

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(21) **201791372** (13) **A1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ**

(43) Дата публикации заявки
2017.11.30

(22) Дата подачи заявки
2015.12.17

(51) Int. Cl. **B01D 47/10** (2006.01)
B01D 53/58 (2006.01)
C02F 1/04 (2006.01)
C05C 9/00 (2006.01)
C07C 273/02 (2006.01)

(54) **УДАЛЕНИЕ ПЫЛИ ПРИ ДОВОДКЕ КАРБАМИДА**

(31) 14199372.5

(32) 2014.12.19

(33) EP

(86) PCT/NL2015/050873

(87) WO 2016/099267 2016.06.23

(71) Заявитель:
СТАМИКАРБОН Б.В. (NL)

(72) Изобретатель:
Доэрти Кейн Кристофер, Схунмакерс
Алоизиус Мехтильдис Эммануэль
(NL)

(74) Представитель:
Чекалкин А.Ю., Фелицына С.Б. (RU)

(57) Раскрыт способ удаления пыли карбамида из отходящего газа доводочной секции установки по производству карбамида. Способ включает гашение отходящего газа водой с получением гашеного отходящего газа. Гашеный отходящий газ увлажняют посредством смешивания указанного потока гашеного газа с увлажняющей текучей средой, выбираемой из (a) насыщенного водяного пара и (b) перегретого водяного пара, смешанного со вторым потоком воды, с получением потока увлажненного газа, и осуществляют отделение частиц из указанного потока увлажненного газа (т.е. удаление пыли) с помощью промывочной жидкости, в которой растворимы, по меньшей мере, некоторые частицы в потоке газа.

A1

201791372

201791372

A1

УДАЛЕНИЕ ПЫЛИ ПРИ ДОВОДКЕ КАРБАМИДА

Область техники, к которой относится изобретение

Настоящее изобретение относится к области производства карбамида и относится к удалению пыли карбамида из отходящего газа, связанного с производством твердых частиц карбамида (доводкой карбамида). В частности, настоящее изобретение относится к уменьшению выброса пыли карбамида, происходящего в такой доводочной секции установки по производству карбамида. Настоящее изобретение также относится к установке по производству карбамида и к переоборудованию существующей установки по производству карбамида.

Уровень техники

Карбамид производят из аммиака и диоксида углерода. Современное производство карбамида включает относительно чистые процессы с особо низким выбросом пыли карбамида и аммиака. Однако помимо химического синтеза карбамида производство карбамида в коммерческом масштабе требует, чтобы карбамид был представлен в подходящей твердой форме — в форме частиц. Для этого производство карбамида включает стадию доводки, на которой расплав карбамида переводят в требуемую форму твердых частиц, по существу включая любое из приллирования, гранулирования или пеллетирования.

Приллирование является наиболее распространенным способом, при котором расплав карбамида распределяется на капли в башне приллирования и при котором капли затвердевают по мере их падения. Однако часто желательно, чтобы конечный продукт имел больший диаметр и более высокую прочность на раздавливание, чем продукт, получаемый при методике приллирования. Эти недостатки привели к разработке методики гранулирования в псевдооживленном слое, в которой расплав карбамида напыляют на гранулы, которые в ходе процесса увеличиваются в размерах. Перед впрыскиванием в гранулятор добавляют формальдегид для предотвращения слипания и увеличения прочности конечного продукта.

Для удаления энергии, высвобождаемой в процессе кристаллизации, в доводочный блок подают большие количества охлаждающего воздуха. Воздух, который покидает доводочную секцию, содержит, помимо прочего, пыль карбамида. Учитывая возросший спрос на производство карбамида и ужесточение законодательных и природоохранных требований, направленных на снижение уровня выбросов, желательным и соответствующим ужесточаемым стандартам является удаление пыли карбамида.

В течение нескольких последних десятилетий борьба с загрязнением воздуха стала

для общества приоритетной проблемой. Во многих странах были разработаны хорошо продуманные регламентирующие программы, направленные на то, чтобы заводы и другие крупные источники загрязнения воздуха использовали наилучшую имеющуюся технологию контроля (ВАСТ) для удаления загрязнений из потоков газообразного эфлюента, выбрасываемых в атмосферу. Стандарты борьбы с загрязнением воздуха становятся все более жесткими, поэтому существует постоянная потребность в еще более эффективных технологиях борьбы с загрязнением. Кроме того, эксплуатационные расходы, связанные с работой оборудования для борьбы с загрязнением, могут быть существенными, поэтому также существует постоянная потребность в более эффективных технологиях.

Удаление пыли карбамида само по себе является сложной задачей, поскольку количества отходящего газа (в основном воздуха) очень велики, а концентрация пыли карбамида низка. Типичный поток воздуха составляет порядка $750\ 000\ \text{Нм}^3/\text{ч}$. Типичная концентрация пыли карбамида в таком воздухе составляет приблизительно 0,5–1% вес. Кроме того, часть пыли карбамида имеет субмикронный размер. Соблюдение действующих стандартов предполагает необходимость в удалении большей части этой субмикронной пыли.

Дополнительная проблема заключается в том, что использование больших количеств воздуха, необходимых для доводки карбамида, приводит к тому, что эта часть производственного процесса является относительно дорогостоящей вследствие потребности в очень больших вытяжных вентиляторах, потребляющих много электроэнергии. В частности, если воздух подвергается промывке для уменьшения выброса пыли карбамида, и в особенности большей части субмикронной пыли, в атмосферу, в ходе этого процесса относительно большое количество энергии просто теряется в результате неизбежного падения давления в скрубберном устройстве.

В данной области признано, что аэрозольные частицы (субмикронного и микронного размерного диапазона, типичного для пыли карбамида) растут вследствие конденсации на них воды из перенасыщенного газа, который окружает такие частицы. Если газ, окружающий аэрозоли/частицы, является насыщенным или недостаточно насыщенным, но не перенасыщенным, роста нет или даже наблюдается уменьшение слоя воды на влажной поверхности аэрозольной частицы. В результате этого частица сохраняет тот же размер или даже происходит испарение с поверхности частицы. Общее представление заключается в том, что степень перенасыщения (называемая фактором S) должна быть больше единицы (1), чтобы происходила конденсация воды на аэрозолях, что является обязательным для получения роста частиц. В области удаления субмикронных

частиц пыли признано, что для эффективного удаления требуется атмосфера, в которой водяной пар присутствует в перенасыщенном состоянии.

В частности, в области доводки карбамида, например в технологии гранулирования карбамида, признано, что на практике невозможно добиться перенасыщенного потока газа ниже по потоку от стадии доводки. Это можно объяснить с учетом большого количества относительно сухого воздуха и, следовательно, присутствия малых количеств воды, которые естественным образом присутствуют в отходящем газе при доводке карбамида (например, из гранулятора). Фактически изначально (в доводочной секции) система начинает с почти нулевого насыщения, т.е. слишком большого недостаточного насыщения, чтобы можно было достичь уровня насыщения, не говоря уже о перенасыщении.

Конденсационный скруббер представляет собой сравнительно недавнее продолжение технологии мокрого скруббера. Принцип работы большинства традиционных скрубберов опирается на механизмы столкновения и диффузии для обеспечения контакта между твердыми частицами (ТЧ) и каплями жидкости. В конденсационном скруббере ТЧ выполняют функции ядер конденсации для образования капель. Действие конденсационного скруббера зависит от первоначального формирования условий насыщения в потоке газа. После достижения насыщения в поток газа вводится водяной пар. Водяной пар создает условия перенасыщения и приводит к конденсации воды на мелких ТЧ в потоке газа. Большие конденсированные капли затем удаляются с помощью одного из нескольких стандартных устройств, например, таких как высокоэффективный туманоуловитель. [Информационный бюллетень технологии контроля загрязнения воздуха EPA-452/F-03-010].

Документом предшествующего уровня техники по использованию укрупнения частиц посредством конденсации в промышленных технологиях сбора пыли является работа Yoshida et al., *Journal of Chemical Engineering of Japan*, 1978, Vol.11, No.6, p. 469–475. В этом документе увлажнение потока газа обеспечивается впрыском водяного пара. Это считается особенно эффективным для газов при низкой температуре.

