

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **036263**(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2020.10.20

(21) Номер заявки
201891140

(22) Дата подачи заявки
2016.11.10

(51) Int. Cl. **B01J 8/06** (2006.01)
C07C 47/04 (2006.01)
B01J 8/04 (2006.01)

(54) УСТРОЙСТВО И СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ФОРМАЛЬДЕГИДА

(31) **1520078.5; 1607783.6**

(32) **2015.11.13; 2016.05.04**

(33) **GB**

(43) **2018.10.31**

(86) **PCT/GB2016/053509**

(87) **WO 2017/081464 2017.05.18**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**ДЖОНСОН МЭТТИ ПАБЛИК
ЛИМИТЕД КОМПАНИ (GB)**

(72) Изобретатель:
**Хольмберг Йохан Бьорн Маттиас,
Магнуссон Андреас Эрик Йохан (SE)**

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

(56) EP-A1-1707259
WO-A2-2015121611
US-A1-2015086437
US-A-4343954

(57) Предлагается устройство для получения формальдегида. Устройство содержит секцию (8, 108, 208, 308, 408, 508) охлаждаемого трубчатого реактора, имеющую первое впускное отверстие, первое выпускное отверстие и множество труб, каждая из которых имеет первый конец, соединенный по текучей среде с первым впускным отверстием, и второй конец, соединенный по текучей среде с первым выпускным отверстием. Данное множество труб содержит первый катализатор для получения формальдегида посредством окислительной дегидрогенизации. Устройство отличается тем, что устройство дополнительно содержит секцию (7, 107, 207, 307, 407, 507) предварительного реактора. Секция (7, 107, 207, 307, 407, 507) предварительного реактора имеет впускное отверстие. Секция (7, 107, 207, 307, 407, 507) предварительного реактора имеет выпускное отверстие, соединенное по текучей среде с первым впускным отверстием секции (8, 108, 208, 308, 408, 508) охлаждаемого трубчатого реактора. Секция (7, 107, 207, 307, 407, 507) предварительного реактора сконфигурирована, чтобы содержать в процессе эксплуатации адиабатический слой катализатора. Адиабатический слой катализатора содержит второй катализатор для получения формальдегида посредством каталитической окислительной дегидрогенизации.

036263 B1

036263

B1

Область техники, к которой относится изобретение

Данное изобретение относится к устройству и способу получения формальдегида. Более конкретно, изобретение относится к устройству и способу для получения формальдегида посредством каталитической окислительной дегидрогенизации при применении смешанного оксидного катализатора, такого как FeMo катализатор. Более конкретно, однако не исключительно, изобретение относится к устройству и способу для получения формальдегида посредством каталитической окислительной дегидрогенизации метанола при применении смешанного оксидного катализатора, такого как FeMo катализатор.

Уровень техники

Формальдегид может быть получен посредством каталитической окислительной дегидрогенизации метанола. Способы выполнения такого получения известны, например, из WO9632189 или US2504402. Катализатор обычно содержит оксиды молибдена и железа. Формальдегид может также быть получен посредством комбинирования каталитической окислительной дегидрогенизации и каталитической дегидрогенизации метанола при применении серебряного или медного катализатора. Данное изобретение связано с получением формальдегида посредством каталитической окислительной дегидрогенизации при применении смешанных оксидных катализаторов. Реакция для образования формальдегида из метанола на смешанных оксидных катализаторах является экзотермической. Реакция может быть выполнена в изотермическом реакторе, обычно трубчатом реакторе, в котором теплоту реакции удаляют посредством теплопередающей текучей среды. Следует понимать, что так называемые «изотермические» реакторы являются обычно псевдоизотермическими, поскольку температура изменяется вдоль длины реактора, несмотря на охлаждение, предоставляемое для удаления теплоты реакции. Такие реакторы могут также называться "охлаждаемыми" реакторами. Реакция может также быть выполнена в адиабатическом реакторе, в котором теплоту не удаляют, и температура содержимого реактора увеличивается, когда оно проходит через реактор. Какой бы тип реактора ни применяли, со временем катализатор стареет, становится менее эффективным и нуждается в замене. Замена катализатора в трубчатом реакторе может занимать 4-5 дней, и в течение этого времени реактор остановлен, и доход потерян.

В настоящее время большинство промышленных установок для получения формальдегида на смешанных оксидных катализаторах основаны на изотермических трубчатых реакторах. Изотермический трубчатый реактор обычно загружается вплоть до включительно 11 об.% метанола. Выше этого уровня недостаток кислорода может приводить к преждевременному старению катализатора. Трубчатые реакторы могут быть расположены последовательно, что может предоставлять возможность применения большей величины подачи метанола, чем в случае единственного реактора.

Адиабатический "постреактор" может также быть добавлен ниже по потоку от изотермического трубчатого реактора. Такой адиабатический реактор предназначен для увеличения конверсии метанола посредством компенсирования неэффективности катализатора в изотермическом трубчатом реакторе.

Предпочтительные варианты осуществления данного изобретения направлены на преодоление одного или нескольких из вышеуказанных недостатков известного уровня техники. В частности, предпочтительные варианты осуществления данного изобретения направлены на предоставление улучшенного устройства и способа для получения формальдегида.

Сущность изобретения

В соответствии с первым аспектом данного изобретения, предоставлено устройство для получения формальдегида, данное устройство содержит секцию охлаждаемого трубчатого реактора, имеющую первое впускное отверстие, первое выпускное отверстие и множество труб, каждая из которых имеет первый конец, соединенный по текучей среде с первым впускным отверстием, и второй конец, соединенный по текучей среде с первым выпускным отверстием, данные множество труб сконфигурированы, чтобы содержать, в процессе эксплуатации, первый катализатор для получения формальдегида посредством каталитической окислительной дегидрогенизации, данное устройство отличается тем, что устройство дополнительно содержит секцию предварительного реактора, имеющую впускное отверстие и имеющую выпускное отверстие, соединенное по текучей среде с первым впускным отверстием секции охлаждаемого трубчатого реактора, данная секция предварительного реактора сконфигурирована, чтобы содержать, в процессе эксплуатации, адиабатический слой катализатора, содержащий второй катализатор для получения формальдегида посредством каталитической окислительной дегидрогенизации.

Соответственно, данное изобретение предоставляет секцию адиабатического предварительного реактора, расположенную выше по потоку от секции охлаждаемого трубчатого реактора.

Предоставление секции адиабатического предварительного реактора является выгодным в том отношении, что может быть значительно ускорена замена катализатора в секции предварительного реактора. Слой катализатора в секции предварительного реактора является предпочтительно уплотненным слоем катализатора, который может быть удален и заменен в течение нескольких часов. Это является гораздо более быстрым, чем время замены в течение 4-5 дней катализатора в трубах трубчатого реактора. Катализатор, расположенный выше по потоку, состаривается быстрее. В трубчатых реакторах известного уровня техники, старение катализатора вблизи начала труб оказывало преобладающее влияние на требования цикла замены катализатора. В данном изобретении, катализатор в секции предварительного реактора может заменяться более часто, при коротком времени замены, и катализатор в секции трубчатого

