

(19)



Евразийское  
патентное  
ведомство

(21) 202491969 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки  
2024.11.15

(51) Int. Cl. B01J 8/06 (2006.01)  
B01J 8/00 (2006.01)

(22) Дата подачи заявки  
2023.03.16

(54) УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ В ОТНОШЕНИИ НОСИТЕЛЕЙ КАТАЛИЗАТОРА ДЛЯ ТРУБЧАТЫХ РЕАКТОРОВ И СВЯЗАННЫЕ С НИМИ СПОСОБЫ

(31) 2203700.6

(72) Изобретатель:

(32) 2022.03.17

Кларксон Джей Саймон, Клэкстон  
Генри Артур, Ко Эндрю Джеймс,  
Маллам Бен Джоффри (GB)

(33) GB

(86) PCT/GB2023/050614

(87) WO 2023/175330 2023.09.21

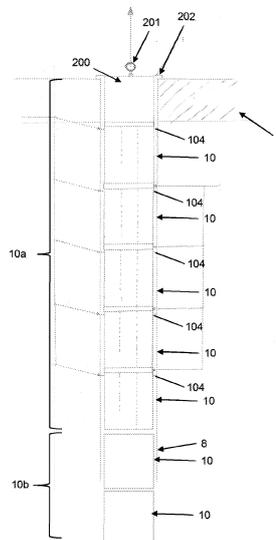
(74) Представитель:

(71) Заявитель:

ДЖОНСОН МЭТТЕЙ ДЭЙВИ  
ТЕКНОЛОДЖИЗ ЛИМИТЕД (GB)

Нагорных И.М. (RU)

(57) Способ эксплуатации трубчатого реактора (1), причем трубчатый реактор (1) содержит множество труб (8) реактора, выполненных с возможностью приема носителей (10) катализатора, выполненных с возможностью размещения катализатора, при этом способ включает по меньшей мере для некоторых из труб (8) реактора следующие стадии: а) соединение двух или более носителей (10) катализатора вместе с образованием связанного набора (10а); б) установка в трубу (8) реактора связанного набора (10а) и дополнительного множества носителей (10b) катализатора, которые не соединены со связанным набором (10а), так что связанный набор (10а) и дополнительное множество носителей (10b) катализатора проходят по меньшей мере частично между впускным концом трубы (8) реактора и выпускным концом трубы (8) реактора, причем связанный набор (10а) находится вблизи впускного конца; в) эксплуатация трубчатого реактора (1) для пропускания одного или более реагентов через трубу (8) реактора от впускного конца к выпускному концу; и д) впоследствии извлечение связанного набора (10а) из впускного конца трубы (8) реактора с сохранением дополнительного множества носителей (10b) катализатора внутри трубы (8) реактора.



202491969 A1

202491969 A1

## Усовершенствования в отношении носителей катализатора для трубчатых реакторов и связанные с ними способы

Настоящее описание относится к способу эксплуатации трубчатого реактора и  
5 связанному набору носителей катализатора для применения в трубчатом реакторе.

### **Предпосылки создания изобретения**

Традиционные реакторы, так называемые трубчатые реакторы с фиксированным  
слоем, содержат кожух реактора, содержащий множество труб, которые обычно  
10 имеют цилиндрическую форму и которые обычно непосредственно заполнены  
частицами катализатора. Во время эксплуатации теплоноситель протекает через  
кожух реактора с наружной стороны этих труб и тем самым регулирует температуру  
катализатора в трубах посредством теплообмена через стенку трубы. Таким образом,  
если реакция является экзотермической реакцией, теплоноситель позволит отводить  
15 тепло от катализатора, а если реакция является эндотермической реакцией,  
теплоноситель будет отдавать тепло катализатору.

Для некоторых реакций тепловые эффекты реакции являются умеренными, поэтому  
они либо не создают проблем, либо ими можно легко управлять. В некоторых случаях  
20 тепловые эффекты настолько малы, что можно использовать трубы большого  
диаметра. Преимущество этого заключается в том, что внутри трубы может  
содержаться большой объем катализатора.

Однако для более выраженных экзотермических или эндотермических реакций  
25 необходимо обеспечить эффективную теплопередачу через стенку трубы к  
теплоносителю, чтобы обеспечить возможность управления условиями внутри  
реактора для поддержания стабильной рабочей температуры таким образом, чтобы  
предотвратить возникновение неблагоприятных эффектов. Такие эффекты для  
экзотермических реакций могут включать в себя побочные реакции, повреждение  
30 катализатора, например спекание каталитически активных центров, и в худшем  
случае термический разгон. Неблагоприятные эффекты эндотермических реакций  
могут включать в себя гашение реакции.

Для достижения требуемой эффективности необходимо обеспечить максимальную площадь поверхности стенки трубы на единицу длины. В прошлом это достигалось посредством установки большего количества труб меньшего диаметра. Для некоторых реакций ограничение размера означает, что внутренний диаметр труб составляет только величину порядка примерно от 15 до 40 мм. Однако использование такого множества трубок увеличивает стоимость и сложность реактора.

Таким образом, в попытке смягчить эти проблемы был разработан альтернативный подход, в частности для более выраженных экзотермических или эндотермических реакций, при котором катализатор не набивается непосредственно в трубы реактора, а вместо этого содержится во множестве носителей катализатора, которые выполнены с возможностью размещения внутри трубы реактора.

В WO2011/048361, WO2012/136971 и WO2016/050520 описаны некоторые примеры носителей катализатора, выполненных для применения в трубчатых реакторах.

Носители катализатора можно эффективно применять для широкого диапазона процессов. Примеры приемлемых применений включают в себя процессы и реакторы для экзотермических реакций, таких как реакции получения метанола, реакции получения аммиака, реакции метанирования, реакции паровой конверсии, реакции окисления, такие как реакции образования малеинового ангидрида и этиленоксида, и т. п. Конкретным примером возможного использования носителей катализатора является использование в процессах и реакторах для проведения реакции Фишера — Тропша. Носители катализатора также могут применяться для эндотермических реакций, таких как предриформинг, дегидрирование и т. п.

Во время работы трубчатого реактора один или более реагентов протекают через трубы реактора так, чтобы они проходили в носители катализатора и через них и, таким образом, контактировали с содержащимся в них катализатором. Выбранный (-ые) катализатор (-ы) и реагент (-ы) будет (-ут) зависеть от требуемого процесса, происходящего в трубчатом реакторе, и они могут широко варьироваться. В одном примере трубчатый реактор может быть сконфигурирован для процесса Фишера — Тропша. В этом примере катализатор будет представлять собой катализатор Фишера — Тропша, например катализатор на основе переходного металла, например

кобальтсодержащий катализатор Фишера — Тропша. Реагент (-ы) для процесса Фишера — Тропша может (могут) содержать водород и монооксид углерода, которые могут быть получены из синтез-газа.

- 5 Катализаторы, используемые в носителях катализатора, могут подвергаться «отравлению» под воздействием веществ, повреждающих катализатор. В примере катализатора Фишера — Тропша синтез-газа при образовании может содержать яды, такие как сера, которые могут необратимо повреждать катализатор. Как правило, синтез-газ подвергают предварительной очистке для удаления серы до ее попадания в
- 10 трубчатый реактор. Однако сохраняется риск того, что предварительная очистка может не полностью удалить все ядовитые вещества в синтез-газе, например вследствие использования не соответствующего спецификации синтез-газа или сбоя при предварительной очистке.
- 15 Отравление катализатора в носителях катализатора, как правило, сначала влияет на носители ближе к впускным патрубкам труб и может потребовать замены этих носителей катализатора. При этом требуется отключение трубчатого реактора. Трубчатый реактор может содержать большое количество труб реактора, например может присутствовать до 5000 труб реактора. Кроме того, каждая труба реактора
- 20 может содержать большое количество носителей катализатора. Трубы реактора могут иметь общее пространство над ними для подачи реагентов в трубы реактора. Таким образом, острое отравление или более постепенное отравление с течением времени может повлиять на большое количество труб трубчатого реактора и потенциально на все трубы трубчатого реактора. Даже если отравление влияет только на носители
- 25 катализатора ближе ко входному патрубку труб, когда оно влияет на носители катализатора во многих или во всех трубах, это может привести к очень значительному периоду простоя трубчатого реактора во время замены этих носителей катализатора, что приводит к значительным экономическим потерям.
- 30 **Изложение сущности изобретения**  
В первом аспекте настоящего описания предложен способ эксплуатации трубчатого реактора, содержащего множество труб реактора, выполненных с возможностью приема носителей катализатора, выполненных с возможностью размещения

катализатора, причем способ включает по меньшей мере для некоторых из труб реактора следующие стадии:

а) соединение двух или более носителей катализатора вместе с образованием связанного набора;

5            б) установка в трубу реактора связанного набора и дополнительного множества носителей катализатора, которые не соединены со связанным набором, так что связанный набор и дополнительное множество носителей катализатора проходят по меньшей мере частично между впускным концом трубы реактора и выпускным

10            концом трубы реактора, причем связанный набор находится вблизи впускного конца;

с) эксплуатация трубчатого реактора для пропускания одного или более реагентов через трубу реактора от впускного конца к выпускному концу; и

д) впоследствии извлечение связанного набора из впускного конца трубы реактора с сохранением дополнительного множества носителей катализатора внутри

15

Предпочтительно способ может позволить быстро и эффективно извлекать носители катализатора, которые были расположены ближе всего к впускному концу трубы реактора во время работы. Это может значительно сократить время простоя трубчатого реактора, так как экономия времени, полученная для одной трубы реактора, может быть увеличена во много раз, когда считается, что носители катализатора может потребоваться извлечь из всех труб реактора, которых в одном трубчатом реакторе могут быть сотни или тысячи. Следует понимать, что, поскольку отравление сильнее всего влияет на носители катализатора вблизи впускного конца, дополнительное множество носителей катализатора может быть не затронуто или в

20

меньшей степени затронуто отравлением, и, следовательно, изъятие и замена только связанного набора может привести к значимому устранению отравления при

25

минимизации времени простоя.

Предпочтительно связанный набор извлекают за один раз, сохраняя при этом два или

30

более носителей катализатора связанного набора соединенными друг с другом. Это может повысить эффективность процесса, позволяя извлекать связанный набор носителей катализатора за одну операцию.

Способ может дополнительно включать следующую стадию:

с1) определение того, что произошло отравление, которое повлияло на катализатор, находящийся в связанном наборе, и переход к этапу d) на основе этого определения.

- 5 Особое преимущество способа заключается в эффективном удалении из трубы реактора носителей катализатора, которые подверглись отравлению. Таким образом, может быть особенно полезно выполнить этап d) только после того, как будет
- 10 определено, что произошло отравление. Это можно определить, например, путем наблюдения снижения продукции, совпадающего с изменением профиля температуры носителей катализатора вблизи впускного конца трубы реактора, и/или путем
- 15 наблюдения уменьшения теплообмена в теплопередающую текучую среду в межтрубном пространстве реактора. Например, если межтрубное пространство содержит кипящую воду, может наблюдаться снижение выработки пара после отравления, которое может совпадать со снижением продукции и/или изменением
- 20 профиля температуры в носителях катализатора. Отравление может представлять собой острое отравление, которое длится относительно короткий период времени, например из-за неисправности устройства предварительной очистки синтез-газа, которая приводит к высокой концентрации яда, такого как сера, достигающего трубчатого реактора. Альтернативно отравление может быть более
- 25 продолжительным, постепенным, отравлением, которое происходит в течение длительного периода времени, например разложение катализатора от длительного воздействия до очень малых концентраций одного или более ядов.