Другим таким документом предшествующего уровня техники является EP 555 474. В этом документе раскрывается процесс очистки потока газа посредством увеличения и сбора частиц пыли за счет нуклеации пара и центробежной конденсации в охладителе.

Дополнительная информация об удалении пыли из потока газа приведена в FR 2600553. В этом документе описан улучшенный способ мокрой газоочистки (скрубберной очистки). На первой стадии промывки промывочную жидкость распыляют в потоке газа в направлении, противоположном потоку газа (что является обычным направлением в

операции промывки). После этого поток газа пропускают через множество параллельных сопел Вентури, осуществляют разделение жидкости/газа и пропускают через распыляемую промывочную жидкость.

Ссылкой, относящейся к очистке газовых смесей, которые могут содержать пыль с установки по производству карбамида, является EP 0 084 669. Раскрыто использование водного промывочного раствора, в который перед его приведением в контакт с газовой смесью добавляют формальдегид. Раскрытый способ относится, в частности, к добавлению формальдегида и осуществляется с использованием стандартных скрубберов.

Документ US 3,985,523 относится к удалению загрязнений из воздуха, образуемого при производстве удобрений. Раскрыт процесс, в котором загрязненный пар конденсируется и полученный поток жидких загрязнителей подвергается дополнительной очистке.

Особое внимание специалисты в области борьбы с загрязнением воздуха уделяют уменьшению выбросов «мелких твердых частиц» ввиду неблагоприятных последствий для здоровья, связанных с долгосрочным и краткосрочным воздействием мелких твердых частиц на органы дыхания. В настоящем документе под термином «мелкие твердые частицы» следует понимать частицы, имеющие диаметр менее 2,5 мкм. В рамках контроля за такими частицами Управление по охране окружающей среды США (EPA) недавно понизило «стандарты ТЧ 2,5» по выбросам частиц размером менее 2,5 мкм. Такие мелкие частицы трудно улавливать при помощи обычных скрубберов вследствие их размера. Тем не менее частицы, входящие в этот диапазон размеров, в настоящее время формируют измеренные выбросы.

Пыль карбамида растворима в воде. Когда твердые частицы карбамида захватываются водой, они полностью или частично растворяются, образуя раствор карбамида в воде. При захвате водой все большего количества карбамида концентрация растворенного карбамида будет возрастать, пока не будет достигнут предел растворимости и дополнительное количество карбамида уже не будет растворяться. При изменении термодинамических условий карбамид также может выпадать в осадок из раствора, образуя твердые частицы. При улавливании пыли карбамида в скруббере желательно сконцентрировать карбамид и контролировать его концентрацию в растворе так, чтобы можно было эффективно повторно использовать уловленный карбамид.

В предшествующем уровне техники не упоминаются способы, с помощью которых может эффективно проводиться обработка отходящих газов при доводке карбамида с помощью конденсационного скруббера. В частности, в предшествующем уровне техники не указано, каким образом можно решать проблему, связанную с тем, что в области

доводки карбамида, например, в технологии гранулирования карбамида, признается практическая невозможность добиться перенасыщенного потока газа ниже по потоку от стадии доводки, не говоря уже о возможности достижения перенасыщения.

В настоящее время желательно обеспечить способ обработки отходящего газа секции доводки карбамида таким образом, чтобы эффективно удалять пыль карбамида. Дополнительно желательно обеспечить способ, при котором такое удаление будет улучшено. Более того, желательно добиться этого способом, предполагающим более высокую эффективность использования энергии.

Раскрытие изобретения

С тем чтобы наилучшим образом обеспечить удовлетворение одной или более приведенных выше потребностей, в одном аспекте настоящего изобретения представлен способ удаления частиц (также называемых твердыми частицами или пылью) из потока газа, поступающего из доводочной секции установки по производству карбамида, включающий стадии, на которых осуществляют гашение указанного потока газа с использованием первого водного потока с получением потока погашенного газа; смешивают указанный поток погашенного газа с увлажняющей текучей средой, выбираемой из (а) насыщенного водяного пара и (b) перегретого водяного пара, смешанного со вторым водным потоком, с получением потока увлажненного газа, осуществляют отделение частиц (т.е. удаление пыли) из указанного потока увлажненного газа с помощью промывочной жидкости, в которой растворимы по меньшей мере некоторые частицы в потоке газа.

В другом аспекте настоящее изобретение относится к доводочному оборудованию для установки по производству карбамида, содержащему устройство доводки карбамида, содержащее вход для жидкого карбамида, вход для охлаждающего газа, коллектор для твердого карбамида, выход для отходящего газа, причем указанный выход сообщается по текучей среде с секцией обработки газа, содержащей, по направлению потока, зону гашения с входом для гасящей жидкости, зону увлажнения, содержащую вход для водяного пара или для водяного пара, смешанного с водным потоком, и систему удаления частиц (также обозначаемую как система удаления пыли), содержащую вход для промывочной жидкости и выход для водного потока с растворенными частицами.

В другом аспекте изобретение относится к установке по производству карбамида, содержащей секцию синтеза и регенерации; причем указанная секция сообщается по текучей среде с секцией испарения, сообщаемой по текучей среде с доводочной секцией и имеющей газопроводную линию к секции конденсации; при этом указанная доводочная секция имеет газопроводную линию к секции обработки газа, содержащей, по

направлению потока, систему гашения с входом для гасящей жидкости, систему увлажнения, содержащую вход для водяного пара или для водяного пара, смешанного с водным потоком, и систему удаления частиц, содержащую вход для промывочной жидкости и выход для водного потока с растворенными частицами.

В другом аспекте изобретение относится к способу модификации существующей установки по производству карбамида, содержащей секцию (А) синтеза и регенерации; причем указанная секция сообщается по текучей среде с секцией (В) испарения, сообщаемой по текучей среде с доводочной секцией (С) и имеющей газопроводную линию к секции (Е) конденсации; причем указанная доводочная секция (С) имеет газопроводную линию к секции (D) очистки от пыли, при этом модификацию установки производят посредством размещения между доводочной секцией (С) и секцией (D) очистки от пыли секции обработки газа, содержащей, по направлению потока, систему (F) гашения с входом для гасящей жидкости и систему (G) увлажнения, содержащую вход для водяного пара или для водяного пара, смешанного с водным потоком, и выход для газа, который сообщается по текучей среде с указанной секцией (D) очистки от пыли.

Краткое описание чертежей

На фиг. 1 представлена блок-схема установки по производству карбамида, содержащей секцию обработки газа в соответствии с настоящим изобретением.

На фиг. 2–6 приведены технологические схемы вариантов осуществления способа в соответствии с настоящим изобретением.

Осуществление изобретения

В широком смысле настоящее изобретение основано на разумном представлении об очистке отходящего газа секции доводки карбамида за счет двойной обработки, а именно гашения и увлажнения. В частности, изобретение основано на разумном представлении об использовании при этом увлажняющей жидкости, выбираемой из (а) насыщенного водяного пара и (б) перегретого водяного пара, смешанного с водным потоком. Преимуществом обработки настоящего изобретения является то, что увлажнение может производиться таким образом, чтобы обеспечивать насыщение отходящего газа, несмотря на его сухую природу. До настоящего времени такая возможность в данной области не рассматривалась для потока сухого газа, например отходящего газа доводочной секции установки по производству карбамида. В частности, подлежащий обработке поток газа представляет собой поток отходящего газа из гранулятора с псевдооживленным слоем или башни приллирования в процессе производства карбамида. Вместе с тем авторы изобретения полагают, что способ также можно применять в отношении других потоков газа с такой же сухой природой. Таким образом, изобретение

можно также применять для других потоков газа, которые по существу не содержат влаги, например содержат менее 1% воды.