реактора может быть заменен через более длительные промежутки времени. Результатом является то, что продолжительные периоды прекращения функционирования для замены катализатора в трубах требуются лишь при гораздо более широких временных интервалах. Наличие секции предварительного реактора может также уменьшать тепловую нагрузку на секцию охлаждаемого трубчатого реактора (т.е. тепло, создаваемое реакцией в секции охлаждаемого трубчатого реактора, которое необходимо удалять со стороны кожуха секции охлаждаемого трубчатого реактора). Соответственно, данное изобретение выгодным образом делает возможным для существующих предприятий с секциями охлаждаемых трубчатых реакторов с короткими трубами быть модернизированными, чтобы увеличить производительность. Данное изобретение также выгодным образом делает возможным улучшение температурного контроля в секции охлаждаемого трубчатого реактора. В реакторах известного уровня техники, температура теплопередающей текучей среды должна быть рассчитана для высоких уровней теплоты, образующейся от высокой скорости реакции в первоначальной части труб. Однако, при присутствующей секции предварительного реактора, первоначальная скорость реакции в секции охлаждаемого трубчатого реактора может быть ниже, и теплопередающая текучая среда может быть лучше отрегулирована в отношении генерации тепла вдоль всей длины трубы. Данное изобретение также выгодным образом увеличивает средние выходы на протяжении продолжительного периода времени, например, на годовой основе, вследствие возможности замены катализатора в секции предварительного реактора более частым образом. В прошлом, продолжительность периода времени, требуемого для загрузки катализатора, могла приводить к уравниванию между понижением выхода и затратами, связанными с остановкой. В данном изобретении, катализатор в секции охлаждаемого трубчатого реактора поддерживается в рабочем состоянии в течение более длительного времени, и катализатор в секции предварительного реактора может поддерживаться обновленным посредством более частых замен, которые выполняются более быстрым образом. В результате, общее старение катализатора уменьшено, и средний выход на протяжении продолжительного периода времени увеличен. Предпочтительно данное изобретение предоставляет возможность увеличения среднего выхода вплоть до включительно 0,5% по сравнению с системами известного уровня техники, и вплоть до включительно 2% непосредственно после повторной загрузки катализатора в секцию адиабатического предварительного реактора, по сравнению с системами известного уровня техники без повторной загрузки в это время.

Секция охлаждаемого трубчатого реактора является предпочтительно секцией трубчатого реактора, охлаждаемого теплопередающей текучей средой. Предпочтительно секция охлаждаемого трубчатого реактора дополнительно содержит кожух, окружающий множество труб и имеющий по меньшей мере одно второе впускное отверстие и по меньшей мере одно второе выпускное отверстие для прохождения теплопередающей текучей среды через кожух в процессе эксплуатации. Соответственно, секция охлаждаемого трубчатого реактора может являться секцией трубчатого реактора, имеющей первое впускное отверстие, первое выпускное отверстие и множество труб, каждая из которых имеет первый конец, соединенный по текучей среде с первым впускным отверстием, и второй конец, соединенный по текучей среде с первым выпускным отверстием, множество труб, сконфигурированных, чтобы содержать, в процессе эксплуатации, первый катализатор для получения формальдегида посредством каталитической окислительной дегидрогенизации, секция охлаждаемого трубчатого реактора дополнительно содержит кожух, окружающий трубы и сконфигурированный, чтобы содержать теплопередающую среду, например, теплопередающую текучую среду. Секция охлаждаемого трубчатого реактора может быть сконфигурирована таким образом, что, в процессе эксплуатации, теплопередающая среда удаляет тепло, образованное в трубах. Например, кожух может иметь по меньшей мере одно второе впускное отверстие и по меньшей мере одно второе выпускное отверстие для прохождения теплопередающей среды через кожух в процессе эксплуатации. Предпочтительно трубы содержат первый катализатор.

Секция предварительного реактора сконфигурирована, чтобы содержать, в процессе эксплуатации, адиабатический слой катализатора. Предпочтительно секция предварительного реактора содержит адиабатический слой катализатора. Предпочтительно слой катализатора является уплотненным слоем, содержащим второй катализатор. Предпочтительно слой катализатора является одиночным слоем. А именно, слой катализатора не имеет трубчатое расположение, а вместо этого является уплотненным слоем катализатора, расположенным поперек пути потока. В некоторых вариантах осуществления этот слой катализатора может содержать небольшое число, например, 2 или 3 или 4, слоев параллельно. Однако слой катализатора не является трубчатым слоем, и отсутствует обеспечение удаления тепла изнутри слоя катализатора. Соответственно, слой катализатора называют адиабатическим слоем катализатора. Следует принимать во внимание, что скорость замены данного слоя катализатора по сравнению с трубчатым слоем имеет важное значение. Соответственно, слой катализатора может быть расположен таким образом, что он может быть заменен в течение не более 4, предпочтительно 3 и более предпочтительно 2 ч. Это может быть достигнуто посредством наличия единственного уплотненного слоя или небольшого числа, например, 2 или 3 или 4, слоев параллельно.

Второй катализатор может быть таким же, что и первый катализатор, или он может отличаться от первого катализатора. Любой или оба из первого и второго катализаторов могут содержать смесь или иметь структурированное расположение, такое как слои, одного или более катализаторов. Может являть-

ся выгодным предоставление разных катализаторов в разных частях реакторов, чтобы оптимизировать производительность. Соответственно, первый катализатор может быть единственным катализатором, или он может быть смесью катализаторов. Второй катализатор может быть единственным катализатором или смесью катализаторов. Первый или второй катализатор может быть смешан с неактивными компонентами, такими как керамические кольца. Первый и второй катализаторы являются катализаторами для получения формальдегида посредством каталитической окислительной дегидрогенизации. Предпочтительно любой или оба из катализаторов являются катализаторами для получения формальдегида посредством каталитической окислительной дегидрогенизации метанола. Предпочтительно катализаторы являются смешанными оксидными катализаторами, например, FeMo катализаторами.

Предпочтительно площадь поперечного сечения (т.е. площадь, перпендикулярная направлению основного потока) слоя катализатора в секции предварительного реактора является по существу такой же, что и площадь поперечного сечения трубчатой области секции охлаждаемого трубчатого реактора (т.е. сумма площадей поперечного сечения труб). Например, площадь поперечного сечения слоя катализатора секции предварительного реактора может находиться в интервале от 50 до 150% и предпочтительно от 70 до 130% от площади поперечного сечения трубчатой области секции охлаждаемого трубчатого реактора. В некоторых вариантах осуществления устройство может содержать множество секций охлаждаемого трубчатого реактора, расположенных параллельно с выпускным отверстием секции предварительного реактора, находящемся в соединении с первым впускным отверстием каждой из секций охлаждаемого трубчатого реактора. В таких вариантах осуществления площадь поперечного сечения трубчатой области секций охлаждаемого трубчатого реактора следует понимать как являющуюся суммой площадей поперечного сечения каждой секции охлаждаемого трубчатого реактора (т.е. суммой площадей поперечного сечения труб во всех параллельных секциях трубчатого реактора).

В некоторых вариантах осуществления секция предварительного реактора и секция охлаждаемого трубчатого реактора могут быть размещены последовательно в одном резервуаре. Охлаждающее оборудование, такое как охлаждающие змеевики, может быть расположено между секциями. Предпочтительно секция предварительного реактора находится в отдельном резервуаре по отношению к секции охлаждаемого трубчатого реактора. Соответственно, устройство может содержать предварительный реактор, содержащий секцию предварительного реактора, и охлаждаемый трубчатый реактор, содержащий секцию охлаждаемого трубчатого реактора. Предпочтительно устройство включает байпас в обход предварительного реактора. При таком подходе, устройство может функционировать с предварительным реактором, изолированным в то время, когда катализатор в предварительном реакторе наполняют, дополнительно увеличивая таким образом производительность устройства.

