

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **041776**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента
2022.12.01

(51) Int. Cl. **B01J 8/02 (2006.01)**
B01J 8/04 (2006.01)

(21) Номер заявки
202091528

(22) Дата подачи заявки
2018.12.19

(54) **АДИАБАТИЧЕСКИЙ КОНВЕРТЕР С ОСЕВЫМ ПОТОКОМ**

(31) **РА 2017 00732**

(56) **EP-A2-0202454**
EP-A1-1419813
US-A-4180543

(32) **2017.12.20**

(33) **DK**

(43) **2020.11.02**

(86) **PCT/EP2018/085897**

(87) **WO 2019/121951 2019.06.27**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
ХАЛЬДОР ТОПСЁЭ А/С (DK)

(72) Изобретатель:
Шпет Кристиан Хенрик, Даль Пер
Юуль (DK)

(74) Представитель:
Беляева Е.Н. (BY)

(57) Изобретение касается адиабатического конвертера с осевым потоком, в котором технологический газ поступает от внешнего кольцевого пространства во внутреннюю центральную трубу через слой катализатора, причем осуществляют конверсию технологического газа с получением продукта, при этом слой катализатора содержит по меньшей мере один модуль, содержащий один или более слоев катализатора. Для подачи потока технологического газа от внешнего кольцевого пространства к входной части одного или более модулей предусмотрено устройство подачи, а для подачи полученного в результате конверсии технологического газа потока продукта, который проходит в осевом направлении через слой катализатора в одном или более модулях в центральную трубу, предусмотрено коллекторное устройство.

041776
B1

041776
B1

Изобретение относится к адиабатическому конвертеру с осевым потоком, в котором технологический газ поступает от внешнего кольцевого пространства во внутреннюю центральную трубу через слой катализатора, причем осуществляют конверсию технологического газа с получением продукта.

В частности, настоящее изобретение относится к техническим решениям изотермических или псевдоизотермических химических реакторов. Известно, что изотермические или псевдоизотермические химические реакторы снабжены внутренним теплообменником, который используют для обеспечения реактора теплом или для отвода тепла химической реакции, которая происходит в реакторе. Теплообменник, как правило, расположен в каталитическом слое внутри реакционной зоны, и он служит для поддержания температуры реагентов в оптимальном диапазоне и для компенсации тепла, которое вырабатывается или поглощается в ходе самой реакции. Помимо прочего изотермические реакторы обычно используют на заводах по производству метанола или аммиака, при этом реакции синтеза метанола и аммиака являются экзотермическими.

Общеизвестно, что для области промышленного производства химических соединений, таких как метанол и аммиак, необходимо разработать процессы гетерогенного синтеза с высоким коэффициентом конверсии реагентов, а также разработать установки с большими мощностями и с низким энергопотреблением, которые не требовали бы больших капиталовложений. Для таких целей известны реакторы для осуществления каталитических химических реакций с практически цилиндрическим внешним корпусом с соответствующими входными/выходными отверстиями для реагентов и продуктов реакции и с каталитическим слоем, в который встроен теплообменный блок, способный отводить тепло от реагирующих газов, если реакция является экзотермической, или наоборот, способный обеспечивать реактор теплом, если реакция является эндотермической. Такие реакторы именуется псевдоизотермическими или просто изотермическими, поскольку температура в реакторе поддерживается теплообменным блоком в определенном диапазоне.

Конвертеры аммиака представляют собой сложные устройства из-за того, что, как уже упоминалось, синтез аммиака из азота и газообразного водорода (приблизительно в отношении 1:3) является экзотермической реакцией, которая проходит при высоких температурах и при высоком давлении. Таким образом, между несколькими каталитическими зонами, как правило, используют промежуточное охлаждение для поддержания кинетики и условий равновесия для обеспечения оптимальной эффективности конверсии. Кроме того, при этом должна быть предусмотрена возможность обслуживания каталитических зон, например, для регулярного удаления и замены катализаторов, когда катализаторы теряют эффективность.

Из-за того, что конвертеры аммиака представляют собой сложные устройства, и из-за того, что они являются важной частью оборудования, предпринимается много усилий для повышения их эффективности. Так, в документе US 2004/0096370 A1 описан вертикальный конвертер аммиака с отдельным потоком, в котором каталитическая зона с неподвижным слоем катализатора механически разделена на два параллельно функционирующих объема катализатора и два газовых потока. При такой конструкции отношение газового потока к объему катализатора поддерживают таким образом, что эффективность катализатора не снижается. Слои катализатора и линии газового потока выполнены таким образом, что через каждый объем катализатора газовый поток поступает сверху вниз.