Способ может дополнительно включать следующую стадию:

- 25 е) установка в трубу реактора свежего связанного набора из двух или более носителей катализатора для замены извлеченного связанного набора.

- Предпочтительно трубчатый реактор можно подготовить для продолжения работы путем замены носителей катализатора. Свежий связанный набор носителей
- 30 катализатора можно использовать в случае второго последующего отравления.

Предпочтительно связанный набор устанавливают во впускной конец трубы реактора и извлекают из него. Преимущественно дополнительное множество носителей

катализатора в трубе реактора не нужно перемещать или сдвигать во время извлечения и замены связанного набора.

Предпочтительно на стадии b) сначала устанавливают дополнительное множество носителей катализатора, а затем связанный набор.

Два или более носителей катализатора связанного набора могут быть соединены вместе с помощью постоянных или разъемных средств. В некоторых примерах носители катализатора могут быть приварены друг к другу. В других более предпочтительных примерах средства соединения могут иметь прижимную посадку, например посадку с натягом между смежными носителями катализатора.

Альтернативно и наиболее предпочтительно в некоторых примерах средства соединения могут иметь относительное вращающееся соединение смежных носителей катализатора. Такие средства могут быть лучше приспособлены для удержания соединения, когда связанный набор подвергается осевому тяговому усилию. Например, может быть предусмотрено байонетное соединение.

Альтернативно может быть предусмотрено резьбовое соединение.

Связанный набор может состоять только из носителей катализатора, каждый из которых содержит катализатор. Однако в альтернативных примерах связанный набор может дополнительно содержать один или более элементов, которые не содержат катализатор. В некоторых примерах связанный набор может содержать разделительный блок, соединенный с двумя или более носителями катализатора, причем разделительный блок расположен на одном конце связанного набора.

Предпочтительно при установке связанного набора в трубу реактора разделительный блок может быть выровнен с первым или верхним листом трубчатого реактора.

Разделительный блок может функционировать так, чтобы обеспечить расположение всего катализатора, содержащегося в связанном наборе, под первым или верхним листом трубчатого реактора так, чтобы он находился в зоне теплообмена трубчатого реактора.

Предпочтительно разделительный блок и два из большего количества носителей катализатора связанного набора соединены вместе. Средства соединения могут быть такими же, как описано выше, например байонетное соединение, посадка с натягом и т. д.

В некоторых вариантах осуществления связанный набор носителей катализатора может содержать катализатор, отличный от дополнительного множества носителей катализатора. Например, связанный набор может содержать катализатор, выполненный с возможностью эффективного удаления ядов. Такой катализатор удаления ядов может, например, представлять собой катализатор удаления серы. Таким образом, связанный набор может функционировать как сменная защитная секция на входном патрубке каждой трубы реактора.

5

10

Связанный набор может, например, содержать от 2 до 20, а предпочтительно от 5 до 15 носителей катализатора, необязательно вместе с разделительным блоком.

Связанный набор такого размера может быть достаточно длинным, чтобы он включал все носители катализатора, которые, вероятно, будут в значительной степени затронуты отравлением, и в то же время иметь размер, достаточно практичный для

15

эффективного извлечения со значительной экономией времени по сравнению с заменой всех носителей катализатора в трубе.

20

Способ может дополнительно включать обеспечение впускного конца связанного набора точкой крепления, а извлечение связанного набора из впускного конца трубы реактора может включать прикрепление инструмента к точке крепления и, например, вытягивание связанного набора из впускного конца с помощью инструмента.

25

Предпочтительно обеспечение точки крепления может упростить извлечение связанного набора. Точка крепления может, например, содержать или состоять из крюка, проушины, захвата, отверстия или других средств, которые могут зацепляться инструментом и которые позволяют инструменту прикладывать тягу к связанному набору, например тяговое усилие, чтобы подтолкнуть связанный набор к впускному концу трубы реактора.

30

Точка крепления может быть предусмотрена на носителе катализатора или разделительном блоке связанного набора. Предпочтительно точка крепления предусмотрена на носителе или блоке, который находится ближе всего к входному концу, и может, например, быть предусмотрена на торце носителя или блока, обращенном к впускному концу.

Инструмент может приводиться в движение вручную, гидравлически, пневматически или электромеханически. Инструмент может использоваться для установки носителей катализатора в трубу реактора и извлечения из нее.

5

Инструмент может содержать подвижный поршень, например поршень с ручным или гидравлическим приводом, выполненный с возможностью проталкивания и/или вытягивания несущих носителей в трубу реактора и/или из нее.

10 В некоторых примерах инструмент может представлять собой монтажный инструмент, содержащий:

а) монтажную раму;

б) подвижный поршень, установленный на монтажной раме и выполненный с возможностью проталкивания и вытягивания одного или более носителей катализатора в выбранную трубу реактора и из нее; и

15

с) один или более анкеров для зацепления с одной или более трубами реактора, расположенными рядом с выбранной трубой реактора, для разъемного крепления монтажной рамы к трубчатому реактору.

20 Предпочтительно по меньшей мере один из носителей катализатора связанного набора обеспечен уплотнением, которое входит в зацепление с внутренней поверхностью трубы реактора так, что жидкости и газы, проходящие вдоль трубы реактора, предпочтительно направляются для протекания через внутреннюю часть носителя катализатора. Там, где присутствует разделительный блок, разделитель

25 может также содержать уплотнение, но этого не требуется, так как разделительный блок, как правило, не содержит никакого катализатора.

Предпочтительно уплотнение может быть выполнено с возможностью обеспечения установки носителя катализатора в трубу реактора в первом направлении и

30 извлечения из трубы реактора во втором направлении, противоположном первому направлению. Например, уплотнение может быть выполнено с возможностью обеспечения перемещения носителя катализатора как в первом, так и во втором направлениях. Уплотнение может, например, быть выполнено с возможностью образования скользящего уплотнения напротив внутренней поверхности трубы

реактора. Скользящее уплотнение может быть выполнено с возможностью скольжения в обоих направлениях.

5 В некоторых примерах уплотнение может содержать кольцо круглого сечения, кольцо из керамического волокна или металлическое щеточное уплотнение. В частности, эти уплотнения могут деформироваться при установке носителя катализатора в трубу реактора. Степень деформации может быть определена с возможностью достижения требуемой целостности уплотнения, а также с возможностью скользящего перемещения в первом и втором направлениях.

10

В некоторых других примерах уплотнение может иметь геометрическую форму, которая может деформироваться из первой конфигурации, допускающей скользящее движение в первом направлении, во вторую конфигурацию, допускающую скользящее движение во втором направлении. Например, уплотнение может деформироваться в первую конфигурацию при установке носителя катализатора в трубу реактора, а при извлечении уплотнение может деформироваться во вторую конфигурацию. Например, уплотнение может включать один или более слоев, которые выходят наружу из контейнера носителя катализатора.

15

20 Уплотнение может включать по меньшей мере первый герметизирующий слой и второй герметизирующий слой; причем каждый из первого герметизирующего слоя и второго герметизирующего слоя содержит множество отклоняемых язычков, разделенных пазами; при этом второй герметизирующий слой смещен в окружном направлении вокруг продольной оси носителя катализатора относительно первого герметизирующего слоя таким образом, чтобы пазы второго герметизирующего слоя были выровнены с отклоняемыми язычками первого герметизирующего слоя.

25

Уплотнение может деформироваться при установке в первую конфигурацию, в которой один или более слоев изгибаются в направлении назад к впускному концу 30 трубы реактора. Уплотнение может деформироваться при извлечении во вторую конфигурацию, в которой один или более слоев во время извлечения изгибаются назад, к выпускному концу трубы реактора. Уплотнение может быть выбрано относительно гибким, чтобы уплотнение могло принять как первую конфигурацию, так и вторую конфигурацию.

30

Во втором аспекте настоящего описания предложен связанный набор из двух или более носителей катализатора, причем два или более носителей катализатора соединены друг с другом встык, при этом связанный набор содержит точку крепления для извлечения связанного набора за один раз из впускного конца трубы реактора.

Связанный набор может дополнительно содержать разделительный блок, соединенный с двумя или более носителями катализатора, причем разделительный блок расположен на одном конце связанного набора и содержит точку крепления.

10

По меньшей мере один из носителей катализатора связанного набора может быть обеспечен уплотнением для зацепления внутренней поверхности трубки реактора. Уплотнение может быть таким, как описано выше в отношении первого аспекта.

15 Например, уплотнение может быть выполнено с возможностью обеспечения установки носителя катализатора в трубу реактора в первом направлении и извлечения из трубы реактора во втором направлении, противоположном первому направлению. Например, уплотнение может быть деформируемым. Например, уплотнение может включать один или более слоев, которые выходят наружу из

20 контейнера носителя катализатора. Например, уплотнение может включать по меньшей мере первый герметизирующий слой и второй герметизирующий слой; причем каждый из первого герметизирующего слоя и второго герметизирующего слоя содержит множество отклоняемых язычков, разделенных пазами; при этом второй герметизирующий слой смещен в окружном направлении вокруг продольной

25 оси носителя катализатора относительно первого герметизирующего слоя таким образом, чтобы пазы второго герметизирующего слоя были выровнены с отклоняемыми язычками первого герметизирующего слоя. Например, уплотнение может быть деформируемым при установке так, что во время установки один или более слоев изгибаются в направлении назад к впускному концу трубы реактора.

30 Например, уплотнение может быть деформируемым при извлечении так, что во время извлечения один или более слоев изгибаются в направлении назад к выпускному концу трубы реактора. Например, уплотнение может содержать кольцо круглого сечения, кольцо из керамического волокна или металлическое щеточное уплотнение.

Настоящие способы и связанные наборы можно эффективно использовать для широкого диапазона процессов. Примеры приемлемых применений включают в себя процессы и реакторы для экзотермических реакций, таких как реакции получения метанола, реакции получения аммиака, реакции метанирования, реакции паровой конверсии, реакции окисления, такие как реакции образования малеинового ангидрида и этиленоксида, и т. п. Особенно предпочтительным является применение в процессах и реакторах для проведения реакции Фишера — Тропша.

Также в сочетании с настоящими способами и связанными наборами можно проводить эндотермические реакции, такие как реакции предриформинга, дегидрирования и т. п.

Носители катализатора настоящего описания могут быть заполнены или частично заполнены любым катализатором, приемлемым для предполагаемой реакции. Например, катализатор Фишера — Тропша можно использовать для реакции Фишера — Тропша. Предпочтительными являются кобальтсодержащие катализаторы Фишера — Тропша. Катализатор может быть обеспечен в виде частиц катализатора или монолитного катализатора. Катализатор может быть обеспечен в виде одного слоя катализатора или множества слоев катализатора. Носитель катализатора может быть выполнен с возможностью обеспечения потока через катализатор в осевом и/или радиальном направлениях. В некоторых вариантах осуществления носитель катализатора может быть выполнен с возможностью преимущественного обеспечения потока через катализатор в радиальном направлении.

Носители катализатора настоящего описания могут быть образованы из любого подходящего материала. Такой материал обычно выбирают таким образом, чтобы он выдерживал рабочие условия трубчатого реактора. Носитель катализатора может быть изготовлен из углеродистой стали, алюминия, нержавеющей стали, других сплавов или любого материала, способного выдерживать условия реакции.

