первым распределителем (8) исходного материала и вторым распределителем (11) исходного материала; и

первый распределитель (8) исходного материала содержит центральную область (40) первого распределителя и внешнюю кольцевую область (42) первого распределителя, которая располагается на периферии центральной области (40) первого распределителя,

прием внешняя кольцевая область (42) первого распределителя содержит область (38) расширения первого распределителя, которой соответствует радиальное положение одного или нескольких первых впусков (24) для введения катализатора, и область (38) расширения первого распределителя имеет уменьшенный диаметр отверстия по отношению к другим областям первого распределителя (8) исходного материала, таким образом, что катализатор имеет практически однородное распределение в радиальном направлении между первым распределителем (8) исходного материала и вторым распределителем (11) исходного материала.

4. Реактор с псевдооживленным слоем согласно примерному варианту осуществления 3 первой группы, отличающийся тем, что центральная область (40) первого распределителя представляет собой круг с радиусом r , и внешняя область (42) первого распределителя представляет собой круглое кольцо, в котором разность между наружным диаметром и внутренним диаметром составляет d , причем $r/d = 1/2-3/5$, $r + d = D$, и D представляет собой внутренний диаметр реактора с псевдооживленным слоем; соотношение площади области (38) расширения первого распределителя и площади внешней области (42) первого распределителя составляет $1/10-1/2$.

5. Реактор с псевдооживленным слоем согласно примерному варианту осуществления 3 первой группы, отличающийся тем, что первый распределитель (8) исходного материала содержит одну или несколько областей, которые не представляют собой область (38) расширения первого распределителя, причем коэффициент открытия составляет 1,5-10%, предпочтительно 2-5%, и диаметр отверстия составляет 2-30 мм; предпочтительно разность диаметров отверстий между всеми отверстиями не превышает $\pm 10\%$; коэффициент открытия области (38) расширения первого распределителя составляет 0,01-1,5% и диаметр отверстия составляет 0,1-20 мм, предпочтительно разность диаметров отверстий между всеми отверстиями не превышает $\pm 10\%$.

6. Реактор с псевдооживленным слоем согласно примерному варианту осуществления 3 первой группы, отличающийся тем, что область (38) расширения первого распределителя содержит множество столбчатых расширенных сопел (39) первого распределителя, причем внутренний угол, который образуют центральная линия одного или нескольких расширенных сопел (39) первого распределителя и горизонтальное направление, составляет $45^\circ-75^\circ$.

7. Реактор с псевдооживленным слоем согласно примерному варианту осуществления 6 первой группы, отличающийся тем, что одно или несколько расширенных сопел (39) первого распределителя содержит выпуск (39-1) расширенного сопла, соединительный патрубок (39-2) расширенного сопла, горло (39-3) патрубка

расширенного сопла, расширяющийся участок (39-4) расширенного сопла и выпуск (39-5) расширенного сопла, которые соединяются последовательно, причем выпуск (39-1) расширенного сопла присоединяется к главному корпусу первого распределителя (8) исходного материала; при этом диапазон внутреннего угла, который образуют соединительный патрубок (39-2) расширенного сопла и горизонтальное направление, составляет 30° - 70° , и диапазон внутреннего угла, который образуют расширяющийся участок (39-4) расширенного сопла и горизонтальное направление, составляет 30° - 70° , соотношение диаметра горла (39-3) патрубка расширенного сопла и диаметра впуска (39-1) расширенного сопла составляет 1:5-20, и соотношение длины горла (39-3) патрубка расширенного сопла и диаметра горла (39-3) патрубка расширенного сопла составляет 5-10:1.

8. Реактор с псевдооживленным слоем согласно любому из примерных варианты осуществления 1-7 первой группы, отличающийся тем, что направленный вверх участок реактора с псевдооживленным слоем от первого распределителя (8) исходного материала до уменьшения диаметра имеет высоту h , и второй распределитель (11) исходного материала располагается на аксиальном расстоянии $1/4$ - $1/2$ h от первого распределителя (8) исходного материала.

9. Реактор с псевдооживленным слоем согласно примерному варианту осуществления 8 первой группы, отличающийся тем, что коэффициент открытия второго распределителя (11) исходного материала составляет 0,05-5%, предпочтительно 3-5%, и диаметр отверстия составляет 1-30 мм, при этом предпочтительно разность диаметров отверстий между всеми отверстиями не превышает $\pm 10\%$.

10. Реактор с псевдооживленным слоем согласно примерному варианту осуществления 8 первой группы, отличающийся тем, что второй распределитель (11) исходного материала содержит магистральный направляющий газопровод (43) второго распределителя, проходящий вдоль радиального направления второго распределителя (11) исходного материала, множество направляющих газопроводов (44) кольцевого пространства второго распределителя, которые располагаются последовательно вдоль радиального направления второго распределителя (11) исходного материала, и фурму (45) второго распределителя, которая располагается на направляющем газопроводе (44) кольцевого пространства второго распределителя и один или несколько направляющих твердое вещество пазов (46) второго распределителя, причем каждый из направляющих газопроводов (44) кольцевого пространства второго распределителя располагается распределенным образом в кольцевой форме вокруг центральной области второго распределителя (11) исходного материала, и направляющий твердое вещество паз (46)

второго распределителя располагается между двумя соседними направляющими газопроводами (44) кольцевого пространства второго распределителя; при этом реактор с псевдооживленным слоем содержит второй впуск (2) для введения исходного материала, который находится в соединении с возможностью переноса текучей среды с магистральным направляющим газопроводом (43) второго распределителя.

11. Реактор с псевдооживленным слоем согласно примерному варианту осуществления 10 первой группы, отличающийся тем, что соотношение ширины направляющего газопровода (44) кольцевого пространства второго распределителя и ширины направляющего твердое вещество паза (46) второго распределителя составляет 1:2-6.

12. Реактор с псевдооживленным слоем согласно любому из примерных варианты осуществления 1-7 первой группы, отличающийся тем, что магистральный направляющий трубопровод (47) распределителя катализатора проходит через первый распределитель (8) исходного материала и второй распределитель (11) исходного материала снизу вверх, при этом направленный вверх участок реактора с псевдооживленным слоем от первого распределителя (8) исходного материала до уменьшения диаметра имеет высоту h , высота направленного вверх магистрального направляющего трубопровода (47) распределителя катализатора от первого распределителя (8) исходного материала составляет h_1 , и $1/4 h < h_1 \leq 3/4 h$.

13. Реактор с псевдооживленным слоем согласно примерному варианту осуществления 12 первой группы, отличающийся тем, что распределитель (16) катализатора содержит множество слоев распределяющих катализатор компонентов (48), которые распределяются вдоль вертикального направления магистрального направляющего трубопровода (47) распределителя катализатора, распределяющие катализатор компоненты (48) проходят в радиальном направлении, таким образом, что катализатор, который перемещается в аксиальном направлении вдоль магистрального направляющего трубопровода (47) распределителя катализатора, может распределяться в радиальном направлении внутри реактора с псевдооживленным слоем.

14. Реактор с псевдооживленным слоем согласно примерному варианту осуществления 13 первой группы, отличающийся тем, что?

15. Реактор с псевдооживленным слоем согласно примерному варианту осуществления 13 первой группы, отличающийся тем, что распределяющие катализатор компоненты (48) содержат множество первых распределительных трубопроводов (49) для катализатора и множество вторых распределительных трубопроводов (50) для катализатора, первые распределительные трубопроводы (49) для катализатора и вторые

распределительные трубопроводы (50) для катализатора распределяются по окружности и располагаются в шахматном порядке вдоль магистрального направляющего трубопровода (47) распределителя катализатора и одинаковым образом присоединяются к магистральному направляющему трубопроводу (47) распределителя катализатора, и первые распределительные трубопроводы (49) для катализатора и вторые распределительные трубопроводы (50) для катализатора, соответственно, содержат множество выпусков (51) катализатора; причем число распределительных трубопроводов для катализатора в каждом слое распределяющих катализатор компонентов (48) составляет X ($X \geq 2$), окружное угловое расстояние для множества распределительных трубопроводов для катализатора соответствует распределению $180^\circ/X$; выпуски (51) катализатора имеют форму, выбранную из квадратной, круглой и многоугольной.

16. Реактор с псевдооживленным слоем согласно примерному варианту осуществления 14 первой группы, отличающийся тем, что число распределяющих катализатор компонентов (48) предпочтительно составляет M слоев ($M \geq 3$), и распределяющие катализатор компоненты (48) представляют собой первый слой, второй слой, ..., слой M , расположенные сверху вниз; причем длина распределительного трубопровода для катализатора в слое n распределяющих катализатор компонентов (48) составляет $(0,7-0,9)^n * D/2$, при этом D представляет собой внутренний диаметр реактора, и n представляет собой соответствующее число слоев.

17. Реактор с псевдооживленным слоем согласно примерному варианту осуществления 14 первой группы, отличающийся тем, что выпуски (51) катализатора на одном или нескольких первых распределительных трубопроводах (49) для катализатора и на одном или нескольких вторых распределительных трубопроводах (50) для катализатора располагаются с одинаковыми интервалами.

18. Реактор с псевдооживленным слоем согласно любому из примерных вариантов осуществления 3-7 первой группы, отличающийся тем, что циркуляционная распределительная перегородка (34), которая присоединяется к внутренней стенке реактора с псевдооживленным слоем, располагается выше одного или нескольких первых выпусков (24) для введения катализатора.

19. Реактор с псевдооживленным слоем согласно примерному варианту осуществления 18 первой группы, отличающийся тем, что соотношение расстояния между циркуляционной распределительной перегородкой (34) и одним или несколькими из первых выпусков (24) для введения катализатора и диаметра отверстия одного или нескольких первых выпусков (24) для введения катализатора составляет 1-10:1.

20. Реактор с псевдооживленным слоем согласно примерному варианту осуществления 18 первой группы, отличающийся тем, что циркуляционная распределительная перегородка (34) содержит множество пазов (37) циркуляционных распределительных перегородок, и внутренний угол (α), который образуют пазы (37) циркуляционных распределительных перегородок и горизонтальное направление, составляет 30° - 75° .

21. Устройство для производства низкоуглеродистого олефина, отличающееся тем, что устройство содержит реактор (7) с псевдооживленным слоем согласно любому из примерных варианты осуществления 1-19 первой группы, резервуар (9) для отстаивания и регенератор (10) по меньшей мере один из одного или нескольких первых впусков (24) для введения катализатора в целях первого введения катализатора в область между первым распределителем (8) исходного материала и вторым распределителем (11) исходного материала присутствует на боковой стенке реактора, и один или несколько вторых впусков (27) для введения катализатора в целях второго введения катализатора в магистральный направляющий трубопровод (47) распределителя присутствует в нижней части реактора; причем:

резервуар (9) для отстаивания присоединяется к верхней части реакционной зоны реактора (7) с псевдооживленным слоем, и нижняя часть резервуара (9) для отстаивания присоединяется к одному или нескольким из первых впусков (24) для введения катализатора и регенератору (10) соответственно, и выпуск регенерированного катализатора из регенератора (10) присоединяется к одному или нескольким из вторых впусков (27) для введения катализатора.

22. Устройство согласно примерному варианту осуществления 21 первой группы, отличающееся тем, что число одного или нескольких первых впусков (24) для введения катализатора составляет k , причем $k \geq 2$ и предпочтительно $k \leq 12$; при этом внутренний угол, который образуют центральные линии каждого из одного или нескольких первых впусков (24) для введения катализатора, составляет $360^\circ/k$.

23. Устройство согласно примерному варианта осуществления 22 первой группы, отличающееся тем, что нижняя секция (17) резервуара для отстаивания, верхняя секция (18) резервуара для отстаивания, которая располагается выше нижней секции (17) резервуара для отстаивания, и циклонный сепаратор (19) резервуара для отстаивания, который располагается в верхней секции (18) резервуара для отстаивания присутствуют в резервуаре (9) для отстаивания, и газовый выпуск циклонного сепаратора (19) резервуара для отстаивания присоединяется к выпуску (5) газообразного продукта резервуара (9) для отстаивания, распределительная плита (12) резервуара для отстаивания присутствует в

нижней части нижней секции (17) резервуара для отстаивания, и нижняя часть распределительной плиты (12) резервуара для отстаивания присоединяется к одному или нескольким из первых впусков (24) для введения катализатора через один или несколько циркуляционных трубопроводов (22), и присоединяется к регенератору (10) через отпарную колонну (21).

24. Устройство согласно примерному варианту осуществления 23 первой группы, отличающееся тем, что распределительная плита (12) резервуара для отстаивания содержит отверстия (35) первой распределительной плиты резервуара для отстаивания и отверстия (36) второй распределительной плиты резервуара для отстаивания, причем отверстия (35) первой распределительной плиты резервуара для отстаивания и отверстия (36) второй распределительной плиты резервуара для отстаивания, соответственно, располагаются в кольцевом распределении вокруг центральной области распределительной плиты (12) резервуара для отстаивания, и при этом соотношение размеров отверстий (35) первой распределительной плиты резервуара для отстаивания и отверстий (36) второй распределительной плиты резервуара для отстаивания составляет 1-3:4.

25. Устройство согласно любому из примерных вариантов осуществления 21-24 первой группы, отличающееся тем, что верхняя часть реактора (7) с псевдооживленным слоем содержит разделительный стояк (15), проходящий в резервуар (9) для отстаивания, и перегородка (14) стояка, которая располагается выше выпуска разделительного стояка (15), присутствует в резервуаре (9) для отстаивания.

26. Способ производства низкоуглеродистого олефина в устройстве согласно любому из примерных вариантов осуществления 21-24 первой группы, в котором предусмотрено, что:

один или несколько газообразных исходных материалов и катализатор реагируют в реакционной зоне реактора с псевдооживленным слоем;

полученный продукт и захваченный катализатор вводятся в резервуар для отстаивания через верхнюю часть реакционной зоны;

продукт и захваченный катализатор разделяются в резервуаре для отстаивания, причем часть отделенного катализатора непосредственно вводится в плотнофазную зону, которая образуется между первым распределителем (8) исходного материала и вторым распределителем (11) исходного материала, через первый выпуск для введения катализатора, в другая часть вводится в зону распределения катализатора через один или несколько вторых впусков для введения катализатора после регенерации с применением регенератора.

27. Способ согласно примерному варианту осуществления 26 первой группы, отличающийся тем, что линейная скорость одного или нескольких материалов в плотнофазной зоне составляет 1-10 м/с.

28. Способ согласно примерному варианту осуществления 26 первой группы, отличающийся тем, что в катализаторе, получаемом в результате разделения, массовое соотношение части, которая вводится в плотнофазную зону, и части, которая вводится в регенератор, составляет 1:0,2-1.

29. Способ согласно примерному варианту осуществления 26 первой группы, отличающийся тем, что соотношение перепада давления, производимого одним или несколькими газообразными исходными материалами при прохождении через плотнофазную зону, и перепада давления, производимого одним или несколькими газообразными исходными материалами при прохождении через зону распределения катализатора, составляет 1,5-4:1.

30. Способ согласно примерному варианту осуществления 26 первой группы, отличающийся тем, что после того, как один или несколько газообразных исходных материалов проходят через первый распределитель исходного материала, внутренний угол, который образуют пространственная скорость в кольцевом пространстве и горизонтальное направление, составляет 45° - 75° , причем соотношение флуктуаций внутренней и наружной пористости составляет 0,9-0,95:1.

Краткое описание фигур

Фигуры используются для обеспечения улучшенного понимания настоящего изобретения и составляют часть настоящего описания. Они используются для разъяснения настоящего изобретения вместе со следующими конкретными вариантами осуществления, но не создают ограничения настоящего изобретения. В числе фигур:

на фиг. 1 проиллюстрирована схематическая диаграмма устройства для производства низкоуглеродистого олефина согласно конкретному варианту осуществления настоящего изобретения;

на фиг. 2 проиллюстрирована конструкционная схематическая диаграмма первого распределителя исходного материала в устройстве для производства низкоуглеродистого олефина согласно конкретному варианту осуществления настоящего изобретения;

на фиг. 3 проиллюстрирована конструкционная схематическая диаграмма первого распределителя исходного материала в устройстве для производства низкоуглеродистого

олефина согласно следующему конкретному варианту осуществления настоящего изобретения;

на фиг. 4 проиллюстрирована конструкционная схематическая диаграмма расширенного сопла первого распределителя в устройстве для производства низкоуглеродистого олефина согласно конкретному варианту осуществления настоящего изобретения;

на фиг. 5 проиллюстрирована конструкционная схематическая диаграмма второго распределителя исходного материала в устройстве для производства низкоуглеродистого олефина согласно конкретному варианту осуществления настоящего изобретения;

на фиг. 6 проиллюстрирована конструкционная схематическая диаграмма распределителя катализатора в устройстве для производства низкоуглеродистого олефина согласно конкретному варианту осуществления настоящего изобретения;

на фиг. 7 проиллюстрирована конструкционная схематическая диаграмма распределителя катализатора в устройстве для производства низкоуглеродистого олефина согласно следующему конкретному варианту осуществления настоящего изобретения;

на фиг. 8 проиллюстрирована распределительная диаграмма в реакторе с псевдооживленным слоем, когда две циркуляционные распределительные перегородки установлены в устройстве для производства низкоуглеродистого олефина согласно настоящему изобретению;

на фиг. 9 проиллюстрирована распределительная диаграмма в реакторе с псевдооживленным слоем, когда четыре циркуляционные распределительные перегородки установлены в устройстве для производства низкоуглеродистого олефина согласно настоящему изобретению;

на фиг. 10 проиллюстрирована конструкционная схематическая диаграмма циркуляционной распределительной перегородки в устройстве для производства низкоуглеродистого олефина согласно конкретному варианту осуществления настоящего изобретения;

на фиг. 11 проиллюстрирована конструкционная схематическая диаграмма, представляющая распределитель катализатора согласно настоящему изобретению;

на фиг. 12 проиллюстрирована конструкционная схематическая диаграмма распределительной плиты резервуара для отстаивания в устройстве для производства низкоуглеродистого олефина согласно конкретному варианту осуществления настоящего изобретения;

на фиг. 13 проиллюстрирована схематическая диаграмма, представляющая изменение неоднородности распределения регенерированного катализатора в зависимости от высот согласно варианту осуществления 1 настоящего изобретения;

на фиг. 14 проиллюстрирован сравнительный график изменения неоднородности распределения регенерированного катализатора в зависимости от высоты в примере 1 настоящего изобретения и в сравнительном примере 3.

