

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(21) 202090537 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2020.05.18

(51) Int. Cl. F27D 17/00 (2006.01)
B01J 8/02 (2006.01)
C07C 45/00 (2006.01)

(22) Дата подачи заявки
2018.10.03

(54) СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ВЫБРОСОВ ОТХОДЯЩЕГО ГАЗА

(31) 1716132.4

(72) Изобретатель:

(32) 2017.10.03

Боман Хенрик (SE)

(33) GB

(74) Представитель:

(86) PCT/GB2018/052817

Угрюмов В.М., Лыу Т.Н., Глухарёва
А.О., Гизатуллина Е.М., Гизатуллин
Ш.Ф., Строкова О.В., Христофоров
А.А., Костюшенкова М.Ю., Лебедев
В.В., Парамонова К.В. (RU)

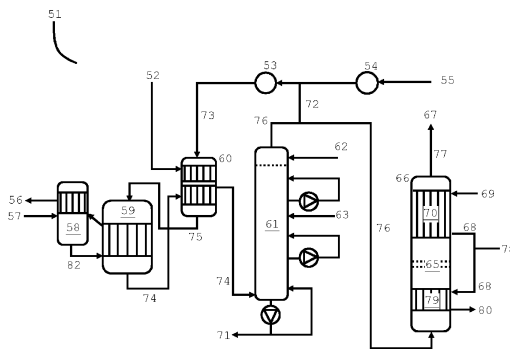
(87) WO 2019/069074 2019.04.11

(88) 2019.06.20

(71) Заявитель:

ДЖОНСОН МЭТТЕЙ ПАБЛИК
ЛИМИТЕД КОМПАНИ (GB)

(57) Описан способ производства формальдегида. Способ включает подачу в реактор питающего потока, содержащего метанол; превращение метанола в формальдегид в реакторе с использованием смешанного оксидного катализатора для получения технологического потока, содержащего формальдегид; отделение формальдегида от технологического потока для получения потока продукта, содержащего формальдегид, и потока отходящего газа; подачу по меньшей мере части потока отходящего газа в конденсатор пара для поднятия температуры по меньшей мере части потока отходящего газа для получения нагретого потока отходящего газа; и подачу нагретого потока отходящего газа в слой каталитического сжигания для каталитического сжигания компонентов нагретого потока отходящего газа с получением прошедшего дожигание потока отходящего газа.



A1

202090537

202090537

A1

СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ВЫБРОСОВ ОТХОДЯЩЕГО ГАЗА

Область изобретения

Настоящее изобретение относится к системе контроля выбросов для каталитического сжигания компонентов потока отходящего газа технологического процесса. В частности, но не исключительно, настоящее изобретение относится к системе контроля выбросов для применения в способе производства формальдегида, например, в форме формалина или карбамидоформальдегидного концентрата (UFC). Настоящее изобретение также относится к способу производства формальдегида, например, в форме формалина или UFC.

Предпосылки создания изобретения

Формальдегид можно производить каталитическим окислительным дегидрированием метанола. Способы организации такого производства описаны, например, в WO9632189 или US2504402. Используемый катализатор обычно представляет собой так называемый «смешанный оксидный» катализатор, содержащий оксиды молибдена и железа. Хорошо известным способом производства формальдегида является способ Formox, предлагаемый компанией Johnson Matthey. В способе Formox применяется каталитическое окислительное дегидрирование метанола над смешанным оксидным катализатором. Способ Formox схематически показан на фиг. 1. Метанол смешивается с воздухом, испаряется и подается в качестве питающего потока в реактор, где происходит его превращение в формальдегид. Выходящий из реактора технологический поток пропускают через абсорбер и формальдегид извлекают из технологического потока и выводят в виде потока продукта в нижней части абсорбера, обычно в форме формалина или UFC. Часть потока отходящего газа из верхней части абсорбера подают в устройство контроля выбросов (остальное, например, рециркулируют), где опасные компоненты, такие как угарный газ, ДМЭ и метанол, сжигают с использованием каталитического дожигания для получения прошедшего дожигание потока отходящего газа, который можно сбросить в атмосферу через дымоход. В настоящей конструкции прошедший дожигание поток отходящего газа используют для предварительного нагрева потока отходящего газа, поступающего в систему контроля выбросов, до требуемой температуры воспламенения для каталитического сжигания. Настоящая система контроля выбросов имеет существенные преимущества по сравнению со способами без использования подобной системы, но желательно дополнительно улучшить систему для снижения капитальных затрат и снижения перепадов давления. Это особенно актуально в связи с возможностью установки на существующие технологические линии систем контроля

выбросов для улучшения показателей по выбросам.

Цель настоящего изобретения — предложить улучшенную систему контроля выбросов и способ производства формальдегида.

Изложение сущности изобретения

В первом аспекте изобретения предложен способ производства формальдегида, включающий следующие стадии:

подачу в реактор питающего потока, содержащего метанол;

превращение метанола в формальдегид в реакторе с использованием смешанного оксидного катализатора для получения технологического потока, содержащего формальдегид;

отделение формальдегида от технологического потока для получения потока продукта, содержащего формальдегид, и потока отходящего газа;

подачу по меньшей мере части потока отходящего газа в конденсатор пара для поднятия температуры по меньшей мере части потока отходящего газа для получения нагретого потока отходящего газа; и

подачу нагретого потока отходящего газа в слой каталитического сжигания для каталитического сжигания компонентов нагретого потока отходящего газа с получением прошедшего дожигание потока отходящего газа.

Подача потока отходящего газа в конденсатор пара для поднятия температуры потока отходящего газа позволяет контролировать температуру нагретого потока отходящего газа, подаваемого на слой катализатора, для поддержания температуры нагретого потока отходящего газа, поступающего на слой катализатора, на постоянном уровне. Такой контроль осуществить проще, чем в системах предшествующего уровня техники, где для нагрева поступающего потока отходящего газа используют прошедший дожигание поток отходящего газа, поскольку пар можно контролировать независимым образом. Например, для поддержания заданной температуры в слое катализатора можно использовать минимальное требуемое количество пара с минимальным требуемым давлением пара. Например, давление пара 14,6 бар изб. соответствует температуре пара 200°C, а давление пара 22,2 бар изб. соответствует температуре пара 220°C. В примере способа слой катализатора содержит катализатор, включающий катализаторы PPd и PPt, компания Johnson Matthey Formox, и работает при давлении пара 12 бар изб. Преимуществом является то, что это давление соответствует минимальному давлению отводимого пара для типичного завода. Как правило, для обеспечения эффективного теплообмена нужно, чтобы температура пара превышала входную температуру слоя катализатора на разность температур входящего и исходящего потоков. Следовательно, в

некоторых вариантах осуществления в конденсатор пара предпочтительно подают пар при давлении от 10 до 25 бар изб., предпочтительно от 15 до 25 бар изб. и наиболее предпочтительно от 17 до 20 бар изб. Такие давления пара позволяют эффективно нагревать поток отходящего газа. Конденсат пара можно собирать и использовать повторно. Эффективный перенос тепла в конденсаторе пара может также обеспечить меньшие перепады давления при прохождении отходящего газа через конденсатор пара. Снижение перепадов давления может оказаться преимуществом при создании экономически и энергоэффективного способа, поскольку затраты энергии на сжатие поступающих в процесс газов и стоимость такой энергии могут оказаться существенными. Конденсатор пара и слой катализатора предпочтительно размещаются внутри одного сосуда. Такая конструкция снижает потребность в соединяющих трубопроводах и, таким образом, позволяет дополнительно уменьшить перепад давления в системе.

Содержащий формальдегид поток продукта предпочтительно представляет собой формалин или UFC. Смешанный оксидный катализатор предпочтительно включает оксиды молибдена и железа. Превращение метанола в формальдегид в реакторе и отделение содержащего формальдегид потока продукта могут проводиться, например, согласно процессу Formox.

Поток отходящего газа предпочтительно поступает в область в нижней части конденсатора пара и проходит вверх через конденсатор пара, а нагретый поток отходящего газа проходит вверх через слой катализатора. Это может обеспечивать ряд преимуществ. Например, в системе контроля выбросов обычно используют слой катализатора, который нанесен на сетку катализатора. Прохождение нагретого потока отходящего газа вверх через слой катализатора означает, что сетка находится у более холодного входного конца слоя катализатора. Это является преимуществом, поскольку сетка не должна выдерживать такие высокие температуры и снижается риск повреждения сетки. Таким образом, упрощается выбор сетки с требуемой механической прочностью. В верхней части слоя катализатора может потребоваться дополнительная сетка для снижения подвижности катализатора в связи с идущим вверх нагретым потоком отходящего газа, однако на эту сетку не воздействуют те силы, которым подвергается сетка в нижней части слоя катализатора, и поэтому требования к ее прочности являются не такими высокими. Следовательно, ее проще оптимизировать для выдерживания высоких температур на выходе из слоя катализатора. Кроме того, пропускание потока отходящего газа в одном направлении через конденсатор пара и далее через слой катализатора может оказаться преимуществом для снижения перепадов давления. Пропускание потока отходящего газа вверх может быть особенно большим

преимуществом, поскольку конденсирующийся в конденсаторе пара конденсат (например, вода) при этом под действием силы тяжести может проходить вниз, т.е. в противоположном направлении, так что максимальная температура достигается в верхней части конденсатора пара, где нагретый поток отходящего газа переходит в слой катализатора. Следовательно, пар предпочтительно поступает в конденсатор пара в области в верхней части конденсатора пара и проходит вниз через конденсатор пара, конденсируется с образованием конденсата, а конденсат выходит из конденсатора пара в области в нижней части конденсатора пара.