30

### **Краткое описание графических материалов**

Далее варианты осуществления настоящего описания будут описаны только в качестве примера со ссылкой на прилагаемые чертежи, на которых:

- на Фиг. 1 представлен схематический вид трубчатого реактора сбоку;
- на Фиг. 2 представлен схематический вид в поперечном сечении участка трубчатого реактора, показанного на Фиг. 1;
- на Фиг. 3 представлен вид в перспективе носителя катализатора;
- 5 на Фиг. 4 представлен вид в поперечном сечении носителя катализатора, показанного на Фиг. 3;
- на Фиг. 5 представлен вид в перспективе с пространственным разделением компонентов носителя катализатора, показанного на Фиг. 3;
- на Фиг. 6 представлен вид в горизонтальной проекции герметизирующего слоя для
- 10 носителя катализатора;
- на Фиг. 7 представлен схематический вид сбоку, показывающий расположение множества герметизирующих слоев;
- на Фиг. 8 представлен вид в горизонтальной проекции первого и второго герметизирующих слоев для носителя катализатора;
- 15 на Фиг. 9 представлен вид в перспективе другого носителя катализатора;
- на Фиг. 10 представлен вид сбоку двух соединенных носителей катализатора, показанных на Фиг. 9;
- на Фиг. 11 представлен вид в поперечном сечении носителей катализатора, показанного на Фиг. 10; и
- 20 на Фиг. 12 представлен схематический вид верхней части трубчатого реактора, показанного на Фиг. 1.

### **Подробное описание**

- Далее исключительно в качестве примера будут описаны аспекты и варианты
- 25 осуществления настоящего описания со ссылкой на вертикально ориентированный трубчатый реактор, имеющий множество вертикальных труб реактора, проходящих между верхней трубной решеткой и нижней трубной решеткой. Однако следует понимать, что настоящее описание также может быть применено к другим конфигурациям трубчатого реактора, которые могут включать другие ориентации.
- 30

Кроме того, в данном описании любое упоминание ориентации, например такие термины, как верхний, нижний, верхняя часть, нижняя часть, поверх, под и т. п., используется применительно к положению частей, как показано на соответствующих чертежах, но их не следует рассматривать как имеющие ограничительный характер в

отношении возможного положения таких частей во время фактической эксплуатации. Например, часть, описанная как ориентированная вертикально, также может быть ориентирована горизонтально.

- 5 На Фиг. 1 показана типовая схема компоновки трубчатого реактора 1 согласно настоящему описанию. Трубчатый реактор 1 содержит корпус 2. Внутренняя часть корпуса может быть разделена на верхнее пространство 3, зону 4 теплообмена и нижнее пространство 5 двумя трубными решетками — верхней трубной решеткой 6 и нижней трубной решеткой 7. Верхняя трубная решетка 6 отделяет верхнее  
10 пространство 3 от зоны 4 теплообмена. Нижняя трубная решетка 7 отделяет нижнее пространство 5 от зоны 4 теплообмена.

Множество труб 8 реактора проходят между верхней трубной решеткой 6 и нижней трубной решеткой 7. Может быть предусмотрено большое количество труб 8  
15 реактора, например от 20 до 5000 труб 8 реактора. Каждая труба 8 реактора может иметь, например, внутренний диаметр от 20 до 150 мм. В некоторых вариантах осуществления внутренний диаметр может составлять приблизительно 85 мм.

Каждая труба 8 реактора предназначена для заполнения или по существу заполнения  
20 многоуровневой структурой носителей 10 катализатора. В частности, как правило, желательно, чтобы носители 10 катализатора покрывали всю или по существу всю длину трубы 8 реактора между верхней трубной решеткой 6 и нижней трубной решеткой 7, т. е. чтобы они покрывали всю или по существу всю длину зоны 4 теплообмена.

25 В верхнем пространстве 3 может быть предусмотрен доступ к верхнему концу труб 8 реактора для обеспечения загрузки носителей 10 катализатора в трубы 8 реактора. В корпусе 2 может быть предусмотрено смотровое отверстие 11 для обеспечения доступа к верхнему пространству 3. Смотровое отверстие 11 может, например,  
30 представлять собой люк или другую смотровую панель, которая может быть выборочно открыта и закрыта.

Нижнее пространство 5 может обеспечивать доступ к нижнему концу труб 8 реактора для обеспечения выгрузки носителей 10 катализатора из труб 8 реактора. Например,

доступ к нижнему пространству 5 может быть снабжен смотровым отверстием (не показано), аналогичным смотровому отверстию 11 для верхнего пространства 3.

5 В соответствии с настоящим описанием предложен способ эксплуатации трубчатого реактора 1. В целом способ предусматривает следующие стадии по меньшей мере для некоторых из труб реактора 8:

а) соединение двух или более носителей 10 катализатора вместе с образованием связанного набора 10а;

10 б) установка в трубу 8 реактора связанного набора 10а и дополнительного множества носителей 10b катализатора, которые не соединены со связанным набором 10а, так что связанный набор 10а и дополнительное множество носителей 10b катализатора проходят по меньшей мере частично между впускным концом (например, верхним концом) трубы 8 реактора и выпускным концом (например, нижним концом) трубы реактора 8, причем связанный набор 10а расположен вблизи  
15 впускного конца, как показано на Фиг. 2;

с) эксплуатация трубчатого реактора 1 для пропускания одного или более реагентов через трубу 8 реактора от впускного конца к выпускному концу; и

д) впоследствии извлечение связанного набора 10а из впускного конца трубы 8 реактора с сохранением дополнительного множества носителей 10b катализатора  
20 внутри трубы 8 реактора.

Следует понимать, что, хотя на Фиг. 2 показано в общей сложности 7 носителей 10 катализатора, труба 8 реактора в коммерческом реакторе, вероятно, будет содержать 50 или более носителей 10 катализатора. Как правило, от 2 до 20, предпочтительно от  
25 5 до 15, или носители 10 катализатора будут находиться в связанном наборе 10а, а остальные будут дополнительным множеством носителей 10b катализатора.

Чтобы лучше понять настоящее описание, примеры общей конфигурации носителя 10 катализатора сначала будут описаны со ссылкой первоначально на Фиг. 3–5. Эта  
30 общая конфигурация может быть использована как для носителей 10 катализатора связанного набора 10а, так и для дополнительного множества носителей 10b катализатора. (Различия между ними будут описаны ниже.) Однако следует понимать, что носители 10 катализатора могут принимать различные формы. Например, как и примеры, описанные в настоящем документе, носители 10 катализатора могут

принимать другие общепринятые конфигурации, включая, без ограничений, конфигурации, описанные в WO2011/048361, WO2012/136971 и WO2016/050520, содержание которых полностью включено в настоящий документ путем ссылки.

- 5 Каждый носитель 10 катализатора может по существу содержать контейнер, имеющий размеры, которые меньше, чем внутренний размер трубы 8 реактора, в которой он должен быть размещен во время использования. Как правило, обеспечено уплотнение, которое имеет такой размер, чтобы оно взаимодействовало с внутренней стенкой трубы 8 реактора, когда носитель 10 катализатора находится на его месте
- 10 внутри трубы 8 реактора. Такие параметры, как длина и диаметр носителя, могут быть выбраны с учетом особенностей различных реакций и конфигураций трубы 8 реактора.

- Как показано на Фиг. 3–5, контейнер 100 может по существу иметь нижнюю
- 15 поверхность 101, закрывающую нижний конец контейнера 100, и верхнюю поверхность 102 на верхнем конце контейнера 100. Наружная стенка 103 носителя может проходить от нижней поверхности 101 к верхней поверхности 102. Уплотнение 104 (дополнительно описанное ниже) может проходить от контейнера 100 на расстояние, которое выходит за пределы наружной стенки 103 носителя. Наружная
- 20 стенка 103 носителя может иметь отверстия 105, расположенные под уплотнением 104.

- Как показано на Фиг. 4, носитель 10 катализатора может, в частности, содержать
- 25 круговой контейнер 110 для размещения катализатора во время использования. Круговой контейнер 110 может содержать перфорированную внутреннюю стенку 111 контейнера, которая образует внутренний канал 112, и перфорированную наружную стенку 113 контейнера, которая может быть концентрически расположена вокруг перфорированной внутренней стенки 111 контейнера. Круговая верхняя поверхность 114 может закрывать верхний конец кругового контейнера 110, а круговая нижняя
- 30 поверхность 115 может закрывать нижний конец кругового контейнера 110. Нижний конец внутреннего канала 112 может быть закрыт торцевой поверхностью 116 канала, за исключением одного или более дренажных отверстий (не показаны), которые могут быть обеспечены в нижнем конце внутреннего канала 112. Торцевая

поверхность 116 канала может быть выполнена за одно целое с внутренней стенкой 111 контейнера или отдельно от нее.

5 Как показано на виде с пространственным разделением компонентов, представленном на Фиг. 5, носитель 10 катализатора может быть образован из ряда отдельных компонентов, которые могут быть собраны вместе любыми подходящими средствами, включая, например, сварку. В некоторых вариантах осуществления такие компоненты могут включать перфорированную внутреннюю трубу 120, перфорированную промежуточную трубу 121, наружную трубу 122, нижний колпачок 10 123, круговое кольцо 124, верхний колпачок 125 и круговые уплотнительные кольца 126 и 127.

Носитель 10 катализатора может быть изготовлен из любого приемлемого материала. Такой материал обычно выбирают таким образом, чтобы он выдерживал рабочие 15 условия реактора. Как правило, носитель катализатора изготавливается из углеродистой стали, алюминия, нержавеющей стали, других сплавов или любого материала, способного выдерживать условия реакции.

20 Приемлемые толщины компонентов составляют порядка от примерно 0,05 мм до примерно 1,0 мм, предпочтительно порядка от примерно 0,1 мм до примерно 1,0 мм, более предпочтительно порядка от примерно 0,3 мм до примерно 1,0 мм.

Перфорированная внутренняя труба 120 может содержать перфорированную внутреннюю стенку 111 контейнера. Перфорированная промежуточная труба 121 25 может содержать перфорированную наружную стенку 113 контейнера. Наружная труба 122 может содержать наружную стенку 103 носителя и определять отверстия 105. Нижний колпачок 123 может содержать нижнюю поверхность 101 и/или круговую нижнюю поверхность 115. Нижний колпачок 123 может также проходить через перфорированную внутреннюю трубу 120 для включения круговой поверхности 30 116 канала. Круговое верхнее кольцо 124 и верхний колпачок 125 могут содержать круговую верхнюю поверхность 114 и могут содержать по меньшей мере часть верхней поверхности 102. Круговые уплотнительные кольца 126 и 127 могут содержать уплотнение 104.

