РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(19) **RU** (11) **2 381 057** (13) **C2**

(51) МПК
B01J 8/02 (2006.01)
B01J 8/04 (2006.01)
C01B 3/16 (2006.01)

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: **2007115400/15, 02.09.2005**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
02.09.2005

(30) Конвенционный приоритет:
24.09.2004 GB 0421198.3

(43) Дата публикации заявки: **27.10.2008**

(45) Опубликовано: **10.02.2010** Бюл. № **4**

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **US 2002102192 A1, 01.08.2002. US 4298589 A, 03.11.1981. SU 1194481 A, 30.11.1985. US 5670116 A, 23.09.1997. WO 2004033084 A1, 22.04.2004.**

(85) Дата перевода заявки PCT на национальную фазу: **24.04.2007**

(86) Заявка PCT:
GB 2005/003397 (02.09.2005)

(87) Публикация PCT:
WO 2006/032839 (30.03.2006)

Адрес для переписки:
129090, Москва, ул. Б.Спасская, 25, стр.3, ООО "Юридическая фирма Городисский и Партнеры", С.А.Дорофееву

(72) Автор(ы):
ХУПЕР Чарльз Уилльям (GB),
РОБЕРТС Майкл Питер (GB)

(73) Патентообладатель(и):
ДЖОНСОН МЭТТИ ПЛС (GB)

(54) РЕАКЦИОННЫЙ СОСУД

(57) Реферат:

Способ переоборудования реакционного сосуда, включающего кожух, имеющий противоположные отверстия, из устройства аксиального потока в устройство противотока, при котором: размещают устройство для сбора технологической среды внутри кожуха и в сообщении по текучей среде с одним или более указанных отверстий, обеспечивают сосуд насыпкой катализатора или сорбента в виде частиц вокруг указанного устройства для сбора технологической среды и адаптируют подачу в сосуд через одно или более указанных отверстий, так что технологическая среда, поданная в сосуд, проходит аксиально и в противоположном направлении через указанную неподвижную насыпку катализатора или сорбента и собирается устройством для сбора технологической среды. Реакционные сосуды с противотоком согласно настоящему изобретению являются более простыми для конструирования по сравнению с сосудами радиального потока или противотока по предшествующему уровню техники. 3 н. и 14 з.п. ф-лы, 6 ил.

RU 2381057 C2

RU 2381057 C2

RUSSIAN FEDERATION

FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(19) **RU** (11) **2 381 057** (13) **C2**

(51) Int. Cl.
B01J 8/02 (2006.01)
B01J 8/04 (2006.01)
C01B 3/16 (2006.01)

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21), (22) Application: **2007115400/15, 02.09.2005**

(24) Effective date for property rights:
02.09.2005

(30) Priority:
24.09.2004 GB 0421198.3

(43) Application published: **27.10.2008**

(45) Date of publication: **10.02.2010 Bull. 4**

(85) Commencement of national phase: **24.04.2007**

(86) PCT application:
GB 2005/003397 (02.09.2005)

(87) PCT publication:
WO 2006/032839 (30.03.2006)

Mail address:
129090, Moskva, ul. B.Spasskaja, 25, str.3, OOO "Juridicheskaja firma Gorodisskij i Partnery", S.A.Dorofeevu

(72) Inventor(s):
KhUPER Charl'z Uill'jam (GB),
ROBERTS Majkl Piter (GB)

(73) Proprietor(s):
DZhONSON MEhTTI PLS (GB)

RU 2381057 C2

(54) REACTION VESSEL

(57) Abstract:

FIELD: physics.

SUBSTANCE: method of converting a reaction vessel with a cover having opposite openings, from an axial flow device to a counter-flow device, where the device for collecting the process medium is placed inside the cover and by linking one or more of the said openings through the fluid medium, the vessel is provided with a catalyst or sorbent bed in form of particles around the said device for collecting process medium, and supply into the vessel is adapted through one or more of the said openings such that, the process medium fed into the vessel passes coaxially and in the opposite direction through the said fixed catalyst or sorbent bed and is collected by the device for collecting the process medium.

EFFECT: reaction vessel with counter-flow in accordance with the invention is easier to make compared to devices with radial flow or counter-flow designed using previous technology.

17 cl, 6 dwg

RU 2381057 C2

Изобретение относится к способу и аппарату для адаптирования реакционного сосуда с аксиальным потоком к аксиальному противотоку.

Падение давления представляет собой явление, происходящее при прохождении среды через слои частиц катализатора или сорбента. В крайнем случае, падение давления может приводить к неприемлемому увеличению затрат на давление и насосную эксплуатацию. Исходя из указанного выше желательно уменьшить падение давления при прохождении технологических сред через реакционные сосуды, содержащие неподвижные слои катализатора или сорбента.

Известны конфигурации реакционного сосуда, при которых падение давления уменьшается по сравнению с простыми реакторами аксиального потока. Реакторы с радиальным потоком, например, описанные в US 4033727, обычно включают цилиндрический центральный трубопровод, окруженный кольцевым цилиндрическим слоем катализатора, связанного при помощи перфорированных средств поддержки катализатора, определяющих кольцевое цилиндрическое полое пространство между слоем катализатора и внутренней стенкой сосуда. Сложность устройства подобного реактора радиального потока может приводить к его дороговизне и сложности установки.

Реакционные сосуды с аксиальным противотоком обеспечивают управление процессом, в котором технологическая среда проходит аксиально через слой катализатора или сорбента, расположенного в сосуде, способность уменьшить падение давления при прохождении через катализатор примерно до одной восьмой от падения, получаемого при прохождении технологической среды через весь слой катализатора.

В EP 075056 описан конвертор расщепленного осевого потока для синтеза аммиака при пониженном давлении. Конвертор включает реакционный сосуд, содержащий катализатор синтеза аммиака с противоположными первым и вторым впускным отверстием и устройством для сбора газа, расположенным примерно в центре в слое катализатора. Устройство для сбора газа включает несколько перфорированных концентрических колец, рассекаемых выводящей трубой, которая располагается в реакторе радиально на уровне концентрических колец. Такая конструкция, хотя и является эффективной при понижении давления, использует устройство для сбора газа, которое не пригодно для установки в существующий реактор и имеет ограниченную эксплуатационную адаптируемость. В частности, выводящий трубопровод, радиально проходящий через стенку реактора, уменьшает способность реакционного сосуда удерживать давление, и его установка в существующий сосуд представляет значительные трудности с точки зрения снятия внутреннего напряжения сосуда перед использованием.

GB 1307845 описывает реактор для синтеза аммиака или метанола, включающий пространство слоя катализатора, заданное двумя коаксиальными полыми цилиндрами, внутренний цилиндр включает две части, одна из которых имеет больший диаметр, чем вторая, и теплообменное устройство, занимающее по крайней мере часть участка большего диаметра. В предпочтительном варианте реактора выход холодной стороны теплообменного устройства связан потоком с разнесенными отверстиями сверху и на дне слоя катализатора таким образом, что поток входящего газа, выходящего из теплообменного устройства, разделяется: одну часть направляют к верхней части катализатора, другую часть направляют к нижней части катализатора, после чего два потока встречаются и выходят из слоя через выход, расположенный в слое катализатора в средней части, который может быть

расположен вблизи отверстия, в «горячую» часть теплообменного устройства. Такая конструкция является сложной, трудной для производства и непригодной для установки в существующий реактор.

Таким образом, существует необходимость в способе адаптации реакционного сосуда с аксиальным потоком в реакционный сосуд с противотоком, который включает обеспечение устройства для сбора технологической среды, являющегося простым для производства и которое использует существующие впускные и выпускные отверстия.

Таким образом, изобретение обеспечивает способ переоборудования реакционного сосуда с аксиальным потоком, имеющего противоположные отверстия, в реакционный сосуд с аксиальным противотоком, включающий установку устройства для сбора технологической жидкости внутри корпуса сосуда, находящегося в сообщении по текучей среде с одним или несколькими указанными отверстиями.

Изобретение дополнительно обеспечивает устройство для сбора технологической среды, пригодное для использования в описанном выше способе, включающее перфорированный элемент, определяющий камеру и трубопровод, находящийся в сообщении по текучей среде с указанной камерой, указанный трубопровод адаптирован для присоединения к одному или нескольким существующим противоположным отверстиям реактора с аксиальным потоком.