Конденсатор пара предпочтительно представляет собой кожухотрубный конденсатор пара, и поток отходящего газа проходит по трубной стороне конденсатора пара, а пар конденсируется на кожуховой стороне конденсатора пара. Такая конструкция позволяет оптимизировать перепад давления и эффективность теплопередачи.

Способ предпочтительно дополнительно включает:

подачу прошедшего дожигание потока отходящего газа в генератор пара, в котором происходит охлаждение прошедшего дожигание потока отходящего газа и обеспечение пара.

Таким образом, способ позволяет использовать тепло от сжигания для обеспечения пара, который можно использовать на других стадиях способа или в других участках завода. Например, пар может поступать в паровую сеть завода. Хотя подача пара в паровую сеть завода и использование пара с других участков завода в конденсаторе пара может быть эффективным вариантом в том случае, если в конденсаторе пара и генераторе пара используют разные давления пара, в особенно предпочтительном варианте осуществления в конденсаторе пара используют пар, обеспечиваемый в генераторе пара. Таким образом, способ предпочтительно дополнительно включает:

подачу пара из генератора пара в конденсатор пара для поднятия температуры потока отходящего газа на стадии d.

Таким образом, тепло извлекают из прошедшего дожигание потока отходящего газа и используют для нагрева потока отходящего газа перед его подачей в слой катализатора, но такое извлечение тепла и нагрев проводят косвенно с помощью пара. Пар генерируют с использованием тепла из прошедшего дожигание потока отходящего газа и затем используют для передачи этого тепла поступающему потоку отходящего газа. Преимуществом такой системы является независимость общих перепадов давления в способе производства формальдегида от перепадов давления на паровой стороне способа. Это позволяет оптимизировать эффективность передачи тепла на паровой стороне, при этом не нужно принимать во внимание влияние перепада давления на общее

функционирование формальдегидного процесса. В любом случае передача тепла в конденсаторе может быть более эффективной, чем в газо-газовом теплообменнике, который можно использовать при прямом нагреве потока отходящего газа от прошедшего дожигание потока отходящего газа. Более того, появляется возможность более эффективного баланса тепла, поскольку при потребности в большем количестве тепла можно вводить дополнительный пар, а при избытке тепла часть пара можно удалить и использовать на других участках. Такая система также может иметь преимущества при запуске, поскольку для нагрева потока отходящего газа первоначально можно использовать пар из другого источника. Таким образом, нет необходимости в дополнительных расходах на электрический нагреватель для нагрева системы контроля выбросов при запуске.

Генератор пара предпочтительно представляет собой кожухотрубный генератор пара, и прошедший дожигание поток отходящего газа проходит по трубной стороне генератора пара, а пар генерируют на кожуховой стороне генератора пара. Преимуществом является то, что это позволяет снизить перепад давления прошедшего дожигание потока отходящего газа. В некоторых вариантах осуществления генератор пара может включать перегреватель пара, а в некоторых вариантах осуществления генератор пара может представлять собой перегреватель пара.

Конденсатор пара, слой катализатора и генератор пара предпочтительно размещаются внутри одного сосуда. Это может быть преимуществом при снижении перепадов давления, в противном случае вызываемых наличием соединений между отдельными сосудами. Это также позволяет обеспечить одномодульное устройство, которое можно установить на существующем заводе. Размещение конденсатора пара, слоя катализатора и генератора пара внутри одного сосуда может также оказаться преимуществом с механической точки зрения, поскольку в данном случае нет необходимости в требуемых в противном случае высокотемпературных трубопроводах и фланцах, в частности, между слоем катализатора и генератором пара. Температура прошедшего дожигание потока отходящего газа, выходящего со слоя катализатора, в системах предшествующего уровня техники может достигать приблизительно 550°C , и поэтому любые расположенные между слоем катализатора и генератором пара трубопроводы и фланцы должны выдерживать такие температуры. Температура прошедшего дожигание потока отходящего газа, выходящего из генератора пара, может составлять приблизительно $230\text{--}245^{\circ}\text{C}$, если, например, в генераторе пара обеспечивают температуру 220°C при 22,2 бар изб. Таким образом, при размещении слоя катализатора и генератора пара внутри одного сосуда трубопроводы и фланцы такого сосуда можно

проектировать для температур приблизительно 230–245°C, а не 550°C, что может привести к значительной экономии. Более того, если в настоящем изобретении между слоем катализатора и генератором пара не требуется наличие трубопроводов и фланцев, это может оказаться преимуществом для повышения технологической температуры на выходе со слоя катализатора, например, по меньшей мере до 580°C, предпочтительно по меньшей мере до 590°C и более предпочтительно по меньшей мере до 600°C при приемлемых затратах. Такое повышение может улучшить контроль выбросов технологического процесса. Генератор пара предпочтительно генерирует пар, имеющий давление от 10 до 25 бар изб., более предпочтительно от 15 до 25 бар изб. Генератор пара может обеспечивать пар, имеющий давление от 17 до 20 бар изб.

Предпочтительно конденсатор пара представляет собой кожухотрубный конденсатор пара, причем поток отходящего газа проходит по трубной стороне конденсатора пара, а пар конденсируется на кожуховой стороне конденсатора пара; и генератор пара представляет собой кожухотрубный генератор пара, причем прошедший дожигание поток отходящего газа проходит по трубной стороне генератора пара, а пар генерируют на кожуховой стороне генератора пара. Размещение потока отходящего газа и прошедшего дожигание потока отходящего газа (т.е. потоков отходящего газа технологического процесса) на трубной стороне конденсатора пара и генератора пара может иметь значительные преимущества для масштабирования системы контроля выбросов. В такой системе можно поддерживать перепад давления при масштабировании системы путем соответствующего масштабирования количества труб для конкретной задачи. Это является желательным преимуществом по сравнению с системами предшествующего уровня техники, в которых прошедший дожигание поток отходящего газа находится на кожуховой стороне, а поток отходящего газа находится на трубной стороне, так что масштабирование сопряжено с большими трудностями.

Перед подачей в генератор пара, прошедший дожигание поток отходящего газа предпочтительно пропускают через расширительную часть турбоагнетателя для воздействия на компрессорную часть турбоагнетателя для поднятия давления воздушного потока, подаваемого в процесс для образования части питающего потока. Использование по меньшей мере части энергии прошедшего дожигание потока отходящего газа в турбоагнетателе, используемом для поднятия давления воздушного потока, подаваемого в процесс для образования части питающего потока, и тем самым для поднятия давления питающего потока, имеет преимущество, которое заключается в обеспечении эффективного способа извлечения максимально возможного количества энергии из прошедшего дожигание потока отходящего газа. Подача прошедшего

дожигание потока отходящего газа в турбонагнетатель до подачи прошедшего дожигание потока отходящего газа в генератор пара может иметь преимущество, которое заключается в лучшем использовании прошедшего дожигание потока отходящего газа, имеющего высокую температуру, который выходит со слоя катализатора.

Во втором аспекте изобретения предложена система контроля выбросов для каталитического сжигания компонентов потока отходящего газа технологического процесса, включающая слой катализатора, содержащий катализатор для каталитического сжигания компонентов потока отходящего газа технологического процесса; и конденсатор пара, трубная сторона которого находится в соединении по текучей среде с входным отверстием для потока отходящего газа технологического процесса и слоем катализатора, при этом кожуховая сторона находится в соединении по текучей среде с входным отверстием для пара и выходным отверстием для конденсата, так что в процессе работы поток отходящего газа технологического процесса, поступающий через входное отверстие для потока отходящего газа технологического процесса, нагревается в конденсаторе пара перед подачей на слой катализатора.

Система контроля выбросов предпочтительно включает сосуд, содержащий как слой катализатора, так и конденсатор пара. Размещение слоя катализатора и конденсатора пара в одном сосуде может быть преимуществом при снижении стоимости устройства и преимуществом при получении устройства с меньшим перепадом давления на системе контроля выбросов.