Разъяснения условных обозначений:

1. Первый впуск для введения исходного материала
2. Второй впуск для введения исходного материала
3. Отпарная среда
4. Регенерирующий газ
5. Выпуск газообразного продукта
6. Выпуск отработанного газа
7. Реактор с псевдоожиженным слоем
8. Первый распределитель исходного материала
9. Резервуар для отстаивания
10. Регенератор
11. Второй распределитель исходного материала
12. Распределительная плита резервуара для отстаивания
13. Распределитель регенерирующего газа
14. Перегородка стояка
15. Разделительный стояк
16. Распределитель катализатора
17. Нижняя секция резервуара для отстаивания
18. Верхняя секция резервуара для отстаивания
19. Циклонный сепаратор резервуара для отстаивания
20. Циклонный сепаратор регенератора
21. Отпарная колонна
22. Циркуляционный трубопровод
23. Регулировочный клапан циркуляционного трубопровода
24. Один или несколько впусков для введения катализатора
25. Регулировочный клапан циркуляционного выпускного трубопровода регенератора
26. Циркуляционный выпускной трубопровод регенератора
27. Один или несколько вторых впусков для введения катализатора

28. Плотнoфазная зона
29. Зона распределения катализатора
30. Питающий трубопровод отпарной колонны
31. Выпускной трубопровод отпарной колонны
32. Регулировочный клапан отпарной колонны
33. Питающий трубопровод регенератора
34. Циркуляционная распределительная перегородка
35. Отверстие первой распределительной плиты резервуара для отстаивания
36. Пora первой распределительной плиты резервуара для отстаивания
37. Паз циркуляционной распределительной перегородки
38. Область расширения первого распределителя
39. Расширенное сопло первого распределителя
- 39-1. Впуск расширенного сопла
- 39-2. Соединительный патрубок расширенного сопла
- 39-3. Горло патрубка расширенного сопла
- 39-4. Расширяющийся участок расширенного сопла
- 39-5. Выход расширенного сопла
40. Центральная область первого распределителя
41. Фурма центральной области первого распределителя
42. Внешняя кольцевая область первого распределителя
43. Магистральный направляющий газопровод второго распределителя
44. Направляющий газопровод кольцевого пространства второго распределителя
45. Фурма второго распределителя
46. Направляющий твердое вещество паз второго распределителя
47. Магистральный направляющий трубопровод распределителя катализатора
48. Распределяющий катализатор компонент
49. Первый распределительный трубопровод для катализатора
50. Второй распределительный трубопровод для катализатора
51. Выход катализатора
- α. Угол, который образуют паз циркуляционной распределительной перегородки и горизонтальное направление
- R. Радиус циркуляционной распределительной перегородки

Подробное раскрытие настоящего изобретения

Далее будут подробно описаны конкретные варианты осуществления настоящего изобретения. Следует понимать, что конкретные варианты осуществления, которые описаны в настоящем документе, используются исключительно в целях иллюстрации и разъяснения настоящего изобретения и не предназначены для ограничения настоящего изобретения.

В описании настоящего изобретения, если не указано иное условие, все технические признаки и предпочтительные признаки, которые упоминаются в описании настоящего изобретения в отношении разнообразных аспектов, разнообразных групп и/или разнообразных вариантов осуществления, могут быть объединены друг с другом с образованием новых технических решений.

В описании настоящего изобретения, если не указано иное условие, конкретные стадии, конкретные значения и конкретные материалы, которые описаны в примерах, могут быть объединены с другими признаками в других частях описания. Например, если в описании настоящего изобретения или в разделе конкретных вариантов осуществления упоминается, что температура реакции составляет 10-100°C, и конкретная температура реакции, указанная в примерах, составляет 20°C, то можно считать, что в описании настоящего изобретения описан конкретный диапазон 10-20°C, или диапазон 20°C-100°C, и данный диапазон может быть объединен с другими признаками в других частях описания с образованием новых технических решений.

Конечные точки диапазонов и любые значения, которые описаны в настоящем документе, не ограничиваются точными диапазонами или значениями, но указанные диапазоны или значения следует понимать как включающие значения, приближенные у указанным диапазонам или значениям. Для численных диапазонов значения конечных точек каждого диапазона, значения конечных точек каждого диапазона и значения индивидуальных точек, и значения индивидуальных точек могут быть объединены друг с другом с получением одного или нескольких новых численных диапазонов, и указанные численные диапазоны следует рассматривать в качестве конкретных диапазонов, которые описаны в настоящем документе.

Согласно настоящему изобретению, если не указано иное условие, используются означающие направления слова, такие как «верхний» и «нижний», которые обычно означают верх и низ, как проиллюстрировано на фигурах; слова «внутренний» и «наружный» означают расположение внутри и снаружи по отношению к контуру каждого указанного компонента.

В описании настоящего изобретения, если не указано иное условие, термины «включает (включают)», «охватывает (охватывают)», «содержит (содержат)», «имеет

(имеют)» и аналогичные выражения означают ситуации, в которых отсутствуют ограничения, но следует также понимать, что они также могут означать и ситуации, в которых присутствуют ограничения. Например, термин «включать» означает, что другие элементы, которые не перечислены в списке, также могут присутствовать, но он также определенно означает, что могут присутствовать исключительно перечисленные в списке элементы.

При использовании в настоящем документе выражение «один или несколько газообразных исходных материалов» имеет значение, которое является хорошо известным в технике. В частности, один или несколько газообразных исходных материалов, которые используются в реакторе с псевдооживленным слоем согласно настоящему изобретению, могут необязательно содержать определенное количество жидкости, в частности, в форме диспергированных капель, при том условии, что присутствие жидкости практически не препятствует существованию псевдооживленного состояния псевдооживленного слоя.

Как проиллюстрировано на фиг. 1, реакционная зона реактора 7 с псевдооживленным слоем согласно первому аспекту настоящего изобретения содержит первый распределитель 8 исходного материала, второй распределитель 11 исходного материала и распределитель 16 катализатора, расположенные снизу вверх, причем распределитель 16 катализатора присоединяется к одному или нескольким из вторых впусков 27 для введения катализатора; плотнофазная зона 28 образуется между первым распределителем 8 исходного материала и вторым распределителем 11 исходного материала; площадь, где располагается распределитель 16 катализатора, образуется зона 29 распределения катализатора, присоединяется к плотнофазной зоне 28; и по меньшей мере один из одного или нескольких первых впусков 24 для введения катализатора присутствует на боковой стенке реактора в плотнофазной зоне 28.

Согласно настоящему изобретению, в результате расположения первого распределителя 8 исходного материала, второго распределителя 11 исходного материала и распределителя 16 катализатора в реакционной зоне реактора 7 с псевдооживленным слоем, плотнофазная зона 28 и зона 29 распределения катализатора образуются в реакционной зоне, таким образом, что катализатор, который вводится из одного или нескольких первых впусков 24 для введения катализатора, может непосредственно поступать в плотнофазную зону 28 и осуществлять контакт и вступать в реакцию с одним или несколькими из исходных материалов для реакции; катализатор, который вводится из одного или нескольких вторых впусков 27 для введения катализатора, поступает в реактор 7 с псевдооживленным слоем и затем проходит через распределитель 16 катализатора, чтобы осуществлять предварительное распределение в зоне 29 распределения

катализатора, осуществлять перенос энергии и реакцию под действием поля течения, и в результате этого делать более однородным распределение катализатора, обеспечивая регулирование перемешивания частиц катализатора и улучшение эффективности реакции в реакторе 7 с псевдооживленным слоем; один или несколько исходных материалов для реакции стратифицируются в реакционной зоне через первый распределитель 8 исходного материала и второй распределитель 11 исходного материала, обеспечивая сегментированное регулирование поля течения в реакторе 7 с псевдооживленным слоем, что может эффективно обеспечивать полный контакт катализатора и одного или нескольких исходных материалов для реакции, дополнительно повышать эффективность реакции и способствовать увеличению выхода низкоуглеродистого олефина.

Согласно настоящему изобретению один или несколько первых впусков 24 для введения катализатора и один или несколько вторых впусков 27 для введения катализатора в реактор 7 с псевдооживленным слоем могут быть использованы для введения одного и того же катализатора или различных катализаторов; когда реактор 7 с псевдооживленным слоем находит применение в устройстве для производства низкоуглеродистого олефина, один или несколько первых впусков 24 для введения катализатора могут быть использованы для введения нерегенерированного циркулирующего катализатора, и один или несколько вторых впусков 27 для введения катализатора могут быть использованы для введения регенерированного катализатора.

Согласно конкретному варианту осуществления настоящего изобретения для первого распределителя 8 исходного материала в реакторе с псевдооживленным слоем (см. фиг. 2-4), первый распределитель 8 исходного материала содержит центральную область 40 первого распределителя и внешнюю кольцевую область 42 первого распределителя, которая располагается на наружной периферии центральной области 40 первого распределителя, причем внешняя кольцевая область 42 первого распределителя содержит область 38 расширения первого распределителя, которой соответствует радиальное положение одного или нескольких первых впусков 24 для введения катализатора.

Как проиллюстрировано на фиг. 2 и 3, область 38 расширения первого распределителя имеет уменьшенный диаметр отверстия по отношению к другим областям первого распределителя 8 исходного материала, таким образом, что катализатор имеет практически однородное распределение в радиальном направлении между первым распределителем 8 исходного материала и вторым распределителем 11 исходного материала. Предпочтительно область 38 расширения первого распределителя располагается во взаимнооднозначном соответствии с одним или несколькими из первых впусков 24 для введения катализатора, таким образом, что в области 38 расширения

первого распределителя могут быстро перемешиваться один или несколько исходных материалов для реакции, которые поступают с катализатором, поступающим из одного или нескольких первых впусков 24 для введения катализатора.

В предпочтительном случае первый выпуск 24 для введения катализатора располагается выше центра наружного края соответствующей области 38 расширения первого распределителя в целях дополнительного улучшения эффекта однородного перемешивания одного или нескольких исходных материалов для реакции с катализатором, который поступает из одного или нескольких первых впусков 24 для введения катализатора, в области 38 расширения первого распределителя. Предпочтительное соотношение площади области 38 расширения первого распределителя и площади внешней кольцевой области 42 первого распределителя может составлять от 1/10 до 1/2.

Согласно одному варианту осуществления центральная область 40 первого распределителя представляет собой круг с радиусом r , и внешняя область 42 первого распределителя представляет собой круглое кольцо, у которого разность d представляет собой между наружным диаметром и внутренним диаметр, где $r/d = 1/2-3/5$, $r + d = D$, причем D представляет собой внутренний диаметр реактора с псевдооживленным слоем; соотношение площади области 38 расширения первого распределителя и площади внешней области 42 первого распределителя составляет $1/N$, и N представляет собой натуральное число, составляющее 2, 3 и т. д.

Согласно одному варианту осуществления коэффициент открытия области первого распределителя 8 исходного материала, за исключением области (38) расширения первого распределителя, составляет 1,5-10%, предпочтительно 2-5%, и диаметр отверстия составляет 2-30 мм, предпочтительно разность между диаметрами отверстий для каждого отверстия не превышает $\pm 10\%$; коэффициент открытия области 38 расширения первого распределителя составляет 0,05-1,5%, и диаметр отверстия составляет 0,1-20 мм, предпочтительно разность между диаметрами отверстий для каждого отверстия не превышает $\pm 10\%$.

Согласно настоящему изобретению форма 41 центральной области первого распределителя в центральной области 40 первого распределителя может принимать круглую, треугольную, квадратную, шестиугольную или другую форму, и при этом она имеет эффективный диаметр, составляющий 0,1-10 мм, и коэффициент открытия, составляющий 0,05-5%.

Предпочтительнее область 38 расширения первого распределителя содержит множество столбчатых расширенных сопел 39 первого распределителя, и внутренний

угол, который образуют центральная линия расширенного сопла 39 первого распределителя и горизонтальное направление, составляет 45° - 75° , расширенное сопло 39 первого распределителя может создавать более значительное усилие для перемешивания одного или нескольких распределенных исходных материалов для реакции и катализатора, который поступает из одного или нескольких первых впусков 24 для введения катализатора. Эффективный диаметр расширенного сопла 39 первого распределителя может составлять 0,1-10 мм, и коэффициент открытия составляет 0,05-5%; распределительные отверстия на площади внешней кольцевой области 42 первого распределителя, которая не соответствует одному или нескольким из первых впусков 24 для введения катализатора (т. е. на площади, которая не определена в качестве области 38 расширения первого распределителя), имеют такой же размер и коэффициент открытия, отверстия фурмы 41 центральной области первого распределителя.

Согласно предпочтительному варианту осуществления настоящего изобретения для расширенного сопла 39 первого распределителя, как проиллюстрировано на фиг. 4, расширенное сопло 39 первого распределителя содержит выпуск 39-1 расширенного сопла, соединительный патрубок 39-2 расширенного сопла, горло 39-3 патрубка расширенного сопла, расширяющийся участок 39-4 расширенного сопла и выпуск 39-5 расширенного сопла, которые соединяются последовательно, и при этом выпуск 39-1 расширенного сопла присоединяется к главному корпусу первого распределителя 8 исходного материала. Один или несколько исходных материалов, которые вводятся в первый распределитель 8, поступают через выпуск 39-1 расширенного сопла и последовательно перемещаются через соединительный патрубок 39-2 расширенного сопла, горло 39-3 патрубка расширенного сопла и расширяющийся участок 39-4 расширенного сопла, а затем распыляются через выпуск 39-5 расширенного сопла.

В частности, диапазон внутреннего угла, который образуют соединительный патрубок 39-2 расширенного сопла и горизонтальное направление, составляет от 30° до 70° , и внутренний угол, который образуют расширяющийся участок 39-4 расширенного сопла и горизонтальное направление, составляет от 30° до 70° , соотношение диаметра горла 39-3 патрубка расширенного сопла и диаметра впуска 39-1 расширенного сопла составляет 1:5-20, и соотношение длины горла 39-3 патрубка расширенного сопла и диаметра горла 39-3 патрубка расширенного сопла составляет 5-10:1. Термин «горизонтальное направление» согласно настоящему изобретению означает, в частности, направление, в котором проходит горизонтальная плоскость, когда реактор 7 с псевдооживленным слоем располагается на горизонтальной плоскости.

Согласно одному варианту осуществления направленный вверх участок реактора с псевдооживленным слоем от первого распределителя 8 исходного материала до уменьшения диаметра имеет высоту h , и второй распределитель 11 исходного материала располагается на аксиальном расстоянии $1/4-1/2 h$ от первого распределителя 8 исходного материала.

Согласно конкретному варианту осуществления настоящего изобретения для второго распределителя 11 исходного материала в реакторе с псевдооживленным слоем коэффициент открытия второго распределителя 11 исходного материала составляет 0,05-5%, предпочтительно 3-5%, и диаметр отверстия составляет 1-30 мм, и предпочтительно разность диаметров отверстий между всеми отверстиями не превышает $\pm 10\%$. Как проиллюстрировано на фиг. 5, второй распределитель 11 исходного материала содержит магистральный направляющий газопровод 43 второго распределителя проходящий в радиальном направлении второго распределителя 11 исходного материала, и множество направляющих газопроводов 44 кольцевого пространства второго распределителя, которые располагаются последовательно вдоль радиального направления второго распределителя 11 исходного материала, фурма 45 второго распределителя присутствует на направляющем газопроводе 44 кольцевого пространства второго распределителя, и при этом направляющий твердое вещество паз 46 второго распределителя и все направляющие газопроводы 44 кольцевого пространства второго распределителя располагаются в кольцевом распределении вокруг центральной области второго распределителя 11 исходного материала, и направляющий твердое вещество паз 46 второго распределителя располагается между двумя соседними направляющими газопроводами 44 кольцевого пространства второго распределителя; причем реактор с псевдооживленным слоем содержит второй впуск 2 для введения исходного материала, который находится в соединении с возможностью переноса текучей среды с магистральным направляющим газопроводом 43 второго распределителя. Отверстие фуры 45 второго распределителя является горизонтальным, и оно может принимать круглую, треугольную, квадратную, шестиугольную или другую форму, и при этом эффективный диаметр составляет 0,1-10 мм, и коэффициент открытия составляет 0,05-5%.

Предпочтительно соотношение ширины направляющего газопровода 44 кольцевого пространства второго распределителя и ширины направляющего твердое вещество паза 46 второго распределителя составляет 1:2-6.

Согласно настоящему изобретению, распределитель 16 катализатора содержит магистральный направляющий трубопровод 47 распределителя катализатора. Распределитель 16 катализатора может иметь различные конструкции при том условии,

что катализатор, который перемещается в аксиальном направлении вдоль магистрального направляющего трубопровода 47 распределителя катализатора, может распределяться в радиальном направлении внутри реактора с псевдооживленным слоем.

Согласно конкретному варианту осуществления настоящего изобретения для распределителя 16 катализатора в реакторе с псевдооживленным слоем магистральный направляющий трубопровод 47 распределителя катализатора проходит через первый распределитель 8 исходного материала и второй распределитель 11 исходного материала снизу вверх, направленный вверх участок реактора с псевдооживленным слоем от первого распределителя 8 исходного материала до уменьшения диаметра имеет высоту h , причем высота магистрального направляющего трубопровода 47 распределителя катализатора вверх от первого распределителя 8 исходного материала составляет h_1 , и при этом $1/4 h < h_1 \leq 3/4 h$.

Согласно одному варианту осуществления, как проиллюстрировано на фиг. 6 и 7, распределитель 16 катализатора представляет собой дендритную схему расположения, которая содержит магистральный направляющий трубопровод 47 распределителя катализатора и множество слоев распределяющих катализатор компонентов 48, которые распределяются вдоль вертикального направления магистрального направляющего трубопровода 47 распределителя катализатора; при этом магистральный направляющий трубопровод 47 распределителя катализатора располагается вертикально в реакционной зоне и соединяется с одним или несколькими из вторых впусков 27 для введения катализатора; распределяющие катализатор компоненты 48 проходят в радиальном направлении, что обеспечивает радиальное распределение катализатора, который перемещается в аксиальном направлении вдоль магистрального направляющего трубопровода 47 распределителя катализатора внутри реактора с псевдооживленным слоем.

Согласно одному варианту осуществления распределяющие катализатор компоненты (48) содержат множество первых распределительных трубопроводов 49 для катализатора 49, которые, соответственно, проходят в радиальном направлении наружу от магистрального направляющего трубопровода 47 распределителя катализатора и множество вторых распределительных трубопроводов 50 для катализатора. Один или несколько первых распределительных трубопроводов 49 для катализатора и один или несколько вторых распределительных трубопроводов 50 для катализатора распределяются по окружности и располагаются в шахматном порядке вдоль магистрального направляющего трубопровода 47 распределителя катализатора и вместе присоединяются к магистральному направляющему трубопроводу 47 распределителя катализатора; один или

несколько первых распределительных трубопроводов 49 для катализатора и один или несколько вторых распределительных трубопроводов 50 для катализатора, соответственно, содержат множество выпусков 51 катализатора. Катализатор поступает в каждый из распределяющих катализатор компонентов 48 из магистрального направляющего трубопровода 47 распределителя катализатора, перемещается через один или несколько первых распределительных трубопроводов 49 для катализатора и один или несколько вторых распределительных трубопроводов 50 для катализатора, а затем поступает в реактор через выпуск 51 катализатора.

Согласно одному варианту осуществления число распределительных трубопроводов для катализатора в каждом слое распределяющего катализатор компонента 48 составляет X ($2 \leq X \leq 15$), окружное угловое расстояние для множества распределительных трубопроводов для катализатора соответствует распределению $360^\circ/X$; выпуск 51 катализатора имеет форму, выбранную из квадратной, круглой и многоугольной.

Предпочтительно число распределяющих катализатор компонентов 48 предпочтительно составляет M слоев ($3 \leq M \leq 10$), и распределяющие катализатор компоненты 48 представляют собой первый слой, второй слой, ..., слой M , которые расположены сверху вниз; причем длина распределительного трубопровода для катализатора в слое n распределяющих катализатор компонентов 48 составляет $(0,7-0,9)^n \cdot D/2$, D представляет собой внутренний диаметр реактора, и n представляет собой соответствующее число слоев, например, диаметр распределительного трубопровода составляет $0,75^n \cdot D/2$.