Предпочтительно устройство включает теплообменник, соединенный с впускным отверстием и выпускным отверстием предварительного реактора таким образом, что, в процессе эксплуатации, газ, выпускаемый из предварительного реактора, применяют, чтобы нагревать сырье, подаваемое в предварительный реактор. Выгодным образом, это охлаждает газ перед тем, как он проходит к охлажденному трубчатому реактору, и нагревает сырье до желаемой температуры на входе в предварительный реактор. Предпочтительно устройство дополнительно содержит байпасный клапан, присоединенный между впуском и выпуском теплообменника, так что некоторая часть или весь поток, выпускаемый из предварительного реактора, может быть направлен в обход теплообменника. Такой байпасный клапан может выгодным образом предоставлять возможность регулирования температуры потока, проходящего к впускному отверстию предварительного реактора. Устройство по данному изобретению выгодным образом предоставляет возможность контролирования температуры предварительного реактора посредством регулирования температуры на впуске в этот реактор. Соответственно, температура в предварительном реакторе может отличаться от температуры в трубчатом реакторе, предоставляя дополнительные опции для оптимизации процесса. Возможность контролирования температуры предварительного реактора посредством регулирования температуры на впуске, чтобы уменьшать температуру газов между выпускным отверстием предварительного реактора и впускным отверстием охлаждаемого трубчатого реактора, делает возможным управление процессом более эффективным образом, например, посредством регулирования условий, по мере старения катализатора.

Предпочтительно устройство содержит парогенератор, соединенный с выпускным отверстием секции предварительного реактора, чтобы образовывать пар и охлаждать газы, выпускаемые из секции предварительного реактора. Это может выгодным образом предоставлять более холодные газы для подачи в секцию охлаждаемого трубчатого реактора и производить при этом полезный пар. В некоторых вариантах осуществления парогенератор может быть соединен с выпускным отверстием теплообменника, так что поток, выпускаемый из секции предварительного реактора, протекает в процессе эксплуатации к парогенератору через теплообменник. В некоторых вариантах осуществления парогенератор может быть соединен непосредственным образом (т.е. без вмешательства в функционирование блока) с выпускным отверстием секции предварительного реактора. В таких вариантах осуществления выпускное отверстие парогенератора может быть соединено с теплообменником, так что поток, выпускаемый из предварительного реактора, протекает в процессе эксплуатации к теплообменнику через парогенератор. В качестве альтернативы, в таких вариантах осуществления выпускное отверстие парогенератора может быть

соединено непосредственным образом с первым впускным отверстием секции охлаждаемого трубчатого реактора.

Предпочтительно устройство содержит дополнительное впускное отверстие для сырья, соединенное с первым впускным отверстием секции охлаждаемого трубчатого реактора. Например, дополнительное впускное отверстие для сырья может иметь форму клапана в трубе, переносящей поток от секции предварительного реактора к секции охлаждаемого трубчатого реактора. Дополнительное впускное отверстие для сырья может быть применено, чтобы добавлять дополнительный метанол к потоку газов, выпускаемых из секции предварительного реактора, перед тем, как они поступают в секцию охлаждаемого трубчатого реактора. Может являться выгодным предоставление дополнительного метанола, добавляемого в процесс, увеличивая тем самым поток формальдегидного продукта, выпускаемый из секции охлаждаемого трубчатого реактора.

В некоторых вариантах осуществления устройство может быть снабжено теплообменником, соединенным с первым впускным отверстием и первым выпускным отверстием секции охлаждаемого трубчатого реактора таким образом, что может быть выполнен теплообмен между потоками, протекающими к секции охлаждаемого трубчатого реактора и от нее. Такие компоновки могут делать выгодным применение тепла в потоке, выпускаемом из секции охлаждаемого трубчатого реактора. В таких вариантах осуществления дополнительное впускное отверстие для сырья может являться дополнительным впускным отверстием для сырья в теплообменник. Это может являться выгодным в том, что тепло от потока, выпускаемого из секции охлаждаемого трубчатого реактора, может быть применено, чтобы способствовать испарению метанола, добавляемому через дополнительное впускное отверстие для сырья.

Выгодным образом устройство снабжено турбокомпрессором, чтобы повышать давление газа, поступающего в устройство. Давление газа повышают перед тем, как он подается в секцию предварительного реактора. Соответственно, турбокомпрессор располагают выше по потоку от секции предварительного реактора. Предпочтительно турбокомпрессор приводят в действие посредством энергии от отходящего газа от производства формальдегида. Например, в некоторых вариантах осуществления, отходящие газы от производства могут сжигаться, например, в системе контроля выбросов в атмосферу, и энергию применяют для приведения в действие турбокомпрессора. Например, в некоторых вариантах осуществления объемный поток через устройство, который увеличен посредством экзотермической природы производства формальдегида и/или сжигания отходящего газа, может быть применен для приведения в действие турбокомпрессора. Например, устройство может содержать абсорбер или другой блок для извлечения формальдегида, расположенный ниже по потоку от секции охлаждаемого трубчатого реактора и ниже по потоку от необязательных теплообменников или парогенераторов, и систему контроля выбросов в атмосферу, расположенную ниже по потоку от абсорбера. Газы, выпускаемые из секции охлаждаемого трубчатого реактора могут проходить к абсорберу для извлечения формальдегида с оставшимся газом, выпускаемым из абсорбера (например, отходящим газом), который проходит к системе контроля выбросов в атмосферу. В системе контроля выбросов в атмосферу отходящий газ предпочтительно сжигают, например, посредством каталитического сжигания, чтобы удалить опасные компоненты. Горячий газ, выпускаемый из системы контроля выбросов в атмосферу, может быть пропущен к стороне турбины турбокомпрессора, чтобы поддерживать сжатие газов, поступающих в устройство на стороне компрессора турбокомпрессора. Турбина может приводить в действие компрессор непосредственным образом, например, посредством оси, или она может приводить в действие компрессор косвенным образом, например, посредством приведения в действие генератора, который, в свою очередь, предоставляет электрическую энергию компрессору. Скорость турбины может быть отрегулирована посредством дроссельного клапана и/или байпасного потока. Подходящая турбокомпрессорная система может быть такой, как описано в WO2007111553. Применение такой турбокомпрессорной системы является особенно выгодным при наличии секции предварительного реактора, поскольку она предоставляет возможность управления секцией предварительного реактора при высоком давлении без чрезмерных затрат на сжатие. Это предоставляет особые преимущества в системе в соответствии с данным изобретением, в которой присутствует секция предварительного реактора, поскольку увеличенное давление увеличивает производительность и, соответственно, объем производства формальдегида. В предшествующих системах, это преимущество должно было бы быть оценено в сопоставлении с уменьшенным временем жизни катализатора и, как результат, увеличением частоты остановок для замены катализатора. Однако в данном изобретении наибольшее ухудшение свойств катализатора происходит в секции предварительного реактора, где катализатор может быть изменен более простым образом. Соответственно, преимущества функционирования при высоком давлении могут быть реализованы без предшествующих сопутствующих недостатков.

В соответствии со вторым аспектом данного изобретения предоставлен способ получения формальдегида, данный способ включает подачу сырьевого потока, содержащей метанол, в секцию предварительного реактора, функционирующего адиабатическим образом, по меньшей мере, частичное превращение метанола в сырьевом в формальдегид в секции предварительного реактора, чтобы создать поток первого продукта, содержащий формальдегид, подачу потока первого продукта в секцию охлаждаемого трубчатого реактора и по меньшей мере частичное превращение метанола в потоке первого продукта в формальдегид в секции охлаждаемого трубчатого реактора, чтобы получить поток второго продукта,

содержащий формальдегид. Необязательно дополнительный метанол может быть добавлен к потоку первого продукта, например, посредством комбинирования потока первого продукта с потоком, содержащим дополнительный метанол, перед подачей потока первого продукта в секцию охлаждаемого трубчатого реактора.

Секция предварительного реактора может функционировать адиабатическим образом, в котором не предусмотрено удаление тепла из данной секции.

Предпочтительно не менее чем 10% и не более чем 100%, в некоторых вариантах осуществления не более чем 95%, метанола в сырьевом потоке превращается в формальдегид в секции предварительного реактора. Если дополнительный метанол не добавляют к потоку первого продукта перед тем, как он поступает в секцию охлаждаемого трубчатого реактора, тогда предпочтительно не более чем 40% метанола в сырьевом потоке превращается в формальдегид в секции предварительного реактора. Такой интервал конверсии выгодным образом предоставляет преимущества в проведении первоначальной реакции в секции предварительного реактора, в которой катализатор может быть заменен более простым образом, наряду с поддержанием преимуществ в отношении удаления тепла и способности к контролю удалению тепла в соответствии со старением катализатора для секции охлаждаемого трубчатого реактора.