Входное отверстие для потока отходящего газа технологического процесса предпочтительно находится в области нижней части сосуда; трубная сторона конденсатора пара содержит трубы, предпочтительно вертикальные трубы, входной конец которых находится ниже выходного конца; входное отверстие для пара находится в области верхней части кожуховой стороны конденсатора пара; выходное отверстие для конденсата находится в области нижней части конденсатора пара; а слой катализатора размещен выше конденсатора пара, так что в процессе работы поток отходящего газа технологического процесса, поступающий через входное отверстие для потока отходящего газа технологического процесса, проходит снизу вверх по трубной стороне конденсатора пара и затем вверх через слой катализатора, а пар, поступающий через входное отверстие для пара, проходит сверху вниз по кожуховой стороне и конденсируется с образованием конденсата, причем конденсат проходит вниз по кожуховой стороне и выходит через выходное отверстие для конденсата. Такое устройство может быть особенно эффективно в работе и управлении, например, путем управления уровнем конденсата на кожуховой стороне.

Система контроля выбросов предпочтительно дополнительно включает генератор пара, трубная сторона которого находится в соединении по текучей среде со слоем катализатора и с выходным отверстием для потока отходящего газа технологического процесса, а кожуховая сторона находится в соединении по текучей среде с входным отверстием для подпиточной воды для котла и выходным отверстием для пара, так что в процессе работы поток отходящего газа технологического процесса, выходящий со слоя катализатора, охлаждаются в генераторе пара, превращая при этом подпиточную воду для котла, поступающую через входное отверстие для подпиточной воды для котла, в пар, выходящий через выходное отверстие для пара, до выхода через выходное отверстие для потока отходящего газа технологического процесса. Выходное отверстие для пара может соединяться с паровой сетью завода для выдачи пара на завод. Выходное отверстие для пара предпочтительно находится в соединении по текучей среде с входным отверстием для пара конденсатора пара, так что в процессе работы пар, который обеспечивают в генераторе пара, подают в конденсатор пара для нагрева потока отходящего газа технологического процесса, поступающего через входное отверстие для потока отходящего газа технологического процесса. Введение в состав устройства генератора пара, связанного с конденсатором пара, имеет преимущество, которое заключается в передаче тепла от прошедшего дожигающего потока отходящего газа технологического процесса, выходящего со слоя катализатора, к поступающему потоку отходящего газа технологического процесса, который будет направлен на слой катализатора. Преимущество такой передачи тепла именно с использованием генератора пара и конденсатора пара заключается в том, что можно поддерживать небольшой перепад давления на технологической стороне системы контроля выбросов, сохраняя при этом эффективность передачи тепла за счет выбора конструкции паровой стороны системы контроля выбросов. Кроме того, при необходимости возможно добавление или удаление пара для балансирования требуемой передачи тепла. Таким образом, возможен вариант, при котором выходное отверстие для пара генератора пара также находится в соединении по текучей среде с соединителем для подключения к паровой сети, например паровой сети завода.

Система контроля выбросов предпочтительно включает сосуд, содержащий конденсатор пара, слой катализатора и генератор пара. Размещение всех трех элементов в одном сосуде имеет преимущество, которое заключается в снижении стоимости оборудования и поддержании низких перепадов давления. Такое объединение также позволяет устранить необходимость в высокотемпературных фланцевых соединениях между сосудами, например, рассчитанных на 600°C. Температура между слоем

катализатора и генератором пара может составлять приблизительно 600°C , но если эти компоненты находятся в одном сосуде, то единственным требуемым соединением будет соединение с выхода генератора пара, где температура может составлять, например, приблизительно $230\text{--}245^{\circ}\text{C}$.

Генератор пара предпочтительно размещается выше слоя катализатора. В данном случае поток отходящего газа технологического процесса последовательно проходит снизу вверх через все части системы контроля выбросов, тем самым избегают наличия изгибов или иных существенных изменений направления, которые могут привести к увеличению перепада давления.

Система контроля выбросов предпочтительно дополнительно включает турбонагнетатель, входное отверстие турбинной стороны которого находится в соединении по текучей среде со слоем катализатора, а выходное отверстие турбинной стороны находится в соединении по текучей среде с трубной стороной генератора пара, так что в процессе работы поток отходящего газа технологического процесса, выходящий со слоя катализатора, подаются на трубную сторону генератора пара через турбинную сторону турбонагнетателя. Таким образом, можно использовать энергию потока отходящего газа технологического процесса для воздействия на турбину в турбонагнетателе, тем самым извлекая часть энергии потока отходящего газа технологического процесса. Например, турбонагнетатель может быть выполнен с возможностью поднятия давления потока, например воздушного потока, подаваемого в процесс, и тем самым снижения потребности в дополнительно вводимой энергии для поднятия давления питающего потока.

Система контроля выбросов предпочтительно предназначена для использования в способе первого аспекта изобретения. Желательно, чтобы систему контроля выбросов можно было устанавливать на существующие технологические линии или заводы для производства формальдегида. Установка системы контроля выбросов изобретения позволяет поднять экологические параметры существующей технологической линии или завода без отрицательных последствий для перепада давления процесса в целом.

Систему контроля выбросов предпочтительно используют для обработки потока отходящего газа технологического процесса.

Следует понимать, что элементы, описанные применительно к одному аспекту изобретения, в равной степени применимы и к другим аспектам изобретения. Например, элементы, описанные применительно к способу изобретения для производства формальдегида, в равной степени применимы к системе контроля выбросов изобретения, и наоборот. Кроме того, следует понимать, что некоторые необязательные элементы не

применимы и могут быть исключены из некоторых аспектов изобретения.

Описание графических материалов

Изобретение будет далее описано исключительно в качестве примера со ссылкой на следующие фигуры, причем:

на фиг. 1 показана схема способа Formox предшествующего уровня техники для производства формальдегида;

на фиг. 2 показана схема способа производства формальдегида по варианту осуществления настоящего изобретения;

на фиг. 3 показана система контроля выбросов по варианту осуществления изобретения;

на фиг. 4 показана система контроля выбросов по другому варианту осуществления изобретения;

на фиг. 5 показана система контроля выбросов по другому варианту осуществления изобретения; и

на фиг. 6 показана система контроля выбросов по другому варианту осуществления изобретения.

Подробное описание

В способе Formox 1 предшествующего уровня техники для производства формальдегида на фиг. 1 поток 5 свежего воздуха пропускают через нагнетательную газодувку 4 и затем смешивают с рециркуляционным потоком 22 для получения смешанного потока 23, который потом подают через рециркуляционную газодувку 3 в испаритель 10. В испарителе 10 смешанный поток 23 объединяют с потоком 2 метанола и испаряют с использованием тепла технологического потока 24, выходящего из реактора 9. Полученный питающий поток 25 подают в реактор 9, который в данном варианте осуществления представляет собой изотермический реактор, охлаждаемый испарением жидкого теплоносителя 32. Жидкий теплоноситель 32 поступает в конденсатор 8, где происходит его конденсация и обеспечение пара 6 из подпиточной воды 7 для котла, а затем поступает обратно в реактор 9. В реакторе 9 на железно/молибденовом оксидном катализаторе протекает реакция метанола из питающего потока 25 с образованием формальдегида, который выходит из реактора 9 в технологическом потоке 24, содержащем формальдегид и непрореагировавшую часть питающего потока 25. Технологический поток 24 проходит через испаритель 10, в котором тепло технологического потока 24 используют для испарения питающего потока 25, и подают в абсорбер 11. В абсорбере 11 идущий вниз поток технологической воды 12 и необязательно мочевины 13 извлекает формальдегид из технологического потока 24, идущего вверх по

абсорберу 11. Технологическая вода 12 и необязательно мочевины 13 вместе с формальдегидом выходят в нижней части абсорбера в качестве потока 21 продукта. Данный поток 21 продукта обычно содержит 55% формалина, при использовании только технологической воды 12, или UFC, при использовании мочевины 13. Оставшаяся часть технологического потока 24 выходит в верхней части абсорбера в качестве потока 26 отходящего газа. Данный поток 26 отходящего газа частично рециркулируют как рециркуляционный поток 22, а оставшуюся часть направляют в систему 16 контроля выбросов. В системе 16 контроля выбросов поток 26 отходящего газа сначала нагревают в нагревателе 14 предварительного нагрева с использованием энергии из прошедшего дожига потока 27 отходящего газа, выходящего из системы 16 контроля выбросов, а затем сжигают на слое 15 катализатора, состоящем из содержащего PPd и PPt катализатора, с образованием прошедшего дожига потока 27 отходящего газа. Прошедший дожига поток 27 отходящего газа, выходящий со слоя 15 катализатора, имеет температуру приблизительно от 500°C до 550°C, и его подают в генератор 20 пара, где прошедший дожига поток 27 отходящего газа охлаждают, а подпиточная вода 19 для котла превращается в пар 18, а затем подают обратно в нагреватель 14 предварительного нагрева системы 16 контроля выбросов для нагрева поступающего потока 26 отходящего газа. Прошедший дожига поток 27 отходящего газа, выходящий из нагревателя 16 предварительного нагрева, направляют в дымоход 17.