В предпочтительном случае длины одного или несколько первых распределительных трубопроводов 49 для катализатора и одного или нескольких вторых распределительных трубопроводов 50 для катализатора, которым соответствуют распределяющие катализатор компоненты 48, уменьшаются сверху вниз, и выпуски 51 катализатора на одном или нескольких из первых распределительных трубопроводов 49 для катализатора и на одном или нескольких из вторых распределительных трубопроводов 50 для катализатора соответствуют распределению с равными интервалами.

В качестве примера, один или несколько первых распределительных трубопроводов 49 для катализатора и один или несколько вторых распределительных трубопроводов 50 для катализатора могут в совокупности называться термином «распределительные трубопроводы для катализатора». Число распределяющих катализатор компонентов 48 предпочтительно составляет M слоев ($3 \leq M \leq 10$), и

внутренний диаметр реактора составляет D метров. Распределяющие катализатор компоненты 48 представляют собой первый слой, второй слой, третий слой, ..., слой M , которые располагаются сверху вниз, и диаметр распределительного трубопровода для катализатора в каждом слое распределяющих катализатор компонентов 48 составляет $0,75^n * D$ метров (n представляет собой соответствующее число слоев); число распределительных трубопроводов для катализатора в каждом слое распределяющего катализатор компонента 48 составляет X ($2 \leq X \leq 15$), и окружное угловое расстояние для множества распределительных трубопроводов для катализатора соответствует распределению $360^\circ/X$; при этом выпуск 51 катализатора может принимать квадратную, круглую, многоугольную или другую форму; диаметр эффективного канала составляет 20-100 мм; соотношение расстояния между центрами двух соседних выпусков 51 катализатора и ширины выпуска 51 катализатора вдоль соответствующего направления распределения составляет 1,5-5:1.

Согласно одному варианту осуществления, как проиллюстрировано на фиг. 11А, распределитель 16 катализатора представляет собой схему расположения магистрального направляющего трубопровода, которая содержит или состоит исключительно из магистрального направляющего трубопровода 47 распределителя катализатора. В этом случае магистральный направляющий трубопровод 47 распределителя катализатора, как правило, принимает трубчатую форму с открытым верхом, и катализатор перемещается снизу вверх вдоль магистрального направляющего трубопровода 47 распределителя катализатора и поступает в реактор с псевдооживленным слоем через отверстие в верхней части. Согласно примерному варианту осуществления необязательно одно или несколько отверстий присутствуют в стенке магистрального направляющего трубопровода 47 распределителя катализатора, например, коэффициент открытия составляет 5-30%, таким образом, что катализатор может однородно распределяться в радиальном направлении через отверстия.

Согласно одному варианту осуществления, как проиллюстрировано на фиг. 11В, распределитель 16 катализатора представляет собой схему расположения внутренних перегородок, в которой присутствуют магистральный направляющий трубопровод 47 распределителя катализатора и внутренняя перегородка 47-2 магистрального направляющего трубопровода для катализатора. Форма внутренней перегородки 47-2 магистрального направляющего трубопровода для катализатора не ограничивается определенным образом, например, эта форма может представлять собой практически круг, эллипс (например, когда перегородка находится в установочном положении, ее проекция на горизонтальную плоскость представляет собой круг) или другую форму, и

соответствующая площадь проекции на горизонтальную плоскость составляет $1/10-1/4$ внутреннего поперечного сечения магистрального направляющего трубопровода 47 распределителя катализатора. Внутренняя перегородка 47-2 магистрального направляющего трубопровода для катализатора проходит наклонно вниз от точки контакта со стенкой трубы магистрального направляющего трубопровода 47 распределителя катализатора, и угол с вертикальным направлением стенки трубы составляет $10-75^\circ$, например, $30-45^\circ$.

Согласно одному варианту осуществления, как проиллюстрировано на фиг. 11С, распределитель 16 катализатора представляет собой схему вторичного распределения расположения, которая содержит магистральный направляющий трубопровод 47 распределителя катализатора и 2 или более, такой как 2-12, такой как 3-6 рассредоточенных вторичных распределительных направляющих трубопроводов 47-3, которые присоединяются к верхней части магистрального направляющего трубопровода 47 распределителя катализатора. Наружная стенка каждой вторичной распределительной проточной трубы 47-3 присоединяется к наружной стенке магистрального направляющего трубопровода 47 распределителя катализатора в форме дуги, которая составляет приблизительно $1/4$ круга, причем радиус этого круга представляет собой расстояние от центра горизонтального кольца на выпуске вторичной распределительной проточной трубы до центральной линии магистрального направляющего трубопровода распределителя катализатора. Часть каждой вторичной распределительной проточной трубы 47-3, которая не представляет собой дугообразную соединительную часть, представляет собой прямую круглую трубу, с которой соединяется дугообразная часть. Множество вторичных распределительных направляющих трубопроводов 47-3 располагаются с равными интервалами на окружности. Предпочтительно множество вторичных распределительных направляющих трубопроводов 47-3 имеют соответствующие формы и размеры. Предпочтительно длина вторичной распределительной проточной трубы 47-3 может быть конкретно определена в зависимости от фактической ситуации, например, длина вторичной распределительной проточной трубы 47-3, проходящей в радиальном направлении, составляет $(0,1-0,9)*D/2$, причем D представляет собой внутренний диаметр реактора.

Согласно одному варианту осуществления, как проиллюстрировано на фиг. 11D, распределитель 16 катализатора представляет собой спиральную схему расположения направляющего трубопровода, которая содержит магистральный направляющий трубопровод 47 распределителя катализатора и один слой или множество слоев спирального направляющего трубопровода 47-4, распределенного в аксиальном

направлении вдоль магистрального направляющего трубопровода 47 распределителя катализатора. Каждый слой содержит 2 или более, например, 2-15, в том числе 3 или 4 рассредоточенных спиральных направляющих трубопроводов 47-4. Множество спиральных направляющих трубопроводов 47-4 в каждом слое располагаются с равными интервалами на окружности. Предпочтительно распределитель 16 катализатора содержит 2-10 слоев спиральных направляющих трубопроводов 47-4. Предпочтительно длина каждого слоя вторичных распределительных направляющих трубопроводов 47-4 может быть конкретно определена в зависимости от фактической ситуации, например, длина протяженности в радиальном направлении составляет $(0,5-0,9)n \cdot D/2$, где D представляет собой внутренний диаметр реактора, и n представляет собой соответствующее число слоев.

Согласно одному варианту осуществления, как проиллюстрировано на фиг. 11Е, распределитель 16 катализатора представляет собой кольцевую схему расположения направляющих трубопроводов, которая содержит магистральный направляющий трубопровод 47 распределителя катализатора и однослойный или многослойный кольцевой направляющий трубопровод 47-5 в аксиальном направлении, распределенный вдоль магистрального направляющего трубопровода 47 распределителя катализатора. Кольцевой направляющий трубопровод содержит направляющее кольцо 47-6 и соединительную трубу 47-7, посредством которой он соединяется с магистральным направляющим трубопроводом 47 распределителя катализатора. Соединительная труба 47-7 предпочтительно представляет собой спиральную конструкцию. Каждый слой кольцевых направляющих трубопроводов содержит 2 или более, например, 2-10, в том числе 2-6, например, 3 или 4 рассредоточенные соединительные трубы 47-7. Соединительные трубы 47-7 и 47-4 каждого слоя располагаются с равными интервалами на окружности. Предпочтительно распределитель 16 катализатора содержит 2-10 слоев, в том числе 2-6 слоев кольцевых направляющих трубопроводов 47-5. Предпочтительно диаметр каждого слоя кольцевого направляющего трубопровода 47-5 составляет $(0,5-0,9)n \cdot D/2$, причем D представляет собой внутренний диаметр реактора, и n представляет собой соответствующее число слоев.

В каждой из схем расположения распределителя 16 катализатора, которые обсуждаются выше, в отношении иллюстрация в дендритной схеме расположения число « n » означает число расположенных сверху вниз слоев, которые насчитывают соответствующие компоненты.

Реактор с псевдооживленным слоем содержит один или несколько впусков Y для введения исходного материала, которые располагаются последовательно снизу вверх

выше одного или нескольких первых впусков 1 для введения исходного материала, причем Y представляет собой положительное целое число, составляющее не менее 2, при том условии, что когда присутствуют один или несколько впусков Y для введения исходного материала, расположение одного или нескольких первых впусков для введения исходного материала и одного или нескольких впусков Y для введения исходного материала осуществляется таким образом, что соотношение вводимого количества через один или нескольких впусков Y для введения исходного материала и вводимого количества исходного материала через один или несколько впусков Y для введения составляет 1:1-10. Предпочтительно Y составляет не более 10, предпочтительно не более 5, например, реактор с псевдооживленным слоем содержит всего 2 или 3 впуска для введения исходного материала.

Согласно настоящему изобретению реактор 7 с псевдооживленным слоем содержит один или несколько соответствующих впусков для введения, чтобы осуществлять введение исходных материалов для реакции в первый распределитель 8 исходного материала и второй распределитель 11 исходного материала. Согласно предпочтительному варианту осуществления настоящему изобретению в отношении одного или нескольких впусков для введения реактор 7 с псевдооживленным слоем содержит один или несколько первых впусков 1 для введения исходного материала и один или несколько вторых впусков 2 для введения исходного материала. Один или несколько первых впусков 1 для введения исходного материала присоединяются к нижней части первого распределителя 8 исходного материала, и один или несколько вторых впусков 2 для введения исходного материала располагается в области пересечения плотнофазной зоны 28 и зона 29 распределения катализатора. Впуски для введения согласно настоящему изобретению не ограничиваются исключительно обеспечением одного или нескольких первых впусков 1 для введения исходного материала и одного или нескольких вторых впусков 2 для введения исходного материала, и при этом другие впуски для введения могут быть обеспечены в зависимости от требований введения одного или нескольких исходных материалов для реакции.

Согласно предпочтительному варианту осуществления настоящего изобретения в отношении реактора 7 с псевдооживленным слоем, как проиллюстрировано на фиг. 8-10, циркуляционная распределительная перегородка 34, которая присоединяется к внутренней стенке реактора 7 с псевдооживленным слоем, присутствует выше одного или нескольких первых впусков 24 для введения катализатора. Циркуляционная распределительная перегородка 34 располагается во взаимнооднозначном соответствии с одним или несколькими из первых впусков 24 для введения катализатора и располагается

непосредственно выше одного или нескольких соответствующих первых впусков 24 для введения катализатора.

В предпочтительном случае соотношение расстояния между циркуляционной распределительной перегородкой 34 и одним или несколькими из первых впусков 24 для введения катализатора и диаметра отверстия одного или нескольких первых впусков 24 для введения катализатора составляет 1-10:1. Циркуляционная распределительная перегородка 34 представляет собой, в частности, конструкцию, которая образуется в результате пересечения круга, у которого центр располагается на внутренней стенке реактора 7 с псевдооживленным слоем, и у которого радиус составляет R , с внутренней стенкой реактора 7 с псевдооживленным слоем, причем соотношение величины R и величины радиуса реактора составляет 1:4-10.

Как проиллюстрировано на фиг. 10, циркуляционная распределительная перегородка 34 содержит множество пазов 37 циркуляционных распределительных перегородок, причем угол α , который образуют между собой пазы 37 циркуляционной распределительной перегородкой и горизонтальное направление, составляет 30° - 75° , таким образом, что пазы 37 циркуляционных распределительных перегородок обращены к центру реактора 7 с псевдооживленным слоем. Циркуляционная распределительная перегородка 34 может распределять катализатор, который поступает из одного или нескольких первых впусков 24 для введения катализатора в центр реактора 7 с псевдооживленным слоем, причем направление потока катализатора поддерживает пазы 37 циркуляционной распределительной перегородки, таким образом, что дополнительно улучшается однородность распределения катализатора. Ширина паза 37 циркуляционной распределительной перегородки составляет H_1 , и соотношение величины H_1 и радиуса R циркуляционной распределительной перегородки 34 составляет 0,01-0,1:1; высота циркуляционной распределительной перегородки 34 составляет H_2 , и соотношение величины H_2 и радиуса R циркуляционной распределительной перегородки 34 составляет 0,001-0,05:1.

Согласно второму аспекту настоящего изобретения предлагается устройство для производства низкоуглеродистого олефина; как проиллюстрировано на фиг. 1, устройство содержит реактор 7 с псевдооживленным слоем, предусмотренный согласно любому из представленных выше технических решений, резервуар 9 для отстаивания и регенератор 10. Боковая стенка реактора содержит по меньшей мере один из одного или нескольких первых впусков 24 для введения катализатора в целях введения первого катализатора в пространство между первым распределителем 8 исходного материала и вторым распределителем 11 исходного материала, и в нижней части реактора содержится второй

впуск 27 для введения катализатора, предназначенный для введения поступающего второго катализатора в магистральный направляющий трубопровод 47 распределителя; причем резервуар 9 для отстаивания присоединяется к верхней части реакционной зоны реактора 7 с псевдооживленным слоем, и нижние части резервуара 9 для отстаивания, соответственно, соединяются с одним или несколькими из первых впусков 24 для введения катализатора и регенератором 10, и выпуск регенерированного катализатора из регенератора 10 присоединяется к одному или нескольким из вторых впусков 27 для введения катализатора.

Согласно настоящему изобретению в устройстве для производства низкоуглеродистого олефина число одного или нескольких первых впусков 24 для введения катализатора составляет k , причем $k \geq 2$, и предпочтительно $k \leq 12$; угол, который образуют центральные линии каждого из одного или нескольких первых впусков (24) для введения катализатора, составляет $360^\circ/k$. Нижняя часть резервуара 9 для отстаивания присоединяется к одному или нескольким из первых впусков 24 для введения катализатора через один или несколько циркуляционных трубопроводов 22. Соответственно, число одного или нескольких циркуляционных трубопроводов 22 является таким же, как число одного или нескольких первых впусков 24 для введения катализатора. Один или несколько циркуляционных трубопроводов 22 содержат один или несколько регулировочных клапанов 23 циркуляционного трубопровода, чтобы иметь возможность регулирования поступающего количества из одного или нескольких первых впусков 24 для введения катализатора в плотнофазную зону 28.

Согласно настоящему изобретению в устройстве для производства низкоуглеродистого олефина резервуар 9 для отстаивания может содержать резервуар для отстаивания с традиционной конструкцией в целях разделения продукта, который поступает из реактора 7 с псевдооживленным слоем, и захваченного катализатора. В предпочтительном случае резервуар 9 для отстаивания содержит нижняя секция 17 резервуара для отстаивания, верхняя секция 18 резервуара для отстаивания выше нижней секции 17 резервуара для отстаивания, и циклонный сепаратор 19 резервуара для отстаивания, расположенный в верхней секции 18 резервуара для отстаивания. Газовый выпуск резервуара для отстаивания циклонный сепаратор 19 присоединяется к выпуску 5 газообразного продукта резервуара 9 для отстаивания. Распределительная плита 12 резервуара для отстаивания присутствует в нижней части нижней секции 17 резервуара для отстаивания, верхняя часть распределительной плиты 12 резервуара для отстаивания присоединяется к одному или нескольким из циркуляционных трубопроводов 22 и присоединяется к регенератору 10 через отпарную колонну 21.

В предпочтительном случае верхняя часть верхней секции 18 резервуара для отстаивания имеет полусферическую форму; как проиллюстрировано на фиг. 12, распределительная плита 12 резервуара для отстаивания содержит отверстия 35 первой распределительной плиты резервуара для отстаивания и отверстия 36 второй распределительной плиты резервуара для отстаивания. Отверстия 35 первой распределительной плиты резервуара для отстаивания и отверстия 36 второй распределительной плиты резервуара для отстаивания, соответственно, располагаются в кольцевом распределении вокруг центральной области распределительной плиты 12 резервуара для отстаивания, и соотношение размеров отверстий 35 первой распределительной плиты резервуара для отстаивания и отверстий 36 второй распределительной плиты резервуара для отстаивания составляет 1-3:4. Отверстия 35 первой распределительной плиты резервуара для отстаивания и отверстия 36 второй распределительной плиты резервуара для отстаивания предпочтительно распределяются поочередно в кольцевой форме на распределительной плите 12 резервуара для отстаивания, и соответствующий коэффициент открытия составляет 0,05-5%. Верхняя секция 18 резервуара для отстаивания имеет полусферическую конструкцию. По сравнению с конструкцией традиционного резервуара для отстаивания, размер резервуара 9 для отстаивания может быть уменьшен на 10-21% при сохранении такого же объема. Полусферическая форма конструкции верхней секции 18 резервуара для отстаивания может сделать более устойчивым поле течения газа в резервуаре 9 для отстаивания.

Согласно настоящему изобретению циклонный сепаратор 19 резервуара для отстаивания может представлять собой традиционное циклонное разделительное устройство в целях эффективного отделения продукта от захваченного катализатора. В качестве примера, циклонный сепаратор 19 резервуара для отстаивания сконфигурирован как двухступенчатый или многоступенчатый циклонный сепаратор с последовательными ступенями, причем выпуск циклонного сепаратора первой ступени присоединяется к области верхней секции 18 резервуара для отстаивания, газовый выпуск циклонного сепаратора первой ступени присоединяется к впуску соседнего циклонного сепаратора, и газообразный продукт получается из газового выпуска циклонного сепаратора следующей ступени; выпуски твердого вещества из всех циклонных сепараторов присоединяются к резервуару 9 для отстаивания; газовый выпуск циклонного сепаратора последней ступени присоединяется к выпуску 5 газообразного продукта резервуара 9 для отстаивания, таким образом, что газообразный продукт, получаемый из циклонного сепаратора последней ступени, выпускается через выпуск 5 газообразного продукта.

Как проиллюстрировано на фиг. 1, нижняя часть резервуара 9 для отстаивания присоединяется к регенератору 10 через отпарную колонну 21; конкретная схема соединения может заключаться в том, что нижняя часть резервуара 9 для отстаивания присоединяется к отпарной колонне 21 через питающий трубопровод 30 отпарной колонны; отпарная колонна 21 содержит впуск отпарной среды для введения отпарной среды 3 в отпарную колонну 21; выпуск отпарной колонны 21 присоединяется к регенераторному питающему трубопроводу 33 регенератора 10 через выпускной трубопровод 31 отпарной колонны; регулировочный клапан 32 отпарной колонны присутствует на выпускном трубопроводе 31 отпарной колонны в целях регулирования количества исходного материала, поступающего в регенератор 10 из питающего трубопровода 33 регенератора.

Согласно настоящему изобретению регенератор 10 содержит распределитель 13 регенерирующего газа и циклонный сепаратор 20 регенератора, который располагается выше распределителя 13 регенерирующего газа; газовый выпуск циклонного сепаратора 20 регенератора присоединяется к выпуску 6 отработанного газа регенератора 10, и нижняя часть регенератора 10 содержит впуск регенерирующего газа, который присоединяется к распределителю 13 регенерирующего газа, в целях введения регенерирующего газа 4 в регенератор 10 и его распределения через распределитель 13 регенерирующего газа и повышения эффективности работы регенератора 10. Нижняя часть регенератора 10 содержит выпуск регенерированного катализатора; этот выпуск регенерированного катализатора присоединяется к одному или нескольким из вторых впусков 27 для введения катализатора через циркуляционный выпускной трубопровод 26 регенератора; циркуляционный выпускной трубопровод 26 регенератора содержит регулировочный клапан 25 циркуляционного выпускного трубопровода регенератора.