- Размер перфорационных отверстий в перфорированной внутренней трубе 120 и перфорированной промежуточной трубе 121 выбирают таким образом, чтобы обеспечить равномерный поток реагентов и продуктов через катализатор, при этом сохраняя катализатор внутри кругового контейнера 110. Таким образом, следует
- 5 понимать, что их размер будет зависеть от размера используемых частиц катализатора. В альтернативной системе размер перфорационных отверстий может быть более большим, но при этом может иметься фильтровальная сетка, покрывающая перфорационные отверстия для обеспечения сохранения катализатора внутри кругового контейнера 110.
- 10 Следует понимать, что перфорационные отверстия могут иметь любую приемлемую конфигурацию. Действительно, если стенка или труба описана как перфорированная, то требуется только наличие средств, позволяющих реагентам и продуктам проходить через стенки или трубы.
- 15 Нижняя поверхность 101, например нижний колпачок 123, может иметь такую форму, чтобы зацепляться с верхним концом другого носителя 10 катализатора. Например, нижняя поверхность 101 может содержать круговое углубление 130 вокруг перфорированной внутренней трубы 120. Верхний колпачок 125 может иметь такую форму, чтобы зацепляться в круговом углублении 130 другого носителя 10
- 20 катализатора. Например, верхний колпачок 125 может содержать круговое кольцо 131, которое выступает из корпуса 132 кругового вкладыша. Круговое кольцо 131 может иметь такую форму и размеры, чтобы оно могло размещаться в круговом углублении 130.
- 25 Нижняя поверхность 101, например нижний колпачок 123 и/или торцевая поверхность 116 канала, может включать одно или более дренажных отверстий. При наличии одного или более дренажных отверстий они могут быть покрыты фильтровальной сеткой.
- 30 Круговое верхнее кольцо 124 может иметь такую форму и размеры, чтобы зацепляться в верхнем конце наружной трубы 122. Корпус 132 кругового вкладыша верхнего колпачка 125 может иметь наружный диаметр, обеспечивающий возможность зацепления с центральным отверстием кругового верхнего кольца 124. Зацепление

верхнего колпачка 125 с круговым верхним кольцом 124 может обеспечивать зажатие и удержание круговых уплотнительных колец 126 и 127 в положении.

5 Верхний колпачок 125 может содержать центральное впускное отверстие 134 в корпусе 132 кругового вкладыша для обеспечения ввода жидкостей и газов в верхний конец внутреннего канала 112. Круговое кольцо 131 может содержать боковые отверстия 133, которые позволяют жидкостям и газам достигать центрального впускного отверстия 134.

10 Наружная стенка 103 носителя может быть гладкой или иметь некоторую форму. Приемлемые формы включают в себя складки, гофры и т. п.

15 Отверстия 105 в наружной стенке 103 носителя могут иметь любую конфигурацию. В некоторых вариантах осуществления отверстия 105 могут представлять собой отверстия или пазы.

20 Наружная стенка 103 носителя может продолжаться над уплотнением 104. Таким образом, уплотнение 104 может быть расположено в верхней части носителя 10 катализатора, необязательно в виде части верхней поверхности 102, или оно может быть расположено в приемлемой точке на наружной стенке 103 носителя при условии, что она расположена над отверстиями 105 в наружной стенке 103 носителя.

25 Уплотнение 104 может быть достаточно сжимаемым, чтобы вмещать трубу 8 реактора наименьшего диаметра. Уплотнение 104 может по существу представлять собой гибкое скользящее уплотнение. Уплотнение 104 может входить в зацепление с внутренней поверхностью трубы 8 реактора таким образом, что жидкости и газы, проходящие вдоль трубы 8 реактора, предпочтительно направляются для протекания через внутреннюю часть носителя 10 катализатора. Уплотнение 104 может, например, быть выполнено с возможностью образования скользящего уплотнения напротив  
30 внутренней поверхности трубы 8 реактора.

В примере, показанном на Фиг. 3–5, уплотнение 104 может содержать деформируемый фланец 140, проходящий от наружной стенки 103 носителя или верхней поверхности 102 носителя 10 катализатора. Фланец 140 может иметь такие

размеры, чтобы они превышали внутренний диаметр трубы 8 реактора таким образом, что, когда носитель 10 катализатора вставляется в трубу 8 реактора, он деформируется для размещения внутри трубы 8 реактора и взаимодействия с ней. Деформируемый фланец 140 содержит наружную часть круговых уплотнительных колец 126 и 127. Внутренняя часть 141 круговых уплотнительных колец 126 и 127 может определять зажимные поверхности, которые размещены и удерживаются между верхним колпачком 125 и круговым верхним кольцом 124. Деформируемый фланец 140 может быть наклонен относительно внутренней части 141. Деформируемый фланец 140 может быть наклонен к верхнему концу носителя 10 катализатора.

Несмотря на то что это описано выше в отношении двух круговых уплотнительных колец 126 и 127, уплотнение 104 в этом примере может, например, содержать один слой материала. Таким образом, уплотнительное кольцо 127 может отсутствовать, а уплотнительное кольцо 126 может быть выполнено, например, в виде непрерывного кругового кольца для обеспечения уплотнения 104. На Фиг. 6–8 дополнительно подробно показан пример уплотнения 104, которое состоит из по меньшей мере первого уплотнительного слоя 126 и второго уплотнительного слоя 127. Уплотнение 104 может содержать более двух герметизирующих слоев 126, 127. Например, оно может содержать четыре, пять или шесть герметизирующих слоев.

На Фиг. 6 представлен пример одного герметизирующего слоя 126. На Фиг. 7 представлено, каким образом может быть обеспечено множество герметизирующих слоев 126a–126f для образования уплотнения 104. На Фиг. 8 представлен другой пример уплотнения 104, образованного из двух герметизирующих слоев 126, 127.

Герметизирующие слои 126, 127 могут содержать участки выполненного как одно целое уплотняющего элемента, например спирального элемента. Альтернативно и как показано на Фиг. 6–8, каждый герметизирующий слой 126, 127 может содержать отдельный уплотняющий элемент.

Первый герметизирующий слой 126 и второй герметизирующий слой 127 перекрывают друг друга. Предпочтительно слои 126, 127 находятся в непосредственном контакте. Каждый герметизирующий слой 126, 127 может

содержать отдельное уплотнительное кольцо. Каждый герметизирующий слой 126, 127 может быть гибким. Каждый герметизирующий слой 126, 127 может содержать круговой элемент. Наружный край каждого кругового элемента может по существу быть выполнен с возможностью соответствия форме внутренней поверхности трубы реактора. Круговой элемент может быть круглым. В некоторых примерах наружный диаметр может составлять от 80 до 90 мм, необязательно примерно 85 мм. Круговой элемент может иметь центральное отверстие 162 для размещения контейнера носителя 10 катализатора. Диаметр центрального входного отверстия 162 может составлять от 55 до 65 мм, необязательно примерно 60 мм. Наружный диаметр может быть выбран так, чтобы достичь требуемого усилия вставки носителя 10 катализатора с учетом внутреннего диаметра трубы реактора, в которую должен быть установлен носитель 10 катализатора.

Каждый герметизирующий слой 126, 127 может содержать множество отклоняемых язычков 160, разделенных пазами 161. Таким образом, каждый из первого герметизирующего слоя 126 и второго герметизирующего слоя 127 (и любых дополнительных герметизирующих слоев) может содержать наружный край 163 с пазами. Каждый герметизирующий слой 126, 127 может содержать от 5 до 80 отклоняемых язычков 160, необязательно от 8 до 60 отклоняемых язычков 160, необязательно примерно 40 отклоняемых язычков 160. Каждая пара отклоняемых язычков 160 может быть разделена одним пазом 161.

Каждый герметизирующий слой 126, 127 может быть образован из единого куска листового материала. Наружный край 163 с пазами может быть образован подходящими средствами, такими как резание, штамповка и т. д. Материал каждого уплотнительного слоя 126, 127 может быть одинаковым или может отличаться. Каждый герметизирующий слой 126, 127 может быть образован из углеродистой стали, алюминия, нержавеющей стали, других сплавов или любого материала, способного выдерживать условия реакции. Значения толщины каждого герметизирующего слоя 126, 127 могут быть одинаковыми или могут быть разными. Для конфигурирования различных герметизирующих слоев с разными характеристиками, включая, например, гибкость, жесткость, сжимаемость и т. п., можно использовать различные значения толщины. Каждый герметизирующий слой 126, 127 может иметь толщину, выбранную для достижения требуемого усилия

вставки и гибкости отклоняемых язычков 160. В некоторых примерах толщина каждого герметизирующего слоя 126, 127 может составлять от 15 мкм до 500 мкм (от 0,015 мм до 0,5 мм).

- 5 Пазы 161 могут варьироваться по ширине от относительно узких, как в примере на Фиг. 6, до относительно широких, как в примере на Фиг. 8. Пазы 161 могут содержать боковые стенки 164 (как лучше всего видно на Фиг. 8), которые параллельны или отклоняются к наружному краю соответствующего герметизирующего слоя 126, 127. Пазы 161 могут иметь U-образную или V-образную форму.
- 10

- Второй герметизирующий слой 127 предпочтительно смещен в окружном направлении вокруг продольной оси носителя 10 катализатора относительно первого герметизирующего слоя 126 таким образом, чтобы пазы 161 второго герметизирующего слоя 127 были выровнены с отклоняемыми язычками 160 первого герметизирующего слоя 126. Преимуществом такого смещения по окружности является минимизация обхода газа.
- 15

- Первый герметизирующий слой 126 и второй герметизирующий слой 127 могут проходить перпендикулярно от контейнера 100. В альтернативном варианте осуществления первый герметизирующий слой 126 и второй герметизирующий слой 127 могут быть наклонены к верхнему концу контейнера 100, например к верхней поверхности 102.
- 20

- 25 В некоторых вариантах осуществления носитель 10 катализатора может содержать три или более герметизирующих слоя 126, 127, каждый из которых содержит множество отклоняемых язычков 160, разделенных пазами 161. Каждый герметизирующий слой 126, 127 может быть смещен в окружном направлении вокруг продольной оси носителя 10 катализатора относительно по меньшей мере одного из других герметизирующих слоев 126, 127 таким образом, чтобы пазы 161 каждого герметизирующего слоя 126, 127 могли быть выровнены с отклоняемыми язычками 160 по меньшей мере одного из других герметизирующих слоев 126, 127.
- 30
- Предпочтительно пазы 161 каждого герметизирующего слоя 126, 127 могут быть выровнены с отклоняемыми язычками 160 одного или обоих смежных

герметизирующих слоев 126, 127. Например, как показано на Фиг. 7, пазы 161 герметизирующего слоя 126с выровнены с отклоняемыми язычками 160 обоих герметизирующих слоев 126b и 126d.

5 Внутренний край герметизирующих слоев 126, 127 могут быть присоединены друг к другу. Присоединение может быть создано до или после присоединения герметизирующих слоев 126, 127 к контейнеру 100, например посредством сварки.

10 Каждый герметизирующий слой 126, 127 может содержать шпонку или шпоночную канавку (не показана) для зацепления комплементарной шпоночной канавки или шпонки на контейнере 100 для поддержания относительного совмещения герметизирующих слоев 126, 127 друг с другом при вращении.

15 Внутренняя часть каждого герметизирующего слоя 126, 127 может образовывать зажимную поверхность, которая размещена и удерживается между верхним колпачком 125 и круговым верхним кольцом 124.

20 Как отмечено выше, в соответствии с настоящим описанием некоторые из носителей катализатора, вставленные в трубу 8 реактора, соединены вместе с образованием связанного набора 10а. Для этого носители 10 катализатора из связанного набора 10а снабжены средствами, позволяющими соединять их вместе. Например, смежные носители 10 катализатора из связанного набора 10а могут быть соединены вместе посредством зацепления одного или более взаимодействующих образований.

25 В некоторых примерах каждый носитель 10 катализатора из связанного набора 10а может содержать, как показано на Фиг. 9–11, верхние взаимодействующие образования 150, расположенные на верхнем конце контейнера 100 или по направлению к нему, и нижние взаимодействующие образования 151, расположенные на нижнем конце контейнера 100 или по направлению к нему. Таким образом, смежные носители 10 катализатора могут быть соединены друг с другом посредством  
30 зацепления нижних взаимодействующих образований 151 на одном носителе 10 катализатора с верхними взаимодействующими образованиями 150 смежного носителя 10 катализатора связанного набора 10а.