На фиг. 2 представлен способ по изобретению. Поток 55 свежего воздуха пропускают через нагнетательную газодувку 54 и затем смешивают с рециркуляционным потоком 72 для получения смешанного потока 73, который после этого подают через рециркуляционную газодувку 53 в испаритель 60. В испарителе 60 смешанный поток 73 объединяют с потоком 52 метанола и испаряют с использованием тепла технологического потока 74, выходящего из реактора 59. Полученный питающий поток 75 подают в реактор 59, который в данном варианте осуществления представляет собой изотермический реактор, охлаждаемый испарением жидкого теплоносителя 82. Жидкий теплоноситель 82 поступает в конденсатор 58, где происходит его конденсация и обеспечение пара 56 из подпиточной воды 57 для котла, а затем поступает обратно в реактор 59. В реакторе 59 на железно/молибденовом оксидном катализаторе протекает реакция метанола из питающего потока 75 с образованием формальдегида, который выходит из реактора 59 в технологическом потоке 74, содержащем формальдегид и непрореагировавшую часть питающего потока 75. Технологический поток 74 проходит через испаритель 60, в котором тепло технологического потока 74 используют для испарения питающего потока 75, и подают в абсорбер 61. В абсорбере 61 идущий вниз поток технологической воды 62

и необязательно мочевины 63 извлекает формальдегид из технологического потока 74, идущего вверх по абсорберу 61. Технологическая вода 62 и необязательно мочевина 63 вместе с формальдегидом выходят в нижней части абсорбера в качестве потока 71 продукта. Данный поток 71 продукта обычно содержит 55% формалина, при использовании только технологической воды 62, или UFC, при использовании мочевины 63. Оставшаяся часть технологического потока 74 выходит в верхней части абсорбера в качестве потока 76 отходящего газа. Данный поток 76 отходящего газа частично рециркулируют как рециркуляционный поток 72, а оставшуюся часть направляют в систему 66 контроля выбросов. В системе 66 контроля выбросов поток 76 отходящего газа сначала нагревают в конденсаторе 79 пара. Поток 76 отходящего газа втекает в нижнюю часть конденсатора 79 пара и проходит снизу вверх по конденсатору 79. Пар 68, поступающий в конденсатор 79 пара, конденсируется на трубах и проходит вниз и затем выходит из конденсатора 79 пара в качестве конденсата 80. Конденсат 80 собирают и используют повторно. Полученный таким образом нагретый поток отходящего газа проходит из конденсатора 79 пара на слой 65 катализатора, состоящий из содержащего PPD и PPT катализатора. В слое 65 катализатора компоненты нагретого потока отходящего газа, такие как угарный газ, ДМЭ и метанол, сжигают с образованием прошедшего дожигание потока отходящего газа, который поступает в генератор 70 пара. В генераторе 70 пара прошедший дожигание поток отходящего газа охлаждают, а подпиточная вода 69 для котла превращается в пар 68. Пар 68 может представлять собой пар при давлении 12 бар изб., что совпадает с минимальным давлением отводимого пара для стандартного завода. Пар 68, полученный в генераторе 70 пара, подают в конденсатор 79 пара для повышения температуры поступающего потока 76 отходящего газа. Пар 68 может также отводиться в или пополняться из паровой сети 78 завода. Прошедший дожигание поток 77 отходящего газа, выходящий из генератора 70 пара, направляют в дымоход 67. Температура дымохода 67 зависит от давления пара 68. Например, при разности температур входящего и исходящего потоков (т.е. разности температур между прошедшим дожигание потоком 77 отходящего газа и паром) 25°C температура дымохода 67 225 °C соответствует давлению пара 68 в 14,6 бар изб., а температура дымохода 67 245 °C соответствует давлению пара 68 в 22,2 бар изб. Конденсатор 79 пара, слой 65 катализатора и генератор 70 пара размещены внутри одного сосуда. Фланцы и трубопроводы на выходе из сосуда должны выдерживать температуру дымохода 67, которая значительно ниже 500–550°C в случае соединений между системой 16 контроля выбросов и генератором 20 пара в способе 1 предшествующего уровня техники, показанном на фиг. 1. Преимуществом является то, что на выходе со слоя 65 катализатора

можно использовать более высокую технологическую температуру, например 600°C, поскольку, в отличие от предшествующего уровня техники, нет потребности в трубопроводах и фланцах на выходе со слоя 65 катализатора, если конденсатор 79 пара, слой 65 катализатора и генератор 70 пара находятся в одном сосуде.

При запуске в конденсатор 79 пара можно подавать пар из других участков паровой сети 78 завода, так что нет необходимости в отдельном электрическом нагревателе для системы 66 контроля выбросов.

На фиг. 3 показана система 101 контроля выбросов для каталитического сжигания компонентов потока 105 отходящего газа технологического процесса. Система 101 контроля выбросов включает слой 111 катализатора, содержащий катализатор для каталитического сжигания компонентов потока 105 отходящего газа технологического процесса. Катализатор, как правило, содержит катализаторы PPd и PPt, например, предлагаемые компанией Johnson Matthey Formox. Трубная сторона конденсатора 103 пара находится в соединении по текучей среде с входным отверстием для потока отходящего газа технологического процесса, через которое поток 105 отходящего газа технологического процесса подают в систему 101 контроля выбросов, и слоем 111 катализатора. Кожуховая сторона конденсатора 103 пара находится в соединении по текучей среде с входным отверстием для пара, поступающего из потока 112 пара, и выходным отверстием 108 для конденсата. После слоя 111 катализатора система 101 контроля выбросов дополнительно включает генератор 102 пара, трубная сторона которого находится в соединении по текучей среде со слоем 111 катализатора и с выходным отверстием 104 для потока отходящего газа технологического процесса, а кожуховая сторона находится в соединении по текучей среде с входным отверстием 118 для подпиточной воды для котла и выходным отверстием 107 для пара. Выходное отверстие 107 для пара находится в соединении по текучей среде с входным потоком 112 пара конденсатора 103 пара. Поток 106 пара находится в соединении с выходным отверстием 107 для пара и входным потоком 112 пара, так что в любое время можно сбросить избыточный пар или добавить недостающий пар.

Конденсатор 103 пара, слой 111 катализатора и генератор 102 пара расположены в одном сосуде. Температура на выходе из сосуда составляет приблизительно 225–245°C, что существенно ниже температуры 500–550°C прошедшего дожигание потока отходящего газа, выходящего со слоя 111 катализатора. Подача этого потока непосредственно со слоя 111 катализатора на находящийся в том же сосуде генератор 102 пара устраняет необходимость в высокотемпературных трубопроводах и соединениях. Устранение трубопроводов и соединений в высокотемпературных областях после слоя

111 катализатора позволяет использовать в данной точке способа более высокую технологическую температуру, например 600°C.

Конденсатор 103 пара находится в нижней части сосуда, над ним расположен слой 111 катализатора, а еще выше — генератор 102 пара. В процессе работы поток отходящего газа технологического процесса, выходящий со слоя 111 катализатора, охлаждают в генераторе 102 пара до выхода через выходное отверстие 104 потока отходящего газа технологического процесса, а пар, обеспеченный в генераторе 102 пара, направляют в конденсатор 103 пара для нагрева потока 105 отходящего газа технологического процесса, поступающего во входное отверстие потока отходящего газа технологического процесса. Охлаждающий газ 109, который, например, может представлять собой воздух атмосферной температуры, или пар 110 для нагрева при необходимости можно также подавать в систему 101 контроля выбросов для дополнительного контроля температуры. Поток 105 отходящего газа технологического процесса проходит снизу вверх через систему 101 контроля выбросов, при этом поток 112 пара подают в верхнюю часть конденсатора 103 пара, а конденсат отходит через выходное отверстие 108 для конденсата в нижней части конденсатора 103 пара. Таким образом, пар, конденсирующийся на внешней стороне труб конденсатора 103 пара, под действием силы тяжести будет проходить вниз к выходному отверстию 108 для конденсата. Поток 105 отходящего газа технологического процесса поступает в нижнюю часть системы 101 контроля выбросов и проходит по относительно прямолинейному пути вверх через 101 систему контроля выбросов, таким образом можно избежать излишних перепадов давления. Затраты на сжатие при производстве формальдегида могут быть весьма существенными, а любые перепады давления, даже в системе 101 контроля выбросов, обязательно должны учитываться при первичном сжатии питающих газов. Следовательно, устранение лишних перепадов давления может сыграть важную роль в повышении экономической эффективности способа.