Первой стадией указанной выше двойной обработки является гашение. Следует отметить, что, как будет очевидно специалисту в данной области, гашение потока газа принципиально отличается от промывки. Целью гашения является кондиционирование потока газа, в частности путем создания атмосферы с относительной влажностью 100%. Как правило, это осуществляется путем распыления гасящей жидкости прямооток с потоком газа и/или путем обеспечения камеры гашения, в которой газ и гасящую жидкость выдерживают в течение некоторого времени пребывания, достаточного для кондиционирования газа при относительной влажности 100% или по меньшей мере близкой к ней. Операция промывки (или скрубберной очистки), с другой стороны, связана не с кондиционированием атмосферы, а с приведением в физический контакт подлежащего промывке (т.е. очистке) газа и промывочной жидкости, после чего обычно предусматривается немедленное удаление промывочной жидкости. Таким образом, как правило, промывка (скрубберная очистка) потока газа предусматривает контактирование газа с противоточным или перекрестным потоком промывочной жидкости.

Следует понимать, что жидкости, используемые для промывки потока газа, вследствие разного назначения жидкостей не применяются таким образом, чтобы вызывать гашение газа.

Гашение относится к добавлению воды к отходящему газу. По существу его проводят с использованием одного или более гасителей, т.е. устройств, которые служат для введения воды в поток газа. Это введение по существу проводят таким образом, чтобы вода была хорошо диспергирована в газе. Предпочтительно воду вводят в газ путем ее распыления в газопроводной линии между доводочной секцией и секцией очистки от пыли. Для этого можно распылить жидкость внутрь трубопровода непосредственно перед секцией очистки от пыли. Также это может быть отдельная камера или башня, оснащенная системой распыления. Системы распыления, подходящие распылительные форсунки и т.п. известны специалисту. Предпочтительно жидкость распыляют таким образом и с такой однородностью, чтобы образовывались настолько малые капли жидкости, чтобы эти капли быстро испарялись и за короткое время достигалось насыщение паром вблизи точки равновесия. Гашение может производиться в рамках одной рабочей стадии или в две или более стадий. На таких стадиях гасящие жидкости могут быть одинаковыми или разными.

Используемое в настоящем изобретении гашение отходящего газа из доводочной секции установки по производству карбамида также приводит к охлаждению газа. Оно

производится предпочтительно до температуры ниже приблизительно 45 °С и приводит к насыщению жидкости вблизи точки равновесия. Предпочтительно жидкость распыляют таким образом и с такой однородностью, чтобы образовывались настолько малые капли жидкости, чтобы эти капли быстро испарялись и за короткое время достигалось насыщение паром вблизи точки равновесия. Для большей полноты отмечается, что распыление одной только гасящей водной жидкости не приводит к полному насыщению, не говоря уже о перенасыщении.

Предпочтительно, чтобы гасящий поток (т.е. первый водный поток) имел температуру ниже 45°С, более предпочтительно ниже 40°С, наиболее предпочтительно ниже 35°С. Характерная температура воздуха отходящего газа, выходящего из доводочной секции установки по производству карбамида, например после гранулирования в псевдооживленном слое, составляет приблизительно 100°С. После гашения температура предпочтительно составляет менее 45°С. Соответственно, температура потока газа понижается, как правило, более чем на 50°С, предпочтительно более чем на 60°С, наиболее предпочтительно более чем на 65°С. Следует понимать, что в случае потоков газа, отличающихся от отходящего газа доводочной секции установки по производству карбамида, абсолютные значения температуры могут отличаться. Кроме того, специалисту в данной области будет понятно, что охлаждение зависит от количества жидкости, которая может испаряться. Это определяется температурой и содержанием водяного пара в отходящем газе, гашение которого производится.

Гасящая жидкость по существу представляет собой повторно используемую технологическую жидкость либо из расположенной рядом установки или аппарата, соединенного с установкой, в которой поток газа подвергается очистке, либо из другой части той же самой установки. В более предпочтительном варианте гасящая жидкость рециркулирует из самой секции обработки газа, как рассмотрено ниже.

Второй стадией указанной двойной обработки является увлажнение за счет использования либо насыщенного водяного пара, либо перегретого водяного пара, смешанного с водным потоком. Увлажнение потока погашенного газа позволяет добиться насыщения потока газа. Поэтому увлажнение предпочтительно представляет собой по существу насыщение.

Следующая стадия включает отделение частиц от потока увлажненного, предпочтительно насыщенного газа. Такую процедуру выполняют в одну или более стадий с помощью промывочной жидкости, в которой растворяется по меньшей мере часть частиц в потоке газа. Как правило, промывочной жидкостью является вода или подкисленный раствор, например раствор, подкисленный, например, серной кислотой.

Все или по меньшей мере часть захваченных твердых частиц растворяются в промывочной жидкости. Как правило, в гасящей жидкости растворяется от 0,1% вес. до 99,9% вес. захваченных растворимых твердых частиц. Предпочтительно в промывочной жидкости растворяется по меньшей мере 50% вес. захваченных твердых частиц, например от 50% вес. до 95% вес., предпочтительно от 80% вес. до 95% вес.

В одном из представляющих интерес вариантов осуществления первый водный поток, т.е. поток, используемый в качестве гасящей жидкости, содержит растворенные частицы, которые идентичны частицам, подлежащим удалению из потока газа. При этом гасящая жидкость предпочтительно содержит водную жидкость, рециркулированную со стадии промывки. Это относится к водному потоку, поступающему после промывки потока увлажненного газа. Такой поток будет содержать растворенные частицы в результате удаления пыли из промытого потока газа. Безотносительно какой-либо теории авторы изобретения полагают, что присутствие растворенных частиц в гасящей жидкости будет способствовать росту таких частиц при дальнейшем извлечении частиц пыли из потока газа. Это, в свою очередь, способствует удалению таких частиц пыли из потока газа.

Еще один вызывающий интерес вариант осуществления относится к указанному выше варианту (b), в котором увлажняющая текучая среда содержит перегретый водяной пар, смешанный со вторым водным потоком. В данном варианте осуществления предпочтительно, чтобы указанный второй водный поток имел тот же состав, что и первый водный поток.

В еще одном предпочтительном варианте настоящего изобретения первый и второй водные потоки содержат растворенные частицы, которые идентичны частицам, подлежащим удалению из потока газа. В этом случае оба таких потока предпочтительно содержат водную жидкость, рециркулируемую из промывающей жидкости, т.е. жидкости, получаемой после стадии промывки потока увлажненного газа. При этом второй водный поток, т.е. поток, используемый на стадии увлажнения, предпочтительно отличается более низкой концентрацией растворенных частиц по сравнению с первым водным потоком.

В случае обработки потока газа, получаемого в виде отходящего газа из секции доводки карбамида, в подлежащем обработке потоке газа обычно присутствует аммиак. Кроме того, растворенные соли аммония, следы кислоты или и то и другое, как правило, присутствуют в водном потоке, получаемом после промывки, в частности образующемся в результате кислотной промывки потока увлажненного газа.

В представляющем интерес варианте осуществления отделение частиц включает одну или более стадий со скрубберами Вентури. Скруббер Вентури представляет собой

хорошо известный тип устройства для удаления загрязнителей из потока газообразного эфлюента. Скрубберы Вентури считаются наиболее эффективными из имеющихся скрубберных устройств для отделения мелких частиц. В скруббере Вентури отводимый газ принудительно пропускают или проводят через трубку Вентури, имеющую узкую «горловую» часть. При движении воздуха через горловую часть он приобретает высокую скорость. Промывающую жидкость в форме капель, обычно воду, добавляют в трубку Вентури, как правило, в горловую часть, и она попадает в поток газа. Использованные капли воды по существу на много порядков величины больше, чем частицы собираемых загрязнений, и вследствие этого разгоняются через трубку Вентури до другой скорости. Разница ускорений приводит к взаимодействиям между каплями воды и частицами загрязнений, так что частицы загрязнений собираются каплями воды. Механизмы сбора преимущественно включают столкновения между частицами и каплями и диффузию частиц к поверхности капель. В любом случае частицы захватываются каплями. В зависимости от размеров частиц загрязнений, один или другой из этих механизмов может преобладать, причем диффузия является преобладающим механизмом сбора для очень мелких частиц, а столкновение или захват являются преобладающим механизмом для более крупных частиц. Скруббер Вентури также может быть эффективен при сборе высокорастворимых газообразных соединений путем диффузии. Подробное описание этих механизмов очистки приведено в главе 9 *Air Pollution Control Theory*, M. Crawford (McGraw-Hill 1976).