Верхние взаимодействующие образования 150 и нижние взаимодействующие образования 151 могут быть выполнены с возможностью зацепления и расцепления посредством относительного вращательного движения смежных носителей 10 катализатора. Например, верхние взаимодействующие образования 150 и нижние взаимодействующие образования 151 могут иметь форму байонетных соединений, как проиллюстрировано.

В некоторых примерах верхние взаимодействующие образования 150 предусмотрены над уплотнением 104. Например, верхние взаимодействующие образования 150 могут быть предусмотрены на или в составе кругового кольца 131 и/или на верхней части наружной стенки 103 носителя.

Дополнительное множество носителей 10b катализатора могут быть отсоединены друг от друга. Альтернативно в некоторых примерах два или более носителей 10 катализатора из дополнительного множества носителей 10b катализатора могут быть зацеплены вместе с образованием набора для вставки. Однако дополнительное множество носителей 10b катализатора, независимо от того, расположены ли они отдельно или в наборах для вставки, остаются отсоединенными от связанного набора 10a. Каждый набор для вставки дополнительного множества носителей 10b катализатора может содержать, например, два, три или более носителей 10 катализатора, которые уложены друг на друга. Носители 10 катализатора могут быть постоянно зацеплены друг с другом с помощью таких средств, как сварка. Однако более предпочтительно носители 10 катализатора выполнены с возможностью разъёмного взаимодействия друг с другом. Разъёмное взаимодействие может быть, например, выполнено посредством взаимодействующих образований 150, 151 одного типа, как описано выше.

Связанный набор 10a может состоять только из носителей 10 катализатора, каждый из которых содержит катализатор. Однако в альтернативных примерах связанный набор 10a может дополнительно содержать один или более блоков, которые не содержат катализатор. Например, как показано на Фиг. 2, связанный набор 10a может содержать разделительный блок 200, соединенный с носителями 10 катализатора связанного набора 10a. Разделительный блок 200 может быть соединен с одним концом связанного набора 10a. Предпочтительно при установке связанного набора

10а в трубу 8 реактора разделительный блок 200 может быть выровнен с верхней трубной решеткой 6 трубчатого реактора 1. Разделительный блок 200 может функционировать для обеспечения того, чтобы весь катализатор, содержащийся в связанном наборе 10а, был расположен под верхней трубной решеткой 6 в зоне 4  
5 теплообмена. Разделительный блок 200 также может выполнять функцию предотвращения во время работы ползучести носителей 10 катализатора вверх, которая в противном случае могла бы возникнуть, если бы на уровне верхней трубной решетки 6 оставалось свободное пространство. Разделительный блок 200 может содержать выступающий фланец 202, как показано на Фиг. 2, который может входить  
10 в зацепление с верхней трубной решеткой 6 для обеспечения исходного уровня для положения вставки разделительного блока 200 и тем самым связанного набора 10а.

Средства соединения разделительного блока 200 и смежного носителя 10 катализатора из связанного набора 10а могут быть такими же, как описано выше для  
15 самих носителей 10 катализатора, например байонетное соединение, посадка с натягом и т. д.

Разделительный блок 200 может содержать точку 201 крепления для облегчения извлечения связанного набора 10а из верхнего впускного конца реакторной трубы 8.  
20 На Фиг. 2 точка 201 крепления приведена в качестве примера в виде кольца.

По меньшей мере один из носителей 10 катализатора связанного набора 10а может быть обеспечен уплотнением 104. В некоторых примерах уплотнение 104 носителей 10 катализатора связанного набора 10а может отличаться по конфигурации от  
25 уплотнения 104, предусмотренного на носителях 10 катализатора дополнительного множества носителей 10b катализатора. Например, уплотнение 104 носителей 10 катализатора связанного набора 10а может быть более гибким, чем уплотнение 104, предусмотренное на носителях 10 катализатора дополнительного множества носителей 10b катализатора. В других отношениях носители 10 катализатора  
30 связанного набора 10а могут иметь такую же общую конфигурацию, описанную выше и проиллюстрированную на Фиг. 3–5.

Предпочтительно уплотнение или уплотнения 104 связанного набора 10а выполняется (выполняются) с возможностью обеспечения установки связанного

- набора 10а в трубу 8 реактора в первом направлении и извлечения из трубы 8 реактора во втором направлении, противоположном первому направлению. Например, каждое уплотнение 104 может быть выполнено с возможностью образования скользящего уплотнения напротив внутренней поверхности трубы 8 реактора. Скользящее уплотнение может быть выполнено с возможностью скольжения в обоих направлениях. В некоторых примерах уплотнение 104 может содержать кольцо круглого сечения, кольцо из керамического волокна или металлическое щеточное уплотнение.
- 10 В некоторых примерах уплотнение 104 может быть одного из типов, описанных выше, например деформируемым фланцем 140 или множеством герметизирующий слоев 126, 127, которые вместе работают как уплотнение. Если уплотнение 104 содержит деформируемый фланец 140, проходящий от наружной стенки 103 носителя или верхней поверхности 102 носителя 10 катализатора, материал и/или толщина деформируемого фланца 140 могут быть выбраны таким образом, чтобы уплотнение 15 104 было более гибким, чем уплотнение 104 носителей 10 катализатора из дополнительного множества носителей 10b катализатора. Если уплотнение 104 содержит множество герметизирующих слоев 126, 127, материал, и/или толщина, и/или количество герметизирующих слоев могут быть выбраны таким образом, чтобы 20 уплотнение 104 было более гибким, чем уплотнение 104 носителей 10 катализатора из дополнительного множества носителей 10b катализатора. Например, уплотнение 104, будучи более гибким, может позволять ему принимать другую конфигурацию при установке в трубу 8 реактора и извлечении из нее. Например, уплотнение 104 может быть деформировано при установке в первую конфигурацию, в которой фланец 140 25 или слои 126, 127 изгибаются в направлении назад к впускному концу трубы 8 реактора. Уплотнение 104 может быть деформировано при извлечении во вторую конфигурацию, в которой фланец 140 или один или более слоев 126, 127 во время извлечения изгибаются назад, к выпускному концу трубы 8 реактора.
- 30 Загрузка носителей 10 катализатора (как связанного набора 10а, так и дополнительного множества носителей 10b катализатора) в трубы 8 реактора может быть осуществлена с использованием инструмента. Инструмент может приводиться в движение вручную, гидравлически, пневматически или электромеханически. Инструмент может использоваться для установки носителей 10 катализатора в трубу

8 реактора и извлечения из нее. Инструмент может содержать подвижный поршень, например поршень с ручным или гидравлическим приводом, выполненный с возможностью проталкивания и/или вытягивания несущих носителей 10 в трубу 8 реактора и/или из нее.

5

На Фиг. 12 показан пример инструмента, выполненного в виде монтажного инструмента 20, содержащего монтажную раму, гидравлический поршень, смонтированный на монтажной раме, и один или более анкеров для крепления

10 монтажной рамы к верхней трубной решетке 6 трубчатого реактора 1. Анкеры функционируют с возможностью разъемного взаимодействия монтажной рамы и, соответственно, монтажного инструмента 20 с трубчатым реактором 1. Монтажный инструмент может образовывать часть монтажной системы, которая дополнительно содержит источник движущей силы. Источник движущей силы может быть расположен снаружи трубчатого реактора 1 и выполнен с возможностью

15 перемещения подвижного поршня монтажного инструмента 20.

Во время вставки в трубу 8 реактора уплотнение 104 носителя 10 катализатора может герметично взаимодействовать с внутренней поверхностью трубы 8 реактора. В частности, взаимодействие уплотнения 104 с трубой 8 реактора может привести к

20 деформации уплотнения 104. Деформация уплотнения 104 может привести к возникновению усилий противодействия, которые могут способствовать поддержанию осевого положения носителей 10 катализатора внутри трубы 8 реактора после установки. Кроме того, деформация уплотнения 104 может использоваться для обеспечения непроницаемого для жидкостей и/или газонепроницаемого уплотнения

25 между верхним концом носителей 10 катализатора и внутренней поверхностью трубы 8 реактора.

После установки в трубу 8 реактора носители 10 катализатора могут образовывать многоуровневую структуру, один поверх другого, при этом их продольные оси

30 выровнены и совпадают друг с другом.

Во время эксплуатации носители 10 катализатора первоначально устанавливаются в трубы 8 трубчатого реактора 1 для предпочтительно заполнения или по существу заполнения трубчатого реактора 1. По меньшей мере для некоторых из труб 8

реактора и предпочтительно для большинства или даже для всех труб 8 реактора, которые содержат пакет носителей 10 катализатора, связанный набор 10а носителей 10 катализатора установлен после и над дополнительным множеством носителей 10b катализатора так, что связанный набор 10а находится вблизи впускного конца трубы 8 реактора. Связанный набор 10а и дополнительное множество носителей 10b катализатора проходят по меньшей мере частично между впускным концом трубы 8 реактора и выпускным концом трубы 8 реактора. Важно отметить, что дополнительное множество носителей 10b катализатора не соединены со связанным набором 10а.

10

Связанный набор 10а может, например, содержать от 2 до 20 и предпочтительно от 5 до 15 носителей 10 катализатора, необязательно вместе с разделительным блоком 200. Связанный набор такого размера может быть достаточно длинным, чтобы он включал все носители 10 катализатора, которые, вероятно, будут в значительной степени затронуты отравлением, и в то же время иметь размер, достаточно практичный для эффективного извлечения со значительной экономией времени по сравнению с заменой всех носителей 10 катализатора в трубе.

15

Затем трубчатый реактор 1 запускается для пропускания одного или более реагентов через трубу 8 реактора от впускного конца к выпускному концу каждой из них. В трубчатом реакторе 1 с нисходящим потоком, использующем носители 10 катализатора, которые показаны на Фиг. 3–5 и 9–11, реагент (-ы) течет (текут) вниз через каждую трубу 8 реактора и, таким образом, сначала контактирует (-ют) с верхней поверхностью 102 самого верхнего носителя 10 катализатора связанного набора 10а. Уплотнение 104 не допускает прохождения реагента (-ов) мимо боковой стороны носителя 10 катализатора. Таким образом, верхняя поверхность 102 направляет реагенты вовнутрь через боковые отверстия 133 в центральное впускное отверстие 134 на верхнем конце внутреннего канала 112 с внутренней стороны внутренней стенки 111 контейнера, образованной перфорированной внутренней трубой 120.

20

25

30

Затем реагент (-ы) поступает (-ют) в круговой контейнер 110 через перфорированную внутреннюю трубу 120, а затем проходит (-ят) в радиальном направлении через слой катализатора по направлению к наружной стенке 113 контейнера, образованной

перфорированной промежуточной трубой 121. Во время этого прохождения реагент (-ы) контактирует (-ют) с катализатором и происходит реакция с образованием продукта (-ов).

5 Затем непрореагировавший (-ие) реагент (-ы) и продукт (-ы) вытекает (-ют) из кругового контейнера 110 через перфорированную промежуточную трубу 121. Затем наружная стенка 103 носителя, образованная наружной трубой 122, направляет реагент (-ы) и продукт (-ы) вверх между внутренней поверхностью наружной стенки 103 носителя и перфорированной промежуточной трубой 121 до тех пор, пока они не достигнут отверстий 105 в наружной стенке 103 носителя. Затем они направляются  
10 через отверстия 105 и протекают вниз между наружной поверхностью наружной стенки 103 носителя и внутренней поверхностью трубы 8 реактора, где происходит теплопередача.