В соответствии с документом US 2008/0014137 A1, производство аммиака осуществляют в конвертере, в котором могут быть обеспечены псевдоизотермические условия с помощью конвекционного охлаждения реакционной зоны путем расположения по меньшей мере части указанной зоны в непрямом контакте с потоком горячего газа, например, отработанного газа или предварительно нагретого газа.

Использование реакторов с осевым радиальным потоком в процессах синтеза само по себе известно специалистам. Такое использование известно, например, из документа US 5.427.760, в котором описаны реакторы с осевым радиальным потоком в контуре синтеза Брауна с внешним теплопоглотителем. В документе US 4.372.920 описан реактор с осевым радиальным потоком для использования в гетерогенном синтезе, а в документе US 5.352.428 описан синтез аммиака с высокой эффективностью конверсии. На фиг. 4 указанного последним патента США приведено изображение реактора с осевым радиальным потоком, предназначенного для использования в описанном устройстве и процессе.

В документе US 2002/0102192 A1 описан каталитический реактор, в котором может быть обеспечен осевой радиальный поток, преимуществом чего является уменьшение разницы давлений, при этом отсутствует необходимость в использовании сложных внутриреакторных устройств. В указанном реакторе имеются входные и выходные порты и слой катализатора в виде частиц, который расположен вокруг центральной зоны, которая имеет сообщение с одним из портов и в которой обеспечивается меньшее сопротивление потоку по сравнению с частицами катализатора. Высота центральной области в слое катализатора равна высоте, по меньшей мере, большей части слоя катализатора, внешняя поверхность слоя катализатора меньше поверхности реактора, таким образом, между внешней поверхностью слоя катализатора и внутренними стенками реактора остается пространство, при этом указанное пространство заполнено материалом в виде частиц, который обеспечивает меньшее сопротивление потоку по сравнению с частицами катализатора.

В документе EP 2167226 B1 описана система стенок для каталитических слоев реакторов гетеро-

генного синтеза химических соединений. Такие реакторы снабжены неподвижными слоями катализатора, поперек которых проходит поток синтез-газа, в частности, осевой радиальный поток. Эта конструкция может иметь сходство с конструкцией реактора по настоящему изобретению, однако в указанном документе не рассматривается конфигурация емкости.

Многослойный каталитический конвертер с промежуточными межслойными теплообменниками, содержащий несколько каталитических слоев, расположенных один над одним, и обычное теплообменное устройство, описан в документе EP 2759338 A1. Конструкция этого конвертера имеет мало общего с конструкцией реактора с осевым/радиальным потоком по настоящему изобретению.

Наконец, в документе US 2004/0204507 A1 описан охлаждаемый конвертер с осевым радиальным потоком, содержащий кольцевой слой катализатора и несколько охлаждающих панелей, которые расположены радиально внутри слоя катализатора, и которые окружают центральную трубу. Слой катализатора и корпус конвертера образуют внешнее кольцевое пространство, через которое в слой катализатора поступает технологический газ. Технологический газ поступает через слой катализатора в осевом радиальном направлении и затем собирается в центральной трубе. Конвертер с осевым/радиальным потоком по настоящему изобретению отличается от конвертера, описанного в указанной заявке на патент США, в том аспекте, что слой катализатора разделен на несколько одинаковых модулей, которые расположены один над одним, а также в том аспекте, что технологический газ поступает через охлаждающие панели для предварительного нагревания газа.

Когда в каталитическом конвертере с неподвижным слоем необходим низкий перепад давления, зачастую предпочтительным является тип конвертера с радиальным потоком. Тем не менее, в отдельных случаях, например, в случае с охлаждаемым слоем катализатора, в случае усадки катализатора или в случае, когда частицы катализатора имеют низкую прочность одновременно при большой высоте слоя катализатора, такое решение не является целесообразным, поэтому в таких случаях предпочтительными являются реакторы с межслойным охлаждением или параллельные реакторы.

Решение может состоять в замене слоя с радиальным потоком несколькими, расположенными одна над одной одинаковыми емкостями с осевым потоком. Несмотря на то, что в каждой отдельной емкости направление потока является осевым, весь блок может представлять собой реактор с радиальным потоком, в котором, например, исходный поток идет от внешнего кольцевого пространства, а выходящий поток из реактора поступает во внутреннюю трубу. Высота слоя может регулироваться таким образом, чтобы обеспечить соответствие требованию по перепаду давления и силе катализатора без изменения принципиальной схемы реактора.