Изобретение дополнительно обеспечивает реакционный сосуд с аксиальным противотоком, включающий описанное выше устройство для сбора технологической среды, и способ, включающий стадии:

(i) подачу технологической среды в одно или несколько противоположных отверстий реакционного сосуда,

(ii) прохождение технологической среды аксиально и в противоположном направлении через неподвижную насыпку катализатора или сорбента, расположенную внутри сосуда,

(iii) сбор полученной технологической среды при помощи устройства для сбора, расположенного внутри указанной неподвижной насыпки и

(iv) удаление технологической среды из сосуда при помощи указанного устройства для сбора, указанное устройство для сбора сообщается по текучей среде с одним или несколькими существующими противоположными отверстиями в указанном сосуде.

Реакционный сосуд с аксиальным потоком, пригодный для переоборудования согласно способу настоящего изобретения, включает кожух, который может быть округлым или иметь другую форму в поперечном сечении и который может иметь или не иметь рубашку, имеющую противоположные отверстия. Под «противоположными отверстиями» заявители подразумевают, что отверстия в реакционном сосуде расположены на любом из концов сосуда. Такие реакционные сосуды, в особенности реакционные сосуды, функционирующие под давлением, имеют куполообразные концы (крышку и днище), в которых располагаются отверстия. Указанные отверстия могут включать обычные противоположные впускные и выпускные отверстия для технологической среды, а также могут включать другие отверстия, такие как смотровое отверстие, люк для доступа, отверстие для термопары и отверстия для загрузки и выгрузки катализатора.

В настоящем изобретении устройства для сбора технологической среды установлены внутри реакционного сосуда и соединены с одним или несколькими существующими противоположными отверстиями. При приведении в действие одного из вариантов осуществления согласно изобретению технологическую среду разделяют

и части загружают в противоположные концы сосуда. В другом варианте осуществления всю технологическую среду загружают в один из концов сосуда, и устройство байпас, расположенное в сосуде, переносит часть технологической среды к другому концу. Технологическая среда затем проходит через насыпку (слой) катализатора или сорбента, расположенного в сосуде, в противоположных направлениях, и ее собирают при помощи устройства для сбора технологической среды, которое затем выводит технологическую среду из сосуда через одно или несколько существующих противоположных отверстий. Неподвижные насыпки подвергаются действию аксиального потока и могут быть расположены в сосуде, например, по существу горизонтально с технологической средой, проходящей через насыпку по существу вертикально.

Оптимального понижения падения давления достигают, если 50% технологической среды проходит через равную толщину, состоящую из частиц катализатора или сорбента до того, пока она достигнет устройства для сбора технологической среды. Таким образом, хотя устройство для сбора технологической среды может быть установлено в любом положении между противоположными отверстиями, для того чтобы максимизировать преимущества конфигурации с аксиальным противотоком, устройство для сбора технологической среды предпочтительно устанавливают примерно на равном расстоянии между указанными противоположными отверстиями, т.е. устройство для сбора предпочтительно расположено центрально в насыпке в реакционном сосуде.

Устройство для сбора технологической среды может включать любое устройство для сбора, подходящим образом адаптированное для сбора технологической среды. Устройство для сбора должно быть сконструировано таким образом, чтобы обеспечить равномерный сбор технологической среды из насыпки катализатора, избегая попадания части катализатора или сорбента. Предпочтительно устройство для сбора технологической среды включает перфорированный элемент конструкции, определяющий камеру и трубопровод, находящийся в сообщении по текучей среде с указанной камерой. Указанный трубопровод адаптирован для присоединения к одному или нескольким указанным отверстиям. Пригодные перфорированные элементы конструкции представляют собой перфорированные трубы, пластины или сита, для которых их площадь поверхности может быть увеличена за счет гофрированной поверхности. Камеры, заданные при помощи перфорированных элементов конструкции, могут быть соединены потоком с одним или несколькими неперфорированными трубопроводами, которые переводят технологическую среду к одному или нескольким выпускным отверстиям.

Перфорированные элементы конструкции предпочтительно представляют собой трубки, поскольку это делает возможным легкое производство и сборку. Трубчатые перфорированные элементы конструкции могут принимать форму одной или нескольких трубчатых штанг, радиально отходящих от трубопровода. Предпочтительно штанга или штанги сообщаются по текучей среде с одним или несколькими перфорированными трубчатыми кольцами, лежащими в плоскости штанги или штанг. Такой коллектор из перфорированных колец может включать одно, два или более колец, которые могут быть округлыми, овальными или многоугольными, такими как треугольные, квадратные, пятиугольные, шестиугольные, семиугольные или восьмиугольные. Кольцо или кольца могут быть непрерывными или прерывистыми. Многоугольные конфигурации могут способствовать более легкому производству и изготовлению по сравнению с

круглыми или овальными формами. Размер перфорированных устройств для сбора будет зависеть от целей, для которых они предназначены, и легкости, с которой они могут быть установлены, однако коллекторы из перфорированных колец могут предпочтительно иметь внешний диаметр от 50 до 90% диаметра реакционного сосуда. Перфорация в перфорированном элементе конструкции может представлять собой отверстия или поперечные разрезы, полученные при помощи традиционных способов. Какой тип перфорации не был бы выбран, перфорация должна быть разработана таким образом, чтобы через нее не проходил катализатор или сорбент в виде частиц, например, за счет выбора подходящего размера перфорации или за счет покрытия перфорации пригодным материалом, таким как проволочная сетка.

Отличительная черта настоящего изобретения состоит в том, что устройства сбора технологической среды должны быть легкими в производстве и установке в реакционном сосуде. Доступ в реакционный сосуд может осуществляться путем удаления одного из куполообразных концов или, предпочтительно, через люк для доступа или «смотровое отверстие». Настоящее изобретение в особенности пригодно для переоборудования больших реакционных сосудов высокого давления без удаления куполообразного конца. Это требует, чтобы устройство для сбора технологической среды могло проходить через такие отверстия, и, в предпочтительном варианте осуществления изобретения, устройство для сбора технологической среды имеет форму модулей. Таким образом, устройства для сбора могут включать несколько частей подходящего размера, которые могут быть соединены друг с другом непосредственно внутри сосуда при помощи фланцевых соединений, сварки или хомутов. Сварка менее предпочтительна в реакционных сосудах, которые должны функционировать при повышенном давлении, из-за последующей необходимости снятия напряжения перед функционированием. Предпочтительные варианты осуществления настоящего изобретения избегают необходимости сварки в случае толстостенных разгрузочных кожухов и ограничивают любую сварку или тонкостенными частями, находящимися снаружи сосуда, в которых может легко осуществляться внешнее снятие напряжения, или сварки избегают полностью.

В одном из вариантов осуществления, в котором реакционный сосуд с аксиальным потоком имеет множественные противоположные отверстия, пригодные для переоборудования, устройство для сбора технологической среды устанавливают соединенным потоком с двумя или более выпускными отверстиями. Преимущество этого способа состоит в том, что падение давления при использовании двух или более выпускных отверстий может быть ниже, чем при использовании одного отверстия.

В альтернативном варианте осуществления, в котором реакционный сосуд с аксиальным потоком имеет только два противоположных отверстия, пригодных для переоборудования (т.е. одно на каждом из концов), устройство для сбора технологической среды может быть установлено в сообщении по текучей среде с выпускным отверстием, указанное выпускное отверстие располагается концентрически по отношению к впускному отверстию. Под «концентрическим расположением» заявители подразумевают, что выпускное отверстие сформировано во впускном отверстии, которое, таким образом, является кольцевым. Заявители обнаружили, что такое расположение может быть усовершенствовано путем обеспечения выпускного отверстия с устройством Вентури, которое является концентрическим по отношению к впускному отверстию. Устройство Вентури включает сужение выпускного отверстия с последующим постепенным расширением. Постепенное расширение делает возможным высвобождение энергии давления после

сужения. Заявители обнаружили, что включение устройств Вентури в указанном варианте осуществления делает возможным уменьшение диаметра выпускного отверстия, не вызывая увеличения падения давления, обусловленного более высокой скоростью газа. В то же время кольцеобразное выпускное отверстие представляет собой в меньшей степени ограничивающее по сравнению с тем случаем, когда выпускное отверстие представляет собой обычный прямой трубопровод.