В предпочтительном случае структурная конструкция и параметры распределителя 13 регенерирующего газа являются такими же, как в случае второго распределителя 11 исходного материала. В частности, распределитель 13 регенерирующего газа содержит магистральный направляющий газопровод регенератора, проходящий вдоль радиального направления распределителя 13 регенерирующего газа, и множество направляющих газопроводов кольцевого пространства регенератора, которые располагаются последовательно вдоль радиального направления распределителя 13 регенерирующего газа, фурму регенератора, которая располагается на направляющем газопроводе кольцевого пространства регенератора и направляющем твердом веществе пазе регенератора; каждый направляющий газопровод кольцевого пространства регенератора располагается в кольцевой форме вокруг центральной области распределителя 13

регенерирующего газа, и направляющий твердое вещество паз регенератора располагается между двумя соседними направляющими газопроводами кольцевого пространства регенератора.

Согласно настоящему изобретению, регенераторный циклонный сепаратор 20 регенератора 10 является таким же, как циклонный сепаратор 19 резервуара для отстаивания, и сконфигурирован как двухступенчатая или многоступенчатая циклонная конструкция, ступени которой соединяются последовательно; газовый выпуск последней ступени циклонного сепаратора для циклонный сепаратор 20 регенератора присоединяется к выпуску 6 отработанного газа регенератора 10, таким образом, что отработанный газ, который получается из последней ступени циклонного сепаратора, выпускается через выпуск 6 отработанного газа.

В целях достижения улучшенного взаимодействия реактора 7 с псевдооживленным слоем и резервуара 9 для отстаивания в устройстве, предложенном согласно конкретному варианту осуществления настоящего изобретения, верхняя часть реактора 7 с псевдооживленным слоем содержит разделительный стояк 15, проходящий в резервуар 9 для отстаивания; перегородка 14 стояка расположенный выше выпуска разделительного стояка 15 присутствует в резервуаре 9 для отстаивания. При этом форма перегородки 14 стояка представляет собой елочную, круглую или прямоугольную форму, в результате чего уменьшается количество частиц катализатора, которые переносятся в резервуар 9 для отстаивания из реактора 7 с псевдооживленным слоем.

Согласно третьему аспекту настоящего изобретения предлагается способ производства низкоуглеродистого олефина, в котором используется устройство, предложенное в соответствии с любым из представленных выше технических решений. В этом способе предусмотрено, что:

один или несколько газообразных исходных материалов и катализатор реагируют в реакционной зоне реактора 7 с псевдооживленным слоем;

полученный продукт и захваченный катализатор направляются в резервуар 9 для отстаивания через верхнюю часть реакционной зоны;

продукт и захваченный катализатор разделяются посредством резервуара 9 для отстаивания, и часть отделенного катализатора непосредственно вводится в плотнофазную зону 28 через один или несколько первых впусков 24 для введения катализатора, а другая часть регенерируется посредством регенератора 10, а затем вводится в зону 29 распределения катализатора через один или несколько вторых впусков 27 для введения катализатора.

Согласно настоящему изобретению в качестве одного или нескольких газообразных исходных материалов может быть выбрано по меньшей мере одно из таких веществ как метанол, этанол, пропанол, бутанол, ацетальдегид, пропиоальдегид, бутиральдегид, ацетон, бутанон, муравьиная кислота, уксусная кислота и пропионовая кислота.

В способе согласно настоящему изобретению часть отделенного катализатора вводится в регенератор 10 через отпарную колонну 21, и отпарная среда 3 для отпарной колонны 21 представляет собой водяной пар.

В способе согласно настоящему изобретению давление (манометрическое давление) в реакторе 7 с псевдооживленным слоем составляет 0-0,5 МПа, средняя температура составляет 350-560°C, перепад температуры составляет менее 5°C, катализатор представляет собой силикоалюмофосфат SAPO-34, и линейная скорость материалов в плотнофазной зоне 28 составляет 1-10 м/с.

В способе согласно настоящему изобретению для отделенных катализаторов массовое соотношение части, которая вводится в плотнофазную зону 28, и части, которая вводится в регенератор 10, составляет 1:0,2-1.

В способе согласно настоящему изобретению содержание кокса в регенерированном катализаторе, который получается посредством регенератора 10, составляет 5-15% по массе.

В способе согласно настоящему изобретению регенерирующая среда регенератора 10 представляет собой смешанный газ, содержащий CO₂ и воздух, и объемное соотношение CO₂ и воздуха в смешанном газе составляет 0,005-0,5:1 в целях частичного осуществления реакции регенерации с получением регенерированного катализатора; температура регенерации в регенераторе 10 составляет 600-750°C. Введение CO₂ в регенерирующую среду может эффективно и селективно ликвидировать углеродистые отложения, устойчиво регулировать содержание углеродистых отложений в регенерированном катализаторе и температуру регенерированного катализатора, и в то же время обеспечивать эффективное использование теплоты реакции в целях превращения парникового углекислого газа (CO₂). Для регенерированных катализаторов, получаемых с применением регенератора 10, содержание кокса в части регенерированного катализатора составляет 1-3% по массе, и средняя температура регенерированного катализатора регулируется в пределах диапазона 400-500°C.

В способе согласно настоящему изобретению после регулирования состава регенерированного катализатора с применением распределяющих катализатор компонентов распределителя 16 катализатора соотношение перепада давления,

производимого, когда один или несколько газообразных исходных материалов проходят через плотнофазную зону 28, и перепада давления, производимого, когда один или несколько газообразных исходных материалов проходят через зону 29 распределения катализатора, составляет 1,5-4:1.

В способе согласно настоящему изобретению один или несколько газообразных исходных материалов проходят через первый распределитель 8 исходного материала в целях осуществления вторичного распределения направления газа; при этом внутренний угол, который образуют пространственная скорость в кольцевом пространстве и горизонтальное направление, составляет 45° - 75° , и соотношение между флуктуациями внутренней и наружной пористости составляет 0,9-0,95:1.

В способе согласно настоящему изобретению становятся возможными достижение однородного распределения регенерированного катализатора и полного контакта с одним или несколькими из исходных материалов, эффективное подавление неоднородности распределения температуры и низкая селективность в отношении диена, и данный способ может находить применение в промышленном производстве низкоуглеродистого олефина.

Согласно одному варианту осуществления измеряется распределение катализатора в реакторе с псевдооживленным слоем, и среднеквадратическая погрешность σ^2 используется в целях характеристики гетерогенности катализатора. Выражение является таким, как представлено в формуле (1), причем чем больше это значение, тем более неоднородным является распределение катализатора в этой области; причем минимальное значение 0 означает, что концентрация в каждом положении равняется среднему значению концентрации в идеальных условиях. При этом σ_1^2 представляет собой распределение концентрации регенерированного катализатора по отношению к трем фазам, представляющим собой газовую фазу, циркулирующий катализатор и регенерированный катализатор;

$$\sigma_i^2 = \sum (C_i / \bar{C} - 1)^2 / m \quad (\text{I})$$

$$c_i = c_{ге} \quad (\text{II})$$

причем, $c_{ге}$ означает концентрацию частиц регенерированного катализатора в каждой области решетки, которая требуется для вычисления; \bar{C} представляет собой концентрацию частиц всех катализаторов в каждой области решетки; m представляет собой число измеренных площадей поперечного сечения реактора, в различных измерениях это число, как правило, составляет $5 \leq m \leq 50$; i представляет собой тип катализатора, который вводится в реактор.

Например, согласно настоящему изобретению, реактор 7 с псевдооживленным слоем предпочтительно содержит один или несколько первых впусков 24 для введения катализатора и один или несколько вторых впусков 27 для введения катализатора в целях введения различных катализаторов, таких как циркулирующие катализаторы и регенерированные катализаторы соответственно; таким образом, в этом случае $i = 2$, $c_1 = c_{re}$, причем c_{re} означает концентрацию частиц регенерированного катализатора в каждой области решетки, которая требуется для вычисления, и $c_2 = c_{circulate}$, где $c_{circulate}$ означает концентрацию частиц циркулирующего катализатора в каждой области решетки, которая требуется для вычисления.

Для специалистов в данной области техники является известным, что данные для каждой точки решетки в каждой секции могут быть получены в результате вычисления методами вычислительной гидрогазодинамики (CFD), а затем выделены для обработки данных таким образом, чтобы получить данные о среднеквадратичной погрешности.

Относительно предпочтительный конкретный пример устройства и способа производства низкоуглеродистого олефина, которые описаны согласно настоящему изобретению, будет представлен ниже на основании устройства для производства низкоуглеродистого олефина, которое проиллюстрировано на фиг. 1:

устройство для производства низкоуглеродистого олефина содержит реактор 7 с псевдооживленным слоем, резервуар 9 для отстаивания и регенератор 10;

в реакционной зоне реактора 7 с псевдооживленным слоем содержатся первый распределитель 8 исходного материала, второй распределитель 11 исходного материала и распределитель 16 катализатора, расположенные снизу вверх; плотнофазная зона 28 катализатора образуется между первым распределителем 8 исходного материала и вторым распределителем 11 исходного материала; в области, где располагается распределитель 16 катализатора, образуется зона 29 распределения катализатора, соединенная с плотнофазной зоной 28; множество одного или нескольких первых впусков 24 для введения катализатора присутствуют на боковой стенке реактора в плотнофазной зоне 28;

в первом распределителе 8 исходного материала содержатся центральная область 40 первого распределителя и внешняя кольцевая область 42 первого распределителя, расположенная на наружной периферии центральной области 40 первого распределителя; внешняя кольцевая область 42 первого распределителя содержит область 38 расширения первого распределителя, которая соответствует одному или нескольким из первых впусков 24 для введения катализатора; один или несколько первых впусков 24 для введения катализатора располагается выше центра наружного края соответствующей области 38 расширения первого распределителя; область 38 расширения первого

распределителя содержит множество столбчатых расширенных сопел 39 первого распределителя; внутренний угол, который образуют центральная линия расширенного сопла 39 первого распределителя и горизонтальное направление, составляет 45° - 75° . расширенное сопло 39 первого распределителя содержит впуски 39-1 расширенного сопла, соединительный патрубок 39-2 расширенного сопла, горло 39-3 патрубка расширенного сопла, расширяющийся участок 39-4 расширенного сопла и выпуск 39-5 расширенного сопла, которые последовательно соединяются; впуск 39-1 расширенного сопла присоединяется к главному корпусу первого распределителя 8 исходного материала;

второй распределитель 11 исходного материала содержит магистральный направляющий газопровод 43 второго распределителя, проходящий вдоль радиального направления второго распределителя 11 исходного материала, множество направляющих газопроводов 44 кольцевого пространства второго распределителя, которые располагаются последовательно вдоль радиального направления второго распределителя 11 исходного материала, фурма 45 второго распределителя присутствует на направляющих газопроводах 44 кольцевого пространства второго распределителя и направляющем твердом веществе пазе 46 второго распределителя; каждый направляющий газопровод 44 кольцевого пространства второго распределителя располагается распределенным образом в кольцевой форме вокруг центральной области второго распределителя 11 исходного материала; направляющий твердое вещество паз 46 второго распределителя располагается между двумя соседними направляющими газопроводами 44 кольцевого пространства второго распределителя; и соотношение ширины направляющего газопровода 44 кольцевого пространства второго распределителя и ширины направляющего твердое вещество пазы 46 второго распределителя составляет 1:2-6;

распределитель 16 катализатора содержит магистральный направляющий трубопровод 47 распределителя катализатора и множество слоев распределяющих катализатор компонентов 48, которые распределяются вдоль вертикального направления магистрального направляющего трубопровода 47 распределителя катализатора; магистральный направляющий трубопровод 47 распределителя катализатора располагается вертикально в реакционной зоне и присоединяется к одному или нескольким из вторых впусков 27 для введения катализатора; и распределяющие катализатор компоненты 48 содержит множество первых распределительных трубопроводов 49 для катализатора и множество вторых распределительных трубопроводов 50 для катализатора. Один или несколько первых распределительных

трубопроводов 49 для катализатора и один или несколько вторых распределительных трубопроводов 50 для катализатора распределяются по окружности и располагаются в шахматном порядке вдоль магистрального направляющего трубопровода 47 распределителя катализатора, и все они соединяются с магистральным направляющим трубопроводом 47 распределителя катализатора; один или несколько первых распределительных трубопроводов 49 для катализатора и вторые распределительные трубопроводы 50 для катализатора, соответственно, содержат множество выпусков 51 катализатора; длина распределяющих катализатор труб, которым соответствуют распределяющие катализатор компоненты 48, уменьшается сверху вниз; и множество выпусков 51 катализатора располагаются с одинаковыми интервалами на одном или нескольких первых распределительных трубопроводах 49 для катализатора и одном или нескольких вторых распределительных трубопроводах 50 для катализатора;

реактор 7 с псевдооживленным слоем содержит один или несколько первых впусков 1 для введения исходного материала и один или несколько вторых впусков 2 для введения исходного материала; один или несколько первых впусков 1 для введения исходного материала присоединяются к нижней части первого распределителя 8 исходного материала; один или несколько вторых впусков 2 для введения исходного материала располагаются в области пересечения плотнофазной зоны 28 и зона 29 распределения катализатора, соотношение вводимого количества через один или несколько первых впусков 1 для введения исходного материала и вводимого количества через один или несколько вторых впусков 2 для введения исходного материала составляет 1-10:1;

циркуляционная распределительная перегородка 34, которая присоединяется к внутренней стенке реактора с псевдооживленным слоем, располагается выше одного или нескольких первых впусков 24 для введения катализатора; множество пазов 37 циркуляционных распределительных перегородок располагаются на циркуляционной распределительной перегородке 34, и угол α , который образован между пазами 37 циркуляционной распределительной перегородки и горизонтальное направление, составляет 30° - 75° ;

в резервуаре 9 для отстаивания содержатся нижняя секция 17 резервуара для отстаивания, расположенная в нижней части, верхняя секция 18 резервуара для отстаивания, расположенная в верхней части, и циклонный сепаратор 19 резервуара для отстаивания, расположенный в верхней секции 18 резервуара для отстаивания; газовый выпуск резервуара для отстаивания циклонный сепаратор 19 присоединяется к выпуску 5 газообразного продукта резервуара 9 для отстаивания, нижняя часть нижней секции 17 резервуара для отстаивания содержит распределительную плиту 12 резервуара для

отстаивания, верхняя часть распределительной плиты 12 резервуара для отстаивания присоединяется к одному или нескольким из соответствующих первых впусков 24 для введения катализатора через один или несколько циркуляционных трубопроводов 22, и один или несколько регулировочных клапанов 23 циркуляционного трубопровода присутствуют на одном или нескольких из циркуляционных трубопроводов 22; верхняя часть распределительной плиты 12 резервуара для отстаивания присоединяется отпарной колонне 21 через питающий трубопровод 30 отпарной колонны; и верхняя секция 18 резервуара для отстаивания имеет полусферическую форму; распределительная плита 12 резервуара для отстаивания содержит отверстия 35 первой распределительной плиты резервуара для отстаивания и отверстия 36 второй распределительной плиты резервуара для отстаивания, при этом отверстия 35 первой распределительной плиты резервуара для отстаивания и отверстия 36 второй распределительной плиты резервуара для отстаивания, соответственно, располагаются в кольцевом распределении вокруг центральной области распределительной плиты 12 резервуара для отстаивания;

выпуск отпарной колонны 21 присоединяется к питающему трубопроводу 33 регенератора для регенератора 10 через выпускной трубопровод 31 отпарной колонны, и регулировочный клапан 32 отпарной колонны располагается на выпускном трубопроводе 31 отпарной колонны;

регенератор 10 содержит распределитель 13 регенерирующего газа и циклонный сепаратор 20 регенератора, расположенный выше распределителя 13 регенерирующего газа; газовый выпуск циклонного сепаратора 20 регенератора присоединяется к выпуску 6 отработанного газа регенератора 10; структурная конструкция и параметры распределителя 13 регенерирующего газа являются такими же, как в случае второго распределителя 11 исходного материала; нижняя часть регенератора 10 содержит выпуск регенерированного катализатора, и выпуск регенерированного катализатора присоединяется ко второму впуску 27 для введения катализатора через циркуляционный выпускной трубопровод 26 регенератора;

верхняя часть реактора 7 с псевдооживленным слоем содержит разделительный стояк 15, проходящий в резервуар 9 для отстаивания, и перегородка 14 стояка, расположенная выше выпуска разделительного стояка 15, присутствует в резервуаре 9 для отстаивания.

При использовании представленного выше относительно предпочтительного конкретного примера устройства для производства низкоуглеродистого олефина в способе производства низкоуглеродистого олефина предусмотрены следующие конкретные стадии:

S1: один или несколько газообразных исходных материалов и катализатор из одного или нескольких первых впусков 1 для введения исходного материала и один или несколько вторых впусков 2 для введения исходного материала перемещаются в первый распределитель 8 исходного материала и второй распределитель 11 исходного материала, и часть из них распределяется в плотнофазную зону 28 через расширенное сопло 39 первого распределителя и фурму 41 в центральной области первого распределителя, а другая часть распределяется в зону 29 распределения катализатора через второй распределитель 11 исходного материала, таким образом, что один или несколько газообразных исходных материалов и катализатор реагируют в реакционной зоне реактора 7 с псевдоожиженным слоем;

S2: продукт, полученный в результате реакции, которая описана на стадии S1, и захваченный катализатор поступают в резервуар 9 для отстаивания из разделительного стояка 15, продукт и захваченный катализатор разделяются под действием циклонного сепаратора 19 резервуара для отстаивания, и полученный газообразный продукт выпускается через выпуск 5 газообразного продукта, часть отделенного катализатора перемещается из одного или нескольких циркуляционных трубопроводов 22 к одному или нескольким из первых впусков 24 для введения катализатора в целях непосредственного введения в плотнофазную зону 28, а другая часть поступает в отпарную колонну 21 через питающий трубопровод 30 отпарной колонны; после отпаривания под действием отпарной колонны 21 эта часть перемещается в регенератор 10 через выпускной трубопровод 31 отпарной колонны и питающий трубопровод 33 регенератора; отработанный газ и регенерированный катализатор получают в результате разделения и регенерации с применением циклонного сепаратора 20 регенератора, отработанный газ выпускается через выпуск 6 отработанного газа, а регенерированный катализатор вводится в один или несколько вторых впусков 27 для введения катализатора через циркуляционный выпускной трубопровод 26 регенератора в целях введения в зону 29 распределения катализатора и вступления в контакт и реакцию с одним или несколькими из газообразных исходных материалов в плотнофазной зоне 28.

Таким образом, согласно настоящему изобретению предлагается следующая вторая группа примерных вариантов осуществления:

1. Реактор с псевдоожиженным слоем, отличающийся тем, что реакционная зона реактора с псевдоожиженным слоем содержит первый распределитель (8) исходного материала, второй распределитель (11) исходного материала и распределитель (16) катализатора, расположенные последовательно снизу вверх, причем распределитель (16) катализатора присоединяется ко второму впуску (27) для введения катализатора, и

плотнофазная зона (28) образуется между первым распределителем (8) исходного материала и вторым распределителем (11) исходного материала, и при этом область, где располагается распределитель (16) катализатора, образуется как зона (29) распределения катализатора, соединенная с плотнофазной зоной (28), и по меньшей мере один из одного или нескольких первых впусков (24) для введения катализатора присутствует на боковой стенке реактора плотнофазной зоны (28).

2. Реактор с псевдооживленным слоем согласно примерному варианту осуществления 1 второй группы, отличающийся тем, что первый распределитель (8) исходного материала содержит центральную область (40) первого распределителя и внешнюю область (42) первого распределителя, которая располагается на наружной периферии центральной области (40) первого распределителя, причем внешняя область (42) первого распределителя содержит область (38) расширения первого распределителя, соответствующую одному или нескольким из первых впусков (24) для введения катализатора.