Таким образом, настоящее изобретение относится к адиабатическому конвертеру с осевым потоком, выполненным с возможностью поступления технологического газа от внешнего кольцевого пространства, образованного между корпусом конвертера и слоем катализатора, во внутреннюю центральную трубу через слой катализатора, предназначенного для осуществления в нем конверсии технологического газа с получением продукта, при этом он содержит по меньшей мере один модуль, содержащий один или более слоев катализатора с высотой ($H_{\text{дли}}$), для подачи потока технологического газа от внешнего кольцевого пространства к входной части одного или более модулей предусмотрено устройство подачи, так, что технологический газ проходит в осевом направлении через слой катализатора в одном или более модулях, а для подачи полученного в результате конверсии технологического газа потока продукта в центральную трубу предусмотрено коллекторное устройство, выполненное с возможностью радиальной подачи упомянутого полученного потока продукта в центральную трубу.

Конструкция, когда конвертер включает внешнее кольцевое пространство, через которое подается технологический газ, устройство подачи для подачи технологического газа от кольцевого пространства к входной части, по меньшей мере, одного модуля, содержащего по меньшей мере один слой катализатора, а также коллекторное устройство для сбора потока продукта, т.е. технологического газа, прошедшего через катализатор в модуле, и для подачи собранного потока продукта во внутреннюю центральную трубу, обеспечивает несколько преимуществ, например

в случае экзотермической реакции для корпуса реактора поддерживается минимально возможная температура;

с использованием модулей, содержащих катализатор(-ы), упрощается загрузка/разгрузка катализатора, поскольку загрузка/разгрузка катализатора в модули может осуществляться вне конвертера;

модульная конструкция обеспечивает внутреннее разделение потока, что значительно снижает общий перепад давления в реакторе;

уникальная модульная конструкция позволяет использовать модули с разным диаметром для более эффективного использования объема реактора.

Модульная конструкция обеспечивает низкое отношение диаметра и высоты реактора, в результате чего уменьшается площадь, необходимая для размещения реактора, и упрощается его транспортировка.

В соответствии с еще одним предпочтительным вариантом осуществления конвертер с осевым потоком выполнен с возможностью параллельного и/или последовательного функционирования двух или более модулей. В частности, с использованием конструкции с параллельными модулями обеспечивается конструкция реактора с общим низким перепадом давления в слоях катализатора с осевым потоком. Мо-

дули могут быть расположены параллельно, чтобы уменьшить перепад давления, или модули могут быть расположены последовательно, чтобы увеличить степень конверсии.

Предпочтительно конвертер выполнен с возможностью обеспечения во всех параллельно функционирующих модулях перепада давления Δp и, следовательно, объёмной скорости sv_v в пределах $\pm 5\%$. Это обеспечит равномерное распределение газа относительно катализатора между модулями, чтобы обеспечить одинаковый или практический одинаковый поток технологического газа через модули. Предпочтительно перепад давления между модулями близок к 0% , поскольку это обеспечит равномерное распределение газа между модулями, благодаря чему обеспечивается оптимальная производительность реактора.

Каждый модуль может содержать один или более адиабатических слоев катализатора, причем указанный адиабатический слой (слои) имеет диаметр $d_{\text{ади}}$, площадь поперечного сечения $A_{\text{ади}}$ и высоту $H_{\text{ади}}$, при этом в параллельно функционирующих модулях высота $H_{\text{ади}}$ слоя/слоев адиабатического катализатора является одинаковой $\pm 5\%$, предпочтительно $\pm 0\%$, чтобы обеспечить в конвертере оптимизированный поток через все модули реактора. Каждый из параллельно функционирующих модулей предпочтительно содержит катализатор одного и того же типа.

Модули предпочтительно могут иметь одинаковую или практически одинаковую высоту катализатора и/или могут содержать катализатор одного и того же типа.

Таким образом, предпочтительно, чтобы параллельно функционирующие модули имели одинаковую конфигурацию катализатора, тогда как последовательно функционирующие модули могут иметь разные конфигурации катализатора, поскольку оптимальные требования в отношении практически одинакового Δp для параллельных модулей не применяются к последовательным модулям.