Таким образом, в процессе работы поступающий поток 105 отходящего газа технологического процесса нагревают конденсирующимся паром в конденсаторе 103 пара перед сжиганием в слое 111 катализатора. Горячий поток прошедшего дожигание отходящего газа, выходящий со слоя 111 катализатора, охлаждают в генераторе 102 пара с обеспечением пара 107, который в свою очередь используют для работы конденсатора 103 пара. Эффективность передачи тепла на паровой стороне генератора 102 пара и конденсатора 103 пара можно оптимизировать без отрицательных последствий для перепада давления на технологической стороне процесса, в отличие от систем предшествующего уровня техники, в которых тепло передается напрямую от выходящего

прошедшего дожигание потока отходящего газа технологического процесса к поступающему потоку отходящего газа технологического процесса. Когда пара, обеспечиваемого в генераторе 102 пара, оказывается недостаточно для предварительного нагрева поступающего потока 105 отходящего газа технологического процесса, например, во время запуска системы, в конденсатор 103 пара можно подавать пар с другого участка завода через поток 106 пара. Это устраняет необходимость в специализированном нагревателе для запуска системы 101 контроля выбросов, таким образом снижаются капитальные затраты.

На фиг. 4 в систему 201 контроля выбросов подают поток 205 отходящего газа технологического процесса. На входном конце системы 201 контроля выбросов, который находится в нижней части сосуда, содержащего систему контроля выбросов на фиг. 4, обеспечен конденсатор 203 пара. Трубная сторона конденсатора 203 пара находится в соединении по текучей среде с потоком 205 отходящего газа технологического процесса и слоем 211 катализатора. Поток 205 отходящего газа технологического процесса проходит снизу вверх через конденсатор 203 пара и через слой 211 катализатора, в котором происходит сжигание опасных компонентов потока с образованием прошедшего дожигание потока отходящего газа. После слоя 211 катализатора расположен перегреватель 217 пара. После перегревателя 217 пара расположены генератор 202 пара и экономайзер 223. На кожуховую сторону экономайзера 223 поступает подпиточная вода 218 для котла, и создается выходной поток 216, который входит в соединение с входным отверстием кожуховой стороны генератора 202 пара. На кожуховой стороне генератора 202 пара создается выходной поток 207 пара, который соединяется с потоком 206 пара, по которому пар можно сбрасывать или подавать при необходимости. После соединения поток пара разделяется на поток 214, который поступает на перегреватель 217 пара для создания перегретого отходящего пара 215, и поток 212 пара, который поступает на конденсатор 203 пара. Прошедший дожигание поток отходящего газа, выходящий со слоя 211 катализатора, проходит по кожуховой стороне перегревателя 217 пара, по трубной стороне генератора 202 пара и затем по трубной стороне экономайзера 223, после чего выходит через выходное отверстие 204 прошедшего дожигание потока газа, с которого обычно поступает в дымоход.

Аналогично варианту осуществления на фиг. 3 поток 205 отходящего газа технологического процесса нагревают в конденсаторе 203 пара перед сжиганием в слое 211 катализатора, где происходит сжигание опасных компонентов и обеспечивается прошедший дожигание поток отходящего газа. Прошедший дожигание поток отходящего газа затем охлаждают в перегревателе 217 пара, генераторе 202 пара и экономайзере 223.

Экономайзер 223 можно заменить на генератор пара низкого давления. Экономайзер 223 или генератор пара низкого давления повышают эффективность извлечения тепла путем использования низкотемпературного тепла, которое остается в прошедшем дожигание потоке отходящего газа после его пропускания через генератор 202 пара. Подпиточную воду 218 для котла, поступающую на кожуховую сторону экономайзера 223, нагревают за счет охлаждения прошедшего дожигание потока отходящего газа и подают на кожуховую сторону генератора 202 пара, где она превращается в пар. Полученный пар поступает в перегреватель 217 пара для создания перегретого пара 215 для подачи на другие участки завода или в конденсатор 203 пара для предварительного нагрева поступающего потока 205 отходящего газа технологического процесса. Аналогично варианту осуществления на фиг. 3 для запуска системы 201 контроля выбросов можно использовать пар, поступающий с других участков завода через поток 206 пара, так что нет необходимости в специализированном нагревателе для запуска системы. Кроме того, эффективность передачи тепла на паровой стороне системы 201 контроля выбросов можно оптимизировать без отрицательных последствий для перепада давления на технологической стороне процесса.

Система 201 контроля выбросов снова полностью размещена в одном сосуде. Это может быть преимуществом, поскольку при этом снижается потребность в соединениях между сосудами, особенно в высокотемпературных соединениях между сосудами. Это позволяет снизить капитальные затраты, а также снизить перепады давления, что в свою очередь позволяет снизить эксплуатационные расходы. Поскольку конденсатор 203 пара размещен в нижней части сосуда и поток отходящего газа технологического процесса проходит снизу вверх от конденсатора 203 пара и через слой 211 катализатора, несущая сетка, на которой обеспечен слой катализатора, находится у более холодного конца слоя 211 катализатора. Это может быть преимуществом, поскольку выбор несущей сетки с требуемой механической прочностью упрощается, когда она не должна выдерживать высокие температуры на выходе со слоя 211 катализатора. В верхней части слоя 211 катализатора может быть установлена дополнительная сетка для защиты катализатора от уноса прошедшим дожигание потоком отходящего газа, однако эта сетка не должна выдерживать полный вес слоя 211 катализатора.

Система 301 контроля выбросов на фиг. 5 включает конденсатор 303 пара, слой 311 катализатора и перегреватель 319 пара жарового типа. Перегреватель 319 пара жарового типа можно использовать для обеспечения перегретого пара. Получение перегретого пара таким путем может привести к повышению температуры дымохода, поскольку извлечение низкотемпературного тепла в перегревателе 319 пара жарового типа невозможно. Однако

преимущество обеспечения перегретого пара заключается в том, что он может оказаться востребованным на других участках завода. Поток 305 отходящего газа технологического процесса предварительно нагревают в конденсаторе 303 пара, а затем отправляют на слой 311 катализатора, в котором происходит сжигание опасных компонентов потока с образованием прошедшего дожигание потока отходящего газа. Прошедший дожигание поток отходящего газа подают в перегреватель 319 пара жарового типа, в котором генерируют перегретый пар и охлаждают прошедший дожигание поток отходящего газа. Охлажденный прошедший дожигание поток отходящего газа выходит из перегревателя 319 пара жарового типа через выходное отверстие 304 и поступает в дымоход. Перегретый пар, полученный в перегревателе 319 пара жарового типа, можно направить на кожуховую сторону конденсатора 303 пара, чтобы использовать для предварительного нагрева поступающего потока 305 отходящего газа технологического процесса. В этом варианте осуществления перегреватель 319 пара жарового типа находится в другом сосуде, отдельном от сосуда, в котором расположены конденсатор 303 пара и слой 311 катализатора. Хотя у размещения всех элементов в одном сосуде могут быть свои преимущества, например, в плане уменьшения количества соединений и тем самым снижения перепадов давления, возможны ситуации, в которых предпочтительно использовать более чем один сосуд, например, в связи с пространственными ограничениями при модернизации существующего технологического процесса.

В системе 401 контроля выбросов на фиг. 6 слой 411 катализатора находится после, а в данном варианте осуществления расположен до конденсатора 403 пара. Поток 405 отходящего газа технологического процесса проходит снизу вверх по трубной стороне конденсатора 403 пара и затем вверх через слой 411 катализатора. Как представлено выше при описании других вариантов осуществления, прохождение потока 405 отходящего газа технологического процесса снизу вверх через слой 411 катализатора имеет преимущества в отношении температурных условий, в которых должна работать несущая сетка для слоя 411 катализатора. В конденсатор 403 пара поступает пар входного потока 412 пара в районе верхней части кожуховой стороны, а конденсат выходит через выходное отверстие 408 конденсата в районе нижней части кожуховой стороны. Таким образом, пар конденсируется на трубах и под действием силы тяжести проходит вниз к выходному отверстию 408 конденсата. При этом обеспечивается нагрев потока 405 отходящего газа технологического процесса перед его подачей на слой 411 катализатора.

Прошедший дожигание поток отходящего газа, выходящий со слоя 411 катализатора, подают в турбоагнетатель 420. В турбоагнетателе 420 происходит снижение давления прошедшего дожигание потока отходящего газа и повышение

давления питающего потока для технологического процесса. Как правило, прошедший дожигание поток отходящего газа проходит через расширительную часть турбонагнетателя 420, а питающий поток свежего воздуха для технологического процесса проходит через компрессорную часть турбонагнетателя 420. Эксплуатационные затраты на сжатие технологических газов при производстве формальдегида могут быть весьма существенными, поэтому извлечение части энергии прошедшего дожигание потока отходящего газа в форме сжатия питающего потока может оказаться преимуществом.