3. Реактор с псевдооживленным слоем согласно примерному варианту осуществления 2 второй группы, отличающийся тем, что один или несколько первых впусков (24) для введения катализатора располагается выше центра наружного края соответствующей области (38) расширения первого распределителя.

4. Реактор с псевдооживленным слоем согласно примерному варианту осуществления 2 второй группы, отличающийся тем, что область (38) расширения первого распределителя содержит множество столбчатых расширенных сопел (39) первого распределителя, и внутренний угол, который образуют центральная линия одного или нескольких расширенных сопел (39) первого распределителя и горизонтальное направление, составляет 45° - 75° .

5. Реактор с псевдооживленным слоем согласно примерному варианту осуществления 4 второй группы, отличающийся тем, что одно или несколько расширенных сопел (39) первого распределителя содержит впуск (39-1) расширенного сопла, соединительный патрубок (39-2) расширенного сопла, горло (39-3) патрубка расширенного сопла, расширяющийся участок (39-4) расширенного сопла и выпуск (39-5) расширенного сопла, которые соединяются последовательно; впуск (39-1) расширенного сопла присоединяется к главному корпусу первого распределителя (8) исходного материала.

6. Реактор с псевдооживленным слоем согласно примерному варианту осуществления 5 второй группы, отличающийся тем, что соотношение диаметра горла (39-3) патрубка расширенного сопла и диаметра впуска (39-1) расширенного сопла

составляет 1:5-20, и соотношение длины горла (39-3) патрубка расширенного сопла и диаметра горла (39-3) патрубка расширенного сопла составляет 5-10:1.

7. Реактор с псевдооживленным слоем согласно любому из примерных вариантов осуществления 1-6 второй группы, отличающийся тем, что второй распределитель (11) исходного материала содержит магистральный направляющий газопровод (43) второго распределителя в радиальном направлении, проходящий вдоль радиального направления второго распределителя (11) исходного материала, и множество направляющих газопроводов (44) кольцевого пространства второго распределителя, которые располагаются последовательно вдоль радиального направления второго распределителя (11) исходного материала, и фурму (45) второго распределителя, которая располагается на направляющем газопроводе (44) кольцевого пространства второго распределителя, и один или несколько направляющих твердое вещество пазов (46) второго распределителя, прием каждый из направляющих газопроводов (44) кольцевого пространства второго распределителя располагается распределенным образом в кольцевой форме вокруг центральной области второго распределителя (11) исходного материала, и направляющий твердое вещество паз (46) второго распределителя располагается между двумя соседними направляющими газопроводами (44) кольцевого пространства второго распределителя.

8. Реактор с псевдооживленным слоем согласно примерному варианту осуществления 7 второй группы, отличающийся тем, что соотношение ширины направляющего газопровода (44) кольцевого пространства второго распределителя и ширины направляющего твердое вещество паза (46) второго распределителя составляет 1:2-6.

9. Реактор с псевдооживленным слоем согласно любому из примерных вариантов осуществления 1-6 второй группы, отличающийся тем, что распределитель (16) катализатора содержит магистральный направляющий трубопровод (47) распределителя катализатора и множество слоев распределяющих катализатор компонентов (48), которые распределяются вдоль вертикального направления магистрального направляющего трубопровода (47) распределителя катализатора; магистральный направляющий трубопровод (47) распределителя катализатора располагается вертикально в реакционной зоне и соединяется со вторым впуском (27) для введения катализатора, и распределяющая катализатор система (48) содержит множество первых распределительных трубопроводов (49) для катализатора и множество вторых распределительных трубопроводов (50) для катализатора, причем один или несколько первых распределительных трубопроводов (49) для катализатора и один или несколько вторых распределительных трубопроводов (50) для катализатора распределяются по окружности и располагаются в шахматном порядке

вдоль магистрального направляющего трубопровода (47) распределителя катализатора, и все они соединяются с магистральным направляющим трубопроводом (47) распределителя катализатора; при этом один или несколько первых распределительных трубопроводов (49) для катализатора и один или несколько вторых распределительных трубопроводов (50) для катализатора, соответственно, содержат множество выпусков (51) катализатора.

10. Реактор с псевдооживленным слоем согласно примерному варианту осуществления 9 второй группы, отличающийся тем, что длины одного или нескольких первых распределительных трубопроводов (49) для катализатора и одного или нескольких вторых распределительных трубопроводов (50) для катализатора, соответствующих системе (48) распределения катализатора, уменьшаются последовательно сверху вниз, и выпуски (51) катализатора на одном или нескольких первых распределительных трубопроводов (49) для катализатора и одном или нескольких вторых распределительных трубопроводов (50) для катализатора располагаются с одинаковыми интервалами.

11. Реактор с псевдооживленным слоем согласно любому из примерных вариантов осуществления 1-6 второй группы, отличающийся тем, что реактор с псевдооживленным слоем содержит один или несколько первых впусков (1) для введения и один или несколько вторых впусков (2) для введения, причем один или несколько первых впусков (1) для введения присоединяются к нижней части первого распределителя (8) исходного материала, и один или несколько вторых впусков (2) для введения располагаются в области пересечения плотнофазной зоны (28) и зоны (29) распределения катализатора.

12. Реактор с псевдооживленным слоем согласно примерному варианту осуществления 11 второй группы, отличающийся тем, что соотношение вводимого количества через один или несколько первых впусков (1) для введения и вводимого количества через один или несколько вторых впусков (2) для введения составляет 1-10:1.

13. Реактор с псевдооживленным слоем согласно любому из примерных вариантов осуществления 1-6 второй группы, отличающийся тем, что циркуляционная распределительная перегородка (34), которая присоединяется к внутренней стенке реактора с псевдооживленным слоем, располагается выше одного или нескольких первых впусков (24) для введения катализатора.

14. Реактор с псевдооживленным слоем согласно примерному варианту осуществления 13 второй группы, отличающийся тем, что соотношение расстояния между циркуляционной распределительной перегородкой (34) и одним или несколькими из первых впусков (24) для введения катализатора и диаметром отверстия одного или нескольких первых впусков (24) для введения катализатора составляет 1-10:1.

15. Реактор с псевдооживленным слоем согласно примерному варианту осуществления 13 второй группы, отличающийся тем, что циркуляционная распределительная перегородка (34) содержит множество пазов (37) циркуляционных распределительных перегородок, и угол (α), который образуют пазы (37) циркуляционных распределительных перегородок и горизонтальное направление, составляет 30° - 75° .

16. Устройство для производства низкоуглеродистого олефина, отличающееся тем, что устройство содержит реактор (7) с псевдооживленным слоем согласно любому из примерных вариантов осуществления 1-15 второй группы, резервуар (9) для отстаивания и регенератор (10), причем резервуар (9) для отстаивания присоединяется к верхней части реакционной зоны реактора (7) с псевдооживленным слоем, и нижняя часть резервуара (9) для отстаивания присоединяется к одному или нескольким из первых впусков (24) для введения катализатора и регенератору (10) соответственно, и выпуск регенерированного катализатора из регенератора (10) присоединяется ко второму впуску (27) для введения катализатора.

17. Устройство согласно примерному варианту осуществления 16 второй группы, отличающееся тем, что число одного или нескольких первых впусков (24) для введения катализатора представляет собой четное число, и один или несколько первых впусков (24) для введения катализатора располагаются симметричным образом вдоль центральной оси реактора (7) с псевдооживленным слоем, и нижняя часть резервуара (9) для отстаивания присоединяется к одному или нескольким из первых впусков (24) для введения катализатора через один или несколько циркуляционных трубопроводов (22).

18. Устройство согласно примерному варианту осуществления 17 второй группы, отличающееся тем, что нижняя секция (17) резервуара для отстаивания, верхняя секция (18) резервуара для отстаивания, которая располагается выше нижней секции (17) резервуара для отстаивания, и циклонный сепаратор (19) резервуара для отстаивания, который располагается на верхней секции (18) резервуара для отстаивания, присутствуют в резервуаре (9) для отстаивания; газовый выпуск циклонного сепаратора (19) резервуара для отстаивания присоединяется к выпуску (5) газообразного продукта резервуара (9) для отстаивания; распределительная плита (12) резервуара для отстаивания присутствует в нижней части нижней секции (17) резервуара для отстаивания, верхняя часть распределительной плиты (12) резервуара для отстаивания присоединяется к одному или нескольким из циркуляционных трубопроводов (22), а также присоединяется к регенератору (10) через отпарную колонну (21).

19. Устройство согласно примерному варианту осуществления 18 второй группы, отличающееся тем, что верхняя часть верхней секции (18) резервуара для отстаивания

имеет полусферическую форму, распределительная плита (12) резервуара для отстаивания содержит отверстия (35) первой распределительной плиты резервуара для отстаивания и отверстия (36) второй распределительной плиты резервуара для отстаивания, и отверстия (35) первой распределительной плиты резервуара для отстаивания и отверстия (36) второй распределительной плиты резервуара для отстаивания, соответственно, располагаются в кольцевом распределении вокруг центральной области распределительной плиты (12) резервуара для отстаивания, и соотношение размеров отверстий (35) первой распределительной плиты резервуара для отстаивания и размеров отверстий (36) второй распределительной плиты резервуара для отстаивания составляет 1-3:4.

20. Устройство согласно любому из примерных вариантов осуществления 16-19 второй группы, отличающееся тем, что распределитель (13) регенерирующего газа и циклонный сепаратор (20) регенератора, который располагается выше распределителя (13) регенерирующего газа, располагаются в регенераторе (10), газовый выпуск циклонного сепаратора (20) регенератора присоединяется к выпуску (6) отработанного газа регенератора (10);

распределитель (13) регенерирующего газа содержит магистральный направляющий газопровод регенератора, проходящий вдоль радиального направления распределителя (13) регенерирующего газа, множество направляющих газопроводов кольцевого пространства регенератора, которые располагаются последовательно вдоль радиального направления распределителя (13) регенерирующего газа, фурму регенератора, расположенную на направляющий газопровод кольцевого пространства регенератора, и направляющий твердое вещество паз регенератора, причем каждый из направляющих газопроводы кольцевого пространства регенератора располагается в кольцевом распределении вокруг центральной области распределителя (13) регенерирующего газа, и направляющий твердое вещество паз регенератора располагается между двумя соседними направляющими газопроводами кольцевого пространства регенератора.

21. Устройство согласно любому из примерных вариантов осуществления 16-19 второй группы, отличающееся тем, что верхняя часть реактора (7) с псевдооживленным слоем содержит разделительный стояк (15), проходящий в резервуар (9) для отстаивания, причем резервуар (9) для отстаивания содержит перегородку (14), расположенную выше выпуска разделительного стояка (15).

22. Способ производства низкоуглеродистого олефина с использованием устройства согласно примерному варианту осуществления 16 второй группы, причем в способе предусматривается, что:

один или несколько газообразных исходных материалов и катализатор реагируют в реакционной зоне реактора с псевдооживленным слоем;

полученный продукт и захваченный катализатор вводятся в резервуар для отстаивания через верхнюю часть реакционной зоны;

продукт и захваченный катализатор разделяются посредством резервуара для отстаивания, и часть отделенного катализатора непосредственно вводится в плотнофазную зону через первый выпуск для введения катализатора, а другая часть вводится в зону распределения катализатора из второго выпуска для введения катализатора после регенерации с применением регенератора.

23. Способ согласно примерному варианту осуществления 22 второй группы, отличающийся тем, что часть отделенного катализатора вводится в регенератор через отпарную колонну, и отпарная среда отпарной колонны представляет собой водяной пар.

24. Способ согласно примерному варианту осуществления 22 второй группы, отличающийся тем, что манометрическое давление в реакторе с псевдооживленным слоем составляет 0-0,5 МПа, средняя температура составляет 350-560°C, перепад температуры составляет менее 5°C, катализатор представляет собой силикоалюмофосфат SAPO-34, и линейная скорость материал в плотнофазной зоне составляет 1-10 м/с.

25. Способ согласно примерному варианту осуществления 22 второй группы, отличающийся тем, что для отделенных катализаторов массовое соотношение части, которая вводится в плотнофазную зону, и части, которая вводится в регенератор, составляет 1:0,2-1.

26. Способ согласно примерному варианту осуществления 22 второй группы, отличающийся тем, что содержание кокса регенерированного катализатора, получаемого с применением регенератора, составляет 5-15% по массе.

27. Способ согласно примерному варианту осуществления 22 второй группы, отличающийся тем, что регенирующая среда регенератора представляет собой смешанный газ, содержащий CO₂ и воздух, и объемное соотношение CO₂ и воздуха в смешанном газе составляет 0,005-0,5:1; температура регенерации в регенераторе составляет 600-750°C.

28. Способ согласно примерному варианту осуществления 22 второй группы, отличающийся тем, что соотношение перепада давления, производимого одним или несколькими из газообразных исходных материалов при прохождении через плотнофазную зону, и перепада давления, производимого одним или несколькими из газообразных исходных материалов при прохождении через зону распределения катализатора, составляет 1,5-4:1.

29. Способ согласно примерному варианту осуществления 22 второй группы, отличающийся тем, что после того, как один или несколько газообразных исходных материалов проходят через первый распределитель исходного материала, внутренний угол, который образуют пространственная скорость в кольцевом пространстве и горизонтальное направление, составляет 45° - 75° , соотношение между флуктуациями внутренней и наружной пористости составляет 0,9-0,95:1.

Далее настоящее изобретение будет дополнительно описано с представлением примеров, но они не ограничивают объем патентной защиты настоящего изобретения.

В следующих примерах используемые экспериментальные способы представляют собой традиционные способы, если не указано иное условие; используемые материалы, реагенты и другие средства могут быть получены из коммерческих источников если не указано иное условие.

Пример 1

Относительно предпочтительный конкретный пример вышеупомянутого устройство для производства низкоуглеродистого олефина и конкретные стадии способа производства низкоуглеродистого олефина были использованы для производства низкоуглеродистого олефина.

Как проиллюстрировано на фиг. 1, в устройстве для производства низкоуглеродистого олефина присутствовали четыре первых впуска для введения катализатора 24; конструкция первого распределителя 8 исходного материала была такой, как проиллюстрировано на фиг. 3 и 4, и коэффициент открытия составлял 1%. Внутренний угол, который образуют соединительный патрубок 39-2 расширенного сопла и горизонтальное направление, составлял 45° , внутренний угол, который образуют расширяющийся участок 39-4 расширенного сопла и горизонтальное направление, составлял 70° , и соотношение диаметра горла 39-3 патрубка расширенного сопла и диаметра впуска 39-1 расширенного сопла составляло 1:10, а соотношение длины горла 39-3 патрубка расширенного сопла и диаметра горла 39-3 патрубка расширенного сопла составляло 8:1. Область 38 расширения первого распределителя имела коэффициент открытия 0,2% и диаметр отверстия 2 мм. Коэффициент открытия внешней области 42 первого распределителя и коэффициент открытия центральной области 40 первого распределителя составляли 2%, и диаметры соответствующих отверстий составляли 6 мм. Центральная область 40 первого распределителя представляла собой круг с радиусом r , и внешняя область 42 первого распределителя представляла собой кольцо с разностью d между наружным диаметром и внутренним диаметром, $r/d = 1/2$, и соотношение

соответствующих площадей составляло $1/2$, а внутренний диаметр D реактора составлял 8 метров.

Для второго распределителя 11 исходного материала соотношение ширины направляющего газопровода 44 кольцевого пространства второго распределителя и ширины направляющего твердое вещество паза 46 второго распределителя составляло $1:4$. второй распределитель 11 исходного материала имел коэффициент открытия 5% и находился на $1/2$ в аксиальном направлении от первого распределителя 8 исходного материала.

Распределяющие катализатор компоненты 48 соответствовали дендритной схеме расположения и были расположены в трех слоях, причем каждый слой содержал по три распределительных трубопровода для катализатора (первый распределительный трубопровод 49 для катализатора и второй распределительный трубопровод 50 для катализатора были распределены и расположены в шахматном порядке); величина диаметра эффективного канала выпуска 51 катализатора составляла 60 мм, и соотношение расстояния между центрами двух соседних выпусков 51 катализатора и ширины выпуска 51 катализатора вдоль соответствующего направления распределения составляло $3:1$. Высота магистрального направляющего трубопровода 47 распределителя катализатора в направлении вверх от первого распределителя (8) исходного материала составляла $3/4 h$; длины множества слоев распределительных труб составляли $0,75D$, $0,75^2D$ и $0,75^3 D$, соответственно.

Были использованы впуски для введения двух исходных материалов, причем соотношение производительности одного или нескольких первых впусков 1 для введения исходного материала и одного или нескольких вторых впусков 2 для введения исходного материала составляло $6:1$, а соотношение расстояния между циркуляционной распределительной перегородкой 34 и одним или несколькими из первых впусков 24 для введения катализатора и диаметра отверстия одного или нескольких первых впусков 24 для введения катализатора составляло $6:1$, угол α , образованный между пазом 37 циркуляционной распределительной перегородки и горизонтальным направлением составлял 55° , соотношение размера отверстий 35 первой распределительной плиты резервуара для оттаивания и размера отверстий 36 второй распределительной плиты резервуара для оттаивания составляло $2:4$, и циклонный сепаратор 19 резервуара для оттаивания и циклонный сепаратор 20 регенератора были, соответственно, расположены в двухступенчатой последовательной конфигурации циклонных сепараторов.

В процессе производства низкоуглеродистого олефина, метанол с чистотой 99,5% был использован в качестве исходного материала, силикоалюмофосфат SAPO-34 был

использован в качестве катализатора, и отпарная среда 3 для отпарной колонны 21 представляла собой водяной пар. Давление в реакторе 7 с псевдооживленным слоем составляло 0,3 МПа, средняя температура составляла 450°C, перепад температуры был установлен на уровне ниже 5°C, и линейная скорость составляла 5 м/с. Массовое соотношение катализатора, вводимого в плотнофазную зону 28 через один или несколько первых впусков 24 для введения катализатора, и катализатора, вводимого в регенератор 10 через один или несколько вторых впусков 27 для введения катализатора составляло 1:0,5. Содержание кокса в регенерированном катализаторе, получаемом посредством регенератора 10, составляло 10% по массе. Регенерирующая среда для регенератора 10 представляла собой смешанный газ, содержащий CO₂ и воздух, и объемное соотношение CO₂ и воздуха в смеси составляло 0,2:1. Температура регенерации в регенераторе 10 составляла 650°C. Соотношение перепада давления, производимого при прохождении одного или нескольких газообразных исходных материалов через плотнофазную зону 28, и перепада давления, производимого при прохождении одного или нескольких газообразных исходных материалов через зону 29 распределения катализатора, составляло 3:1. После прохождения одного или нескольких газообразных исходных материалов через первый распределитель 8 исходного материала внутренний угол, который образуют пространственная скорость в кольцевом пространстве и горизонтальное направление, составлял 45°, и соотношение между флуктуациями внутренней и наружной пористости составляло 0,95:1.

Изменение неоднородности распределения регенерированного катализатора в зависимости от высоты проиллюстрировано на фиг. 13. Трехфазная средняя однородность регенерированного катализатора составляла 0,29. Коэффициент превращения метанола составлял 99,995%, а полный выход (по массе) этилена и пропилена составлял 84,8%.