В другом варианте осуществления, в котором реакционный сосуд с аксиальным потоком имеет только два противоположных отверстия, пригодных для переоборудования (т.е. по одному на каждом из концов), устройство для сбора среды может быть соединено потоком с выпускным отверстием, и в реакционном сосуде может быть обеспечено устройство байпас катализатора или сорбента для отвода части технологической среды из загрузочного конца сосуда к разгрузочному концу, таким образом, минуя насыпку катализатора или сорбента, расположенную между ними. Для того чтобы технологическая среда могла покинуть сосуд, она вновь должна проходить в противоположном направлении через насыпку катализатора или сорбента к устройству для сбора технологической среды, которое предпочтительно располагается центрально внутри насыпки. Устройство байпас может включать, например, цилиндры, образующие кольцевой элемент в насыпке или на ее периферии со стенкой сосуда, через которые может проходить технологическая среда. В качестве альтернативы и предпочтительно устройство байпас представляет собой один или несколько, например 1-20, перепускных патрубков. Размеры байпаса могут быть такими, чтобы отводить вплоть до примерно 60 об.%, предпочтительно примерно 50 об.% технологической среды от загрузочного конца сосуда к разгрузочному концу. Будет понятно, что если устройство для сбора технологической среды не располагается внутри реактора центрально, для устройства байпаса могут быть выбраны подходящие размеры, таким образом, чтобы подавать стабильное сбалансированное количество технологической среды к любой стороне насыпки, для достижения оптимальной эффективности.

Устройство байпас продолжается от положения выше насыпки (слоя) катализатора или сорбента до положения ниже (или наоборот) и может быть изготовлено из любого пригодного материала в соответствии с температурными и химическими ограничениями процесса.

Способ по настоящему изобретению в особенности пригоден для переоборудования реакторов аксиального потока, содержащих насыпки катализатора, поскольку это минимизирует изменения кожуха сосуда путем использования существующих отверстий и устройства поддержки катализатора, уже используемых в реакторе с аксиальным потоком. Таким образом, реакционные сосуды с противотоком согласно настоящему изобретению являются более простыми для конструирования, и, поскольку они не ослабляют кожух реактора с аксиальным потоком, представляют собой более универсальные по сравнению с сосудами радиального потока или противотока по предшествующему уровню техники.

При эксплуатации реакционный сосуд с аксиальным противотоком содержит неподвижную насыпку частиц катализатора или сорбента. Под термином «сорбент» заявители понимают как адсорбирующие, так и абсорбирующие материалы. Частицы катализатора или сорбента обычно имеют форму сфер, пластинок, кубиков, экструдатов, цилиндрических гранул, колец, гранул или могут иметь иную правильную или неправильную форму со средним размером менее 25 мм, предпочтительно с отношением ширины к высоте, т.е. соотношением большего

измерения к меньшему измерению, менее чем 2. Предпочтительно гранулы имеют множество (например, 4) отверстий и желобков или лопастей, которые дополнительно оказывают влияние на падение давления в неподвижной насыпке.

Катализатор или сорбент может быть непрерывным в насыпке, или насыпка может также включать слои инертного материала. Например, инертные частицы, например, в форме сфер могут использоваться на одной или обеих сторонах насыпки катализатора или сорбента, например, для поддержки веса катализатора или сорбента. Предпочтительно слой инертных частиц обеспечивают вокруг устройства для сбора технологической среды, более предпочтительно инертные частицы имеют размер частиц, больший, чем частицы катализатора или сорбента, составляет оставшуюся часть насыпки, так что проницаемость технологической среды в области устройства для сбора увеличивается. Повышение проницаемости улучшает способность устройства для сбора собирать технологическую среду после того, как она прошла через насыпку катализатора или сорбента.

Реакционные сосуды, переоборудованные согласно способу по настоящему изобретению, содержащие устройство для сбора технологической среды, могут использоваться для любого процесса, в котором необходимо уменьшение падения давления в реакторе с аксиальным потоком, содержащим неподвижную насыпку катализатора или сорбента. Сосуды обычно имеют высоту 1-10 м и имеют диаметр 0,5-5 м. Способ по настоящему изобретению в особенности пригоден для сосудов высокого давления с высотой ≥5 м и диаметром ≥2,5 м. Эксплуатация переоборудованного реактора включает загрузку технологической среды в реакционный сосуд с аксиальным противотоком, пропускание технологической среды аксиально и в противоположном направлении через неподвижную насыпку катализатора или сорбента, расположенного неподвижно внутри сосуда, сбор полученной технологической среды при использовании устройства для сбора, располагающегося в указанной неподвижной насыпке, и удаление технологической среды из реакционного сосуда при использовании указанного устройства для сбора.

Будет понятно, что функции противоположных отверстий в переоборудованном реакционном сосуде будут такими же или отличающимися от тех, которые были у сосуда до его переоборудования.

Технологическая среда может представлять собой жидкость или газ, но предпочтительно представляет собой газ. Для достижения уменьшения падения давления, при поддержании уровня выхода из реакционного сосуда, технологическую среду, загружаемую в реакционный сосуд с аксиальным противотоком, можно разделять и загружать в противоположные впускные отверстия. В реакционных сосудах с аксиальным противотоком, в которых устройства для сбора расположены посередине между впускными отверстиями, технологическую среду предпочтительно делят 50:50, т.е. половину исходного потока загружают в каждый из концов сосуда, но возможны небольшие изменения с учетом различной упаковки частиц катализатора или сорбента с каждой из сторон устройства для сбора или положения устройства для сбора в насыпке катализатора. В качестве альтернативы, вся технологическая среда может быть загружена в одно впускное отверстие и устройство байпас, например трубопроводы, используемые в реакционном сосуде для отвода предпочтительно примерно 50% технологической среды к каждой из сторон насыпки (слоя) катализатора или сорбента. Устройство для сбора технологической среды может в этом случае быть соединено потоком с одним или несколькими выпускными отверстиями, противоположными впускному отверстию.

Реакционные сосуды с аксиальным противотоком по настоящему изобретению пригодны для уменьшения падения давления в процессах получения аммиака до стадии синтеза аммиака. Это имеет преимущество, состоящее в том, что может быть увеличена производительность всего процесса, поскольку заявители обнаружили, что увеличение производительности аммиачного производства может быть ограничено за счет падения давления на входе производства. В особенности пригодные реакционные сосуды, которые могут получать преимущество от конфигурации противотока по настоящему изобретению, представляют собой сосуды для конверсии водяного газа, например сосуды для высокотемпературной конверсии, и сосуды низкотемпературной конверсии, и сосуды для конверсии оксидов углерода в метан. Исходя из этого в предпочтительных вариантах осуществления сосуды включают насыпки катализатора высокотемпературной конверсии, низкотемпературной конверсии или конверсии оксидов углерода в метан.

Реакция конверсии водяного газа хорошо известна и используется в способах получения синтез-газа, часто как часть способа синтеза водорода или аммиака, для увеличения содержания водорода в газовом потоке. В реакции конверсии водяного газа технологическая среда представляет собой неочищенный синтез-газ, включающий оксиды углерода, водород и пар, который пропускают при повышенном давлении и температуре в диапазоне примерно от 350 до 500°C через катализатор высокотемпературной конверсии, такой как восстановленный хромовый катализатор, допированный железом, и при необходимости при пониженных температурах ниже 300°C через восстановленный медный катализатор, например катализатор медь-цинк-оксид алюминия, в так называемой стадии низкотемпературной конверсии.

Конверсию оксидов углерода в метан обычно используют при получении аммиака для конверсии небольших количеств оксидов, оставшихся в смеси технологической среды водород/азот, до метана перед загрузкой смеси к катализатору синтеза аммиака. Это делают для того, чтобы увеличить срок действия катализатора синтеза аммиака на основе железа, который загрязняется оксидами углерода. Катализатор конверсии оксидов углерода в метан обычно представляет собой восстановленный никелевый катализатор на огнеупорной подложке, такой как диоксид алюминия или алюминат кальция, допированный оксидом магния.