В целом, может быть желательно иметь одинаковую объёмную скорость потока, по меньшей мере, через некоторые модули, предпочтительно через все модули, чтобы обеспечить равную конверсию технологического газа при его прохождении через модули.

Таким образом, предпочтительно модули выполнены с возможностью обеспечения одинаковой объёмной скорости в каждом из модулей, функционирующих параллельно. Например, все модули могут иметь одинаковую высоту и содержать слои одинакового катализатора. Диаметр модулей может варьироваться, например, чтобы модули могли физически размещаться в разных зонах конвертера, при условии, что конфигурация катализатора одинакова для катализатора во всех модулях.

Как правило, корпус реактора имеет дно, а иногда также верхнюю сферическую или эллипсоидальную секцию с уменьшенным диаметром. Важным признаком настоящего изобретения является то, что модули могут иметь разные диаметры также при их параллельном функционировании, что может быть достигнуто при соблюдении вышеуказанных требований к модулю, так как при этом все равно будет достигаться равномерное распределение газа на площадь катализатора.

Все или некоторые модули могут быть снабжены устройствами, позволяющими извлекать модуль из реактора и/или вставлять модуль в реактор, чтобы обеспечить возможность загрузки катализатора/выгрузки катализатора/обслуживания модуля вне реактора.

Модуль/модули предпочтительно имеет/имеют диаметр, который меньше внутреннего диаметра корпуса конвертера/реакционной емкости, оставляя внешнее кольцевое пространство, в котором поступающий неочищенный газ может распределяться в соответствующие модули.

Каждый модуль предпочтительно дополнительно снабжен внутренней центральной трубой, в которой газообразный продукт собирается перед выходом из модулей.

Реактор может иметь две или более модульных секций, при этом каждая модульная секция содержит один или более модулей. Секции могут быть отдельными с возможностью обеспечения различных условий потока и давления.

Зона резкого охлаждения может быть выполнена с возможностью осуществления резкого охлаждения газообразного продукта по меньшей мере из одной модульной секции с получением потока охлажденного продукта, в этом случае конвертер также может содержать устройство для подачи по меньшей мере части охлажденного технологического потока в качестве исходного потока для одной или более последующих секций.

В качестве газа для резкого охлаждения может использоваться свежий технологический газ и/или газ, прошедший частичную конверсию, при необходимости охлажденный технологический газ. Применение резкого охлаждения представляет собой способ снижения реактивной способности газа и отведения тепла из экзотермической реакции.

Модули в разных модульных секциях могут отличаться друг от друга, содержать разные катализаторы и располагаться по-разному. Например, модули в первой секции, куда поступает свежий несмешанный технологический газ с высокой реакционной способностью, могут работать при более низкой температуре и содержать менее реактивный катализатор по сравнению с модулями в следующей секции, куда поступает газообразный продукт из первой секции (при необходимости смешанный, например, с охлажденным технологическим газом), который является менее реактивным по сравнению с несмешанным, не вступавшим в реакцию технологическим газом, который поступает в модули в первой секции.

По меньшей мере две или более модульных секций могут быть выполнены с возможностью парал-

лельного функционирования для обеспечения низкого общего перепада давления. Примером могут служить параллельные секции, каждая из которых содержит два модуля, функционирующих последовательно. Такая конструкция обеспечит значительно меньший перепад давления для двойной объемной скорости.

В качестве альтернативы две или более модульных секций выполнены с возможностью последовательного функционирования, с зоной резкого охлаждения между первой и второй модульными секциями. Расположение модулей в каждой секции может в этом случае меняться.

Кроме того, также возможна комбинация параллельных и последовательных секций, если этого требует процесс реакции. Некоторые модульные секции могут быть расположены параллельно, чтобы уменьшить перепад давления, в то время как другие секции могут быть расположены последовательно, чтобы увеличить степень конверсии.

Помимо прочего конвертер с осевым потоком по настоящему изобретению может быть использован в качестве реактора синтеза аммиака, реактора синтеза метанола, реактора метанирования или реактора сдвига, и его также можно использовать в связи с другими реакционными процессами.