Пример 2

Данный пример был осуществлен с применением устройства и технологических стадий, описанных в примере 1, за исключением следующих условий.

Два первых впуска 24 для введения катализатора 24 были установлены в устройстве для производства низкоуглеродистого олефина. Конструкция первого распределителя 8 исходного материала соответствовала конструкции, которая проиллюстрирована на фиг. 2. Величина внутреннего угла между соединительным патрубком 39-2 расширенного сопла и горизонтальным направлением составляла 45°, внутренний угол, который образуют расширяющийся участок 39-4 расширенного сопла и горизонтальное направление, составлял 70°, и соотношение диаметра горла 39-3 патрубка расширенного сопла и диаметра впуска 39-1 расширенного сопла составляло 1:5, а

соотношение длины горла 39-3 патрубка расширенного сопла и диаметра горла 39-3 патрубка расширенного сопла составляло 5:1. Соотношение ширины направляющего газопровода 44 кольцевого пространства второго распределителя и ширины направляющего твердое вещество паза 46 второго распределителя составляло 1:2. Распределяющие катализатор компоненты 48 были расположены в трех слоях, и каждый слой содержал по два распределительных трубопровода для катализатора (первый распределительный трубопровод 49 для катализатора и второй распределительный трубопровод 50 для катализатора были распределены и расположены в шахматном порядке), диаметр эффективного канала выпуска 51 катализатора составлял 80 мм. Соотношение размеров расстояния между центрами двух соседних выпусков 51 катализатора и ширины выпуска 51 катализатора вдоль соответствующего направления распределения составлял 1,5:1. Соотношение производительности одного или нескольких первых впусков 1 для введения исходного материала и одного или нескольких вторых впусков 2 для введения исходного материала составляло 2:1, и соотношение расстояния между циркуляционной распределительной перегородкой 34 и одним или несколькими из первых впусков 24 для введения катализатора и диаметра отверстия одного или нескольких первых впусков 24 для введения катализатора составляло 2:1, угол α , образованный между пазом 37 циркуляционной распределительной перегородки и горизонтальным направлением составлял 30° , и соотношение размеров отверстий 35 первой распределительной плиты резервуара для отстаивания и отверстий 36 второй распределительной плиты резервуара для отстаивания составляло 1: 4. Циклонный сепаратор 19 резервуара для отстаивания и циклонный сепаратор 20 регенератора были расположены, соответственно в двухступенчатой последовательной конфигурации циклонных сепараторов.

В процессе производства низкоуглеродистого олефина, исходный материал представлял собой метанол с чистотой 99,5%, катализатор представлял собой силикоалюмофосфат SAPO-34, давление в реакторе 7 с псевдоожиженным слоем составляло 0,1 МПа, средняя температура составляла 350°C , перепад температуры составлял менее 5°C , и линейная скорость составляла 1 м/с, а массовое соотношение катализатора, вводимого в плотнофазную зону 28 через один или несколько первых впусков 24 для введения катализатора, и катализатора, вводимого в регенератор 10 через один или несколько вторых впусков 27 для введения катализатора составляло 1:0,2. Отпарная среда 3 для отпарной колонны 21 представляла собой водяной пар. Содержание кокса в регенерированном катализаторе, получаемом посредством регенератора 10, составляло 5% по массе. Регенерирующая среда для регенератора 10 представляла собой

смешанный газ, содержащий CO_2 и воздух, и объемное соотношение CO_2 и воздуха в смеси составляло 0,01:1. Температура регенерации в регенераторе 10 составляла 600°C . Соотношение перепада давления, производимого при прохождении одного или нескольких газообразных исходных материалов через плотнофазную зону 28, и перепада давления, производимого при прохождении одного или нескольких газообразных исходных материалов через зону 29 распределения катализатора, составляло 1,5:1. После прохождения одного или нескольких газообразных исходных материалов через первый распределитель 8 исходного материала внутренний угол, который образуют пространственная скорость в кольцевом пространстве и горизонтальное направление, составлял 45° - 75° , и соотношение между флуктуациями внутренней и наружной пористости составляло 0,9-0,95:1. Трехфазная средняя однородность регенерированного катализатора составляла 0,89. Коэффициент превращения метанола составлял 99,985%, а полный выход (по массе) этилена и пропилена составлял 83,58%.

Пример 3

Данный пример был осуществлен с применением устройства и технологических стадий, описанных в примере 1, за исключением следующих условий.

Два первых впуска 24 для введения катализатора 24 были установлены в устройстве для производства низкоуглеродистого олефина. Конструкция первого распределителя 8 исходного материала соответствовала конструкции, которая проиллюстрирована на фиг. 2; величина внутреннего угла между соединительным патрубком 39-2 расширенного сопла и горизонтальным направлением составляла 45° , внутренний угол, который образуют расширяющийся участок 39-4 расширенного сопла и горизонтальное направление, составлял 70° , и соотношение диаметра горла 39-3 патрубка расширенного сопла и диаметра впуска 39-1 расширенного сопла составляло 1:20, и соотношение длины горла 39-3 патрубка расширенного сопла и диаметра горла 39-3 патрубка расширенного сопла составляло 10:1. Соотношение ширины направляющего газопровода 44 кольцевого пространства второго распределителя и ширины направляющего твердое вещество паза 46 второго распределителя составляло 1:6. Распределяющие катализатор компоненты 48 были расположены в трех слоях, и каждый слой содержал по два распределительных трубопровода для катализатора (первый распределительный трубопровод 49 для катализатора и второй распределительный трубопровод 50 для катализатора были распределены и расположены в шахматном порядке), диаметр эффективного канала выпуска 51 катализатора составлял 100 мм, соотношение размеров расстояния между центрами двух соседних выпусков 51 катализатора и ширины выпуска 51 катализатора вдоль соответствующего направления

распределения составляло 5:1. Соотношение производительности одного или нескольких первых впусков 1 для введения исходного материала и одного или нескольких вторых впусков 2 для введения исходного материала составляло 10:1, и соотношение расстояния между циркуляционной распределительной перегородкой 34 и одним или несколькими из первых впусков 24 для введения катализатора и диаметром отверстия одного или нескольких первых впусков 24 для введения катализатора составляло 10:1, угол α , образованный пазом 37 циркуляционной распределительной перегородки и горизонтальным направлением, составлял 75° , и соотношение размеров отверстий 35 первой распределительной плиты резервуара для отстаивания и отверстий 36 второй распределительной плиты резервуара для отстаивания составляло 3: 4; циклонный сепаратор 19 резервуара для отстаивания и циклонный сепаратор 20 регенератора были расположены, соответственно, в двухступенчатой последовательной конфигурации циклонных сепараторов.

В процессе производства низкоуглеродистого олефина, исходный материал представлял собой метанол с чистотой 99,5%, катализатор представлял собой силикоалюмофосфат SAPO-34, давление в реакторе 7 с псевдооживленным слоем составляло 0,5 МПа, средняя температура составляла 560°C , перепад температуры составлял менее 5°C , и линейная скорость составляла 10 м/с; а массовое соотношение катализатора, вводимого в плотнофазную зону 28 через один или несколько первых впусков 24 для введения катализатора, и катализатора, вводимого в регенератор 10 через один или несколько вторых впусков 27 для введения катализатора составляло 1:1. Отпарная среда 3 для отпарной колонны 21 представляла собой водяной пар. Содержание кокса в регенерированном катализаторе, получаемом посредством регенератора 10, составляло 15% по массе. Регенерирующая среда для регенератора 10 представляла собой смешанный газ, содержащий CO_2 и воздух, и объемное соотношение CO_2 и воздуха в смеси составляло 0,5:1. Температура регенерации в регенераторе 10 составляла 750°C . Соотношение перепада давления, производимого при прохождении одного или нескольких газообразных исходных материалов через плотнофазную зону 28, и перепада давления, производимого при прохождении одного или нескольких газообразных исходных материалов через зону 29 распределения катализатора, составляло 4:1. После прохождения одного или нескольких газообразных исходных материалов через первый распределитель 8 исходного материала внутренний угол, который образуют пространственная скорость в кольцевом пространстве и горизонтальное направление, составлял 45° - 75° , и соотношение между флуктуациями внутренней и наружной пористости составляло 0,9-0,95:1.

Коэффициент превращения метанола составлял 99,981%, и полный выход (по массе) этилена и пропилена составлял 83,14%.

Пример 4

Данный пример был осуществлен с применением устройства и технологических стадий, описанных в примере 1, за исключением следующих условий. Первый распределитель 8 исходного материала содержал только фурму 41 центральной области первого распределителя, и в нем отсутствовали область 38 расширения первого распределителя и расширяющееся сопло 39 первого распределителя, соответствующее одному или нескольким из первых впусков 24 для введения катализатора.

Коэффициент превращения метанола составлял 99,98%, и полный выход (по массе) этилена и пропилена составлял 82,65%.

Пример 5

Данный пример был осуществлен с применением устройства и технологических стадий, описанных в примере 1, за исключением следующих условий. Внутренний угол, который образуют соединительный патрубок 39-2 расширенного сопла на первом распределителе 8 исходного материала и горизонтальное направление, составлял 90°, и внутренний угол, который образуют расширенная секция 39-4 расширяющегося сопла и горизонтальное направление, составлял 90°.

Коэффициент превращения метанола составлял 99,96%, и полный выход (по массе) этилена и пропилена составлял 80,61%.

Пример 6

Данный пример был осуществлен с применением устройства и технологических стадий, описанных в примере 1, за исключением следующих условий. Второй распределитель 11 исходного материала содержал только множество отверстий.

Коэффициент превращения метанола составлял 99,959%, и полный выход (по массе) этилена и пропилена составлял 80,68%.

Пример 7

Данный пример был осуществлен с применением устройства и технологических стадий, описанных в примере 1, за исключением следующих условий. Соотношение ширины направляющего газопровода 44 кольцевого пространства второго распределителя и ширины направляющего твердое вещество паза 46 второго распределителя составляло 2:1.

Коэффициент превращения метанола составлял 99,978%, и полный выход (по массе) этилена и пропилена составлял 80,61%.

Пример 8

Данный пример был осуществлен с применением устройства и технологических стадий, описанных в примере 1, за исключением следующих условий. Распределитель 16 катализатора содержал магистральный направляющий трубопровод 47 распределителя катализатора, и магистральный направляющий трубопровод 47 распределителя катализатора был расположен вертикально в реакционной зоне и соединен с одним или несколькими из вторых впусков 27 для введения катализатора; магистральный направляющий трубопровод 47 распределителя катализатора содержал множество вертикально расположенных отверстий.

Коэффициент превращения метанола составлял 99,977%, и полный выход (по массе) этилена и пропилена составлял 82,45%.

Пример 9

Данный пример был осуществлен с применением устройства и технологических стадий, описанных в примере 1, за исключением следующих условий. Один или несколько первых впусков 1 для введения исходного материала и один или несколько вторых впусков 2 для введения исходного материала были вместе соединены с нижней частью первого распределителя 8 исходного материала.

Коэффициент превращения метанола составлял 99,95%, и полный выход (по массе) этилена и пропилена составлял 81,7%.

Пример 10

Данный пример был осуществлен с применением устройства и технологических стадий, описанных в примере 1, за исключением следующих условий. Соотношение вводимого количества исходного материала через один или нескольких первых впусков 1 для введения исходного материала и вводимого количества исходного материала через один или несколько вторых впусков 2 для введения исходного материала составляло 1:5.

Коэффициент превращения метанола составлял 99,975%, и полный выход (по массе) этилена и пропилена составлял 82,75%.

Пример 11

Данный пример был осуществлен с применением устройства и технологических стадий, описанных в примере 1, за исключением следующих условий. Никакая циркуляционная распределительная перегородка 34 не присутствовала выше одного или нескольких первых впусков 24 для введения катализатора.

Коэффициент превращения метанола составлял 99,945%, и полный выход (по массе) этилена и пропилена составлял 81,71%.

Пример 12

Данный пример был осуществлен с применением устройства и технологических стадий, описанных в примере 1, за исключением следующих условий. Циркуляционная распределительная перегородка 34 не содержала паз 37 циркуляционной распределительной перегородки.

Коэффициент превращения метанола составлял 99,94%, и полный выход (по массе) этилена и пропилена составлял 81,63%.

Пример 13

Данный пример был осуществлен с применением устройства и технологических стадий, описанных в примере 1, за исключением следующих условий. Распределительная плита 12 резервуара для отстаивания содержала только множество отверстий 35 первой распределительной плиты резервуара для отстаивания.

Коэффициент превращения метанола составлял 99,965%, и полный выход (по массе) этилена и пропилена составлял 82,5%.

Пример 14

Данный пример был осуществлен с применением устройства и технологических стадий, описанных в примере 1, за исключением следующих условий. Регенерирующая среда для регенератора 10 представляла собой воздух.

Коэффициент превращения метанола составлял 99,974%, и полный выход (по массе) этилена и пропилена составлял 81,55%.

Пример 15

Данный пример был осуществлен с применением устройства и технологических стадий, описанных в примере 1, за исключением следующих условий. Регенерирующая среда для регенератора 10 представляла собой смешанный газ, содержащий CO₂ и воздух, и объемное соотношение CO₂ и воздуха в смешанном газе составляло 0,7:1.

Коэффициент превращения метанола составлял 99,975%, и полный выход (по массе) этилена и пропилена составлял 82,53%.

Сравнительный пример 1

Данный сравнительный пример был осуществлен с применением устройства и технологических стадий, описанных в примере 1, за исключением следующих условий. Первый распределитель 8 исходного материала, второй распределитель 11 исходного материала и распределитель 16 катализатора отсутствовали в реакторе 7 с псевдооживленным слоем. Только один или несколько первых впусков 24 для введения катализатора и один или несколько вторых впусков 27 для введения катализатора были, соответственно, присоединены к реакционной зоне реактора 7 с псевдооживленным слоем.

Коэффициент превращения метанола составлял 99,91%, и полный выход (по массе) этилена и пропилена составлял 80,05%.

Сравнительный пример 2

Данный сравнительный пример был осуществлен с применением устройства и технологических стадий, описанных в примере 1, за исключением следующих условий. Только первый распределитель 8 исходного материала присутствовал в реакторе 7 с псевдооживленным слоем, а второй распределитель 11 исходного материала и распределитель 16 катализатора не присутствовали в реакторе 7 с псевдооживленным слоем. Один или несколько первых впусков 24 для введения катализатора и один или несколько вторых впусков 27 для введения катализатора были, соответственно, присоединены к верхней части первого распределителя 8 исходного материала. Реактор 7 с псевдооживленным слоем содержал один или несколько первых впусков 1 для введения исходного материала, присоединенных к нижней части первого распределителя 8 исходного материала.

Коэффициент превращения метанола составлял 99,93%, и полный выход (по массе) этилена и пропилена составлял 81,01%.

Сравнительный пример 3

Данный сравнительный пример был осуществлен с применением устройства и технологических стадий, описанных в примере 1, за исключением следующих условий. Первый распределитель 8 исходного материала и второй распределитель 11 исходного материала присутствовали в реакторе 7 с псевдооживленным слоем; однако распределитель 16 катализатора не присутствовал в реакторе 7 с псевдооживленным слоем, но регенерированный катализатор поступал сбоку, как обычно. Один или несколько первых впусков 24 для введения катализатора и один или несколько вторых впусков 27 для введения катализатора были, соответственно присоединены к верхней части первого распределителя 8 исходного материала. Реактор 7 с псевдооживленным слоем содержал один или несколько первых впусков 1 для введения исходного материала, присоединенных к нижней части первого распределителя 8 исходного материала.

Коэффициент превращения метанола составлял 99,84%, и полный выход (по массе) этилена и пропилена составлял 78,5%.

Сравнение изменения однородности распределения регенерированного катализатора в зависимости от высоты в сравнительном примере 3 и в примере 1 проиллюстрировано на фиг. 14. Оказывается очевидным, что диапазон изменения однородности распределения в сравнительном примере 3, в котором регенерированный катализатор поступал сбоку, составлял 2,57-62,15; с другой стороны, диапазон изменения

однородности распределения в примере 1 с использованием нижнего распределителя 16 регенерированного катализатора составлял 0,16-1,56, и однородность была значительно улучшена.

Несмотря на то, что выше были описаны предпочтительные варианты осуществления настоящего изобретения, они не ограничивают настоящее изобретение. В пределах объема технической концепции настоящего изобретения, могут быть произведены многочисленные простые модификации технического решения настоящего изобретения, в которых присутствуют комбинации разнообразных технических признаков любым другим подходящим способом. Указанные простые модификации и комбинации также следует рассматривать в качестве описанного содержания настоящего изобретения, и все они находятся в пределах объема патентной защиты настоящего изобретения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Реактор с псевдооживленным слоем, содержащий:

первый распределитель (8) исходного материала, второй распределитель (11) исходного материала и распределитель (16) катализатора в реакционной зоне реактора с псевдооживленным слоем, которые используются для распределения одного или нескольких газообразных исходных материалов, причем первый распределитель (8) исходного материала располагается ниже второго распределителя (11) исходного материала; и при этом первый распределитель (8) исходного материала и второй распределитель (11) исходного материала имеют одинаковые или различные коэффициенты открытия, причем каждый из них независимо составляет 0,05-5%;

один или несколько первых впусков (1) для введения исходного материала в нижней части реактора с псевдооживленным слоем, что обеспечивает по меньшей мере для части одного или нескольких исходных материалов двойное последовательное распределение через первый распределитель (8) исходного материала и второй распределитель (11) исходного материала;

при этом распределитель (16) катализатора содержит магистральный направляющий трубопровод (47) распределителя катализатора, который имеет коаксиальное распределение через первый распределитель (8) исходного материала и второй распределитель (11) исходного материала, причем магистральный направляющий трубопровод (47) распределителя катализатора проходит через первый распределитель (8) исходного материала и второй распределитель (11) исходного материала снизу вверх.

2. Реактор с псевдооживленным слоем по п. 1, отличающийся тем, что реактор с псевдооживленным слоем содержит один или несколько впусков Y для введения исходного материала, которые последовательно располагаются снизу вверх выше одного или нескольких первых впусков (1) для введения исходного материала, причем Y представляет собой положительное целое число, составляющее не менее 2, при том условии, что когда присутствуют один или несколько впусков Y для введения исходного материала, расположение одного или нескольких первых впусков для введения исходного материала и одного или нескольких впусков Y для введения исходного материала обеспечивает соотношение производительности одного или нескольких впусков Y для введения исходного материала и производительности одного или нескольких впусков $Y-1$ для введения исходного материала, составляющее 1:1-10.

3. Реактор с псевдооживленным слоем по п. 1, отличающийся тем, что по меньшей мере один из одного или нескольких первых впусков (24) для введения катализатора

располагается на боковой стенке реактора между первым распределителем (8) исходного материала и вторым распределителем (11) исходного материала; и

первый распределитель (8) исходного материала содержит центральную область (40) первого распределителя и внешнюю кольцевую область (42) первого распределителя, которая располагается на периферии центральной области (40) первого распределителя, причем внешняя кольцевая область (42) первого распределителя содержит область (38) расширения первого распределителя, которой соответствует радиальное положение одного или нескольких первых впусков (24) для введения катализатора, и область (38) расширения первого распределителя имеет уменьшенный диаметр отверстия по отношению к другим областям первого распределителя (8) исходного материала, таким образом, что катализатор имеет практически однородное распределение в радиальном направлении между первым распределителем (8) исходного материала и вторым распределителем (11) исходного материала.