Способ может включать добавление метанола к потоку первого продукта перед его подачей в охлаждаемый трубчатый реактор. Это может увеличивать производительность данного способа в отношении формальдегида. Например, до включительно 30% или более метанола может быть подано в процесс через два места подачи, по сравнению с возможностью в системе известного уровня техники с единственным местом подачи.

В некоторых вариантах осуществления весь метанол может быть добавлен в сырьевой поток. А именно, в таких вариантах осуществления метанол не добавляют к потоку первого продукта. Такие варианты осуществления могут быть особенно выгодными в тех случаях, когда имеется риск, связанный с наличием в метаноле загрязняющих компонентов, которые могут приводить к отравлению катализатора. Отравляющие примеси будут обычно оказывать воздействие на первый катализатор, куда они поступают. В системах известного уровня техники такой катализатор находился в трубах, и поэтому его было трудно и дорого заменять. В данном изобретении катализатор, который наиболее вероятно будет отравляться, является катализатором в секции предварительного реактора, который может быть заменен более простым образом.

Предпочтительно секция охлаждаемого трубчатого реактора содержит множество труб, содержащих первый катализатор для окислительной дегидрогенизации метанола до формальдегида, и способ включает прохождение потока первого продукта через трубы, чтобы по меньшей мере частично превратить метанол в потоке первого продукта в формальдегид. Предпочтительно секция охлаждаемого трубчатого реактора дополнительно содержит кожух, окружающий множество труб, и способ включает удаление тепла от труб при применении теплопередающей среды, например, теплопередающей текучей среды, в кожухе. Например, способ предпочтительно включает прохождение теплопередающей текучей среды через кожух, чтобы удалять тепло из труб. Соответственно, секция охлаждаемого трубчатого реактора может являться секцией трубчатого реактора, имеющей множество труб, содержащих первый катализатор для окислительной дегидрогенизации метанола до формальдегида, данная секция трубчатого реактора дополнительно содержит кожух, окружающий трубы, и содержит теплопередающую среду, например, теплопередающую текучую среду.

Предпочтительно секция предварительного реактора содержит слой катализатора, и способ включает прохождение сырьевого потока через слой катализатора, чтобы по меньшей мере частично превратить метанол в сырьевом потоке в формальдегид. Предпочтительно слой катализатора содержит второй катализатор для окислительной дегидрогенизации метанола до формальдегида. Предпочтительно слой катализатора является уплотненным слоем, содержащим второй катализатор.

Второй катализатор может быть таким же, что и первый катализатор, или он может отличаться от первого катализатора. Любой или оба из первого и второго катализаторов могут содержать смесь или иметь структурированное расположение, такое как слои, одного или более катализаторов. Может являться выгодным предоставление разных катализаторов в разных частях реакторов, чтобы оптимизировать производительность. Соответственно, первый катализатор может быть единственным катализатором, или он может быть смесью катализаторов. Второй катализатор может быть единственным катализатором или смесью катализаторов.

Предпочтительно первый и второй катализаторы являются смешанными оксидными катализаторами, такими как FeMo катализаторы.

Предпочтительно катализатор в секции предварительного реактора заменяют более часто, чем катализатор в секции охлаждаемого трубчатого реактора. Например, катализатор в секции предварительного реактора может быть заменен от 1 до 5 раз, предпочтительно от 2 до 5 раз и еще более предпочтительно от 2 до 3 раз, на каждую замену катализатора в секции охлаждаемого трубчатого реактора. Предпочтительно способ включает функционирование процесса в течение некоторого периода времени и замену катализатора в секции предварительного реактора один или множество раз свежим слоем катализатора в

течение данного периода времени, причем катализатор в секции охлаждаемого трубчатого реактора не заменяют во время данного периода времени. Предпочтительно способ включает функционирование процесса, функционирование байпаса таким образом, что секция предварительного реактора изолирована от процесса, и сырьевой поток подают в секцию охлаждаемого трубчатого реактора, замену катализатора в секции предварительного реактора и направление функционирования байпаса таким образом, что сырьевой поток еще раз подают в секцию предварительного реактора. Секцию предварительного реактора таким образом удаляют из процесса, чтобы заменить катализатор, и затем возвращают в процесс после того, как катализатор заменен. Период времени может составлять, например, месяц или 3 месяца, или предпочтительно 6 месяцев.

Предпочтительно способ включает подачу отходящего газа от процесса в турбокомпрессор и применение энергии в отходящем газе, чтобы сжимать газ, подаваемый к процессу, посредством турбокомпрессора. Предпочтительно подаваемый газ является свежим воздухом. Сырьевой поток, содержащий метанол, предпочтительно создают посредством смешивания метанола со сжатым исходным газом после того, как исходный подаваемый газ смешивают с рециркулированным газом, обедненным кислородом, выпускаемый от процесса. Соответственно, турбокомпрессор функционирует, чтобы сжимать сырьевой поток, содержащий метанол, поскольку сжатие исходного газа повышает результирующее давление сырьевого потока, содержащего метанол. Турбокомпрессор также функционирует, чтобы вводить кислород в процесс посредством введения свежего воздуха. Турбокомпрессор предпочтительно функционирует, чтобы контролировать уровень кислорода и давление сырьевого потока. Предпочтительно отходящий газ подают в систему контроля выбросов в атмосферу, где вредные вещества удаляют посредством сжигания, перед проходом в турбокомпрессор.

Следует принимать во внимание, что признаки, описанные в отношении одного аспекта данного изобретения, могут быть равным образом применимы в другом аспекте данного изобретения. Например, признаки, описанные в отношении устройства по данному изобретению, могут быть равным образом применимы к способу по данному изобретению, и наоборот. Некоторые признаки могут не являться применимыми и могут быть исключены из отдельных аспектов данного изобретения.

Описание чертежей

Варианты осуществления данного изобретения будут теперь описаны, посредством примера, и не в каком-либо ограничивающем смысле, при ссылках на сопроводительные чертежи, на которых

фиг. 1 представляет собой принципиальную схему варианта осуществления данного изобретения;

фиг. 2 представляет собой принципиальную схему другого варианта осуществления данного изобретения;

фиг. 3 представляет собой принципиальную схему другого варианта осуществления данного изобретения;

фиг. 4 представляет собой принципиальную схему другого варианта осуществления данного изобретения;

фиг. 5 представляет собой принципиальную схему другого варианта осуществления данного изобретения;

фиг. 6 представляет собой принципиальную схему другого варианта осуществления данного изобретения;

фиг. 7 представляет собой принципиальную схему части другого варианта осуществления данного изобретения; и

фиг. 8 представляет собой принципиальную схему другой части варианта осуществления по фиг 7.

Подробное описание

На фиг. 1 в предварительный испаритель 1 поступает сырьевой поток 3, содержащий метанол, и рециркуляционный поток 20. Сырьевой поток 3 и рециркуляционный поток 20 смешиваются и проходят через предварительный испаритель 1 и испаритель 2, которые совместно испаряют и нагревают смесь. Паровой поток проходит в предварительный нагреватель 6 и затем в предварительный реактор 7. В предварительном реакторе 7 по меньшей мере часть метанола превращается в формальдегид в одиночном слое катализатора, функционирующем адиабатическим образом. Поток, выпускаемый из предварительного реактора 7, проходит через предварительный нагреватель 6 и в охлаждаемый трубчатый реактор 8. В предварительном нагревателе 6 происходит теплообмен между выпускным и впускными потоками предварительного реактора 7, что соответственно, охлаждает выпускной поток и нагревает впускной поток. Байпасный клапан 9 предоставляет регулирование температуры потока, поступающего в предварительный реактор 7. Дополнительный метанол 5 может быть добавлен к потоку, поступающему в охлаждаемый трубчатый реактор 8. В охлаждаемом трубчатом реакторе 8, метанол, оставшийся от предварительного реактора 7 или добавленный посредством добавления 5 метанола, превращается в формальдегид. Поток продукта от трубчатого реактора 8 проходит через испаритель 2, где тепло от потока продукта применяют для испарения и нагревания смеси сырьевого потока 3 и рециркуляционного потока 20, и затем в абсорбер 4, чтобы извлечь формальдегид из потока продукта. Рециркулированный газ от абсорбера смешивают со свежим воздухом, чтобы образовать рециркуляционный поток 20. Рециркуляция улучшает выход и уменьшает концентрацию кислорода, что уменьшает риск взрыва.