С турбонагнетателя 420 прошедший дожигание поток отходящего газа проходит через трубную сторону генератора 402 пара, на кожуховую сторону которого подают подпиточную воду 421 для котла для обеспечения 422 пара. Полученный таким путем пар подают во входной поток 412 пара, либо со сбросом, либо с обеспечением дополнительного пара при необходимости, и используют для предварительного нагрева поступающего потока 405 отходящего газа технологического процесса. Таким образом, энергию в прошедшем дожигание потоке отходящего газа используют для предварительного нагрева поступающего потока 405 отходящего газа технологического процесса, но тепло передают косвенно с помощью генератора 402 пара и конденсатора 403 пара. Как описано выше, это дает ряд преимуществ, включая возможность снижения перепадов давления для потока отходящего газа технологического процесса и использования замещающего потока с другого участка завода во время запуска системы, так что нет необходимости в специализированном нагревателе для запуска системы 401 контроля выбросов. Включение в состав системы турбонагнетателя 420 позволяет эффективно использовать энергию прошедшего дожигание потока отходящего газа путем его использования в турбонагнетателе 420, пока прошедший дожигание поток отходящего газа имеет максимальную температуру, и затем использования его для обеспечения пара в генераторе 402 пара после его прохождения через турбонагнетатель 420.

Системы 101, 201, 301, 401 контроля выбросов на фиг. 3, 4, 5 и 6 можно использовать, например, в процессе 51 на фиг. 2.

Следует понимать, что изложенные выше варианты осуществления представляют собой лишь примеры изобретения и что специалист понимает, что в рамках объема изобретения возможны вариации. Например, конденсатор пара и генератор пара могут размещаться в одном или разных сосудах, а сама система может быть сконструирована горизонтально или с расположенными рядом сосудах. На некоторых или всех стадиях способа поток отходящего газа технологического процесса может проходить сверху вниз или горизонтально.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ производства формальдегида, включающий следующие стадии:
 - a. подачу в реактор питающего потока, содержащего метанол;
 - b. превращение метанола в формальдегид в реакторе с использованием смешанного оксидного катализатора для получения технологического потока, содержащего формальдегид;
 - c. отделение формальдегида от технологического потока для получения потока продукта, содержащего формальдегид, и потока отходящего газа;
 - d. подачу по меньшей мере части потока отходящего газа в конденсатор пара для поднятия температуры по меньшей мере части потока отходящего газа для получения нагретого потока отходящего газа; и
 - e. подачу нагретого потока отходящего газа в слой каталитического сжигания для каталитического сжигания компонентов нагретого потока отходящего газа с получением прошедшего дожигание потока отходящего газа.
2. Способ по п. 1, в котором конденсатор пара и слой катализатора размещены в одном сосуде.
3. Способ по любому предшествующему пункту, в котором конденсатор пара представляет собой кожухотрубный конденсатор пара, поток отходящего газа проходит по трубной стороне конденсатора пара, а пар конденсируется на кожуховой стороне конденсатора пара.
4. Способ по любому предшествующему пункту, дополнительно включающий:
 - f. подачу прошедшего дожигание потока отходящего газа в генератор пара, в котором происходит охлаждение прошедшего дожигание потока отходящего газа и обеспечение пара.
5. Способ по п. 4, в котором генератор пара представляет собой кожухотрубный генератор пара, прошедший дожигание поток отходящего газа проходит по трубной стороне генератора пара, а пар генерируют на кожуховой стороне генератора пара.
6. Способ по п. 4 или 5, в котором перед подачей в генератор пара прошедший дожигание поток отходящего газа пропускают через расширительную часть турбонагнетателя для воздействия на компрессорную часть турбонагнетателя для поднятия давления воздушного потока, подаваемого в технологический процесс для образования части питающего потока.
7. Способ по любому из пп. 4–6, дополнительно включающий:
 - g. подачу пара из генератора пара в конденсатор пара для повышения температуры потока отходящего газа на стадии d.

8. Способ по п. 7, в котором конденсатор пара, слой катализатора и генератор пара размещены в одном сосуде.

9. Система контроля выбросов для каталитического сжигания компонентов потока отходящего газа технологического процесса, включающая слой катализатора, содержащий катализатор для каталитического сжигания компонентов потока отходящего газа технологического процесса; и конденсатор пара, трубная сторона которого находится в соединении по текучей среде с входным отверстием для потока отходящего газа технологического процесса и слоем катализатора, при этом кожуховая сторона находится в соединении по текучей среде с входным отверстием для пара и выходным отверстием для конденсата, так что в процессе работы поток отходящего газа технологического процесса, поступающий через входное отверстие для потока отходящего газа технологического процесса, нагревается в конденсаторе пара перед подачей на слой катализатора.

10. Система контроля выбросов по п. 9, включающая сосуд, содержащий как слой катализатора, так и конденсатор пара.

11. Система контроля выбросов по п. 9 или п. 10, дополнительно включающая генератор пара, трубная сторона которого находится в соединении по текучей среде со слоем катализатора и с выходным отверстием для потока отходящего газа технологического процесса, а кожуховая сторона находится в соединении по текучей среде с входным отверстием для подпиточной воды для котла и выходным отверстием для пара, так что в процессе работы поток отходящего газа технологического процесса, выходящий со слоя катализатора, охлаждают в генераторе пара, превращая при этом подпиточную воду для котла, поступающую через входное отверстие для подпиточной воды для котла, в пар, выходящий через выходное отверстие для пара, до выхода через выходное отверстие для потока отходящего газа технологического процесса.

12. Система контроля выбросов по п. 11, включающая сосуд, содержащий конденсатор пара, слой катализатора и генератор пара.

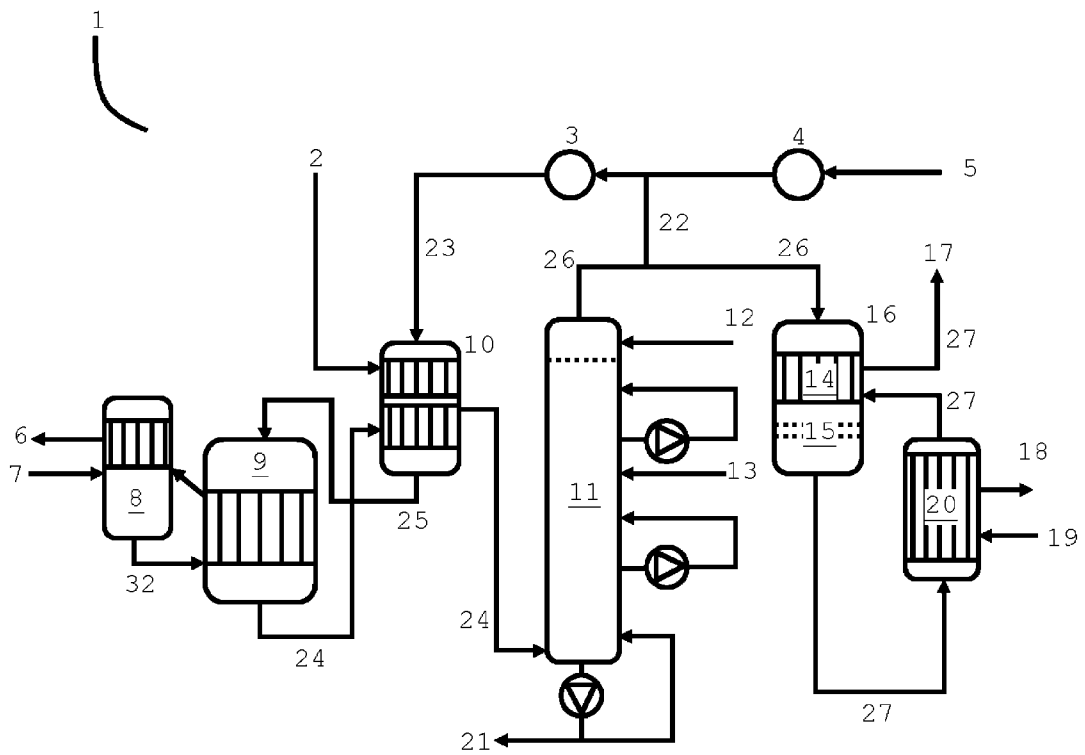
13. Система контроля выбросов по п. 11, дополнительно включающая турбонагнетатель, входное отверстие расширительной стороны которого находится в соединении по текучей среде со слоем катализатора, а выходное отверстие расширительной стороны находится в соединении по текучей среде с трубной стороной генератора пара, так что в процессе работы поток отходящего газа технологического процесса, выходящий со слоя катализатора, подают на трубную сторону генератора пара через расширительную сторону турбонагнетателя.