Способ по настоящему изобретению в особенности пригоден для получения метанола и аммиака, в особенности метанола.

Синтез метанола можно проводить при давлении в диапазоне 40-50 и обычно в диапазоне 45-120 бар абс. Пригодная температура находится в диапазоне от 160 до 300°C, с температурой на выходе из каталитического слоя в диапазоне 220-290°C. Такие температуры обеспечивают приемлемый темп производства метанола (обусловленного благоприятным равновесием) без получения большего содержания побочных примесей, которые обусловлены действием высоких температур. Технологическая среда, проходящая через катализатор, часто представляет собой смесь свежего обезвоженного синтез-газа, включающего оксиды углерода, водород и непрореагировавший газ, рециркулированный при выделении метанола, но также способ пригоден для однократного цикла при использовании смеси обезвоженного синтез-газа, не содержащей метанол. Катализатор синтеза метанола обычно представляет собой восстановленный медный катализатор, такой как катализатор медь-цинк-диоксид алюминия, например, как описано в EP 0217513.

В синтезе аммиака смесь водород/азот обычно пропускают в качестве технологической среды через катализатор синтеза аммиака при высоком давлении,

например, в диапазоне 80-300 бар абс. и температуре в диапазоне 300-540°C. Катализатор синтеза аммиака может представлять собой катализатор, содержащий железо, такой как промотированный железный катализатор.

Способ по данному изобретению можно также применять для реакционных сосудов, используемых для очистки газообразного исходного сырья. Например, технологическая среда может включать углеводородное исходное сырье, содержащее каталитические яды, и в таком случае неподвижная насыпка включает катализатор или сорбент, пригодный для удаления указанных каталитических ядов из исходного сырья. Типичные каталитические яды включают соединения серы, ртути, мышьяка или галогениды, например хлорид. В случае соединений серы неподвижная насыпка может включать катализатор гидродесульфурации и/или слой абсорбента водород-сульфид. Для удаления ртути, мышьяка или галогенида можно использовать материал сорбента, пригодный для удаления ртути, мышьяка или галогенидов из углеводородов. Гидродесульфурацию исходного углеводородного сырья обычно проводят над катализаторами кобальт-молибден, и обычно за ней следует стадия удаления сульфида водорода при использовании сорбента сульфида водорода. Примеры сорбентов включают основные карбонаты цинка и оксиды меди и/или цинка для удаления серы, сульфиды металлов для удаления ртути и мышьяка и алюминат натрия, оксид свинца или карбонат для удаления галогенида (хлористого водорода).

Далее изобретение будет описано по отношению к прилагаемым чертежам, на которых:

фиг.1 представляет собой схематическое вертикальное поперечное сечение реакционного сосуда с аксиальным противотоком, адаптированного согласно первому варианту осуществления настоящего изобретения;

фиг.2 представляет собой схематическое вертикальное поперечное сечение реакционного сосуда с аксиальным противотоком, адаптированного согласно второму варианту осуществления настоящего изобретения;

фиг.3 представляет собой схематическое вертикальное поперечное сечение реакционного сосуда с аксиальным противотоком, адаптированного согласно третьему варианту осуществления настоящего изобретения;

фиг.4 представляет собой схематическое вертикальное поперечное сечение реакционного сосуда с аксиальным противотоком, адаптированного согласно четвертому варианту осуществления настоящего изобретения;

фиг.5 представляет собой горизонтальное поперечное сечение реакционных сосудов, показанных на фиг.1, 2 и 3, и

фиг.6 представляет собой схематическое поперечное сечение устройства для сбора технологической среды в соответствии с первым вариантом осуществления настоящего изобретения.

На фиг.1, 2, 3 и 4 вертикальные поперечные сечения проведены по линии B-B', показанной на фиг.5. Указанная линия рассекает реакционный сосуд примерно по его диаметру и проходит через соответствующее устройство для сбора технологической среды. На фиг.5 горизонтальное поперечное сечение проведено вдоль линий A-A', показанных на фиг.1, 2 и 3. В каждом случае указанные линии рассекают реакционные сосуды непосредственно выше устройства для сбора технологической среды. Для ясности поток технологической среды в и через сосуды на фиг.1, 2, 3 и 4 показан при помощи стрелок.

На фиг.1 реакционный сосуд, пригодный для синтеза метанола, включает цилиндрический кожух 10, имеющий куполообразные концы 12 (верх) и 14 (низ).

Куполообразный конец 12 имеет отверстие для технологической среды 16 и люк для доступа 17, который при использовании закрыт и герметизирован. Куполообразный конец 14 имеет три отверстия для технологической среды 18, 20 и 22, противоположные отверстию 16. Отверстие 18 расположено на той же оси, что и отверстие 16, тогда как отверстия 20 и 22, каждое, сдвинуты к той или иной стороне от отверстия 18. Перед переоборудованием отверстия 16 и 18 представляли собой соответственно отверстия для впуска и выпуска технологической среды, и отверстия 20 и 22 представляли собой отверстия для выгрузки катализатора.

Как показано на фиг.6, устройство для сбора технологической среды, пригодное для установки в реакционный сосуд, включает перфорированный трубчатый кольцевой коллектор 24 и трубопроводы 26, 28, 30 и 32, находящиеся в сообщении по текучей среде друг с другом.

Как показано на фиг.5, перфорированный кольцевой коллектор 24 включает непрерывное трубчатое кольцо, расположенное коаксиально кожуху 10 и имеющее диаметр примерно 70% от кожуха 10. Кольцо на своей поверхности имеет множество отверстий 34, что делает возможным проникновение технологической среды в кольцо. Размеры кольца и число, положение и размер отверстий представляют собой такие, что может происходить равномерный поток из неподвижной насыпки в устройство для сбора. Кольцо связано вдоль его диаметра при помощи неперфорированного трубопровода 26, который находится в сообщении по текучей среде на каждом из своих концов с внутренней частью трубчатого коллектора 24, так что технологическая среда может протекать из камеры внутри коллектора в трубопровод.

Трубчатый кольцевой коллектор 24 располагается в плоскости, перпендикулярной оси, проходящей через реакционный сосуд, и располагается на приблизительно равном расстоянии между входами 16 и 18. Коллектор 24 и трубопровод 26 поддерживают вертикальный трубопровод 28, сонаправленный с осью, проходящей через реактор, и соединенный потоком с трубопроводом 26. Низ трубопровода 28 закрыт, и закрытый конец поддерживается устройством для поддержки трубопровода 36, продолжающегося над отверстием 18. Устройство для поддержки трубопровода эффективно включает перфорированное устройство поддержки катализатора 40, присутствующее в сосуде до установки коллектора технологической среды. Трубопровод 28 находится в сообщении по текучей среде с трубопроводами 30 и 32, которые продолжаются из нижней половины трубопровода 28 для соединения с отверстиями среды 20 и 22 соответственно.

Перед использованием неподвижную насыпку катализатора 38, например гранулы 3×3 мм медь-цинк-оксид алюминиевого катализатора синтеза метанола, загружают через люк для доступа 17. В куполообразном конце 14 для поддержки катализатора и вокруг трубчатого кольцевого коллектора могут быть обеспечены слои сфер инертного диоксида алюминия (не показано) путем последовательного добавления. Предпочтительно, сферы оксида алюминия имеют больший диаметр по сравнению с гранулами катализатора для улучшения проникновения газа через насыпку.

При использовании примерно равные количества обезвоженного синтез-газа, включающего водород и оксиды углерода, необязательно с непрореагировавшим газом, рециркулированным при выделении метанола, загружают в сосуд через противоположные отверстия 16 и 18. Распределительное устройство (не показано) распределяет газ, входящий через отверстие 16, по верхней поверхности насыпки катализатора. Перфорированное устройство поддержки катализатора 40, которое предотвращает выпадение гранул катализатора из реактора через отверстие 18, также

эффективно распределяет технологическую среду, загруженную через отверстие 18 к нижней части насыпки катализатора. Технологическая среда затем проходит через насыпку катализатора в противоположных направлениях и реагирует при подходящих условиях с образованием метанола. Полученную технологическую среду затем собирают в средней части реакционного сосуда при помощи трубчатого кольцевого коллектора. Технологическая среда входит в камеру, заданную кольцом 24, через отверстия 34, проходит в трубопровод 26 и оттуда в трубопроводы 28, 30 и 32, что затем позволяет удалить ее из реакционного сосуда через отверстия 20 и 22.