На фиг. 2 в предварительный испаритель 101 поступает сырьевой поток 103, содержащий метанол, и рециркуляционный поток 120. Сырьевой поток 103 и рециркуляционный поток 120 смешиваются и проходят через предварительный испаритель 101 и испаритель 102, которые совместно испаряют и нагревают смесь. Паровой поток проходит в предварительный нагреватель 106 и затем в предварительный реактор 107. В предварительном реакторе 107 по меньшей мере часть метанола превращается в формальдегид в одиночном уплотненном слое катализатора, функционирующем адиабатическим образом. Поток, выпускаемый из предварительного реактора 107, проходит через парогенератор 112, где выполняется обмен тепла от данного потока с водой 111 для питания котла, чтобы создавать пар 110. Байпасный клапан 121 предоставлен в обход парогенератора 112. Поток затем проходит через предварительный нагреватель 106 и в охлаждаемый трубчатый реактор 108. В предварительном нагревателе 106 происходит теплообмен между выпускным и впускным потоками предварительного реактора 107, что соответственно, охлаждает выпускной поток и нагревает впускной поток. Байпасный клапан 109 предоставляет регулирование температуры потока, поступающего в предварительный реактор 107. Дополнительный метанол 105 может быть добавлен к потоку, поступающему в охлаждаемый трубчатый реактор 108. В трубчатом реакторе 108, метанол, оставшийся из предварительного реактора 107 или добавленный посредством добавления 105 метанола, превращается в формальдегид. Поток продукта от охлаждаемого трубчатого реактора 108 проходит через испаритель 102, где тепло от потока продукта применяют для испарения и нагревания смеси сырьевого потока 103 и рециркуляционного потока 120, и затем в абсорбер 104, чтобы извлечь формальдегид из потока продукта. Рециркулированный газ от абсорбера смешивают со свежим воздухом, чтобы образовать рециркуляционный поток 120.

На фиг. 3 в предварительный испаритель 201 поступает сырьевой поток 203, содержащий метанол, и рециркуляционный поток 220. Сырьевой поток 203 и рециркуляционный поток 220 смешиваются и проходят через предварительный испаритель 201 и испаритель 202, которые совместно испаряют и нагревают смесь. Паровой поток проходит в предварительный нагреватель 206 и затем в предварительный реактор 207. В предварительном реакторе 207 по меньшей мере часть метанола превращается в формальдегид в одиночном слое катализатора, функционирующем адиабатическим образом. Поток, выпускаемый из предварительного реактора 207, проходит через предварительный нагреватель 206, где происходит теплообмен между выпускным и впускным потоками предварительного реактора 207, что соответственно, охлаждает выпускной поток и нагревает впускной поток. Байпасный клапан 209 предоставляет регулирование температуры потока, поступающего в предварительный реактор 207. Поток, выпускаемый из предварительного реактора 206, проходит в парогенератор 215, где выполняется обмен тепла от данного потока с водой 213 для питания котла, чтобы создавать пар 214. Байпасные клапаны 222 и 223 предоставлены в обход парогенератора 215 и в обход предварительного нагревателя 206 и парогенератора 215. Поток затем проходит в охлаждаемый трубчатый реактор 208. Дополнительный метанол 205 может быть добавлен к потоку, поступающему в охлаждаемый трубчатый реактор 208. В охлаждаемом трубчатом реакторе 208, метанол, оставшийся от предварительного реактора 207 или добавленный посредством добавления 205 метанола, превращается в формальдегид. Поток продукта от охлаждаемого трубчатого реактора 208 проходит через испаритель 202, где тепло от потока продукта применяют для испарения и нагревания смеси сырьевого потока 203 и рециркуляционного потока 220, и затем в абсорбер 204, чтобы извлечь формальдегид из потока продукта. Рециркулированный газ от абсорбера смешивают со свежим воздухом, чтобы образовать рециркуляционный поток 220.

На фиг. 4 в предварительный испаритель 301 поступает сырьевой поток 303, содержащий метанол, и рециркуляционный поток 320. Сырьевой поток 303 и рециркуляционный поток 320 смешиваются и проходят через предварительный испаритель 301 и испаритель 302, которые совместно испаряют и нагревают смесь. Паровой поток проходит в предварительный реактор 307. В предварительном реакторе 307 по меньшей мере часть метанола превращается в формальдегид в одиночном слое катализатора, функционирующем адиабатическим образом. Поток, выпускаемый из предварительного реактора 307, проходит в парогенератор 315, где выполняется обмен тепла от данного потока с водой 313 для питания котла, чтобы создавать пар 314. Имеется байпасный клапан 323 в обход парогенератора 315. Поток затем проходит в охлаждаемый трубчатый реактор 308. Дополнительный метанол 305 может быть добавлен к потоку, поступающему в охлаждаемый трубчатый реактор 308. В охлаждаемом трубчатом реакторе 308, метанол, оставшийся от предварительного реактора 307 или добавленный посредством добавления 305 метанола, преобразуется в формальдегид. Поток продукта от охлаждаемого трубчатого реактора 308 проходит через испаритель 302, где тепло от потока продукта применяют для испарения и нагревания смеси сырьевого потока 303 и рециркуляционного потока 320, и затем в абсорбер 304, чтобы извлечь формальдегид из потока продукта. Рециркулированный газ от абсорбера смешивают со свежим воздухом, чтобы образовать рециркуляционный поток 320.

На фиг. 5 в предварительный испаритель 401 поступает сырьевой поток 403, содержащий метанол, и рециркуляционный поток 420. Поток 403 исходной среды и рециркуляционный поток 420 смешиваются и проходят через предварительный испаритель 401 и испаритель 402, которые совместно испаряют и нагревают смесь. Паровой поток проходит в предварительный реактор 407. В предварительном реакторе 407 по меньшей мере часть метанола превращается в формальдегид в одиночном слое катализатора,

функционирующем адиабатическим образом. Поток, выпускаемый из предварительного реактора 407, проходит через парогенератор 412, где выполняется обмен тепла от данного потока с водой 411 для питания котла, чтобы создавать пар 410. Поток затем проходит через предварительный нагреватель 402, где выполняется обмен тепла от данного потока к сырьевому потоку 403, и к испарителю и газоохладителю 416. Имеется байпасный клапан 421 в обход парогенератора 412 и байпасный клапан 424 в обход предварительного нагревателя 402. Дополнительный метанол 405 может быть добавлен к потоку в испарителе и газоохладителе 416, и комбинированный поток поступает к охлаждаемому трубчатому реактору 408. В охлаждаемом трубчатом реакторе 408, метанол, оставшийся от предварительного реактора 407 или добавленный посредством добавления 405 метанола, превращается в формальдегид. Поток продукта от охлаждаемого трубчатого реактора 408 проходит через испаритель и газоохладитель 416, где тепло от потока продукта применяют для теплообмена с потоком, протекающим к охлаждаемому трубчатому реактору 408, и затем в абсорбер 404, чтобы извлечь формальдегид из потока продукта. Рециркулированный газ от абсорбера смешивают со свежим воздухом, чтобы образовать рециркуляционный поток 420.