Там, где речь идет о «скруббере Вентури», это может относиться либо к одному скрубберу Вентури, либо к множеству скрубберов Вентури. Дополнительно один или более скрубберов Вентури сами по себе могут содержать одну или более трубок Вентури.

Там, где в настоящем описании речь идет о «сообщении по текучей среде», это относится к любой связи между первой частью или секцией установки и второй частью или секцией установки, через которую текучие среды, особенно жидкости, могут перетекать из первой части установки во вторую часть установки. Как правило, такое сообщение по текучей среде обеспечивается трубопроводными системами, каналами, шлангами или другими устройствами, хорошо известными специалистам по транспортировке текучих сред.

Там, где в настоящем описании речь идет о «газопроводной линии», это относится к любой связи между первой частью или секцией установки и второй частью или секцией установки, через которую газ или пары, особенно водяные пары, могут перетекать из первой части установки во вторую часть установки. Как правило, такие газопроводные линии содержат трубопроводные системы, каналы или другие устройства, хорошо

известные специалистам по транспортировке газов, если необходимо, при давлениях выше или ниже (вакуум) атмосферного.

Если в приведенном описании упоминается «зона» или «секция», это, как правило, относится к одному и тому же компоненту, а именно к части промышленной установки, где происходят определенные заданные события. Такая часть может также обозначаться термином «система».

Настоящее изобретение, в частности, относится к доводке карбамида. Эта часть процесса производства карбамида относится к секции, в которой получают твердый карбамид.

Например, на фиг. 1 представлен схематический рисунок установки, имеющей доводочную секцию в соответствии с настоящим изобретением. Для удобства части установки, описанные ниже, относятся к элементам, содержащимся на фиг. 1. Это не предполагает того, что любая установка, построенная в соответствии с настоящим изобретением, должна соответствовать фиг. 1.

Эта доводочная секция, секция (С) на фиг. 1, может представлять собой башню приллирования, секцию гранулирования, секцию пеллетирования или секцию или оборудование, основанное на любой другой методике доводки. Секция гранулирования может представлять собой устройство гранулирования в псевдооживленном слое, или гранулирования в барабане, или чашечного гранулирования, или любое другое аналогичное или известное устройство гранулирования. Основная функция этой доводочной секции заключается в переводе расплава карбамида, полученного в ходе синтеза карбамида, в поток затвердевших частиц. Данные затвердевшие частицы, обычно приллированные гранулы, гранулы или пеллеты представляют собой поток основного продукта из установки по производству карбамида. В любом случае для перевода карбамида из жидкой фазы в твердую фазу жидкость следует охладить до температуры кристаллизации и удалить теплоту кристаллизации. Более того, от затвердевших частиц карбамида обычно удаляют дополнительную часть теплоты для охлаждения их до температуры, подходящей для дополнительной обработки и манипуляций, включая безопасное и удобное хранение и транспортировку этого конечного продукта. Итоговое удаление суммарной теплоты для охлаждения жидкости до температуры кристаллизации для перехода от жидкой к твердой фазе и для переохлаждения твердых частиц в доводочной секции обычно обеспечивают с помощью воздуха, уносящего тепло и выходящего из доводочной секции при температуре выше температуры на входе. Жидкость, распыляемая в воздух, испаряется, прежде чем воздух входит в зону, где происходит отверждение. При этом воздух охлаждается, и таким образом снижаются

потребности в подаче воздуха.

Как правило, большую часть теплоты кристаллизации/охлаждения удаляют путем охлаждения воздухом. Охлаждающий воздух по природе охлаждающего процесса покидает доводочную секцию при повышенной температуре. Как правило, используют количество воздуха, эквивалентное 3–30 кг воздуха на кг конечного затвердевшего продукта, предпочтительно 3–10 кг. Это типичный отходящий газ доводочной секции установки по производству карбамида.

В доводочной секции (С) воздух входит в непосредственный контакт с расплавом карбамида и с затвердевшими частицами карбамида. Это непреднамеренно приводит к некоторому загрязнению воздуха некоторым количеством пыли карбамида и аммиаком. В зависимости от характера доводочной секции (приллирование/гранулирование, тип гранулирования, условия, выбранные при гранулировании) количество пыли, присутствующей в воздухе, может варьировать в широких пределах, причем значения находятся в диапазоне от 0,05% до 10% по весу (по отношению к потоку конечного продукта). Более типично, для доводочной секции, основанной на гранулировании, количество пыли находится в диапазоне от 2% до 8% по весу. Из экологических или экономических соображений наличие пыли в отходящем газе обычно требует использования системы (D) удаления пыли, прежде чем воздух будет выпущен обратно в атмосферу.

В секции (D) очистки от пыли очистку от пыли обычно проводят при помощи циркулирующего карбамидного раствора в качестве промывочного агента. Также в дополнение к этому обычно используют промывку свежей водой. В секции (D) очистки от пыли получают продувочный поток карбамидного раствора. Этот продувочный поток обычно имеет концентрацию карбамида 10–60% (по весу). Для переработки карбамида, присутствующего в этом продувочном потоке, продувочный поток возвращают в секцию (B) испарения, где его дополнительно концентрируют, а затем отправляют на рециркуляцию в доводочную секцию (С). После очистки от пыли очищенный воздух выпускают в атмосферу. Например, в секции очистки от пыли может использоваться одна или сочетание следующих технологий мокрой очистки: очистка в распылительной камере, очистка в слое наполнителя, очистка в скруббере с отбойниками, механическая очистка, очистка в скруббере Вентури, очистка в скруббере с отверстиями, конденсационная очистка, электростатическая очистка, очистка в волокнистом слое.

Зона гашения, в которой используют распылительные гасители, предпочтительно содержит: (a) секцию, в которой подлежащий гашению газ охлаждают путем введения (например, впрыска) и испарения воды; (b) резервуар для улавливания твердых частиц

(пыли), служащий для сбора пыли, отогнанной из газа; (с) систему распыления, состоящую из трубок, оснащенных впрыскивающими форсунками; и (d) систему подачи воды с насосами.

Перед добавлением подпиточной воды в гасящую жидкость на водной основе концентрацию раствора по существу увеличивают путем рециркуляции гасящей жидкости. Последнее также является стандартным выбором для специалиста в данной области с точки зрения экономичности процесса. По существу гасящая жидкость рециркулирует до извлечения или выпуска, пока концентрация растворенных твердых частиц в растворе не достигнет 50% по весу. На практике часть циркулирующей жидкости, содержащей требуемую концентрацию растворенных твердых частиц, непрерывно извлекают. Такую извлеченную жидкость иногда называют продувочной или чистящей. В то же время оставшуюся жидкость разбавляют путем добавления подпиточной воды, которая может быть свежей водой или более разбавленным потоком (например, из секции ниже по потоку от гашения).

Предполагается, что отходящий газ (или «газообразный эффлюент»), поступающий из доводочной секции, например из башни приллирования или гранулятора в псевдооживленном слое, включает потоки эффлюента, которые содержат захваченные в потоках жидкость или твердый сыпучий материал, включая пары, которые могут конденсироваться по мере охлаждения потока эффлюента.

В зоне гашения газообразный эффлюент охлаждается до гораздо более низкой температуры, предпочтительно ниже приблизительно 45°C. Специалистам в данной области известно много способов охлаждения горячего потока отводимого газа.

Предпочтительный способ для использования в настоящем изобретении включает распыление в газ через форсунки охлаждающей жидкости, такой как вода. Без ограничений, накладываемых теорией, авторы изобретения считают, что гашение распылением способствует эффективному удалению пыли, позволяя воде взаимодействовать с частицами пыли.

Это является неожиданным преимуществом гашения распылением. В области техники, не связанной с карбамидом, но связанной, например, с дымовым газом, охлаждение газообразного эффлюента оказывает эффект в перенасыщенных системах. В этом случае охлаждение эффлюента приводит к тому, что способные к конденсации пары в потоке эффлюента подвергаются фазовому превращению. Конденсация этих паров в потоке эффлюента естественным образом будет происходить вокруг частиц, которые служат точками зародышеобразования. Таким образом, предварительное охлаждение потока эффлюента полезно по двум причинам. Во-первых, способные к конденсации

загрязнения переходят в жидкую фазу и, таким образом, легче удаляются из эффлюента. Во-вторых, процесс зародышеобразования увеличивает размер уже существующих частиц в эффлюенте, тем самым упрощая их удаление.