Способ адаптирования реактора с аксиальным потоком, включающего кожух 10, концы 12 и 14 и противоположные отверстия 16, 18, 20 и 22, как показано на фиг.1, можно осуществлять путем установки в виде модулей трубопроводов 30, 32, 28, 26 и трубчатого кольцевого коллектора 24 через люк для доступа 17. Трубопроводы 30 и 32 требуют соединения с отверстиями 20 и 22 соответственно. Устройства для поддержки трубопровода 36/40 обычно представляют собой существующие устройства для поддержки катализатора, и отверстия 20 и 22 обычно представляют собой уже существующие отверстия для выгрузки катализатора. Таким образом, следуя переоборудованию согласно способу по настоящему изобретению, отверстия 16 и 18 представляют собой отверстия для впуска среды, и отверстия 20 и 22 представляют собой отверстия для выпуска среды.

На фиг.2 реакционный сосуд также включает кожух 10, куполообразные концы 12 и 14 и отверстия 16, 17 и 18. Отверстия 20 и 22 с каждой из сторон от отверстия 18 исключены. Перед переоборудованием отверстия 16 и 18 представляли собой отверстие для впуска среды и отверстие для выпуска среды соответственно.

Устройство для сбора технологической среды, включающее перфорированный трубчатый кольцевой коллектор 24, трубопровод 26 и трубопровод 28, расположены сходным образом, но трубопровод 28 не соединен с отверстиями 20 и 22. Вместо этого трубопровод 28 протягивается вниз через перфорированное устройство для поддержки катализатора 40 и в отверстие 18, образуя выпускное отверстие и определяя кольцевой элемент 50, в который может быть загружена технологическая среда через новое отверстие 52 под куполообразным концом 14 со стороны отверстия 18. Трубопровод 28 расширяется на своем конце для герметизации отверстия 18 ниже отверстия 52, так что технологическая среда, загружаемая через отверстие 52, должна поступать наверх через отверстие 18 и перфорированное поддерживающее устройство 40 в насыпку катализатора. Трубопровод 28 при выходе из отверстия 18 образует сечение Вентури. Сечение Вентури образовано сужением диаметра трубопровода 28 с образованием зоны повышенного давления 54 выше сужения 56, зоны пониженного давления в сужении и постепенным расширением для восстановления давления, ведущим в зону выхода 58. Сужение 56 может быть удобным образом расположено в точке, где отверстие 52 подходит к отверстию 18, так что технологическая среда может легко протекать через кольцевой элемент 50 и в сосуд.

При использовании для синтеза метанола примерно равные количества обезвоженного синтез-газа, включающего водород и оксиды углерода, необязательно с непрореагировавшим газом, рециркулированным при выделении метанола, загружают через противоположные отверстия 16 и 18. Технологическую среду загружают в отверстие 18 через отверстие 52 и кольцевой элемент 50. Распределительное устройство (не показано) распределяет вход газа через отверстие 16 к верхней поверхности насыпки катализатора. Существующее

перфорированное устройство поддержки катализатора 40 служит для распределения технологической среды, загруженной через отверстие 18 к нижней части насыпки катализатора. Технологическая среда затем проходит через насыпку (слой) катализатора для синтеза метанола в противоположных направлениях и реагирует при подходящих условиях с образованием метанола. Полученную технологическую среду затем собирают в средней части реакционного сосуда при помощи трубчатого кольцевого коллектора. Технологическая среда входит в кольцо 24 через отверстия 34, проходит в трубопровод 26 и оттуда в трубопровод 28. Технологическая среда проходит через трубопровод 28 к трубке Вентури, перед тем как ее удаляют из реакционного сосуда через отверстие 18.

Способ переоборудования реактора с аксиальным потоком, включающего кожух 10, концы 12 и 14 и противоположные отверстия 16 и 18, как показано на фиг.2, можно осуществлять путем установки в виде модулей протяженного трубопровода 28, трубопровода 26 и трубчатого кольцевого коллектора 24 через люк для доступа 17. Существующее перфорированное устройство для поддержки катализатора 40 требует переоборудования, чтобы сделать возможным доступ к протяженному трубопроводу 28, и необходимо новое отверстие 52 со стороны отверстия 18. Таким образом, следуя переоборудованию согласно способу по настоящему изобретению, отверстия 16 и 18 (через отверстие 52) представляют собой отверстия для впуска среды, и трубопровод 28 образует выпускное отверстие через отверстие 18.

Указанный вариант осуществления применим для существующих сосудов, которые не имеют отверстий для выгрузки катализатора 20, 22 или других подобных отверстий, пригодных для переоборудования. Преимущество указанного варианта осуществления состоит в том, что он не требует внутренней связи, например при помощи сварки, внутри реакционного сосуда, делая связывание устройств для сбора технологической жидкости более простым, делая возможным снятие термического напряжения для более легкого переноса в необходимое место.

На фиг.3 реакционный сосуд также включает кожух 10, куполообразные концы 12 и 14 и отверстия 16, 17, 18, 20 и 22. Однако в данном варианте осуществления, следуя способу переоборудования, технологическую среду загружают в сосуд через отверстия 20 и 22 и вмонтированные трубопроводы 60 и 62, которые проходят через отверстия 20 и 22 соответственно и в насыпку катализатора. Могут быть обеспечены устройства распределения (не показаны) на концах каждого из трубопроводов 60 и 62 для равномерного распределения технологической среды в насыпку катализатора. Устройство для сбора технологической среды включает перфорированный трубчатый кольцевой коллектор 24, трубопровод 26 и трубопровод 28, которые имеют сходную форму с показанными на фиг.2, где трубопровод 28 протягивается вниз через перфорированное устройство для поддержки катализатора 40 и в отверстие 18, с которым он связан, однако не требуются устройства Вентури или отверстие 52.

При использовании для синтеза метанола примерно равные количества обезвоженного синтез-газа, включающего водород и оксиды углерода, необязательно с непрореагировавшим газом, рециркулированным при выделении метанола, загружают через отверстия 16 и 20/22, т.е. примерно половину через отверстие 16 и одну четверть через каждое из отверстий 20 и 22. Технологическую среду, загружаемую в отверстие 16, распределяют по верхней поверхности насыпки катализатора при помощи распределительного устройства (не показано). Технологическая среда, загружаемая через отверстия 20 и 22, проходит через трубопроводы 60 и 62 и распределяется к нижней части насыпки катализатора.

Технологическая среда затем проходит через насыпку катализатора для синтеза метанола в противоположных направлениях и реагирует при подходящих условиях с образованием метанола. Полученную технологическую среду затем собирают в средней части реакционного сосуда при помощи трубчатого кольцевого коллектора. Технологическая среда входит в кольцо 24 через отверстия 34, проходит в трубопровод 26 и оттуда в трубопровод 28. Технологическая среда проходит через трубопровод 28 перед тем, как ее удаляют из реакционного сосуда через отверстие 18.

Способ переоборудования реактора с аксиальным потоком, включающего кожух 10, концы 12 и 14 и противоположные отверстия 16, 18, 20 и 22, как показано на фиг.3, можно осуществлять путем установки в виде модулей протяженного трубопровода 28, трубопровода 26 и трубчатого кольцевого коллектора 24 через люк для доступа 17. Трубопроводы 60 и 62 можно вставлять через отверстия 20 и 22, таким образом минимизируя внутреннюю модификацию реактора. Как и во втором варианте осуществления, проиллюстрированном на фиг.2, существующее перфорированное устройство для поддержки катализатора 40 требует переоборудования, чтобы сделать возможным доступ к протяженному трубопроводу 28. Таким образом, следуя переоборудованию согласно способу по настоящему изобретению, отверстия 16, 20 и 22 представляют собой отверстия для впуска технологической среды, и отверстие 18, связанное с трубопроводом 28, представляет собой отверстие для выпуска технологической среды.

На фиг.4 реакционный сосуд также включает кожух 10, куполообразные концы 12 и 14 и отверстия 16, 17 и 18. Отверстия 20 и 22 с каждой из сторон от отверстия 18 исключены. Перед переоборудованием отверстия 16 и 18 представляли собой отверстие для впуска технологической среды и отверстие для выпуска технологической среды соответственно.