На фиг. 6 в предварительный испаритель 501 поступает сырьевой поток 503, содержащий метанол, и рециркуляционный поток 520. Сырьевой поток 503 и рециркуляционный поток 520 смешиваются и проходят через предварительный испаритель 501 и испаритель 502, которые совместно испаряют и нагревают смесь. Паровой поток проходит в предварительный реактор 507. В предварительном реакторе 507 по меньшей мере часть метанола превращается в формальдегид в одиночном слое катализатора, функционирующем адиабатическим образом. Поток, выпускаемый из предварительного реактора 507, проходит к охлаждаемому трубчатому реактору 508. Дополнительный метанол 505 может быть добавлен к потоку, поступающему в охлаждаемый трубчатый реактор 508. В охлаждаемом трубчатом реакторе 508, метанол, оставшийся от предварительного реактора 507 или добавленный посредством добавления 505 метанола, превращается в формальдегид. Поток продукта от трубчатого реактора 508 проходит через испаритель 502, где тепло от потока продукта применяют для испарения и нагревания смеси сырьевого потока 503 и рециркуляционного потока 520, и затем в абсорбер 504, чтобы извлечь формальдегид из потока продукта. Рециркулированный газ от абсорбера смешивают со свежим воздухом, чтобы образовать рециркуляционный поток 520. В этом варианте осуществления байпас 524 предоставляет возможность изолирования предварительного реактора 507 от процесса, так что катализатор в предварительном реакторе 507 может быть заменен, в то время как процесс продолжает функционировать с сырьем, направляемым в охлаждаемый трубчатый реактор 508. Такой байпас 524 может также быть включен в варианты осуществления, проиллюстрированные на других фигурах.

На фиг. 7 и 8, свежий воздух 625, вводимый в устройство, подают к стороне повышенного давления турбокомпрессора 626. Воздух сжимают, смешивают с рециркулированным газом 233, обедненным кислородом, выпускаемым из абсорбера 204, и подают посредством рециркуляционных воздухопроводов 632 во впускное отверстие предварительного испарителя 201 в качестве рециркуляционного потока 220. Устройство на фиг. 8 является устройством по фиг. 3, с аналогичными частями, идентифицированными такими же числовыми обозначениями. Следует принимать во внимание, что применение устройства по фиг. 3 является лишь примером, и что любое из устройств, представленных на фиг. 1, 2, 3, 4, 5 или 6, могут быть применены с устройством по фиг. 7. На фиг. 8 абсорбер 204 изображен явным образом, с выпуском 233 из абсорбера 204, возвращаемым обратно, в точку В, в устройство по фиг. 7. Часть выпуска 233 из абсорбера 204 подают в систему контроля выбросов в атмосферу (ECS) 630. Остаток рециркулируют и смешивают со сжатым воздухом, поступающим из турбокомпрессора 626. В системе контроля выбросов в атмосферу (ECS) каталитическое сжигание применяют, чтобы удалять опасные отходы в газе. В показанном примере системы контроля выбросов в атмосферу (ECS) 630, газ первоначально предварительно нагревают при применении отходящего тепла ниже по потоку от турбокомпрессора 626, и затем сжигают на слое катализатора. Однако любая подходящая система контроля выбросов в атмосферу (ECS) может быть применена, и предварительное нагревание в системе контроля выбросов в атмосферу (ECS) может быть достигнуто при применении других средств. Газы, теперь горячие, выпускаемые из системы контроля выбросов в атмосферу (ECS) 630 подают в сторону 627 турбины турбокомпрессора 626, где они предоставляют энергию, чтобы сжимать поступающий свежий воздух 625. Повторное применение энергии таким образом предоставляет возможность сжатия свежего воздуха 625 экономически целесообразным образом, так что результирующие преимущества в отношении более высокой производительности не нивелируются посредством затрат на достижение сжатия. Ниже по потоку от турбины 627, газ необязательно пропускают через дополнительный блок 631 для извлечения энергии перед прохождением через предварительный нагреватель системы контроля выбросов в атмосферу (ECS) 630 и выпуском в атмосферу 629. Как указано выше, рекуперация тепла ниже по потоку от турбины может быть выполнена альтернативными путями. Например, блок 631 для извлечения энергии может быть полностью исключен, при всем извлечении энергии, происходящем в предварительном нагревателе системы контроля выбросов в атмосферу (ECS) 630. Предоставление турбокомпрессора 626 делает возможным получение более высоких давлений без чрезмерных затрат. Предварительный реактор 207 делает возможным применение таких высоких давлений без чрезмерного увеличения времени остановки для замены катализатора. Комбинирование турбокомпрессора 626 с предварительным реактором 207 создает

особенно выгодный процесс при высоком давлении.

Специалистам в данной области техники будет очевидно, что вышеприведенные варианты осуществления были описаны лишь в качестве примера и не в каком-либо ограничивающем смысле, и что различные изменения и модификации возможны без отклонения от объема данного изобретения, как определено приложенной формулой изобретения. Например, наряду с тем, что варианты осуществления, отображенные здесь, показывают отдельные предварительные реакторы и охлаждаемые трубчатые реакторы, секция предварительного реактора и охлаждаемого трубчатого реактора могут быть реализованы в качестве различных секций в единственном реакторном резервуаре. Например, секция предварительного реактора и секция трубчатого охлаждаемого реактора могут быть расположены одна над другой в колонне. В некоторых вариантах осуществления сырьевой поток может содержать метилаль (диметоксиметан) вместо метанола. Как метанол, так и метилаль могут присутствовать в некоторых вариантах осуществления. В некоторых вариантах осуществления предварительный испаритель может не присутствовать, и испарение, и нагревание сырьевого потока могут быть выполнены в единственном испарителе, который может также действовать в качестве газоохладителя, как в описанных вариантах осуществления, или иным образом.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Устройство для получения формальдегида, содержащее секцию охлаждаемого трубчатого реактора, имеющую первое впускное отверстие, первое выпускное отверстие и множество труб, каждая из которых имеет первый конец, соединенный по текучей среде с первым впускным отверстием, и второй конец, соединенный по текучей среде с первым выпускным отверстием, причем множество труб сконфигурировано, чтобы содержать, в процессе эксплуатации, первый катализатор для получения формальдегида посредством каталитической окислительной дегидрогенизации, причем устройство отличающееся тем, что дополнительно содержит секцию предварительного реактора, имеющую впускное отверстие и имеющую выпускное отверстие, соединенное по текучей среде с первым впускным отверстием секции охлаждаемого трубчатого реактора, причем секция предварительного реактора сконфигурирована, чтобы содержать в процессе эксплуатации адиабатический слой катализатора, содержащий второй катализатор для получения формальдегида посредством каталитической окислительной дегидрогенизации, причем данное устройство содержит турбокомпрессор, чтобы повышать давление газа, поступающего в устройство, причем данное устройство содержит систему контроля выбросов для сжигания отходящего газа от производства формальдегида, и турбокомпрессор соединен с системой контроля выбросов таким образом, что турбокомпрессор выполнен с возможностью приведения в действие посредством энергии в отходящем газе, выходящем из системы контроля выбросов.

2. Устройство по п.1, в котором секция охлаждаемого трубчатого реактора дополнительно содержит кожух, окружающий множество труб и имеющий по меньшей мере одно второе впускное отверстие и по меньшей мере одно второе выпускное отверстие для прохождения теплопередающей текучей среды через кожух в процессе эксплуатации.

3. Устройство по п.1 или 2, в котором адиабатический слой катализатора является уплотненным слоем катализатора.

4. Устройство по любому предшествующему пункту, в котором площадь поперечного сечения слоя катализатора секции предварительного реактора находится в интервале от 50 до 150% от площади поперечного сечения трубчатой области секции охлаждаемого трубчатого реактора.