4. Реактор с псевдооживленным слоем по п. 3, отличающийся тем, что центральная область (40) первого распределителя представляет собой круг с радиусом r , и внешняя область (42) первого распределителя представляет собой круглое кольцо, в котором разность между наружным диаметром и внутренним диаметром составляет d , причем $r/d = 1/2-3/5$, $r + d = D$, и D представляет собой внутренний диаметр реактора с псевдооживленным слоем; соотношение площади области (38) расширения первого распределителя и площади внешней области (42) первого распределителя составляет $1/10-1/2$.

5. Реактор с псевдооживленным слоем по п. 3, отличающийся тем, что одна или несколько областей первого распределителя (8) исходного материала, которые не представляют собой область (38) расширения первого распределителя, имеют коэффициент открытия, составляющий 1,5-10% и предпочтительно 2-5%, и диаметр отверстия, составляющий 2-30 мм, предпочтительно разность диаметров отверстий между всеми отверстиями не превышает $\pm 10\%$; коэффициент открытия области (38) расширения первого распределителя составляет 0,01-1,5% и диаметр отверстия составляет 0,1-20 мм, предпочтительно разность диаметров отверстий между всеми отверстиями не превышает $\pm 10\%$.

6. Реактор с псевдооживленным слоем по п. 3, отличающийся тем, что область (38) расширения первого распределителя содержит множество столбчатых расширенных сопел (39) первого распределителя, причем внутренний угол, который образуют центральная линия одного или нескольких расширенных сопел (39) первого распределителя и горизонтальное направление, составляет $45^\circ-75^\circ$.

7. Реактор с псевдооживленным слоем по п. 6, отличающийся тем, что одно или несколько расширенных сопел (39) первого распределителя содержит впуск (39-1) расширенного сопла, соединительный патрубок (39-2) расширенного сопла, горло (39-3) патрубка расширенного сопла, расширяющийся участок (39-4) расширенного сопла и выпуск (39-5) расширенного сопла, которые соединяются последовательно, причем впуск (39-1) расширенного сопла присоединяется к главному корпусу первого распределителя (8) исходного материала; при этом диапазон внутреннего угла, который образуют соединительный патрубок (39-2) расширенного сопла и горизонтальное направление, составляет 30° - 70° , и диапазон внутреннего угла, который образуют расширяющийся участок (39-4) расширенного сопла и горизонтальное направление, составляет 30° - 70° , соотношение диаметра горла (39-3) патрубка расширенного сопла и диаметра впуска (39-1) расширенного сопла составляет 1:5-20, и соотношение длины горла (39-3) патрубка расширенного сопла и диаметра горла (39-3) патрубка расширенного сопла составляет 5-10:1.

8. Реактор с псевдооживленным слоем по любому из пп. 1-7, отличающийся тем, что направленный вверх участок реактора с псевдооживленным слоем от первого распределителя (8) исходного материала до уменьшения диаметра имеет высоту h , и второй распределитель (11) исходного материала располагается на аксиальном расстоянии $1/4$ - $1/2$ h от первого распределителя (8) исходного материала.

9. Реактор с псевдооживленным слоем по п. 8, отличающийся тем, что коэффициент открытия второго распределителя (11) исходного материала составляет 0,05-5%, предпочтительно 3-5%, и диаметр отверстия составляет 1-30 мм, предпочтительно разность диаметров отверстий между всеми отверстиями не превышает $\pm 10\%$.

10. Реактор с псевдооживленным слоем по п. 8, отличающийся тем, что второй распределитель (11) исходного материала содержит магистральный направляющий газопровод (43) второго распределителя, проходящий вдоль радиального направления второго распределителя (11) исходного материала, множество направляющих газопроводов (44) кольцевого пространства второго распределителя, которые располагаются последовательно вдоль радиального направления второго распределителя (11) исходного материала, и фурму (45) второго распределителя, которая располагается на направляющем газопроводе (44) кольцевого пространства второго распределителя, и один или несколько направляющих твердое вещество пазов (46) второго распределителя, прием каждый из направляющих газопроводов (44) кольцевого пространства второго распределителя располагается распределенным образом в кольцевой форме вокруг центральной области второго распределителя (11) исходного материала, и направляющий

твердое вещество паз (46) второго распределителя располагается между двумя соседними направляющими газопроводами (44) кольцевого пространства второго распределителя; при этом реактор с псевдооживленным слоем содержит второй выпуск (2) для введения исходного материала, который находится в соединении с возможностью переноса текучей среды с магистральным направляющим газопроводом (43) второго распределителя.

11. Реактор с псевдооживленным слоем по п. 10, отличающийся тем, что соотношение ширины направляющего газопровода (44) кольцевого пространства второго распределителя и ширины направляющего твердое вещество паз (46) второго распределителя составляет 1:2-6.

12. Реактор с псевдооживленным слоем по любому из пп. 1-7, отличающийся тем, что магистральный направляющий трубопровод (47) распределителя катализатора проходит через первый распределитель (8) исходного материала и второй распределитель (11) исходного материала снизу вверх, направленный вверх участок реактора с псевдооживленным слоем от первого распределителя (8) исходного материала до уменьшения диаметра имеет высоту h , высота направленного вверх магистрального направляющего трубопровода (47) распределителя катализатора от первого распределителя (8) исходного материала составляет h_1 , и $1/4 h < h_1 \leq 3/4 h$.

13. Реактор с псевдооживленным слоем по п. 12, отличающийся тем, что распределитель (16) катализатора представляет собой дендритную схему расположения, которая содержит множество слоев распределяющих катализатор компонентов (48), которые распределяются вдоль вертикального направления магистрального направляющего трубопровода (47) распределителя катализатора, причем распределяющие катализатор компоненты (48) проходят в радиальном направлении, таким образом, что катализатор, который перемещается в аксиальном направлении вдоль магистрального направляющего трубопровода (47) распределителя катализатора, может распределяться в радиальном направлении внутри реактора с псевдооживленным слоем.

14. Реактор с псевдооживленным слоем по п. 13, отличающийся тем, что распределяющие катализатор компоненты (48) содержат множество первых распределительных трубопроводов (49) для катализатора и множество вторых распределительных трубопроводов (50) для катализатора, причем первые распределительные трубопроводы (49) для катализатора и вторые распределительные трубопроводы (50) для катализатора распределяются по окружности и располагаются в шахматном порядке вдоль магистрального направляющего трубопровода (47) распределителя катализатора и одинаковым образом присоединяются к магистральному направляющему трубопроводу (47) распределителя катализатора, и первые

распределительные трубопроводы (49) для катализатора и вторые распределительные трубопроводы (50) для катализатора, соответственно, содержат множество выпусков (51) катализатора; причем число распределительных трубопроводов для катализатора в каждом слое распределяющих катализатор компонентов (48) составляет X ($X \geq 2$), окружное угловое расстояние для множества распределительных трубопроводов для катализатора соответствует распределению $180^\circ/X$; и выпуск (51) катализатора имеет форму, выбранную из квадратной, круглой и многоугольной.

15. Реактор с псевдооживленным слоем по п. 13, отличающийся тем, что число распределяющих катализатор компонентов (48) предпочтительно составляет M слоев ($M \geq 3$), и распределяющие катализатор компоненты (48) представляют собой первый слой, второй слой, ..., слой M , расположенные сверху вниз; причем длина распределительного трубопровода для катализатора в слое n распределяющих катализатор компонентов (48) составляет $(0,7-0,9)^n * D/2$, при этом D представляет собой внутренний диаметр реактора, и n представляет собой соответствующее число слоев.

16. Реактор с псевдооживленным слоем по п. 13, отличающийся тем, что выпуски (51) катализатора на первых распределительных трубопроводах (49) для катализатора и вторых распределительных трубопроводах (50) для катализатора располагаются с одинаковыми интервалами.

17. Реактор с псевдооживленным слоем по п. 12, отличающийся тем, что распределитель (16) катализатора представляет собой схему расположения магистрального направляющего трубопровода, которая содержит магистральный направляющий трубопровод (47) распределителя катализатора или состоит только из магистрального направляющего трубопровода (47) распределителя катализатора, причем магистральный направляющий трубопровод (47) распределителя катализатора имеет трубчатую форму с открытым верхом; или

распределитель (16) катализатора представляет собой схему расположения внутренних перегородок, которая содержит магистральный направляющий трубопровод (47) распределителя катализатора и внутреннюю перегородку (47-2) магистрального направляющего трубопровода для катализатора, предпочтительно соответствующая площадь проекции на горизонтальную плоскость составляет $1/10-1/4$ внутреннего поперечного сечения магистрального направляющего трубопровода (47) распределителя катализатора; или

распределитель (16) катализатора представляет собой схему расположения вторичного распределения, которая содержит магистральный направляющий трубопровод (47) распределителя катализатора и два или более рассредоточенных вторичных

распределительных направляющих трубопровода (47-3), присоединенных к верхней части магистрального направляющего трубопровода (47) распределителя катализатора, предпочтительно соответствующая длина протяженности в радиальном направлении составляет $(0,1-0,9)*D/2$, причем D представляет собой внутренний диаметр реактора; или

распределитель 16 катализатора представляет собой схему расположения спирального направляющего трубопровода, которая содержит магистральный направляющий трубопровод (47) распределителя катализатора и один или несколько слоев спирального направляющего трубопровода (47-4), которые распределены в аксиальном направлении вдоль магистрального направляющего трубопровода (47) распределителя катализатора, предпочтительно соответствующая длина протяженности в радиальном направлении составляет $(0,5-0,9)^n*D/2$, причем D представляет собой внутренний диаметр реактора, и n представляет собой соответствующее число слоев; или

распределитель (16) катализатора представляет собой схему расположения кольцевого направляющего трубопровода, которая содержит магистральный направляющий трубопровод (47) распределителя катализатора и один или несколько слоев кольцевого направляющего трубопровода (47-5) в аксиальном направлении, которые распределены вдоль магистрального направляющего трубопровода (47) распределителя катализатора, предпочтительно диаметр каждого слоя кольцевого направляющего трубопровода (47-5) составляет $(0,5-0,9)^n*D/2$, причем D представляет собой внутренний диаметр реактора, и n представляет собой соответствующее число слоев.

18. Реактор с псевдооживленным слоем по любому из пп. 3-7, отличающийся тем, что циркуляционная распределительная перегородка (34), присоединенная к внутренней стенке реактора с псевдооживленным слоем, присутствует выше одного или нескольких первых впусков (24) для введения катализатора.

19. Реактор с псевдооживленным слоем по п. 18, отличающийся тем, что соотношение расстояния между циркуляционной распределительной перегородкой (34) и одним или несколькими первыми впусками (24) для введения катализатора и диаметра отверстия одного или нескольких первых впусков (24) для введения катализатора составляет 1-10:1.

20. Реактор с псевдооживленным слоем по п. 18, отличающийся тем, что циркуляционная распределительная перегородка (34) содержит множество пазов (37) циркуляционных распределительных перегородок, и внутренний угол (α), который образуют пазы (37) циркуляционных распределительных перегородок и горизонтальное направление, составляет $30^\circ-75^\circ$.

21. Устройство для производства низкоуглеродистого олефина, отличающееся тем, что устройство содержит реактор (7) с псевдооживленным слоем по любому из пп. 1-19, резервуар (9) для отстаивания и регенератор (10), причем по меньшей мере один из одного или нескольких первых впусков (24) для введения катализатора в целях первого введения катализатора в область между первым распределителем (8) исходного материала и вторым распределителем (11) исходного материала присутствует на боковой стенке реактора, и один или несколько вторых впусков (27) для введения катализатора в целях второго введения катализатора в магистральный направляющий трубопровод (47) распределителя присутствует в нижней части реактора; при этом резервуар (9) для отстаивания присоединяется к верхней части реакционной зоны реактора (7) с псевдооживленным слоем, и нижняя часть резервуара (9) для отстаивания присоединяется к одному или нескольким из первых впусков (24) для введения катализатора и регенератору (10) соответственно, и выпуск регенерированного катализатора из регенератора (10) присоединяется к одному или нескольким из вторых впусков (27) для введения катализатора.

22. Устройство по п. 21, отличающееся тем, что число одного или нескольких первых впусков (24) для введения катализатора составляет k , причем $k \geq 2$, внутренний угол между центральными линиями каждого из одного или нескольких первых впусков (24) для введения катализатора составляет $360^\circ/k$; и при этом предпочтительно $k \leq 12$.

23. Устройство по п. 22, отличающееся тем, что нижняя секция (17) резервуара для отстаивания, верхняя секция (18) резервуара для отстаивания, расположенная выше нижней секции (17) резервуара для отстаивания, и циклонный сепаратор (19) резервуара для отстаивания, расположенный в верхней секции (18) резервуара для отстаивания, присутствуют в резервуаре (9) для отстаивания, и газовый выпуск циклонного сепаратора (19) резервуара для отстаивания присоединяется к выпуску (5) газообразного продукта резервуара (9) для отстаивания, распределительная плита (12) резервуара для отстаивания присутствует в нижней части нижней секции (17) резервуара для отстаивания, и нижняя часть распределительной плиты (12) резервуара для отстаивания присоединяется к одному или нескольким из первых впусков (24) для введения катализатора через один или несколько циркуляционных трубопроводов (22) и присоединяется к регенератору (10) через отпарную колонну (21).

24. Устройство по п. 23, отличающееся тем, что распределительная плита (12) резервуара для отстаивания содержит отверстия (35) первой распределительной плиты резервуара для отстаивания и отверстия (36) второй распределительной плиты резервуара для отстаивания, отверстия (35) первой распределительной плиты резервуара для

отстаивания и отверстия (36) второй распределительной плиты резервуара для отстаивания, соответственно, располагаются в кольцевом распределении вокруг центральной области распределительной плиты (12) резервуара для отстаивания, соотношение размеров отверстий (35) первой распределительной плиты резервуара для отстаивания и отверстий (36) второй распределительной плиты резервуара для отстаивания составляет 1-3:4.

25. Устройство по любому из пп. 21-24, отличающееся тем, что верхняя часть реактора (7) с псевдооживленным слоем содержит разделительный стояк (15), проходящий в резервуар (9) для отстаивания, и перегородка (14) стояка, расположенная выше выпуска разделительного стояка (15) присутствует в резервуаре (9) для отстаивания.

26. Способ производства низкоуглеродистого олефина в устройстве по любому из пп. 21-24, в котором:

один или несколько газообразных исходных материалов и катализатор реагируют в реакционной зоне реактора с псевдооживленным слоем;

полученный продукт и захваченный катализатор вводятся в резервуар для отстаивания через верхнюю часть реакционной зоны;

продукт и захваченный катализатор разделяются в резервуаре для отстаивания, причем часть катализатора, полученного в результате разделения, непосредственно поступает в плотнотазную зону, образованную между первым распределителем (8) исходного материала и вторыми распределителями (11) исходного материала через первый выпуск для введения катализатора, и другая часть вводится в зону разделения катализатора через один или несколько вторых выпусков для введения катализатора после регенерации с применением регенератора.

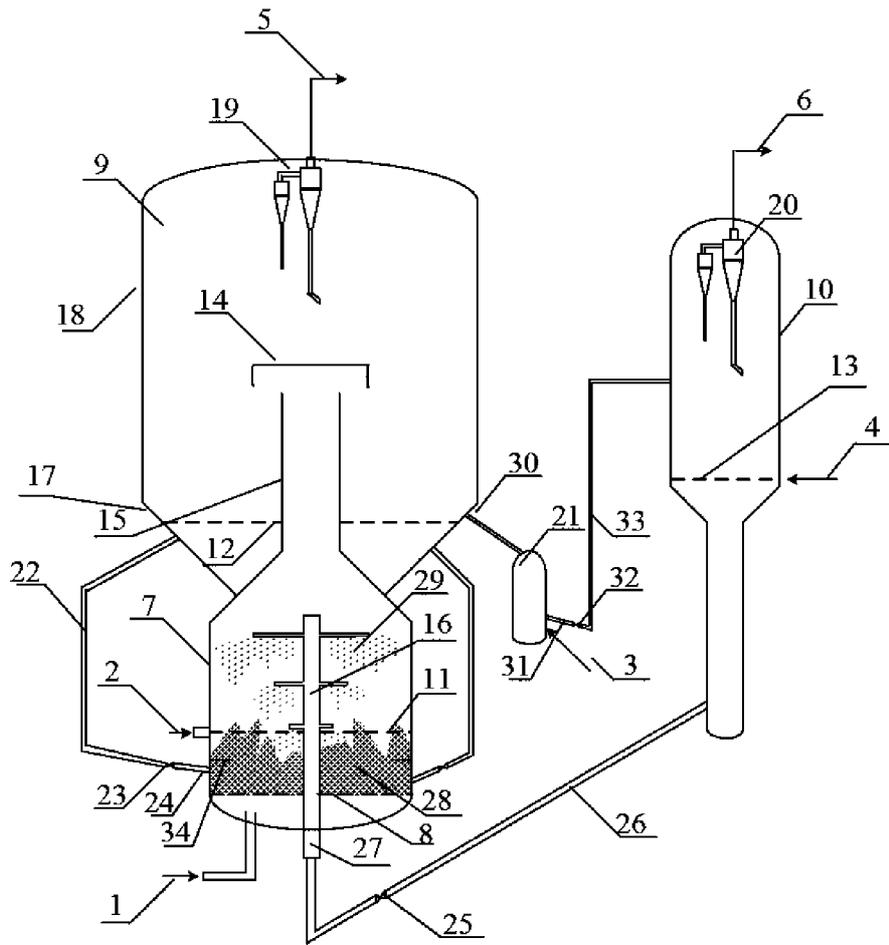
27. Способ по п. 26, отличающийся тем, что линейная скорость одного или нескольких материалов в плотнотазной зоне составляет 1-10 м/с.

28. Способ по п. 26, отличающийся тем, что в катализаторе, полученном в результате разделения, массовое соотношение части, которая вводится в плотнотазную зону, и части, которая вводится в регенератор, составляет 1:0,2-1.

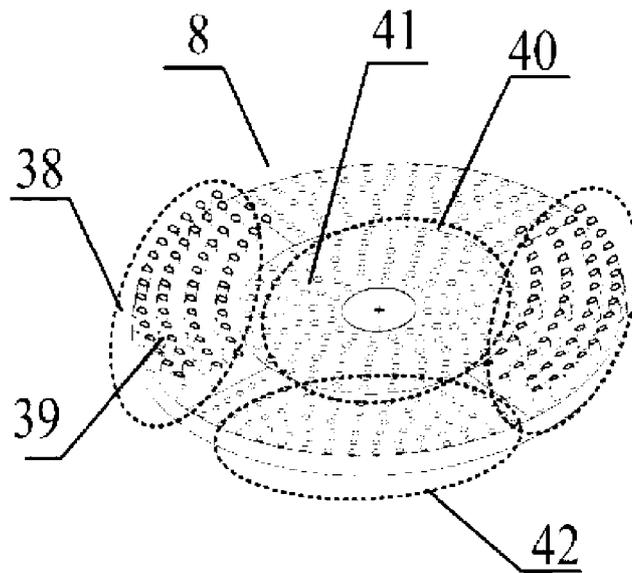
29. Способ по п. 26, отличающийся тем, что соотношение перепада давления, производимого одним или несколькими газообразными исходными материалами при прохождении через плотнотазную зону, и перепада давления, производимого одним или несколькими газообразными исходными материалами при прохождении через зону разделения катализатора, составляет 1,5-4:1.