Устройство для сбора технологической среды, включающее перфорированный трубчатый кольцевой коллектор 24, трубопровод 26 и трубопровод 28, расположено сходным образом центрально в реакторе, но трубопровод 28 не соединен с отверстиями 20 и 22. Вместо этого трубопровод 28 протягивается вниз, соединенный потоком с отверстием 18. В сосуде 10 обеспечивается байпас трубопровод 70, который проходит вертикально от выше поверхности насыпки (слоя) 38 со стороны впускного отверстия 16 до ниже поверхности насыпки 38 со стороны выпускного отверстия 18. Показаны только два трубопровода, расположенные на периферии насыпки 38 между кольцевым коллектором 24 и стенками сосуда, однако следует понимать, что может быть обеспечено большее число трубопроводов и нет необходимости ограничиваться только периферией насыпки катализатора.

При использовании для синтеза метанола обезвоженный синтез-газ, включающий водород и оксиды углерода, необязательно с непрореагировавшим газом, рециркулированным при выделении метанола, загружают через отверстие 16. Всю технологическую среду загружают в реактор через отверстие 16. Часть, примерно 50% по объему, синтез-газа затем проходит через байпас трубопровод 70 ниже насыпки катализатора. Распределительное устройство (не показано) может быть использовано для распределения газа, входящего через отверстие 16 по верхней поверхности насыпки катализатора и через нижнюю часть трубопровода 70 по нижней поверхности насыпки. Части синтез-газа затем проходят через насыпку катализатора для синтеза метанола в противоположных направлениях и реагируют при подходящих условиях с образованием метанола. Полученную технологическую среду затем собирают в средней части реакционного сосуда при помощи трубчатого кольцевого

коллектора. Технологическая среда входит в кольцо 24 через отверстия 34, проходит в трубопровод 26 и оттуда в трубопровод 28. Технологическая среда проходит через трубопровод 28 в выпускное отверстие 18.

Способ переоборудования реактора с аксиальным потоком, включающего кожух 10, концы 12 и 14 и противоположные отверстия 16 и 18, как показано на фиг.4, можно осуществлять путем установки в виде модулей протяженного трубопровода 28, трубопровода 26 и трубчатого кольцевого коллектора 24 через люк для доступа 17. Существующее перфорированное устройство для поддержки катализатора 40 может быть удалено, поскольку трубопровод 28 напрямую сообщается по текучей среде с отверстием 18. Перед загрузкой катализатора вставляют байпас трубопровод через отверстие 17 и закрепляют по месту при помощи устройства для закрепления (не показано). Таким образом, следуя переоборудованию согласно способу по настоящему изобретению, отверстия 16 и 18 представляют собой отверстия для впуска и выпуска технологической среды соответственно, т.е. их функция не изменяется.

Указанный вариант осуществления применим для существующих сосудов, которые не имеют отверстий для выгрузки катализатора 20, 22 или других подобных отверстий, пригодных для переоборудования. Несмотря на то что указанные отверстия не проиллюстрированы на фиг.4, они могут присутствовать, но представляют собой непригодные для переоборудования. Преимущество указанного варианта осуществления состоит в том, что нет необходимости в разделении технологической жидкости для загрузки в сосуд и существующие впускное и выпускное отверстия сохраняют свою первоначальную функцию, таким образом исключая необходимость в дополнительных трубопроводах. Устройство для сбора технологической среды также представляет собой более простое по сравнению с устройствами, показанными на фиг.1-3.

Формула изобретения

1. Способ переоборудования реакционного сосуда, включающего кожух, имеющий противоположные отверстия, из устройства аксиального потока в устройство противотока, при котором: (I) размещают устройство для сбора технологической среды внутри кожуха и в сообщении по текучей среде с одним или более указанных отверстий, (II) обеспечивают сосуд насыпкой катализатора или сорбента в виде частиц вокруг указанного устройства для сбора технологической среды, и (III) адаптируют подачу в сосуд через один или более указанных отверстий, так что технологическая среда, поданная в сосуд, проходит аксиально и в противоположном направлении через указанную неподвижную насыпку катализатора или сорбента и собирается устройством для сбора технологической среды.

2. Способ по п.1, в котором устройство для сбора технологической среды установлено центрально в насыпке в реакционном сосуде.

3. Способ по п.1, в котором устройство для сбора технологической среды включает перфорированный элемент, определяющий камеру и трубопровод, в сообщении по текучей среде с указанной камерой, указанный трубопровод адаптирован для присоединения к одному или нескольким указанным отверстиям.

4. Способ по п.3, в котором устройство для сбора технологической жидкости включает перфорированный кольцевой коллектор.

5. Способ по п.1, в котором устройство для сбора технологической среды находится в форме модулей и содержит множество частей подходящего размера, которые соединяют вместе непосредственно внутри сосуда.

6. Способ по п.1, в котором устройство для сбора технологической среды устанавливают в сообщении по текучей среде с двумя или большим числом выпускных отверстий.

7. Способ по п.1, в котором устройство для сбора технологической среды устанавливают в сообщении по текучей среде с выпускным отверстием, указанное выпускное отверстие является концентрически расположенным по отношению к впускному отверстию.

8. Способ по п.7, в котором выпускное отверстие включает устройство Вентури.

9. Реакционный сосуд для аксиального противотока, включающий кожух, имеющий противоположные отверстия, и содержащий насыпку катализатора или сорбента в виде частиц вокруг устройства для сбора технологической среды, расположенного в центре насыпки, и в сообщении по текучей среде с одним или более указанными отверстиями, так что технологическая среда, поданная в сосуд, проходит аксиально и в противоположном направлении через неподвижную насыпку катализатора или сорбента и собирается указанным устройством для сбора и перемещается из сосуда через одно или несколько указанных отверстий.

10. Реакционный сосуд по п.9, в котором неподвижная насыпка катализатора или сорбента содержит слой инертного материала.

11. Реакционный сосуд по п.10, в котором слой инертных частиц обеспечен вокруг устройства для сбора технологической среды, причем указанные частицы инертного материала, имеющие размер частиц больший, чем размер частиц катализатора или сорбента, составляют оставшуюся часть насыпки, так что проницаемость технологической среды в области устройства для сбора увеличивается.

12. Реакционный сосуд по п.9, в котором обеспечивают устройство байпас, которое проходит через насыпку катализатора или сорбента в виде частиц для подачи части технологической среды с одного конца насыпки к другому.

13. Способ использования реакционного сосуда, имеющего конструкцию с противотоком, включающий стадии:

i. подачу технологической среды в одно или более противоположных отверстий реакционного сосуда по п.9,

ii. прохождение технологической среды аксиально и в противоположном направлении через неподвижную насыпку катализатора или сорбента в виде частиц, расположенную внутри сосуда,

iii. сбор полученной технологической среды при помощи указанного устройства для сбора, расположенного в указанной неподвижной насыпке, и

iv. удаление технологической среды из сосуда при помощи указанного устройства для сбора, указанное устройство для сбора находится в сообщении по текучей среде с одним или более указанными противоположными отверстиями в указанном сосуде.