14. Система контроля выбросов по пп. 11–13, в которой выходное отверстие для

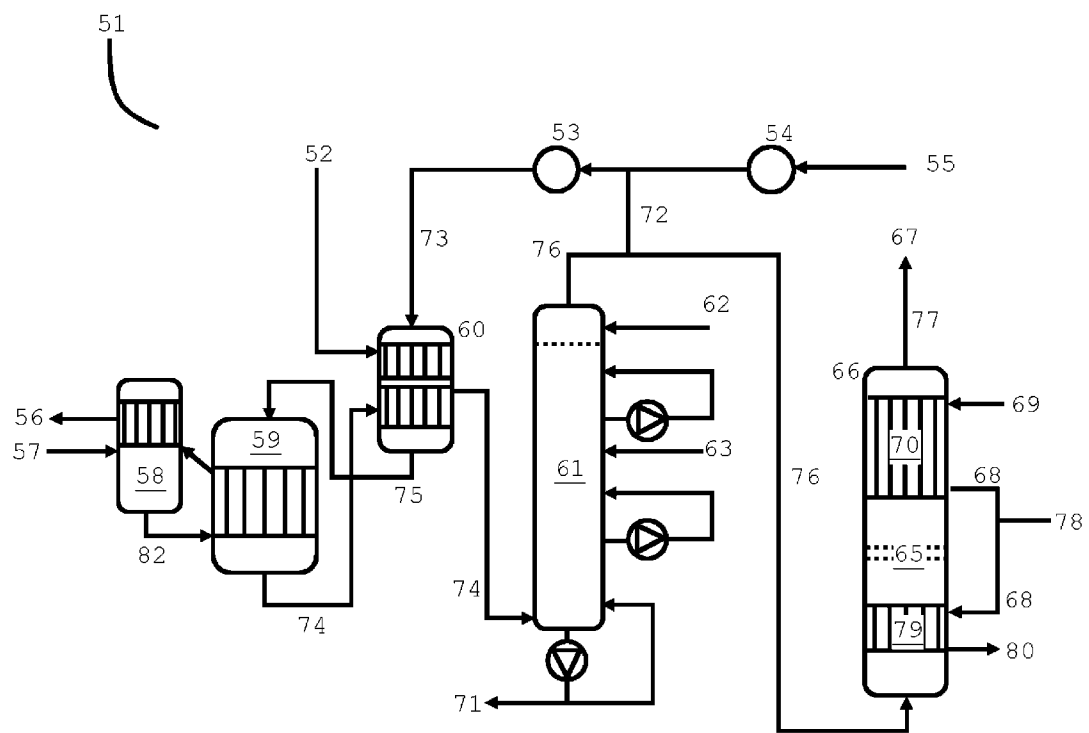
пара находится в соединении по текучей среде с входным отверстием для пара конденсатора пара, так что в процессе работы пар, обеспеченный в генераторе пара, подают в конденсатор пара для нагрева потока отходящего газа технологического процесса, поступающего через входное отверстие для потока отходящего газа технологического процесса.

15. Система контроля выбросов по любому из пп. 9–14, предназначенная для использования в способе по любому из пп. 1–8.

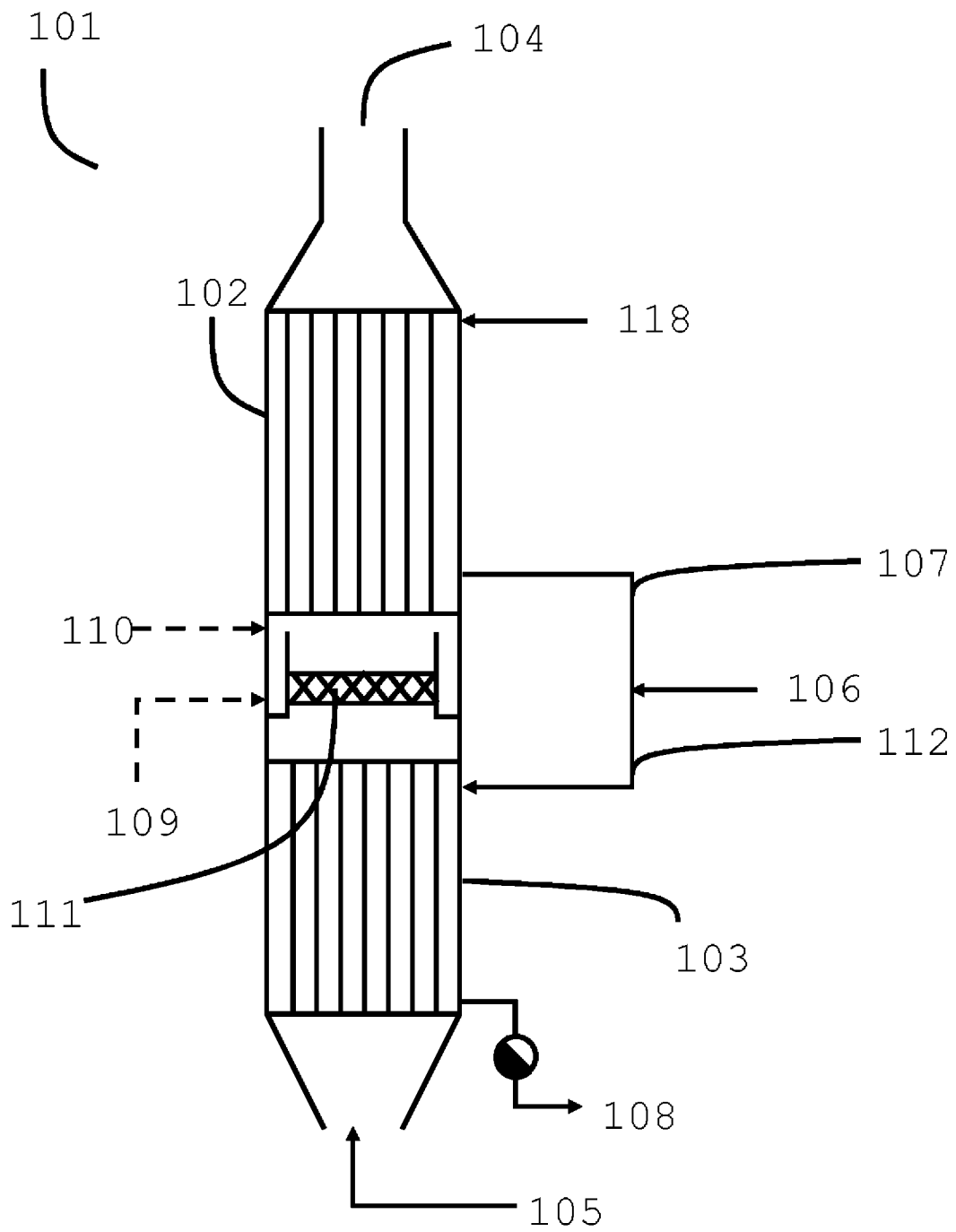
16. Использование системы контроля выбросов по любому из пп. 9–14 для обработки потока отходящего газа в способе по любому из пп. 1–8.



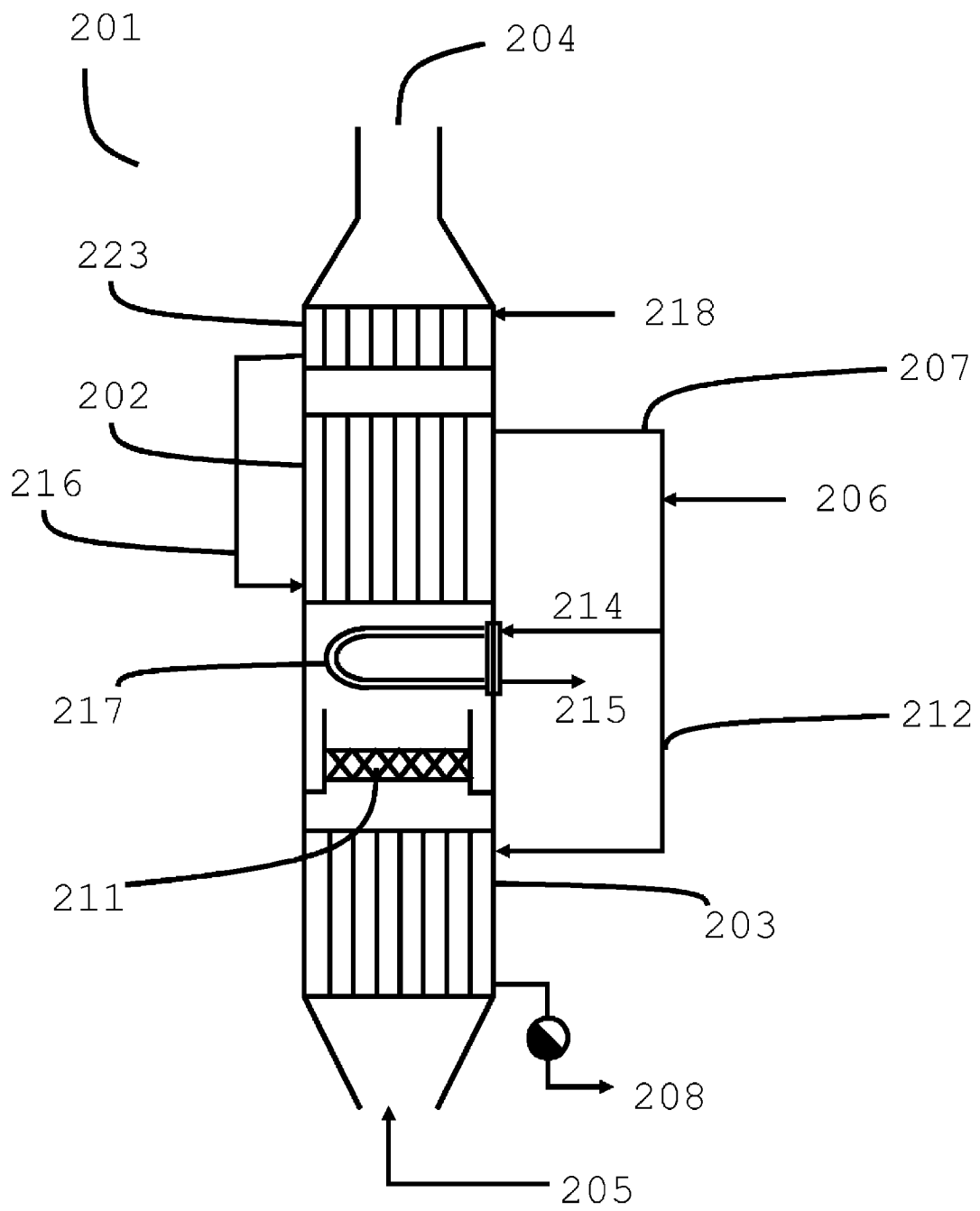
Фиг. 1
 (Предшествующий уровень техники)