Удаление более крупных частиц путем гашения предотвращает конкуренцию более крупных частиц с субмикронными частицами за роль точек зародышеобразования. Как отмечено выше, желательно, чтобы субмикронные частицы увеличивались в размерах вследствие конденсации, чтобы их было легче удалять из потока эффлюента.

Проблема газообразного эффлюента, обрабатываемого в соответствии с настоящим изобретением, т.е. отходящего газа доводочной секции установки по производству карбамида, заключается в том, что он находится в недостаточно насыщенном состоянии. В качестве единственных способных к конденсации паров отходящий газ содержит ограниченное количество воды. В результате его необходимо охлаждать до гораздо более низких значений, чем достижимо при гашении, с тем чтобы добиться необходимой конденсации воды. Следует отметить принципиальную невозможность охлаждения отходящего газа только за счет одного гашения до такой низкой температуры, при которой будет происходить конденсация водяного пара, поскольку теплота удаляется только при испарении воды. Начиная с ненасыщенного состояния, гашение может снижать температуру и увеличивать содержание водяного пара в отходящем газе только до точки полного насыщения. Такую точку равновесия между отходящим газом и гасящей жидкостью невозможно пройти, или, иными словами, невозможно добиться перенасыщения.

В настоящем изобретении такая проблема решается за счет введения дополнительной стадии увлажнения.

Прошедший гашение и увлажненный газ подают в зону улавливания частиц. «Зона улавливания частиц» относится к секции, в которой газ подвергают условиям, способствующим удалению из него твердых частиц. Как правило, так называют устройство для улавливания частиц, например мокрый скруббер. Так также могут называть, например, скруббер Вентури или влажный электростатический осадитель (WESP). В предпочтительном варианте осуществления зона улавливания частиц содержит комбинацию из последовательно расположенных влажного электростатического осадителя (например, тарельчатого скруббера) и скруббера Вентури, расположенного ниже по потоку от него. Более предпочтительно, скруббер Вентури содержит множество параллельных трубок Вентури. В другом предпочтительном варианте осуществления влажный электростатический осадитель расположен ниже по потоку от мокрого скруббера, или ниже по потоку от скруббера Вентури, или наиболее предпочтительно

последовательно после мокрого скруббера и скруббера Вентури.

Настоящее изобретение также относится к оборудованию для осуществления вышеописанного способа. Это относится к доводочной системе для установки по производству карбамида. В ней имеется устройство доводки карбамида, содержащее необходимые для выполнения его функции характеристики. Эти характеристики известны специалисту и по существу включают вход для жидкого карбамида, вход для охлаждающего газа, коллектор для твердого карбамида (как правило, частиц карбамида, предпочтительно гранул) и выход для отходящего газа. Выход для отходящего газа сообщается по текучей среде (как правило, посредством газопроводной линии) с входом секции обработки газа, содержащей, по направлению потока, систему гашения с входом для гасящей жидкости, систему увлажнения, содержащую вход для водяного пара или смеси водяного пара и водного потока, и систему удаления частиц, содержащую вход для промывочной жидкости и выход для водного потока с растворенными частицами.

В одном варианте осуществления стадии гашения и увлажнения осуществляются последовательно, но на одном и том же оборудовании. В другом варианте осуществления эти стадии осуществляют на отдельных компонентах оборудования.

В предпочтительном варианте осуществления система удаления частиц содержит множество скрубберов Вентури, работающих параллельно. Предпочтительно система удаления пыли выполнена так, чтобы эти параллельные трубки Вентури могли работать независимо друг от друга, т.е. число трубок Вентури, используемых одновременно, при необходимости можно регулировать в процессе. Предпочтительной является система компании Envirocare.

Скрубберы Envirocare состоят из секции гашения, после которой установлена так называемая секция MMV (скруббер Вентури аэрозольного типа). Секция MMV состоит из множества параллельных трубок Вентури. В секции MMV большие количества жидкости распыляют в горловины трубок Вентури одновременно с потоком газа через однофазные форсунки, создавая капли жидкости одинакового и регулируемого размера, как правило, в диапазоне от 50 мкм до 700 мкм. Размер капли жидкости является одним из параметров, которые можно использовать для регулирования эффективностью удаления пыли.

Настоящее изобретение также относится к установке по производству карбамида, содержащей доводочную секцию, как описано выше. В частности, установка по производству карбамида настоящего изобретения, как показано в примере на фиг. 1, содержит секцию (А) синтеза и регенерации; которая сообщается по текучей среде с секцией (В) испарения. Секция испарения сообщается по текучей среде с доводочной секцией (С) и имеет газопроводную линию к секции (Е) конденсации. Доводочная секция

(С) содержит газопроводную линию к секции обработки газа, содержащей, по направлению потока, систему (F) гашения с входом для гасящей жидкости, систему (G) увлажнения, содержащую вход для водяного пара или для смеси водяного пара и водного потока, и систему (D) удаления частиц, содержащую вход для промывочной жидкости и выход для водного потока с растворенными частицами.

В предпочтительном варианте осуществления секция очистки от пыли содержит по меньшей мере один скруббер (D) Вентури, и система гашения предпочтительно содержит аэрозольный гаситель (F). Система гашения установлена между доводочной секцией (С) и скруббером (D) Вентури, и она сообщается по текучей среде с газопроводной линией между доводочной секцией (С) и секцией (G) увлажнения. Предпочтительным является использование множества скрубберов Вентури, как кратко описано выше. Следует понимать, что выход для газа доводочной секции сообщается по текучей среде (как правило, посредством газопроводной линии) с любым желаемым числом трубок Вентури.

Настоящее изобретение применимо к конструированию новых установок по производству карбамида («с нуля»), а также к переоборудованию существующих установок по производству карбамида.

Следует понимать, что новую установку в соответствии с настоящим изобретением можно просто построить согласно вышеизложенному. В части переоборудования существующих установок настоящее изобретение относится к способу модификации существующей установки по производству карбамида, с тем чтобы обеспечить наличие в установке секции обработки газа, обеспеченной, по направлению потока, системой гашения с входом для гасящей жидкости, системой увлажнения, содержащей ввод для водяного пара или для смеси водяного пара и водного потока, и системой удаления частиц, содержащей вход для промывочной жидкости и выход для водного потока с растворенными частицами.

Ниже в настоящем документе будут обсуждаться несколько вариантов осуществления настоящего изобретения со ссылками на приведенные рисунки. Следует понимать, что настоящее изобретение не ограничивается вариантами осуществления, приведенными на любых рисунках. Соответственно, приведенное ниже описание вариантов осуществления, хотя и касается компонентов, приведенных на фиг. 1–5, также относится к другим вариантам осуществления, необязательно совпадающим с приведенными.

Например, на фиг. 1 представлен схематический рисунок установки, имеющей доводочную секцию в соответствии с настоящим изобретением. На блок-схеме на фиг. 1 приведена установка по производству карбамида, содержащая секцию (А) синтеза и

регенерации. Указанная секция сообщается по текучей среде с секцией (В) испарения. Секция испарения сообщается по текучей среде с доводочной секцией (С) и имеет газопроводную линию к секции (Е) конденсации. Доводочная секция (С), которая может содержать, например, башню приллирования, секцию гранулирования, секцию пеллетирования или секцию или оборудование, основанные на любой другой методике доводки. Секция гранулирования может представлять собой устройство гранулирования в псевдооживленном слое, или гранулирования в барабане, или чашечного гранулирования, или любое другое аналогичное или известное устройство гранулирования. Доводочная секция (С) традиционно будет содержать газопроводную линию к секции (D) очистки от пыли. Установка в соответствии с фиг. 1 была модифицирована в соответствии с настоящим изобретением. В результате между доводочной секцией (С) и секцией (D) очистки от пыли размещена секция обработки газа. Указанная секция обработки газа содержит, по направлению потока, секцию (F) гашения с входом для гасящей жидкости и выходом для газа в секцию (G) увлажнения. В дополнение к входу для газа, сообщаемому с выходом для газа секции гашения, секция увлажнения содержит вход для водяного пара или для смеси водяного пара и водного потока, а также выход для газа, который сообщается по текучей среде с указанной секцией (D) очистки от пыли.