15 Затем непрореагировавший (-ие) реагент (-ы) и продукт (-ы) может (могут) контактировать с верхней поверхностью 102 нижележащего носителя 10 катализатора в стопочной структуре, и описанный выше процесс может быть повторен. Этот процесс может повторяться по мере того, как реагент (-ы) и продукт (-ы) проходит (-ят) вниз по стопочной структуре до тех пор, пока они не будут собраны за пределами  
20 нижнего конца трубы 8 реактора.

Некоторые из продуктов, особенно жидкие продукты, могут вытекать из внутреннего канала 112 через дренажное отверстие, предусмотренное в торцевой поверхности 116 канала, во внутренний канал 112 нижележащего носителя 10 катализатора. Затем  
25 такие продукты могут продолжать стекать вниз по стопочной структуре носителей 10 катализатора, после чего их собирают на нижнем конце труб 8 реактора.

Во время или после эксплуатации, а также, например, если определено, что произошло отравление, способ включает извлечение связанного набора 10а из  
30 впускного конца трубы 8 реактора при сохранении дополнительного множества носителей 10b катализатора внутри трубы 8 реактора. Связанный набор 10а может, например, быть извлечен посредством крепления гидравлического поршня монтажного инструмента 20 к точке 201 крепления и вытягивания связанного набора

10a вверх и из трубы 8 реактора, так что все узлы связанного набора 10a (например, носители 10 катализатора и разделительный блок 200) извлекаются за один раз.

5 Не обязательно инструмент, например монтажный инструмент 20, может быть выполнен с возможностью одновременного извлечения связанных наборов 10a из двух или более труб 8 реактора.

10 Дополнительно затем способ может предусматривать продолжение установки в трубу 8 реактора свежего связанного набора 10a из двух или более носителей 10 катализатора для замены извлеченного связанного набора 10a.

15 Извлечение и замена связанного набора 10a могут быть выполнены на каждой из труб 8 трубчатого реактора 1, например когда трубы 8 реактора имеют общее верхнее пространство 3.

### Формула изобретения

1. Способ эксплуатации трубчатого реактора, содержащего множество труб реактора, выполненных с возможностью приема носителей катализатора, выполненных с возможностью размещения катализатора, причем способ включает по меньшей мере для некоторых из труб реактора следующие стадии:
  - а) соединение двух или более носителей катализатора вместе с образованием связанного набора;
  - б) установка в трубу реактора связанного набора и дополнительного множества носителей катализатора, которые не соединены со связанным набором, так что связанный набор и дополнительное множество носителей катализатора проходят по меньшей мере частично между впускным концом трубы реактора и выпускным концом трубы реактора, причем связанный набор находится вблизи впускного конца;
  - в) эксплуатация трубчатого реактора для пропускания одного или более реагентов через трубу реактора от впускного конца к выпускному концу; и
  - г) впоследствии извлечение связанного набора из впускного конца трубы реактора с сохранением дополнительного множества носителей катализатора внутри трубы реактора.
2. Способ по п. 1, в котором связанный набор извлекают за один раз, сохраняя при этом два или более носителей катализатора связанного набора соединенными друг с другом.
3. Способ по п. 1 или 2, дополнительно включающий следующую стадию:
  - с1) определение того, что произошло отравление, которое повлияло на катализатор, находящийся в связанном наборе, и переход к этапу г) на основе этого определения.
4. Способ по любому предшествующему пункту, дополнительно включающий следующую стадию:
  - е) установка в трубу реактора свежего связанного набора из двух или более носителей катализатора для замены извлеченного связанного набора.

5. Способ по любому предшествующему пункту, в котором связанный набор устанавливают во впускной конец трубы реактора и извлекают из него.
6. Способ по любому предшествующему пункту, в котором два или более носителей катализатора из связанного набора соединены друг с другом байонетным соединением, посадкой с натягом или резьбовым соединением.
7. Способ по любому предшествующему пункту, в котором связанный набор дополнительно содержит разделительный блок, соединенный с двумя или более носителями катализатора, причем разделительный блок расположен на одном конце связанного набора.
8. Способ по п. 7, в котором при установке связанного набора в трубу реактора разделительный блок выравнивают с первым или верхним листом трубчатого реактора.
9. Способ по любому предшествующему пункту, дополнительно включающий обеспечение впускного конца связанного набора точкой крепления, и при этом извлечение связанного набора из впускного конца трубы реактора включает прикрепление инструмента к точке крепления и вытягивание связанного набора из впускного конца с помощью инструмента.
10. Способ по п. 9, в котором инструмент приводят в действие вручную, гидравлически, пневматически или электромеханически.
11. Способ по любому предшествующему пункту, в котором по меньшей мере один из носителей катализатора связанного набора обеспечен уплотнением, которое входит в зацепление с внутренней поверхностью трубы реактора таким образом, что жидкости и газы, проходящие вдоль трубы реактора, предпочтительно направляются для протекания через внутреннюю часть носителя катализатора.
12. Способ по п. 11, в котором уплотнение выполнено с возможностью обеспечения установки носителя катализатора в трубу реактора в первом направлении

и извлечения из трубы реактора во втором направлении, противоположном первому направлению.

13. Способ по п. 11 или п. 12, в котором уплотнение деформируется при установке  
5 носителя катализатора в трубу реактора.

14. Способ по любому из пп. 11–13, в котором уплотнение содержит один или более слоев, проходящих наружу от контейнера носителя катализатора.

10 15. Способ по п. 14, в котором уплотнение содержит по меньшей мере первый герметизирующий слой и второй герметизирующий слой;

причем каждый из первого герметизирующего слоя и второго герметизирующего слоя содержит множество отклоняемых язычков, разделенных пазами;

15 при этом второй герметизирующий слой смещен в окружном направлении вокруг продольной оси носителя катализатора относительно первого герметизирующего слоя таким образом, чтобы пазы второго герметизирующего слоя были выровнены с отклоняемыми язычками первого герметизирующего слоя.

20 16. Способ по п. 14 или п. 15, в котором уплотнение деформируется при установке так, что во время установки один или более слоев изгибаются в направлении назад к впускному концу трубы реактора.

17. Способ по любому из пп. 14–16, в котором уплотнение деформируется при  
25 извлечении так, что во время извлечения один или более слоев изгибаются в направлении назад к выпускному концу трубы реактора.

18. Способ по любому из пп. 11–13, в котором уплотнение содержит кольцо  
30 круглого сечения, кольцо из керамического волокна или металлическое щеточное уплотнение.

19. Связанный набор из двух или более носителей катализатора, причем два или более носителей катализатора соединены друг с другом встык, при этом связанный

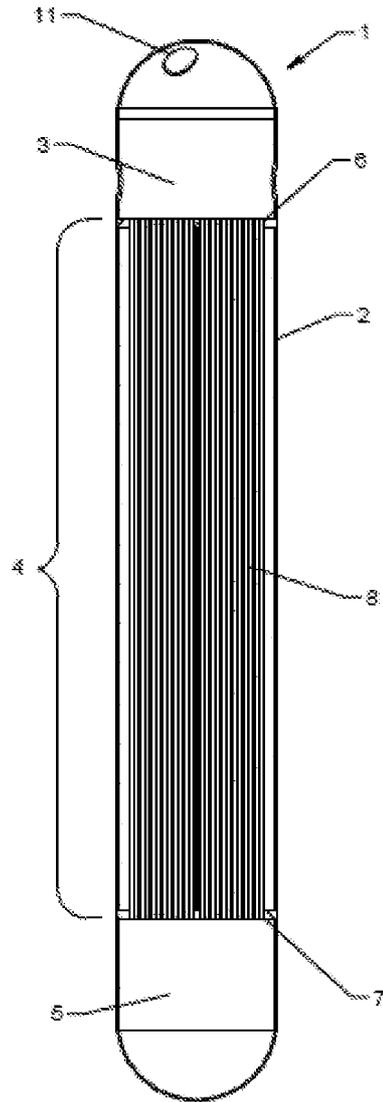
набор содержит точку крепления для извлечения связанного набора за один раз из впускного конца трубы реактора.

20. Связанный набор по п. 19, дополнительно содержащий разделительный блок, соединенный с двумя или более носителями катализатора, причем разделительный блок предусмотрен на одном конце связанного набора и содержит точку крепления.

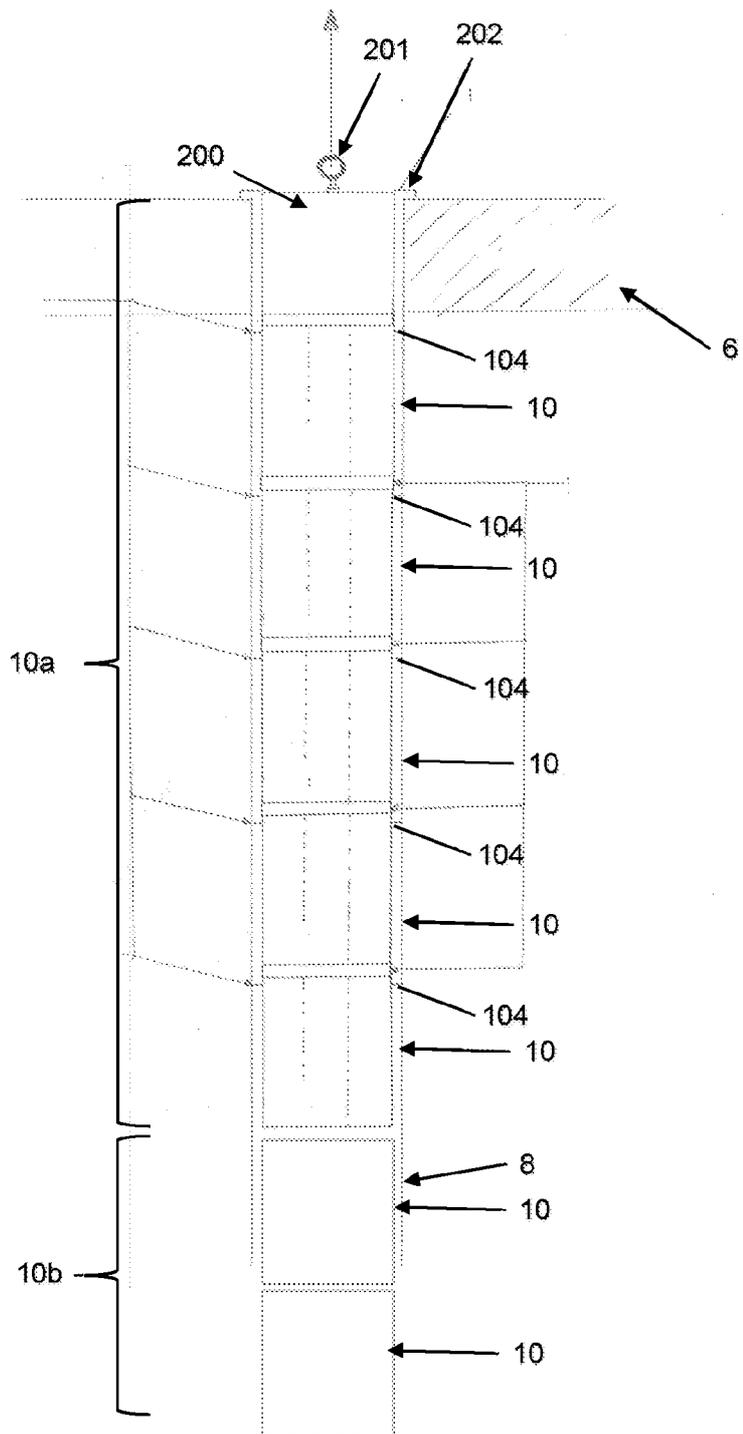
21. Связанный набор по п. 19 или п. 20, причем по меньшей мере один из носителей катализатора связанного набора обеспечен уплотнением для зацепления внутренней поверхности трубы реактора.