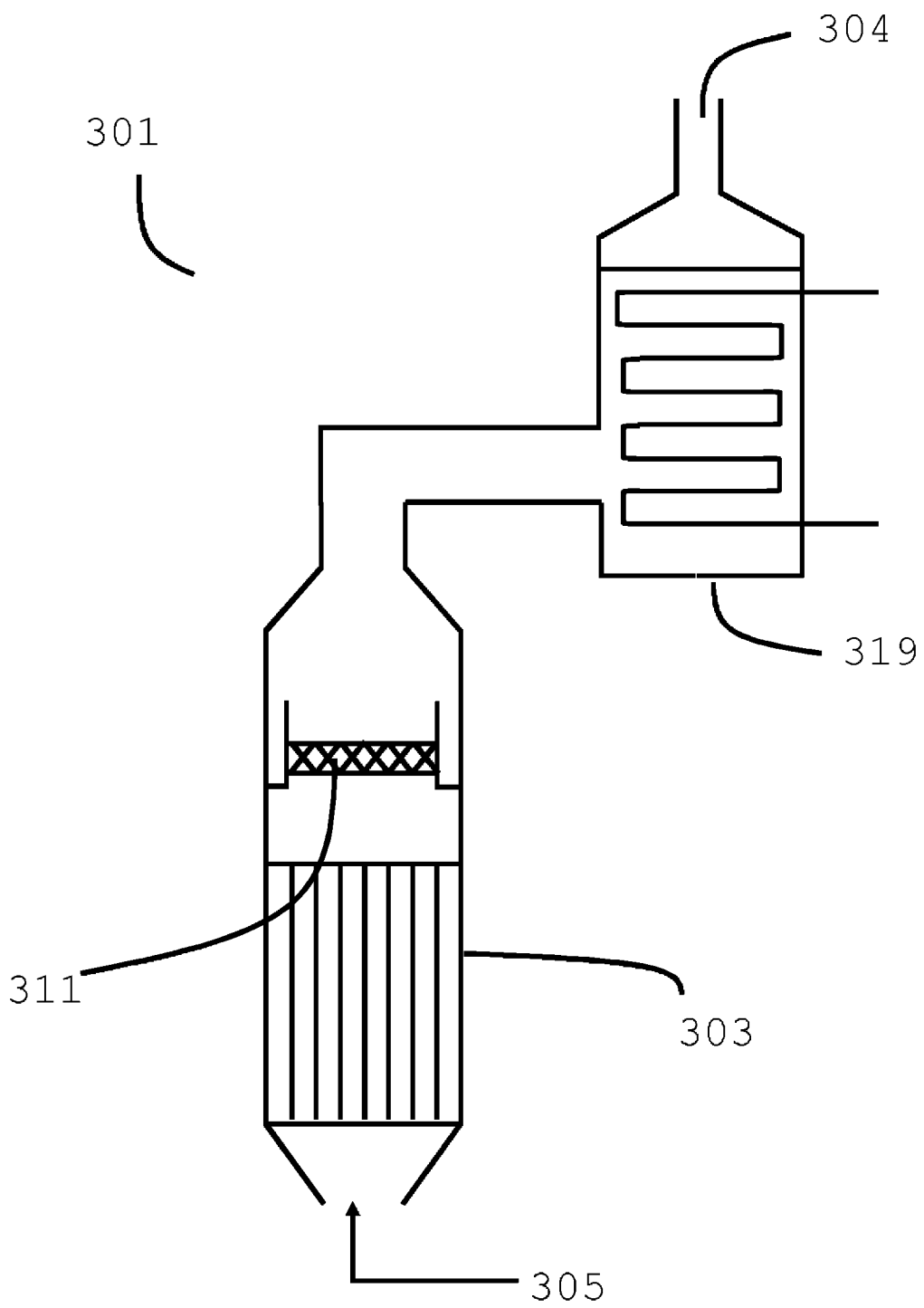
ФИГ. 2



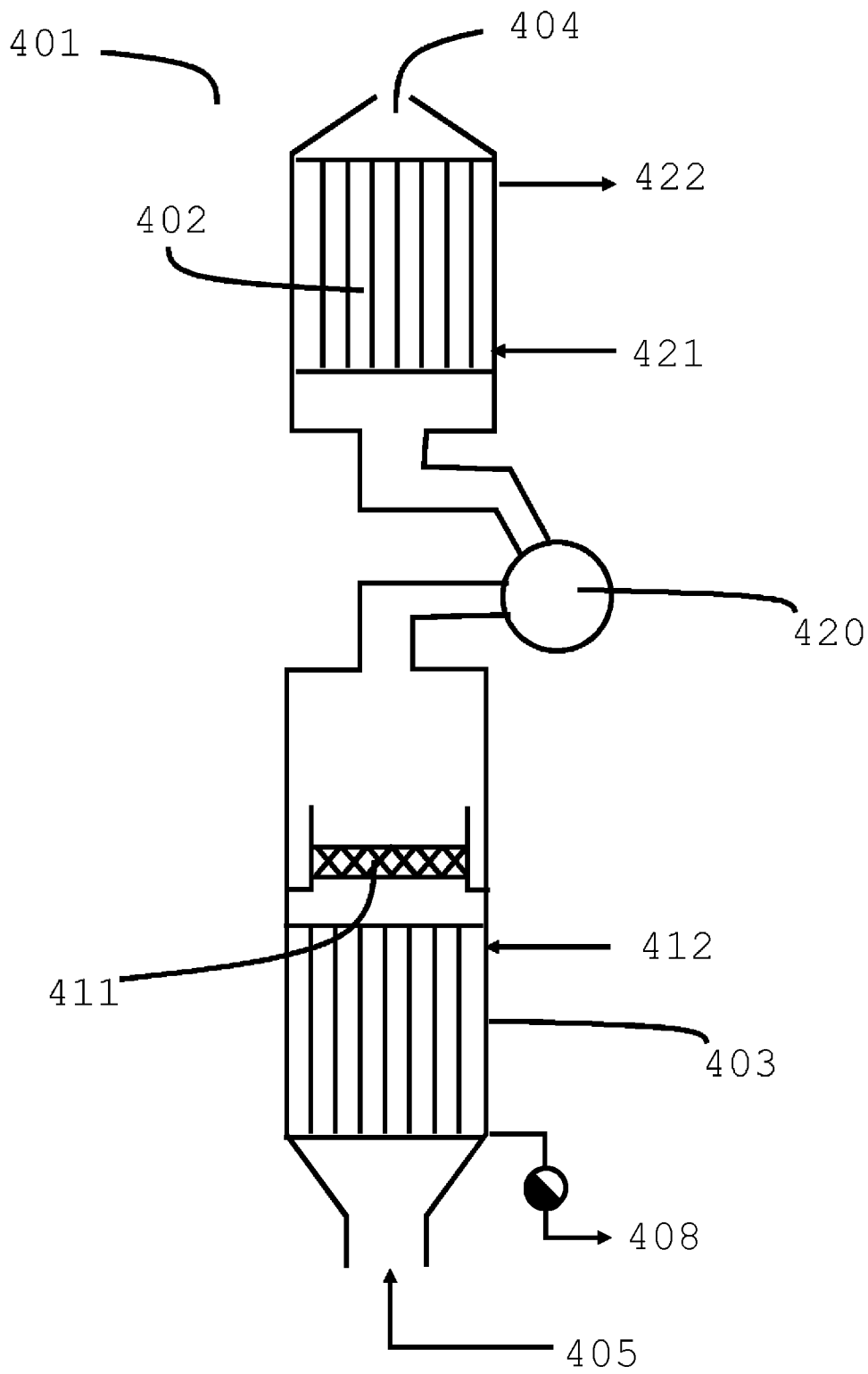
Фиг. 3



ФИГ. 4



ФИГ. 5



ФИГ. 6