На фиг. 2–6 представлены более подробные схемы процессов вариантов осуществления настоящего изобретения. Далее следуют подписи к фиг. 2–5.

Секции:

- Н. Зона гашения.
- И. Зона увлажнения.
- J. Зона удаления частиц.
- К. Зона испарения.

Потоки:

- (a) газ с частицами пыли, 100°C, низкая влажность;
- (b) погашенный газ 45°C, 80% отн. влажн.;
- (c) увлажненный газ;
- (d) насыщенный водяной пар;
- (e) технологическая вода;
- (f) вода с растворенными частицами;
- (g) газ в атмосферу;
- (h) нагревание;
- (i) водный поток после гашения;
- (j) пары;
- (k) концентрированный раствор;
- (l) перегретый водяной пар;
- (m) водный поток;
- (n) вода с пониженной концентрацией растворенных частиц;
- (o) вода с повышенной концентрацией растворенных частиц.

Показано, что газ с частицами пыли при температуре 100°C и низкой влажности

(как правило, сухой отходящий газ с относительно низкой температурой из доводочной секции установки по производству карбамида) подают в секцию обработки газа. Это включает сначала гашение газа, посредством чего газ охлаждают до температуры 45°C, а относительную влажность (отн. влажн.) погашенного газа увеличивают до 80% отн. влажн. Затем проводят увлажнение такого погашенного газа, достигая насыщения. В варианте осуществления на фиг. 2 это обеспечивают контактом с насыщенным водяным паром.

Как будет очевидно специалисту в данной области количество водяного пара (то есть отношение водяного пара к газу) в основном зависит от степени насыщения, которая может достигаться в ходе предшествующего гашения. Характерный диапазон составляет 0,5–5% относительно количества газа (воздуха), например, по массе. В качестве рекомендации в виде примера, в случае если концентрация воды в продувочном/чистящем потоке фиксирована, например, на уровне 55%, отн. влажн. газа, выходящего после гашения, составляет 80,6%. Тогда требуется 3116 кг/ч водяного пара, что составляет 3% относительно количества газа (воздуха). При концентрации воды 80% отн. влажн. газа составляет 93,5%, и только 736 кг/ч водяного пара будет необходимо для достижения 100% насыщения. 736 кг/ч соответствует 0,7% относительно количества газа.

В варианте осуществления на фиг. 3 это обеспечивается контактом с перегретым водяным паром и с водным потоком (т.е. вторым водным потоком). Перегретый водяной пар обычно имеет температуру от 125°C до 250°C, чаще всего от 140°C до 200°C. Количество указанного второго водного потока, как правило, варьирует от 5% до 15% относительно перегретого водяного пара, чаще всего от 7% до 12%.

Затем проводят удаление частиц пыли из полученного увлажненного (и насыщенного) потока газа посредством обработки технологической водой в скруббере, т.е. потоком, который возвращают из другой точки установки (в случае установки по производству карбамида вода, подаваемая в систему очистки, как правило, представляет собой конденсат после очистки стоков).

Полученный очищенный газ отводят в атмосферу. Полученную в данном варианте осуществления жидкость после очистки возвращают в секцию гашения и используют в качестве гасящей жидкости.

На фиг. 4 указанный выше второй водный поток, подаваемый в секцию увлажнения, представляет собой тот же рециркулированный поток промывочной жидкости, что и используемый в секции гашения.

Фиг. 5 подобна фиг. 4, но здесь рециркуляция очищающей жидкости производится двумя различными путями. Из секции очистки отводят промывочные жидкости с

различными концентрациями растворенных частиц. Промывочную жидкость с более высокой концентрацией растворенных частиц рециркулируют в секцию гашения в качестве гасящей жидкости (т.е. первый водный поток, который используют в способе настоящего изобретения). Отводимую промывочную жидкость с более низкой концентрацией растворенных частиц рециркулируют в секцию увлажнения в качестве водного потока, который подается в эту секцию, если в нее также поступает перегретый водяной пар (т.е. второй водный поток, который используют в способе настоящего изобретения в альтернативном варианте b) для увлажняющей жидкости).

На фиг. 6 приведен предпочтительный вариант осуществления, в котором используют обедненный рециркулируемый раствор (например, имеющий относительно низкую концентрацию растворенных частиц). Затем после процессов гашения, увлажнения и удаления крупных частиц обедненный рециркулируемый раствор объединяют с перегретым водяным паром в двухфазной(-ых) форсунке(-ах) и смешивают с отходящим газом для достижения состояния (пере)насыщения. К крупным частицам относят такие, размер которых обычно превышает 10 мкм и которые, как правило, считаются не попадающими в органы дыхания, а потому менее опасными для здоровья людей по сравнению с частицами с размерами менее 10 мкм, которые могут проникать в легкие.

Это приводит к конденсации воды на мелких твердых частицах в потоке газа. Крупные капли конденсата затем можно удалять из потока отходящего газа на стадии удаления мелких частиц и/или аммиака.

Распыление (с использованием высокого давления, ультразвука, сжатого воздуха и пр.) обедненного рециркулируемого раствора с образованием мелких капель предпочтительно, поскольку распыленные капли легче испаряются под воздействием добавляемого водяного пара. За счет этого значительная часть теплоты водяного пара не приводит к нагреванию отходящего газа (что менее предпочтительно, поскольку не способствует достижению насыщения), но расходуется на испарение распыленных капель. Такое испарительное охлаждение позволяет не только избежать увеличения температуры отходящего газа, но также обеспечивает генерацию дополнительных объемов водяного пара, тем самым еще более снижая потребление водяного пара.

Далее следуют подписи к фиг. 6.

Функциональные стадии:

- I. Гранулирование в псевдооживленном слое.
- II. Гашение и увлажнение отходящего газа.
- III. Удаление крупных частиц.
- IV. Растворение.

- V. Удаление раствора соли аммония.
- VI. (Пере)насыщение отходящего газа.
- VII. Увеличение размеров твердых мелких частиц.
- VIII. Удаление твердых мелких частиц.
- IX. Удаление аммиака.
- X. (Выделенный) блок испарения рециркулируемого потока.

Потоки:

1. Расплав карбамида.
2. Газ для создания псевдооживленного слоя.
3. Отходящий газ гранулирования (твердые частицы + аммиак).
4. Погашенный газ.
5. Крупные твердые частицы.
6. Погашенный газ с удаленными крупными твердыми частицами.
7. Насыщенный водяной пар.
8. Деминерализованная/деионизированная вода.
9. Обедненный раствор.
10. Технологический конденсат.
11. Концентрированный раствор.
12. Подкисленный промывочный раствор.
13. Раствор соли аммония.
14. Конденсат испарения.
15. Насыщенный остаточный газ.
16. Остаточный конденсат.
17. Выброс.

Обедненный рециркулируемый раствор можно получать из таких источников, как:

(a) водяной пар или технологический конденсат, используемые для мокрой очистки мелких твердых частиц;

(b) конденсат испарения от выделенного процесса испарения, используемый для концентрирования и регенерации извлеченных твердых частиц; и

(c) остаточный конденсат отходящего газа после процесса удаления твердых частиц (в скруббере).

Для повышения эффективности очистки обедненный рециркулируемый раствор можно заменять деминерализованной/деионизированной водой. Основное преимущество использования деминерализованной/деионизированной воды связывают с эффектами конденсации, а не с гашением. Любые примеси, присутствующие в потоке газа, будут действовать в качестве ядер конденсации. Использование деминерализованной/деионизированной воды снижает количество примесей,

добавляемых к потоку газа, так что конденсация происходит на частицах пыли, а не на каких-либо дополнительных примесях.

Настоящее изобретение не ограничено каким-либо конкретным способом производства карбамида.