22. Связанный набор по п. 21, в котором уплотнение содержит по меньшей мере первый герметизирующий слой и второй герметизирующий слой;  
причем каждый из первого герметизирующего слоя и второго герметизирующего слоя содержит множество отклоняемых язычков, разделенных пазами;  
при этом второй герметизирующий слой смещен в окружном направлении вокруг продольной оси носителя катализатора относительно первого герметизирующего слоя таким образом, чтобы пазы второго герметизирующего слоя были выровнены с отклоняемыми язычками первого герметизирующего слоя.

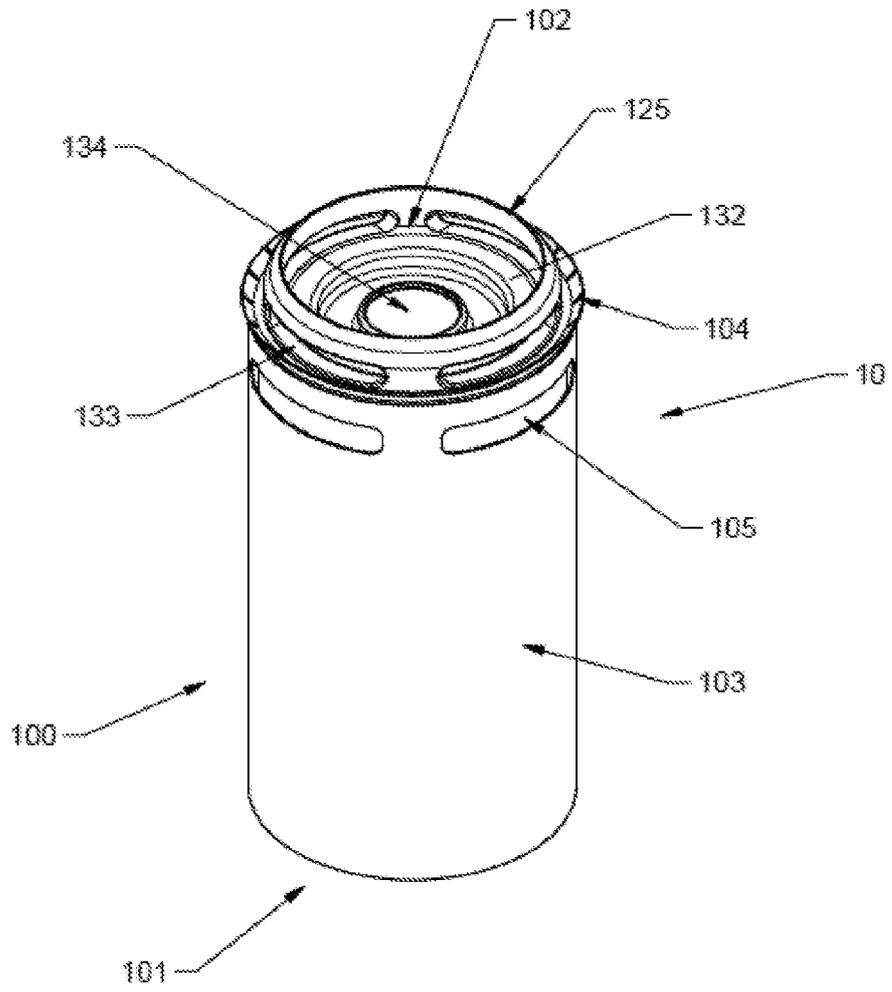
23. Связанный набор по п. 21, в котором уплотнение содержит кольцо круглого сечения, кольцо из керамического волокна или металлическое щеточное уплотнение.