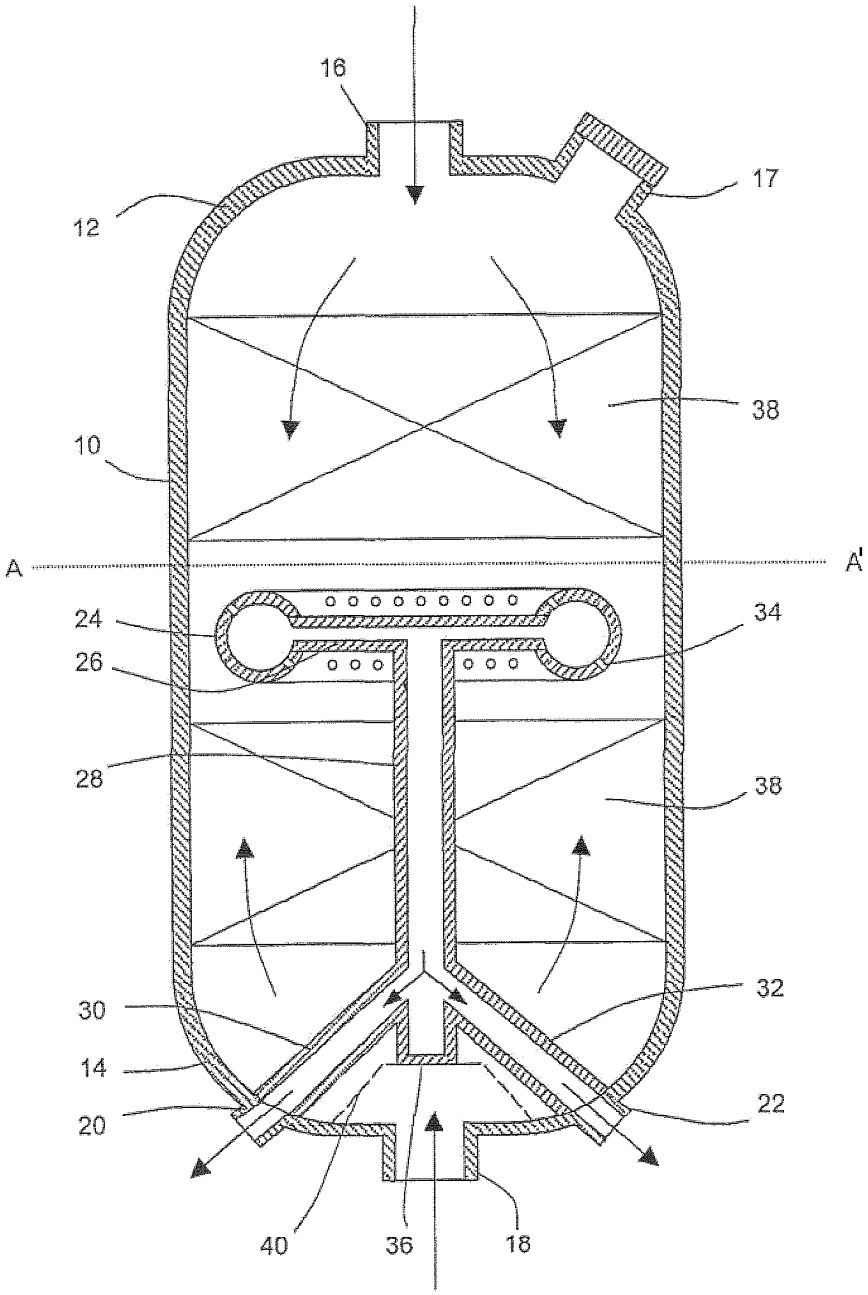
14. Способ по п.13, в котором технологическая среда включает водород, оксиды углерода и водяной пар и неподвижную насыпку, включающую катализатор конверсии водяного газа.

15. Способ по п.13, в котором технологическая среда включает водород и оксиды углерода и неподвижную насыпку, включающую катализатор синтеза метанола.

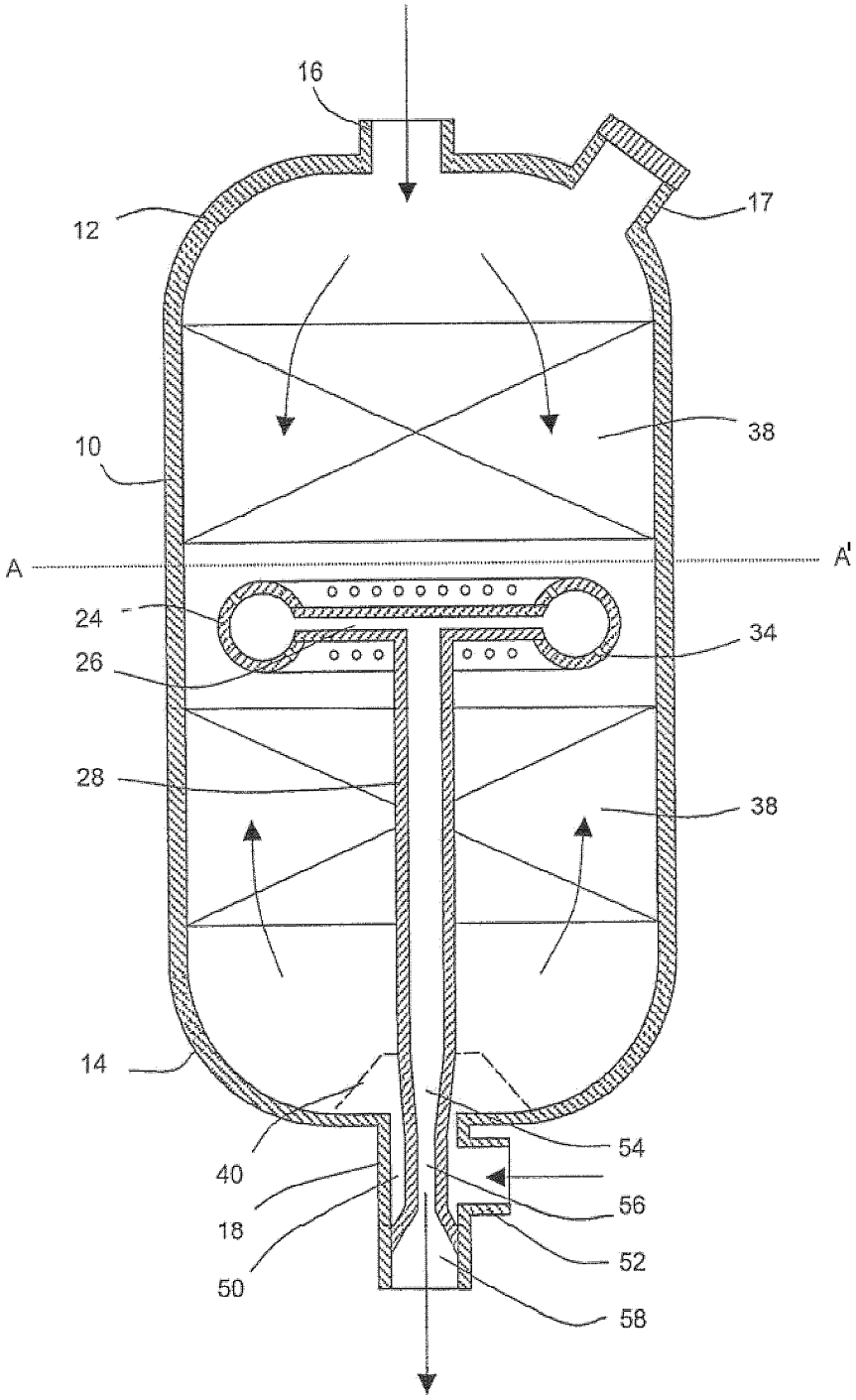
16. Способ по п.13, в котором технологическая среда включает водород и азот и неподвижную насыпку, включающую катализатор синтеза аммиака.

17. Способ по п.13, в котором технологическая среда включает углеводородное исходное сырье, содержащее каталитические яды, и неподвижную насыпку, включающую катализатор или сорбент, пригодный для удаления указанных