Часто используемым способом получения карбамида в соответствии с процессом стриппинга является процесс стриппинга с диоксидом углерода, например описанный в Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Vol. A27, 1996, pp 333–350. В этом способе за секцией синтеза следуют одна или более секций регенерации. Секция синтеза содержит реактор, стриппер, конденсатор и скруббер, в котором рабочее давление находится в диапазоне от 12 до 18 МПа и предпочтительно в диапазоне от 13 до 16 МПа. В секции синтеза раствор карбамида, выходящий из карбамидного реактора, подается в стриппер, в котором большое количество непрореагировавших аммиака и диоксида углерода отделяется от водного карбамидного раствора. Такой стриппер может представлять собой кожухотрубчатый теплообменник, в котором карбамидный раствор подают в верхнюю часть со стороны трубок, а диоксид углерода, подаваемый для синтеза, вводят в нижнюю часть стриппера. В межтрубное пространство вводят водяной пар для нагревания раствора. Карбамидный раствор выходит из теплообменника в нижней части, а паровая фаза выходит из стриппера в верхней части. Пар, выходящий из указанного стриппера, содержит аммиак, диоксид углерода и небольшое количество воды. Указанный пар конденсируется в теплообменнике с падающей пленкой или в погружном конденсаторе, который может быть горизонтального типа или вертикального типа. Погружной теплообменник горизонтального типа описан в Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Vol. A27, 1996, pp 333–350. Тепло, высвобождаемое при экзотермической реакции конденсации карбамата в указанном конденсаторе, обычно используют для получения водяного пара, используемого в расположенной ниже по потоку секции обработки карбамида для нагревания и концентрирования карбамидного раствора. Поскольку в погружном конденсаторе жидкость пребывает некоторое время, часть реакции образования карбамида проходит уже в указанном конденсаторе. Образованный раствор, содержащий конденсированный аммиак, диоксид углерода, воду и карбамид вместе с несконденсированным аммиаком, диоксидом углерода и инертным паром, направляют в реактор. В реакторе вышеуказанная реакция преобразования карбамата в карбамид приближается к равновесному состоянию. Молярное соотношение аммиака и диоксида углерода в карбамидном растворе, выходящем из реактора, по существу находится в диапазоне от 2,5 до 4 моль/моль. Также возможно комбинирование конденсатора и реактора в одном узле оборудования. Пример такого узла оборудования

описан в Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Vol. A27, 1996, pp 333–350. Образованный карбамидный раствор, выходящий из карбамидного реактора, подают на стриппер, а инертный пар, содержащий несконденсированный аммиак и диоксид углерода, направляют в секцию очистки, работающую при аналогичном с реактором давлении. В этой секции очистки инертный пар очищают от аммиака и диоксида углерода. В качестве абсорбента в этой секции очистки используют карбаматный раствор из расположенной ниже по потоку системы регенерации. Раствор карбамида, покидающий отгонное устройство в этой секции синтеза, требует, чтобы при концентрации карбамида по меньшей мере 45% по весу и предпочтительно по меньшей мере 50% по весу обработка проходила в единственной системе регенерации, расположенной после стриппера. Секция регенерации содержит нагреватель, сепаратор жидкости/газа и конденсатор. Давление в этой секции регенерации находится в диапазоне от 200 до 600 кПа. В нагревателе секции регенерации основную массу аммиака и диоксида углерода отделяют от карбамида и водной фазы путем нагревания карбамидного раствора. Как правило, в качестве нагревающего агента используют водяной пар. Карбамид и водная фаза содержат небольшое количество растворенного аммиака и диоксида углерода, который выходит из секции регенерации и направляется в расположенную после нее секцию обработки карбамида, в которой карбамидный раствор концентрируют путем выпаривания воды из указанного раствора.

Другие способы и установки включают те, которые основаны на такой технологии, как способ НЕС, разработанный компанией Urea Casale, способ ACES, разработанный компанией Toyo Engineering Corporation, и способ, разработанный компанией Snamprogetti. Все эти способы, а также другие способы могут быть использованы перед осуществлением способа доводки карбамида по настоящему изобретению.

Методики доводки карбамида, такие как приллирование и гранулирование, известны специалисту. См., например, Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 2010, глава 4.5, посвященная карбамиду.

Настоящее изобретение будет дополнительно проиллюстрировано далее со ссылкой на приведенный ниже пример. Пример не предназначен для ограничения настоящего изобретения.

Пример

Модель разрабатывали с использованием программного обеспечения для построения технологических схем, с тем чтобы исследовать влияние основных параметров процесса и продемонстрировать различия между разными вариантами впрыска водяного пара и рециркуляции потока.

Результаты представлены ниже в таблице 1.

Во всех случаях поток воздуха для гашения составляет 100 000 кг/ч. Относительная влажность после гашения составляет либо 80,6%, либо 93,5% в зависимости от концентрации воды в продувочной (чистящей) жидкости, которая в данном примере равняется либо 55%, либо 80%. Относительная влажность газа в равновесии с раствором карбамида/воды соответствует указанной концентрации воды. Отн. влажн. газа в равновесии с 55% воды/45% карбамидного раствора составляет 80,6%.

Случай 1 соответствует варианту осуществления на фиг. 2 с насыщением одним только водяным паром после гашения, при этом концентрация воды в продувочной жидкости зафиксирована на 55%.

Случай 2 соответствует варианту осуществления на фиг. 2 с насыщением одним только водяным паром после гашения, при этом концентрация воды в продувочной жидкости зафиксирована на 80%.

Сопоставление случаев 1 и 2 показывает, что общее потребление водяного пара может быть снижено за счет снижения концентрации при гашении и продувке. Это связано с тем, что после гашения относительная влажность уже оказывается на более высоком уровне в случае 2 по сравнению со случаем 1. Это происходит из-за гашения более разбавленным раствором, так что для достижения насыщения необходимо будет добавлять меньше водяного пара. Таким образом, в случае 2 повышение температуры газа из-за добавления водяного пара будет гораздо меньше, и сокращение объемов водяного пара, необходимого для насыщения будет больше увеличения объемов водяного пара, необходимого для последующего испарения для концентрирования более разбавленного продувочного потока.

Случай 3 соответствует варианту осуществления на фиг. 4 с насыщением водяным паром и водой с растворенными частицами после гашения, при этом концентрация воды в продувочной жидкости зафиксирована на 55%.

Случай 4 соответствует варианту осуществления на фиг. 3 с насыщением водяным паром и водой без растворенных частиц (деминерализованная вода) после гашения, при этом концентрация воды в продувочной жидкости зафиксирована на 55%.

Результаты случаев 3 и 4 свидетельствуют о значительных различиях между насыщением одним только водяным паром и насыщением водяным паром с добавлением воды. При использовании одного только водяного пара (случаи 1 и 2) происходит увеличение температуры газа при добавлении водяного пара. Это означает, что парциальное давление воды увеличивается, так что для достижения насыщения требуется больше водяного пара. Объединение второго водного потока (с более высокой

концентрацией воды, чем исходный поток гашения) с водяным паром для насыщения газа (случаи 3 и 4) сокращает потребление водяного пара, поскольку позволяет избежать повышения температуры, связанного с впрыском одного только водяного пара.

При рассмотрении вопроса о суммарном потреблении воды и водяного пара в случаях 3 и 4 обнаруживаются минимальные различия между добавлением воды с растворенными частицами на стадии насыщения или добавлением деминерализованной воды. Случай 4 представляется предпочтительным по сравнению со случаем 3 для роста частиц в потоке газа. Любые примеси, присутствующие в потоке газа, будут действовать в качестве ядер конденсации. Использование деминерализованной/деионизированной воды снижает количество примесей, добавляемых к потоку газа, так что конденсация происходит на частицах пыли, а не на каких-либо дополнительных примесях.

Случай 5 соответствует варианту осуществления на фиг. 3 с насыщением водяным паром и водой без растворенных частиц (деминерализованная вода) после гашения, при этом концентрация воды в продувочной жидкости зафиксирована на 80%.

Сопоставление случаев 3, 4 и 5 показывает, что разбавление продувочной жидкости после гашения увеличивает общее потребление водяного пара. Это находится в противоречии с сопоставлением случаев 1 и 2, где разбавление концентрации продувочной жидкости уменьшало общее потребление водяного пара.