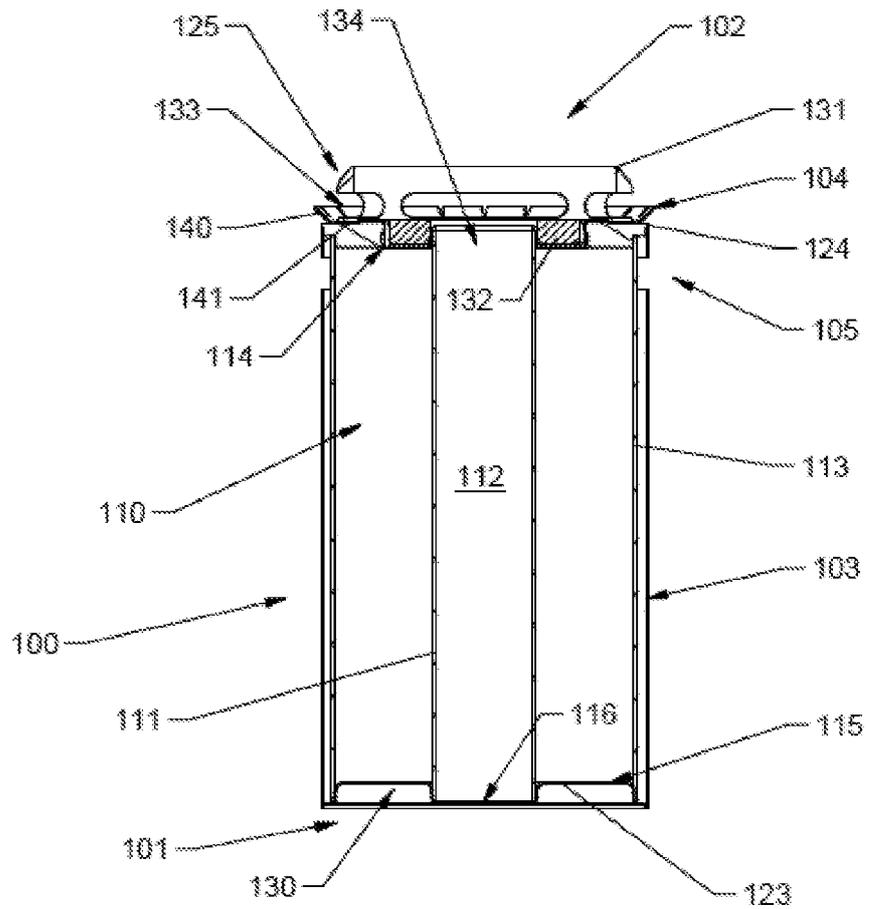
Фиг. 1



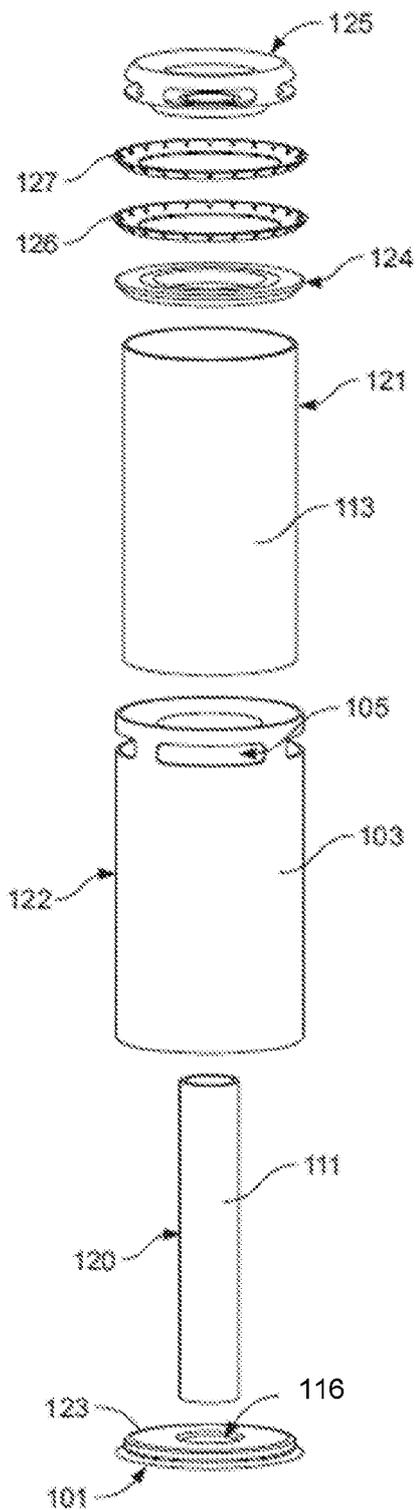
Фиг. 2



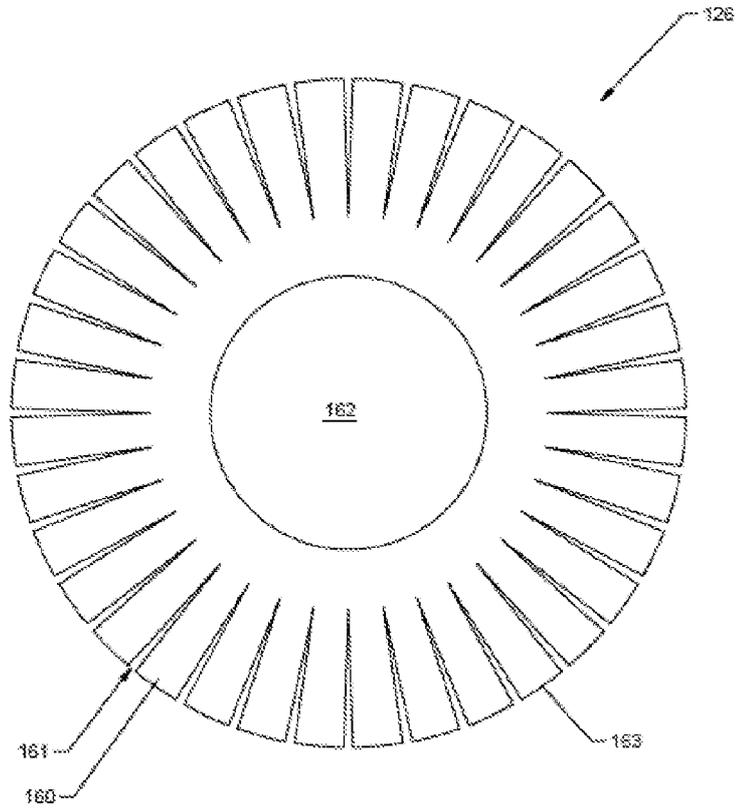
Фиг. 3



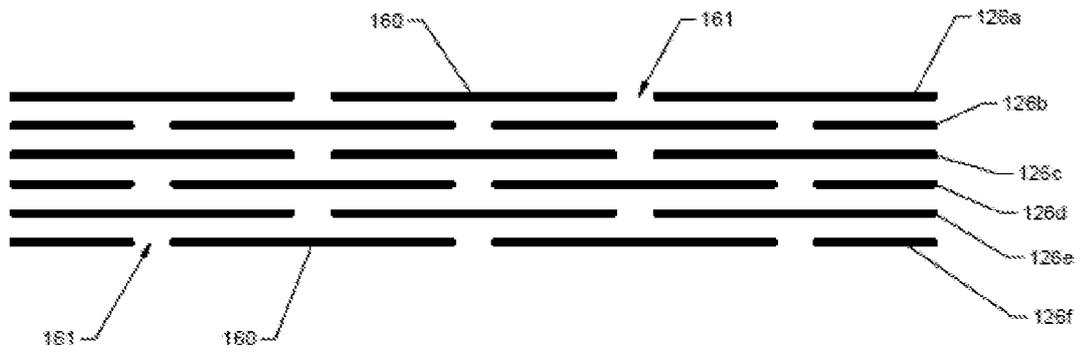
Фиг. 4



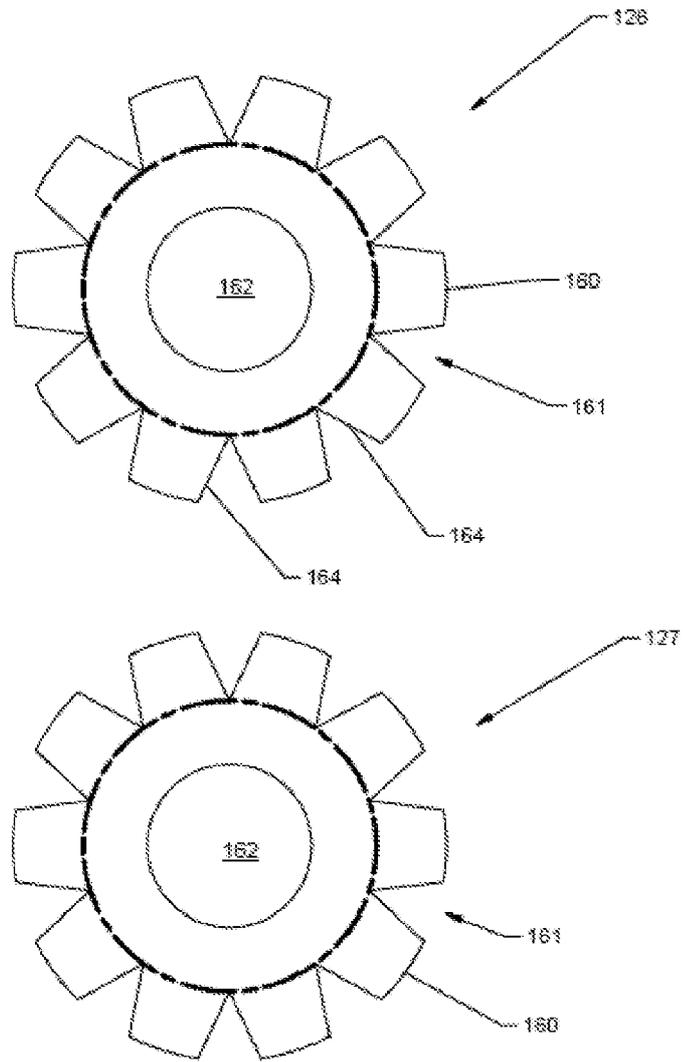
Фиг. 5



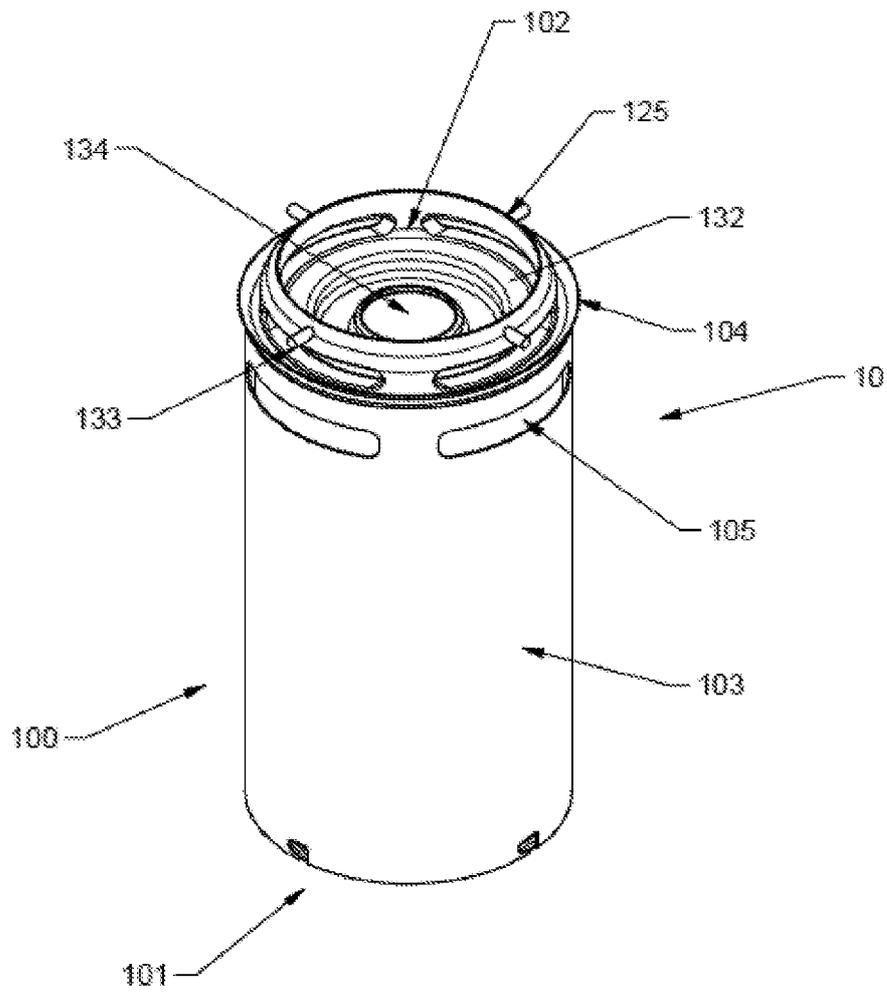
Фиг. 6



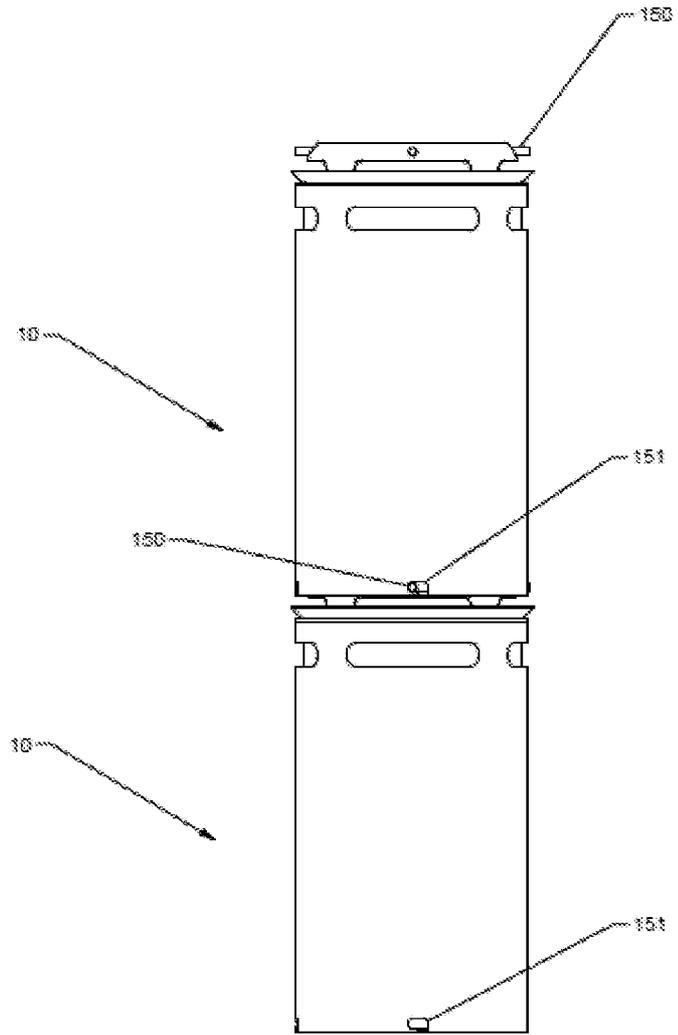
Фиг. 7



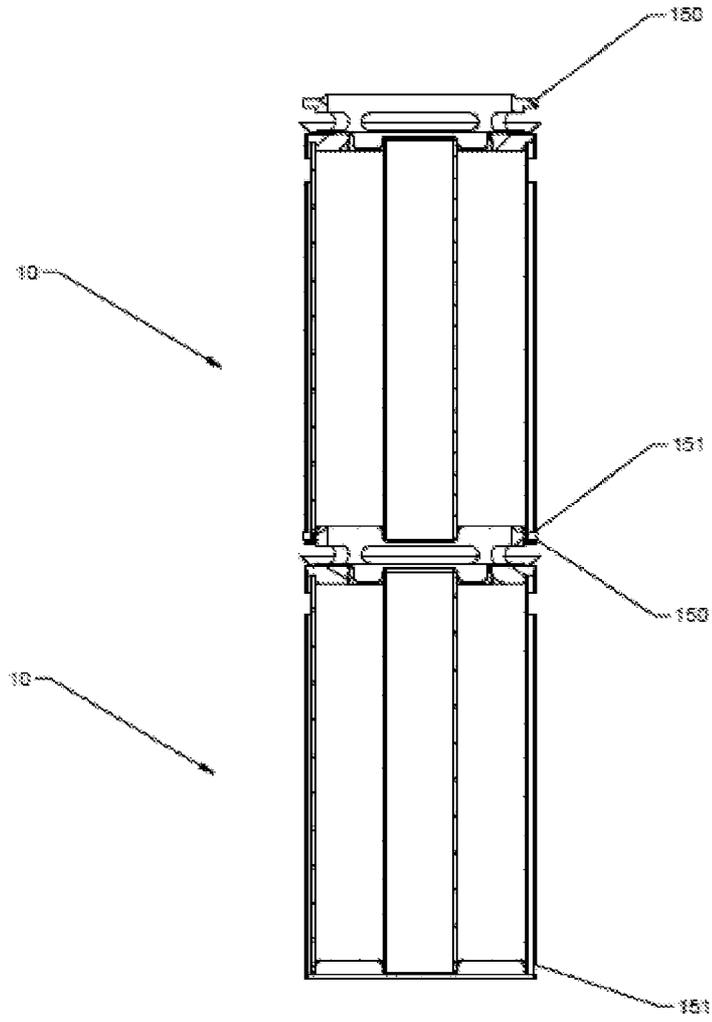
Фиг. 8



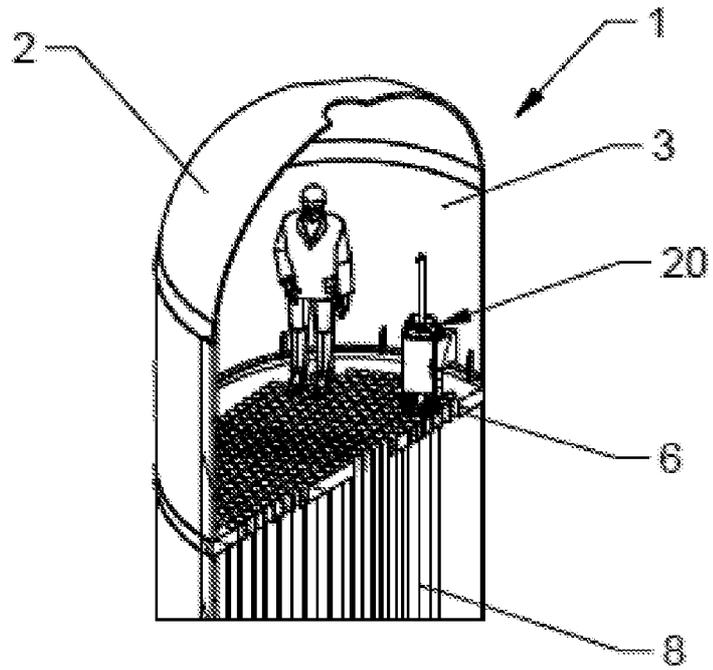
Фиг. 9



Фиг. 10



Фиг. 11



Фиг. 12