5. Устройство по любому предшествующему пункту, в котором устройство содержит предварительный реактор, содержащий секцию предварительного реактора, и охлаждаемый трубчатый реактор, содержащий секцию охлаждаемого трубчатого реактора.

6. Устройство по п.5, в котором устройство включает теплообменник, соединенный с впускным отверстием и выпускным отверстием предварительного реактора таким образом, что в процессе эксплуатации газ, выпускаемый из предварительного реактора, применяют для нагревания газа, подаваемого в предварительный реактор.

7. Устройство по п.6, в котором устройство дополнительно содержит байпасный клапан, присоединенный между впуском и выпуском теплообменника, так что некоторая часть или весь газ, выпускаемый из предварительного реактора, может быть направлен в обход теплообменника.

8. Устройство по любому предшествующему пункту, в котором устройство содержит парогенератор, соединенный с выпускным отверстием секции предварительного реактора для образования пара и охлаждения газов, выпускаемых из секции предварительного реактора.

9. Устройство по п.8, зависимому от п.6 или 7, в котором парогенератор соединен с выпуском теплообменника, так что поток, выпускаемый из предварительного реактора, способен к протеканию в процессе эксплуатации к парогенератору через теплообменник.

10. Устройство по п.8, в котором парогенератор соединен непосредственно с выпускным отверстием секции предварительного реактора.

11. Устройство по пп.10 и 8, зависимому от п.6 или 7, в котором выпускное отверстие парогенера-

тора соединено с теплообменником, так что поток, выпускаемый из предварительного реактора, способен к протеканию в процессе эксплуатации к теплообменнику через парогенератор.

12. Устройство по п.10, в котором выпускное отверстие парогенератора соединено непосредственно с охлаждаемым трубчатым реактором.

13. Устройство по любому предшествующему пункту, в котором устройство содержит дополнительное впускное отверстие для сырья, соединенное с первым впускным отверстием охлаждаемого реактора, так что в процессе эксплуатации метанол может быть добавлен между выпускным отверстием предварительного реактора и первым впускным отверстием охлаждаемого трубчатого реактора.

14. Устройство по любому предшествующему пункту, где устройство снабжено теплообменником, соединенным с первым впускным отверстием и первым выпускным отверстием охлаждаемого трубчатого реактора таким образом, что в процессе эксплуатации может быть выполнен теплообмен между потоками, протекающими к охлаждаемому трубчатому реактору и от него.

15. Устройство по п.14, зависимому от п.13, в котором дополнительное впускное отверстие для сырья является дополнительным впускным отверстием для подачи сырья в теплообменник.

16. Способ получения формальдегида с использованием устройства по пп.1-15, включающий этап, на котором подают сырьевой поток, содержащий метанол, в секцию предварительного реактора, который функционирует адиабатическим образом, по меньшей мере частично превращают метанол в сырьевом потоке в формальдегид в секции предварительного реактора, чтобы создать поток первого продукта, который содержит формальдегид, подают поток первого продукта в секцию охлаждаемого трубчатого реактора, и по меньшей мере частично превращают метанол в потоке первого продукта в формальдегид в секции охлаждаемого трубчатого реактора, чтобы получить поток второго продукта, который содержит формальдегид, причем отходящий газ от способа подают в турбокомпрессор, в котором энергию в отходящем газе применяют, чтобы сжимать газ, подаваемый в способ.

17. Способ по п.16, содержащий этап подачи потока первого продукта с добавлением дополнительного метанола в секцию охлаждаемого трубчатого реактора.

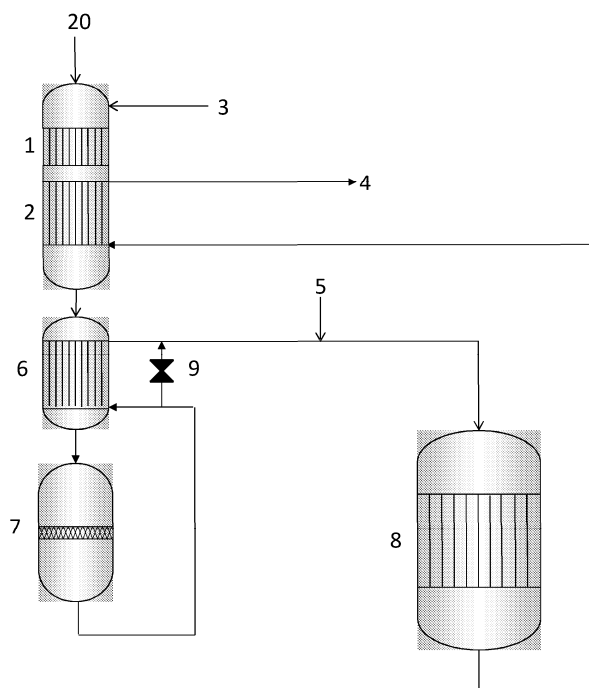
18. Способ по п.16, в котором секция предварительного реактора содержит слой катализатора, и секция охлаждаемого трубчатого реактора содержит трубы, содержащие катализатор, и способ включает этап, на котором управляют процессом в течение некоторого периода времени, и заменяют слой катализатора один или множество раз свежим слоем катализатора в течение данного периода времени, причем катализатор в трубах не заменяют во время данного периода времени.

19. Способ по любому из пп.16-19, в котором способ включает этап, на котором управляют процессом, управляют байпасом таким образом, что секция предварительного реактора изолирована от процесса, и сырьевой поток подают в секцию охлаждаемого трубчатого реактора, заменяют катализатор в секции предварительного реактора и изменяют работу байпаса таким образом, что сырьевой поток еще раз подают в секцию предварительного реактора.

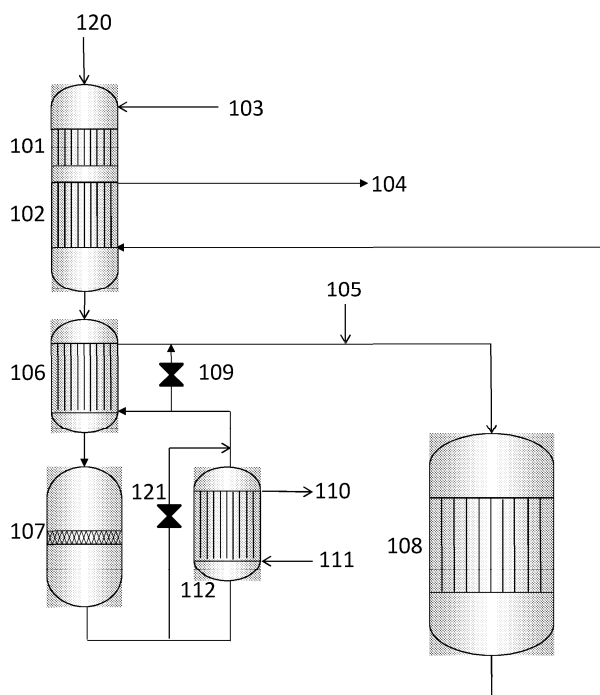
20. Способ по любому из пп.16-19, в котором катализатор в секции предварительного реактора заменяют более часто, чем катализатор в секции охлаждаемого трубчатого реактора.

21. Способ по любому из пп.16-20 в котором способ включает этап, на котором добавляют метанол к потоку первого продукта перед его подачей в охлаждаемый трубчатый реактор.