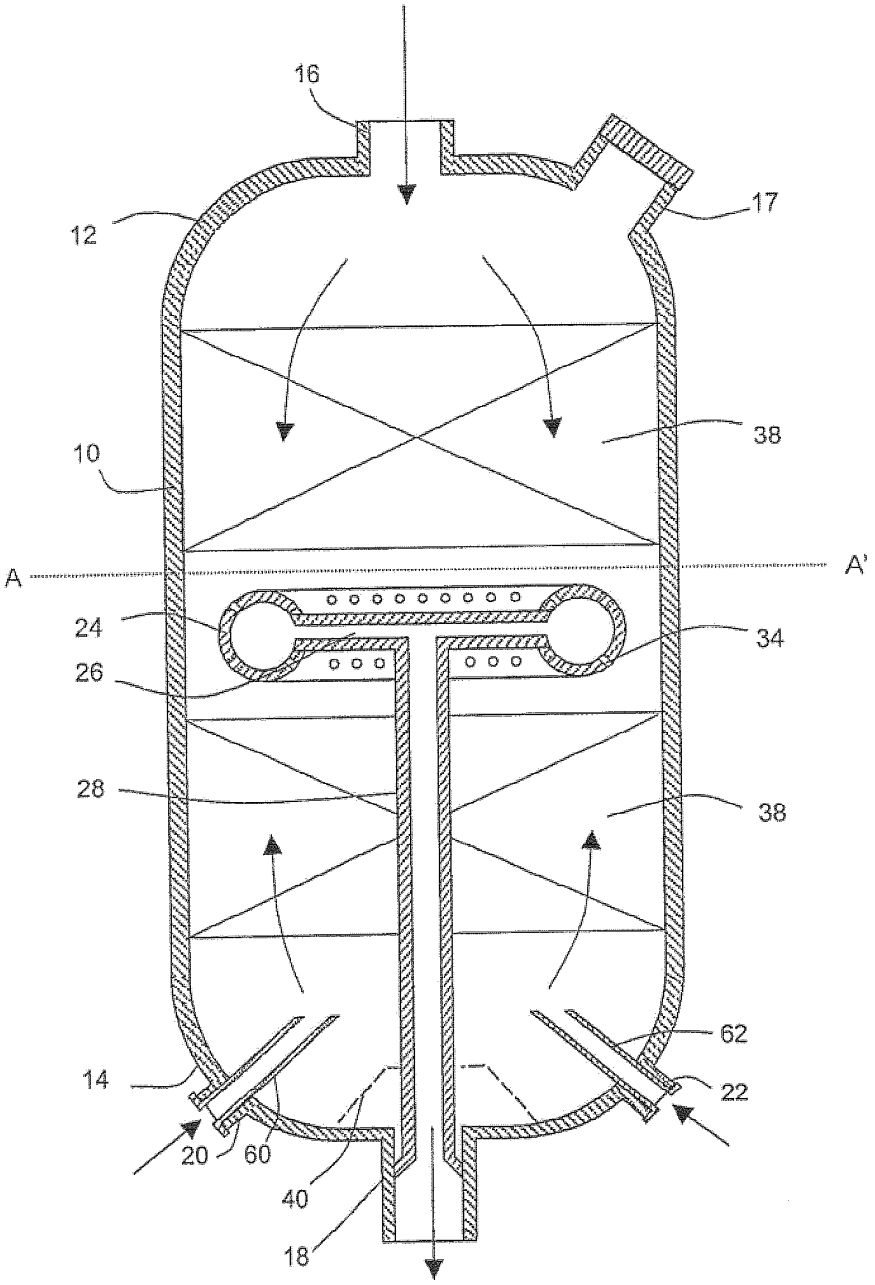
каталитических ядов из исходного сырья.



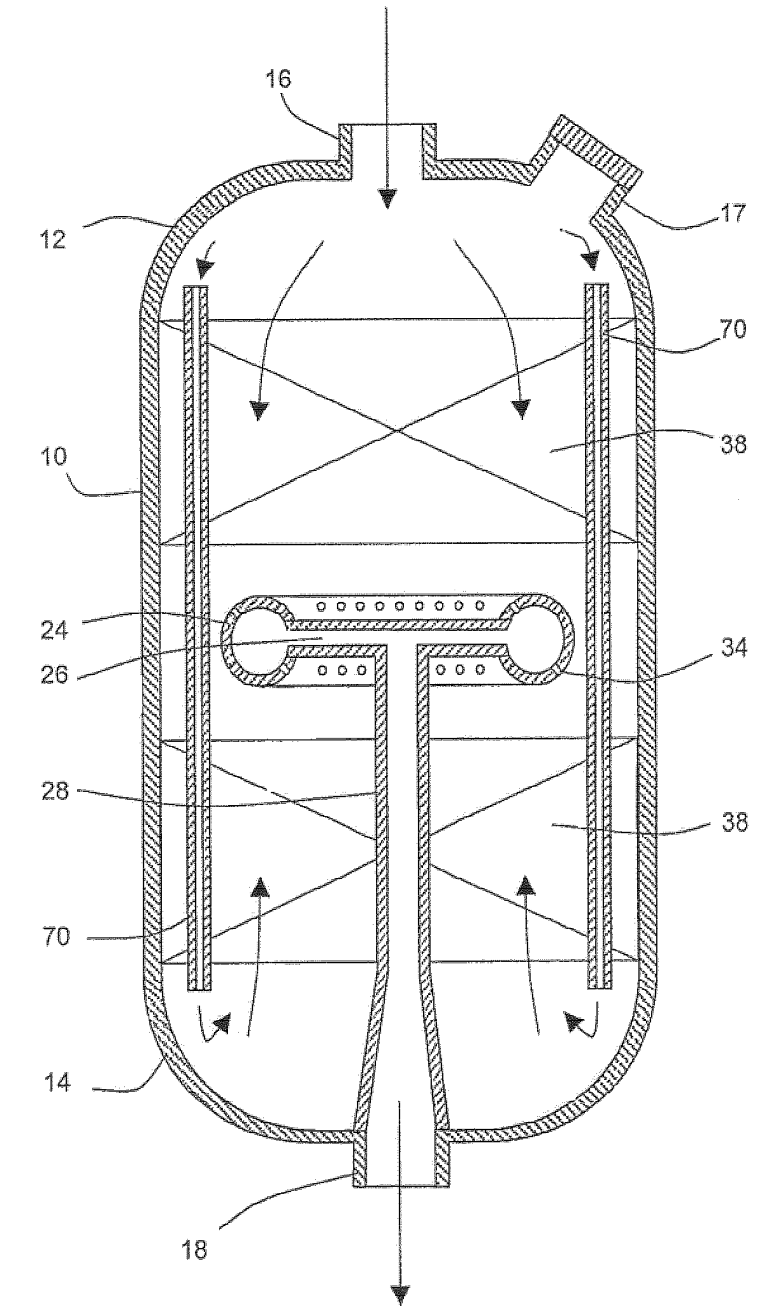
ФИГ. 1



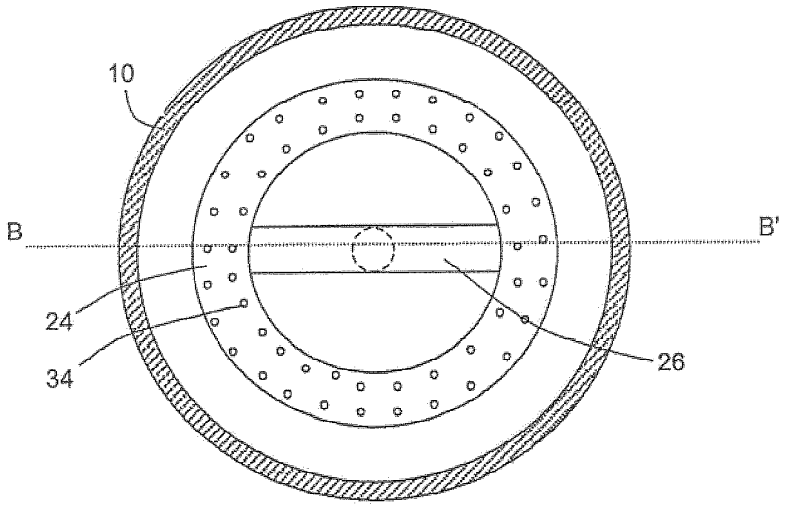
ФИГ. 2



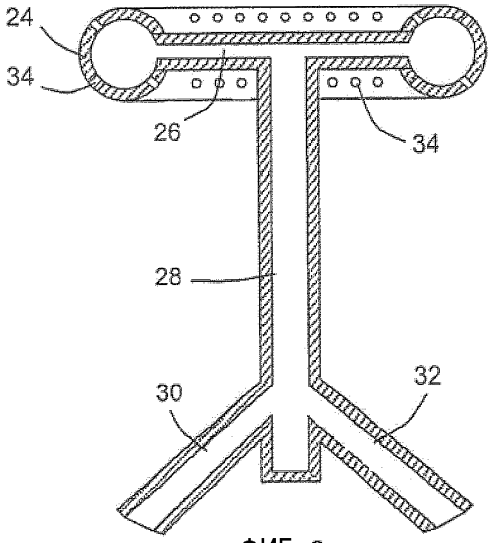
ФИГ. 3



ФИГ. 4



ФИГ. 5



ФИГ. 6