Таким образом, в соответствии с настоящим изобретением предоставляется конвертер, содержащий модульный слой катализатора, обеспечивающий высокую вариативность конструкции. Модульная конструкция обеспечивает возможность использования узкоспециализированных конвертеров/реакторов и слоев катализатора, которые адаптированы под требования различных процессов и ограничения реактора. Физические характеристики модулей могут варьироваться и оптимизироваться, например, таким образом, чтобы в верхней и/или нижней части реактора могли размещаться модули с меньшим радиусом, а в наиболее широкой части емкости конвертера могли размещаться модули полного диаметра. Модульная конструкция также обеспечивает возможность использования узкоспециализированного слоя катализатора с различными типами катализатора в разных секциях конвертера, а также обеспечивает возможность размещения зоны резкого охлаждения между секциями, при необходимости. В зависимости от применения конвертера, например, помимо прочего, при применении его в качестве реактора синтеза аммиака, реактора синтеза метанола, реактора метанирования, реактора сдвига и реактора для других экзотермических реакций, различные параметры конвертера могут изменяться и оптимизироваться. Например, в конвертере может варьироваться количество модулей, и конвертер может содержать одну, две, три или более секций с возможностью размещения зон резкого охлаждения между всеми секциями или лишь между некоторыми секциями.

В модулях также могут использоваться различные типы катализатора, поскольку каждый модуль может быть выполнен с возможностью содержания одного слоя катализатора или нескольких одинаковых или различных слоев катализатора. В некоторых вариантах осуществления изобретения все модули содержат катализатор одного и того же типа в одной и той же конфигурации, тогда как в других вариантах осуществления, по меньшей мере, некоторые модули содержат катализатор другого типа или катализатор в другой конфигурации, то есть модули содержат различное количество слоев катализатора с различной высотой и т.д.

Модульное расположение слоев катализатора в конвертере позволяет осуществлять загрузку катализатора в некоторые модули или во все модули вне емкости конвертера, а затем помещать модули в емкость конвертера. Модульное расположение катализатора также может облегчить выгрузку катализатора из конвертера, поскольку модули могут подниматься из конвертера по очереди. Возможность удаления всех или некоторых модулей может быть не только преимуществом при необходимости замены слоя катализатора, но также может быть выгодной в ходе технического обслуживания конвертера, когда можно достать весь слой катализатора или его часть, а затем можно загрузить модули по очереди обратно в конвертер и даже повторно использовать существующий катализатор.

При базовой конструкции с осевым/радиальным потоком, когда технологический газ протекает в осевом направлении через слой катализатора и проходит радиально через коллекторное устройство к центральной трубе, даже с одним модулем может быть получен конвертер с низким перепадом давления. Кроме того, поток технологического газа во внешнем кольцевом пространстве приводит к меньшему температурному воздействию на корпус конвертера и, таким образом, более низкой температуре наружной стенки реактора.

Благодаря более низкому перепаду давления в сочетании с возможностью иметь несколько расположенных друг над другом модулей можно использовать высокие тонкие конвертеры с малым диаметром и с большим объемом катализатора.

Далее настоящее изобретение поясняется более подробно со ссылкой на прилагаемые чертежи. Чертежи предоставляются для иллюстрации некоторых аспектов изобретения и не должны рассматриваться в качестве ограничения объема настоящего изобретения.

На фиг. 1 приведено схематическое изображение конвертера 1 в разрезе в соответствии с настоящим изобретением. Конвертер содержит четыре модуля 2, каждый из которых содержит один слой 3 катализатора. Четыре модуля функционируют параллельно при прохождении технологического газа 4 от внешнего кольцевого пространства 5 к входной части 6 каждого из модулей. Технологический газ проходит в осевом направлении через каждый слой катализатора и собирается в коллекторном устройстве 7,

которое связано с каждым модулем, из которого он поступает в центральную трубу 8 и покидает конвертер в виде газообразного продукта 9. Модули и, следовательно, слои катализатора различаются по диаметру, так как три модуля имеют одинаковый диаметр, а четвертый модуль, расположенный в нижней части конвертера, имеет меньший диаметр, чтобы модуль мог быть расположен в нижней части конвертера. Слой катализатора в модулях имеет одинаковую высоту H , что означает, что если в каждом из четырех модулей используют катализатор одного типа, перепад давления на каждом модуле будет одинаковым.