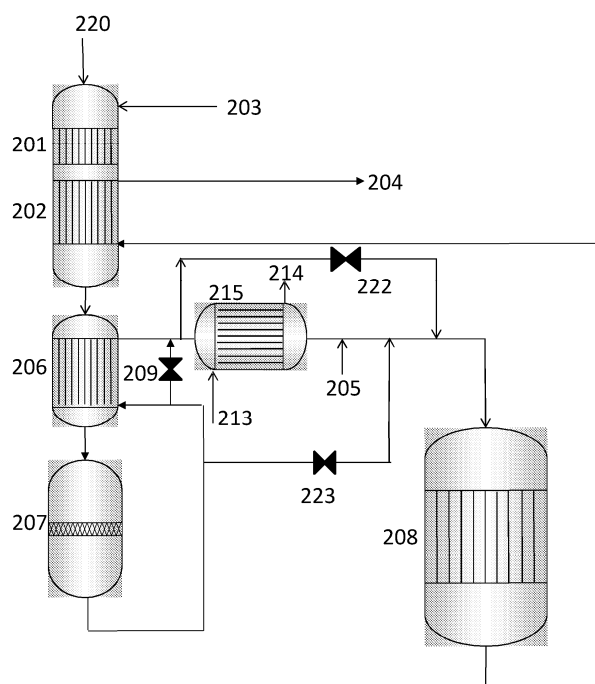
22. Применение устройства по любому из пп.1-15 для получения формальдегида из метанола.



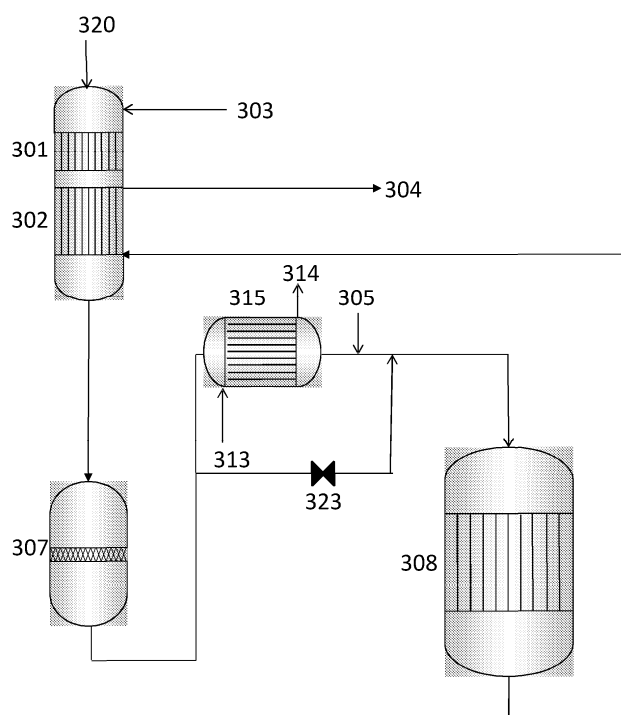
Фиг. 1



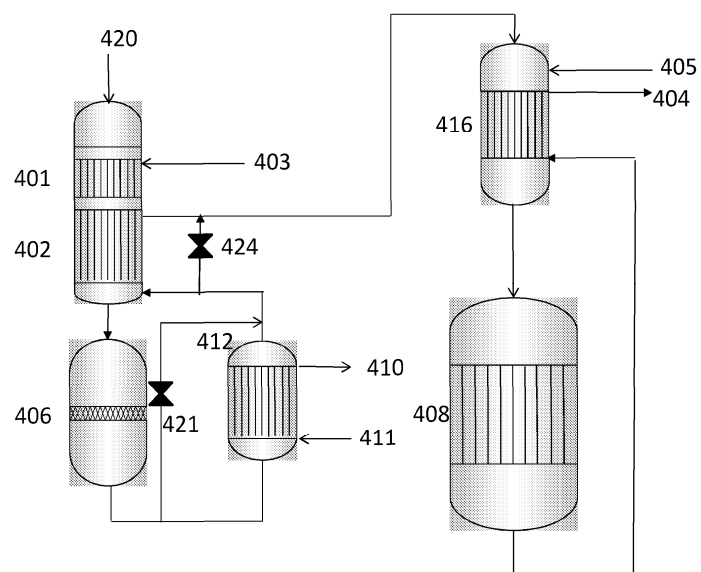
Фиг. 2



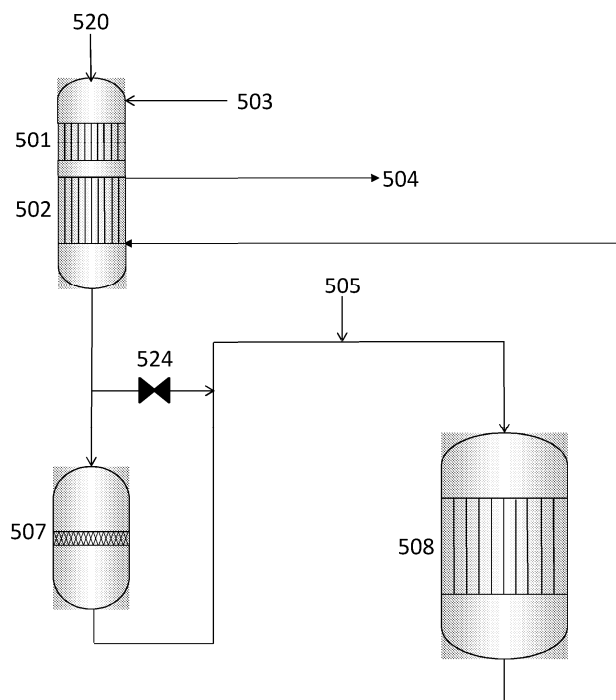
Фиг. 3



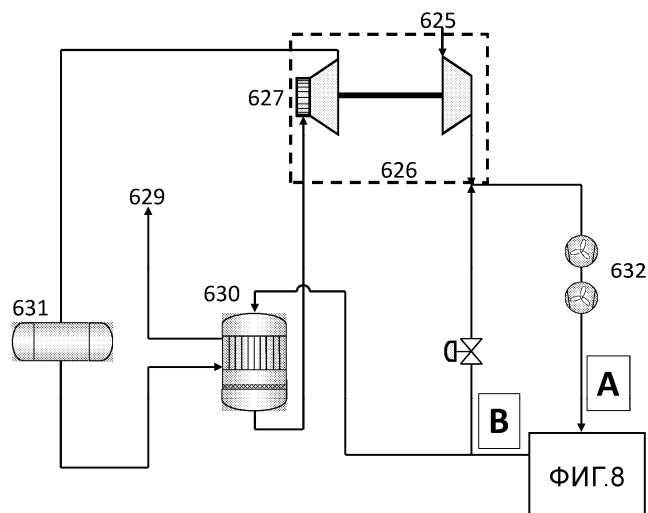
Фиг. 4



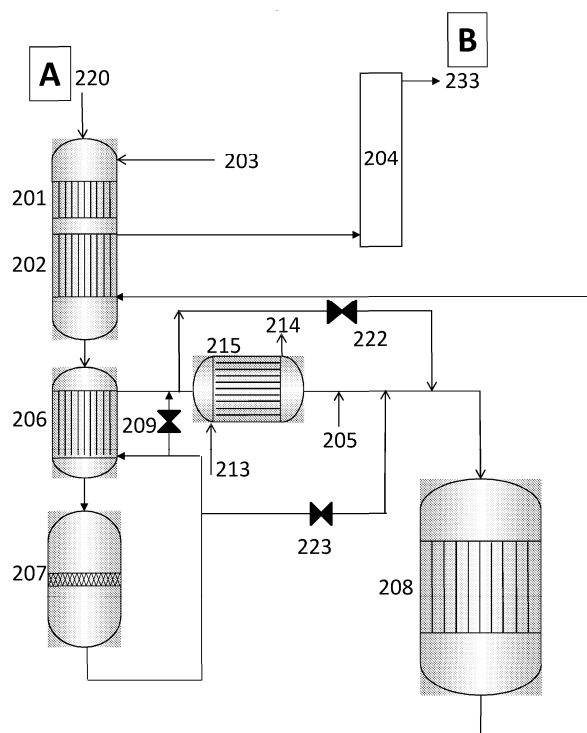
Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7



Фиг. 8