30. Способ по п. 26, отличающийся тем, что после того, как один или несколько газообразных исходных материалов проходят через первый распределитель исходного

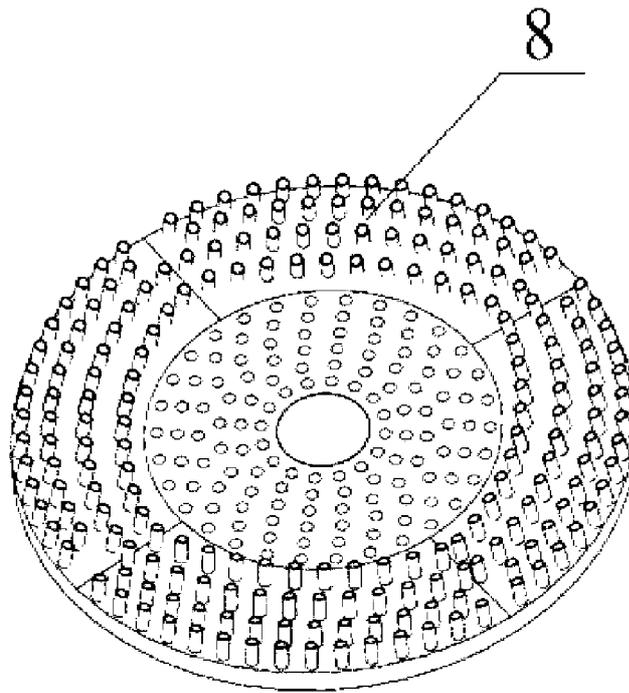
материала, внутренний угол, который образуют пространственная скорость в кольцевом пространстве и горизонтальное направление, составляет 45° - 75° , соотношение между флуктуациями внутренней и наружной пористости составляет 0,9-0,95:1.



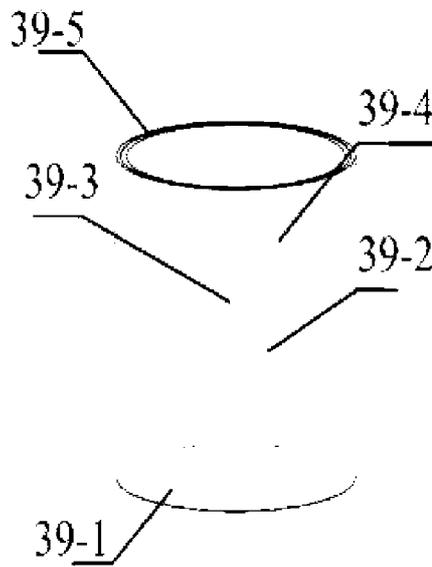
Фиг. 1



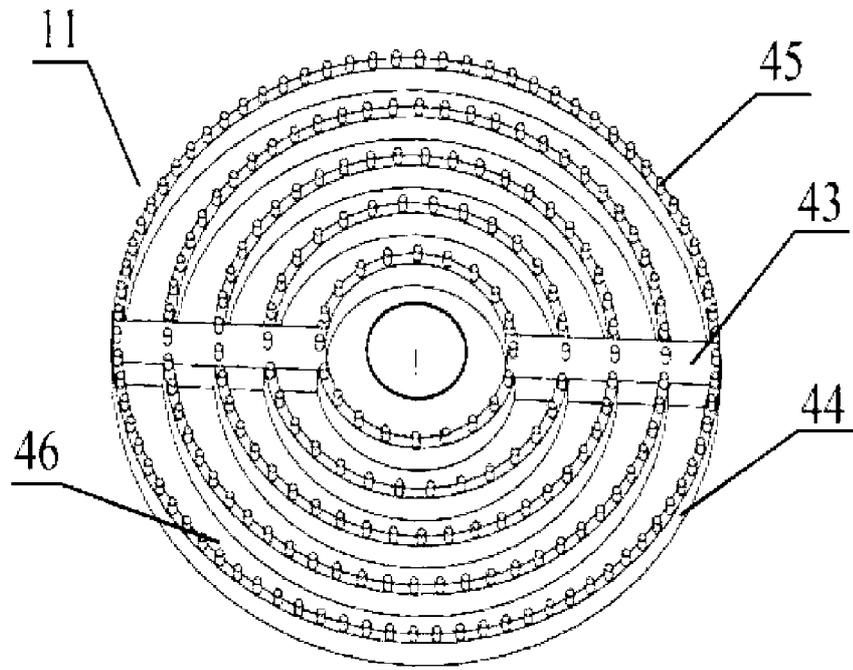
Фиг. 2



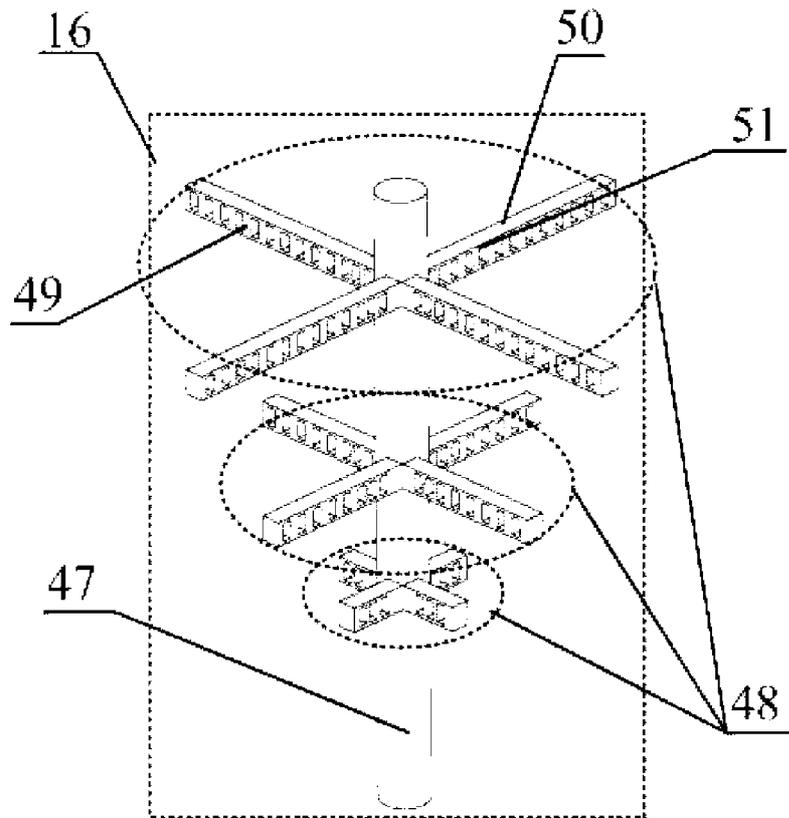
Фиг. 3



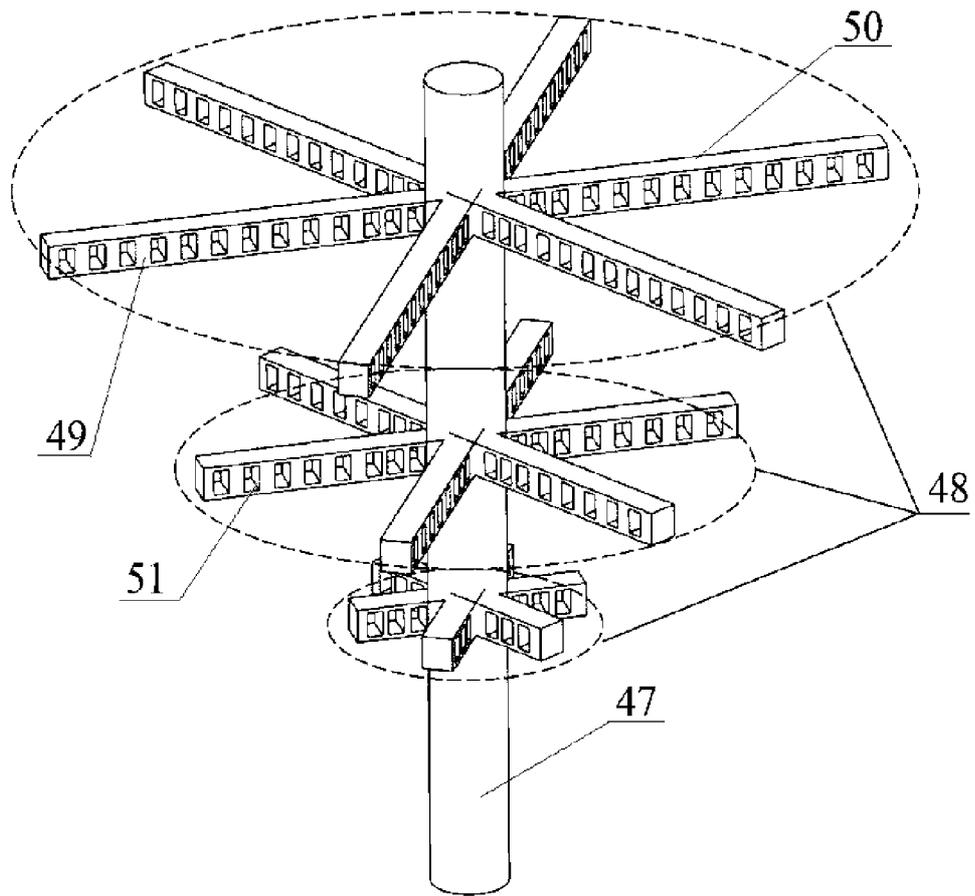
Фиг. 4



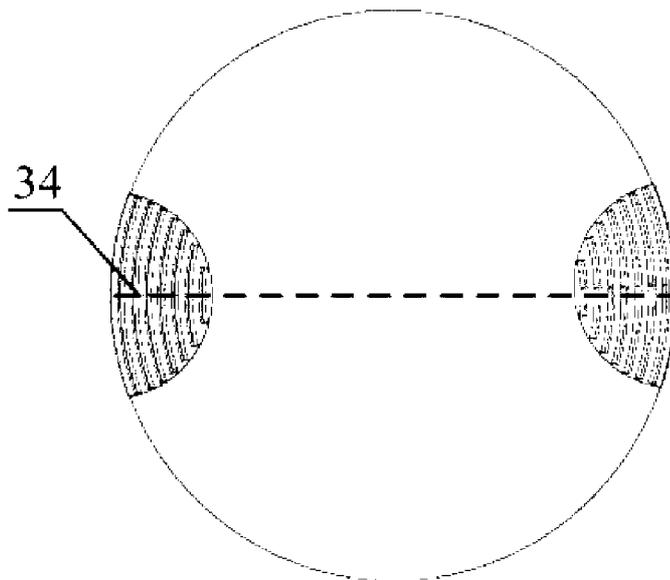
Фиг. 5



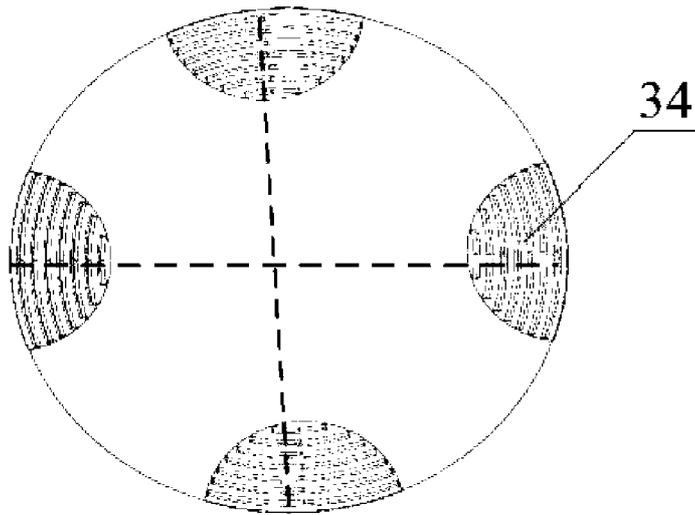
Фиг. 6



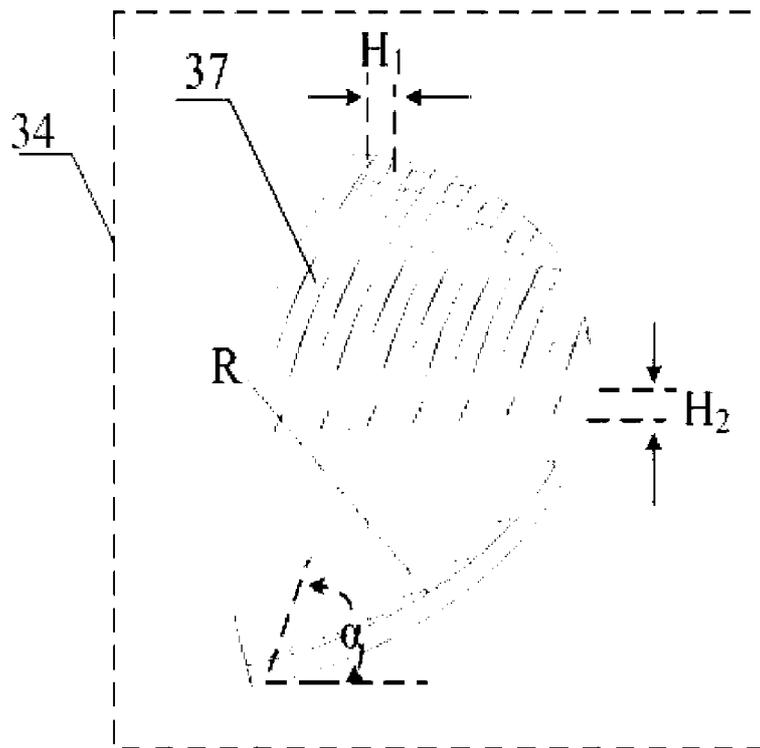
Фиг. 7



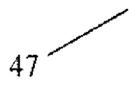
Фиг. 8



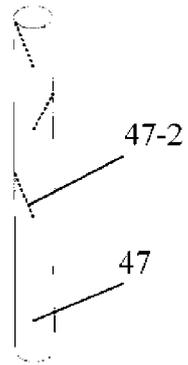
Фиг. 9



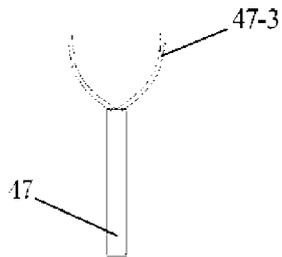
Фиг. 10



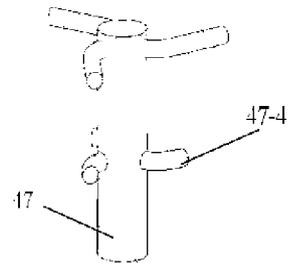
Фиг. 11А



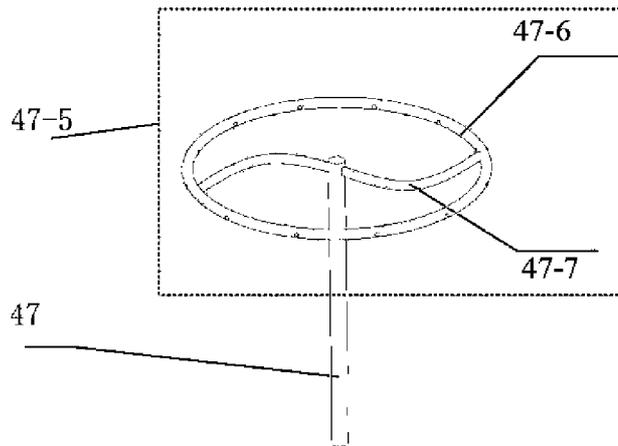
Фиг. 11В



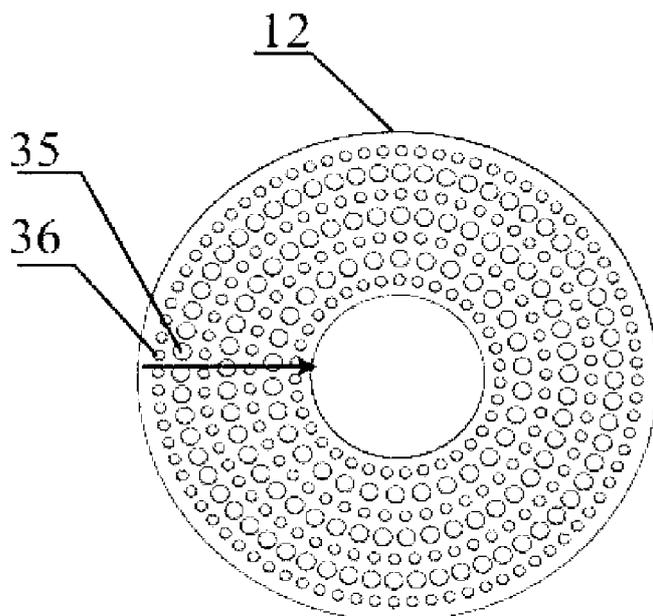
Фиг. 11С



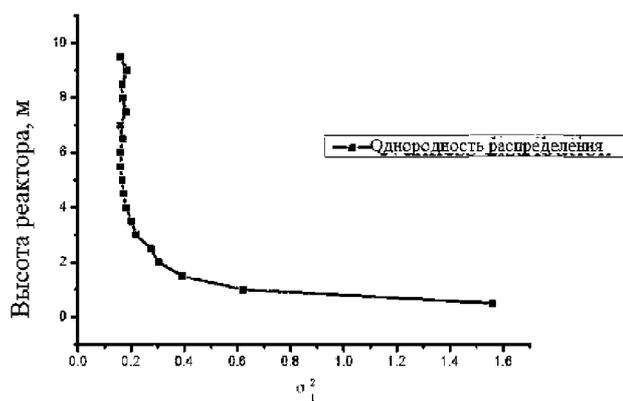
Фиг. 11D



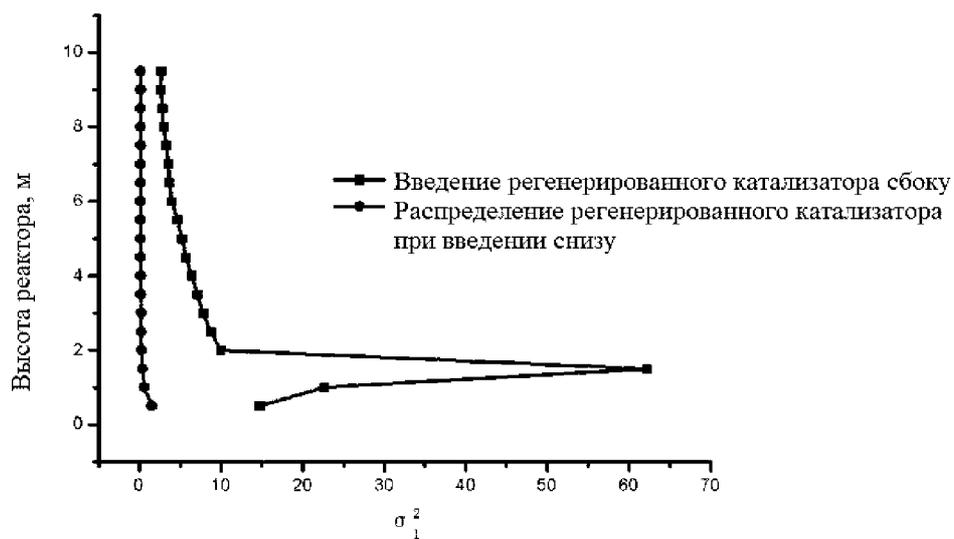
Фиг. 11Е



Фиг. 12



Фиг. 13



Фиг. 14