На фиг. 2 приведено схематическое изображение конвертера с четырьмя модулями 2, которые разделены на две последовательно функционирующие секции. Секции разделены пластинами или другими разделительными устройствами. Два модуля в каждой секции функционируют параллельно. Между секциями находится зона резкого охлаждения, в которой горячий газообразный продукт 9 встречается с газом резкого охлаждения с более низкой температурой, а затем смесь газообразного продукта и газа резкого охлаждения поступает в следующую секцию и в два модуля, расположенные в такой секции.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Адиабатический конвертер с осевым потоком, выполненный с возможностью поступления технологического газа от внешнего кольцевого пространства (5), образованного между корпусом конвертера и слоем катализатора (3), во внутреннюю центральную трубу (8) через слой катализатора (3), предназначенного для осуществления в нем конверсии технологического газа с получением продукта, отличающийся тем, что содержит по меньшей мере один модуль (2), содержащий один или более слоев катализатора (3) с высотой ($H_{\text{адн}}$), для подачи потока технологического газа от внешнего кольцевого пространства к входной части одного или более модулей предусмотрено устройство подачи (4), так, что технологический газ проходит в осевом направлении через слой катализатора (3) в одном или более модулях, а для подачи полученного в результате конверсии технологического газа потока продукта (9) в центральную трубу предусмотрено коллекторное устройство (7), выполненное с возможностью радиальной подачи упомянутого полученного потока продукта (9) в центральную трубу.

2. Адиабатический конвертер по п. 1, содержащий два или более модулей.

3. Адиабатический конвертер по п. 1 или 2, отличающийся тем, что конвертер выполнен с возможностью параллельного и/или последовательного функционирования двух или более модулей.

4. Адиабатический конвертер по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что высота ($H_{\text{адн}}$) слоя(слоев) катализатора является одинаковой $\pm 5\%$.

5. Адиабатический конвертер по п. 3 или 4, отличающийся тем, что один или более слоев катализатора в параллельно функционирующих модулях содержат один и тот же катализатор.

6. Адиабатический конвертер по любому из пп. 3-5, отличающийся тем, что один или более слоев катализатора в параллельно функционирующих модулях имеют одинаковую высоту.

7. Адиабатический конвертер по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что коллекторное устройство является частью по меньшей мере одного модуля.

8. Адиабатический конвертер по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что реактор имеет две или более модульных секций, при этом каждая модульная секция содержит один или более модулей.

9. Адиабатический конвертер по п. 8, содержащий зону резкого охлаждения, причем газообразный продукт из секции резко охлаждают с получением потока охлажденного продукта, и при этом конвертер содержит устройство для подачи по меньшей мере части охлажденного технологического потока в качестве исходного потока для одной или более последующих секций.

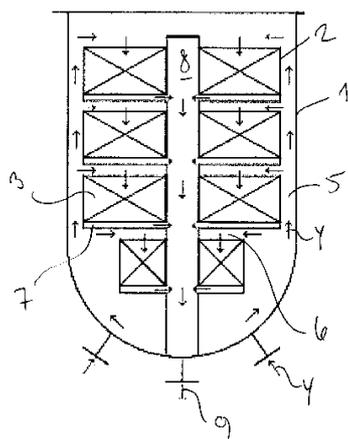
10. Адиабатический конвертер по п. 9, отличающийся тем, что в качестве газа для резкого охлаждения используется свежий технологический газ или газ, прошедший частичную конверсию, при необходимости охлажденный технологический газ.

11. Адиабатический конвертер по п. 9, отличающийся тем, что модули в разных секциях могут отличаться друг от друга, содержать разные катализаторы и располагаться по-разному.

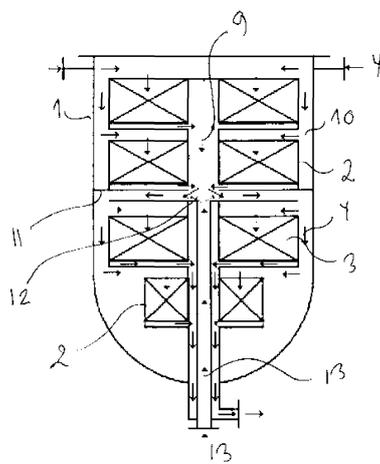
12. Адиабатический конвертер по п. 9 или 11, отличающийся тем, что по меньшей мере две или более секций выполнены с возможностью параллельного функционирования.

13. Адиабатический конвертер по п. 9 или 11, отличающийся тем, что две или более секций выполнены с возможностью последовательного функционирования.

14. Адиабатический конвертер по любому из предшествующих пунктов, который применяют в качестве реактора синтеза аммиака, реактора синтеза метанола, реактора метанирования, реактора сдвига и реактора для других экзотермических реакций.



Фиг. 1



Фиг. 2