Количество водяного пара, необходимого для насыщения в случае 5, уменьшается по сравнению со случаями 3 и 4. Вместе с тем такое сокращение значительно меньше сокращения в случае 2 по сравнению со случаем 1, поскольку увеличение температуры из-за добавления водяного пара уже сглаживается впрыском воды в секции насыщения.

Количество водяного пара, требуемого для испарения/концентрирования, выше для случая 5 по сравнению со случаями 3 и 4. Такое увеличение требуемого водяного пара перевешивает выгоды от снижения потребления водяного пара для насыщения.

Таблица 1

				Насыщение одним только водяным паром	Насыщение водяным паром, больше подпиточной воды	Водяной пар и вода + растворенные частицы до насыщения	Водяной пар и демин. вода до насыщения	Водяной пар и демин. вода до насыщения, больше подпиточной воды
	поток	параметр	единицы измерения	случай 1	случай 2	случай 3	случай 4	случай 5
вода + растворенный карбамид для гашения	205	H2O	кг/ч воды	2888,1	4097,2	2866,6	2866,8	4089,7
водяной пар до насыщения	222	H2O	кг/ч пара	3115,9	735,8	1142,2	1142,8	336,4
деминерализованная вода до насыщения	221	H2O	кг/ч воды	0,0	0,0	0,0	84,3	25,5
вода + растворенный карбамид до насыщения	203	H2O	кг/ч воды	0,0	0,0	85,1	0,0	0,0
температура после гашения	102	TEMP	°C	43,5	41,0	43,4	43,4	41,0
температура после насыщения	104	TEMP	°C	48,4	42,2	43,4	43,4	41,0
вода при очистке отходящего газа	106	H2O	кг/ч воды	7750,3	5479,4	5862,9	5863,5	5105,8
вода в газе для гашения	101	H2O	кг/ч воды	2291,0	2291,0	2291,0	2291,0	2291,0
водопоглощение газом			кг/ч воды	5459,3	3188,4	3571,9	3572,5	2814,8
продувка до секции испарения	103	H2O	кг/ч воды	494,1	1617,0	493,9	494,1	1617,0
потребление водяного пара при испарении	901	H2O	кг/ч пара	664,5	2051,3	664,3	664,6	2051,4
подпиточная вода для очистки	201	H2O	кг/ч воды	2837,4	4069,6	2923,6	2839,5	4069,9
общее потребление воды			кг/ч воды	5953,4	4805,4	4065,8	4066,6	4431,8
потребление водяного пара низкого давления, суммарное			кг/ч пара	3780,4	2787,1	1806,5	1807,4	2387,8
баланс по воде			кг/ч воды	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ удаления частиц из потока газа, поступающего из доводочной секции установки по производству карбамида, включающий стадии, на которых осуществляют гашение указанного потока газа с использованием первого водного потока в качестве гасящей жидкости с получением потока погашенного газа; смешивают указанный поток погашенного газа с увлажняющей текучей средой, выбираемой из (а) насыщенного водяного пара и (b) перегретого водяного пара, смешанного со вторым водным потоком, с получением потока увлажненного газа, осуществляют отделение частиц из указанного потока увлажненного газа с помощью промывочной жидкости, в которой растворимы по меньшей мере некоторые частицы в потоке газа.

2. Способ по п. 1, в котором первый водный поток содержит растворенные частицы, которые идентичны частицам, подлежащим удалению из потока газа.

3. Способ по п. 2, в котором первый водный поток содержит водный поток, рециркулированный из промывочной жидкости, использованной на стадии отделения частиц.

4. Способ по любому из пунктов 1-3, в котором поток погашенного газа смешивают с увлажняющей текучей средой, содержащей перегретый водяной пар, смешанный со вторым водным потоком, и при этом второй водный поток имеет такой же состав, как и первый водный поток.

5. Способ по п. 3, в котором поток погашенного газа смешивают с увлажняющей текучей средой, содержащей перегретый водяной пар, смешанный со вторым водным потоком, и при этом второй водный поток имеет пониженную концентрацию растворенных частиц по сравнению с первым водным потоком.

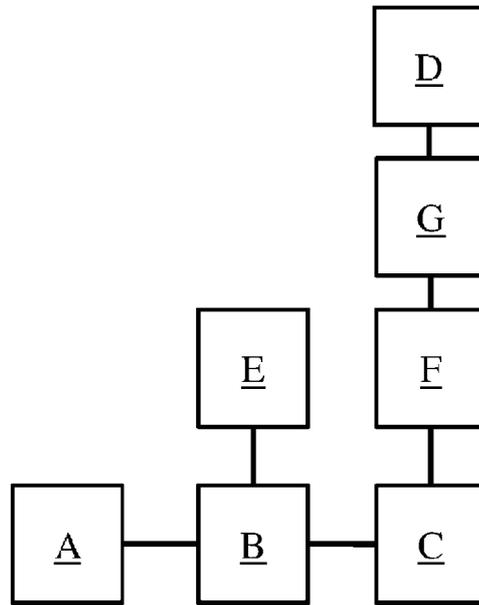
6. Способ по любому из пунктов 1-5, в котором первый водный поток имеет температуру ниже 45°C, причем отделение частиц включает одну или более стадий скруббера Вентури, и при этом количество водяного пара составляет 0,5-5% относительно количества газа.

7. Доводочное оборудование для установки по производству карбамида, содержащее устройство доводки карбамида, содержащее вход для жидкого карбамида, вход для охлаждающего газа, коллектор для твердого карбамида, выход для отходящего газа, причем указанный выход сообщается по текучей среде с секцией обработки газа, содержащей, по направлению потока, систему гашения с входом для гасящей жидкости, систему увлажнения, содержащую вход для водяного пара или для смеси водяного пара и водного потока, и систему удаления частиц (также обозначаемую как система удаления пыли), содержащую вход для промывочной жидкости и выход для водного потока с

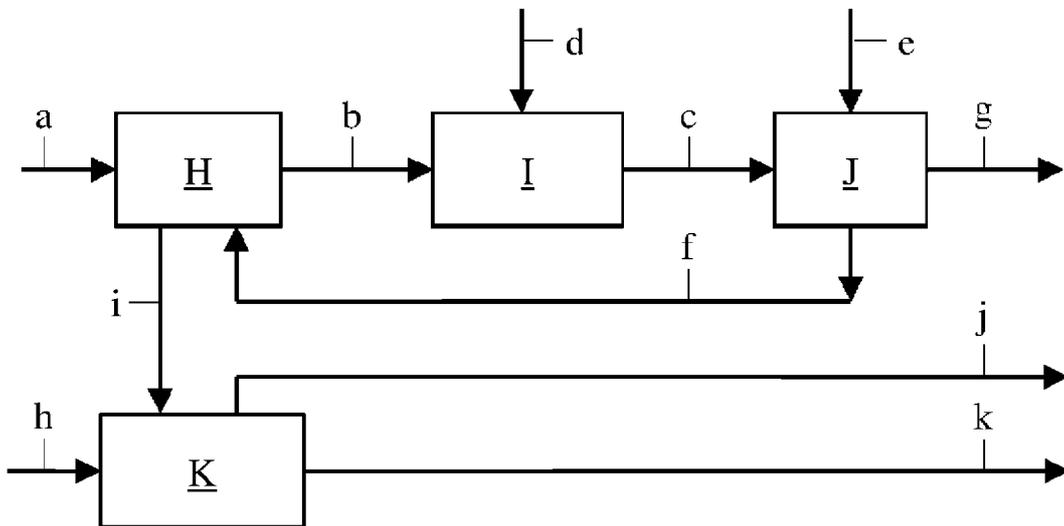
растворенными частицами.

8. Установка по производству карбамида, содержащая секцию синтеза и регенерации; причем указанная секция сообщается по текучей среде с секцией испарения, сообщаемой по текучей среде с доводочной секцией и имеющей газопроводную линию к секции конденсации; при этом указанная доводочная секция имеет газопроводную линию к секции обработки газа, содержащей, по направлению потока, систему гашения с входом для гасящей жидкости, систему увлажнения, содержащую вход для водяного пара или смеси водяного пара и водного потока, и систему удаления частиц, содержащую вход для промывочной жидкости и выход для водного потока с растворенными частицами.

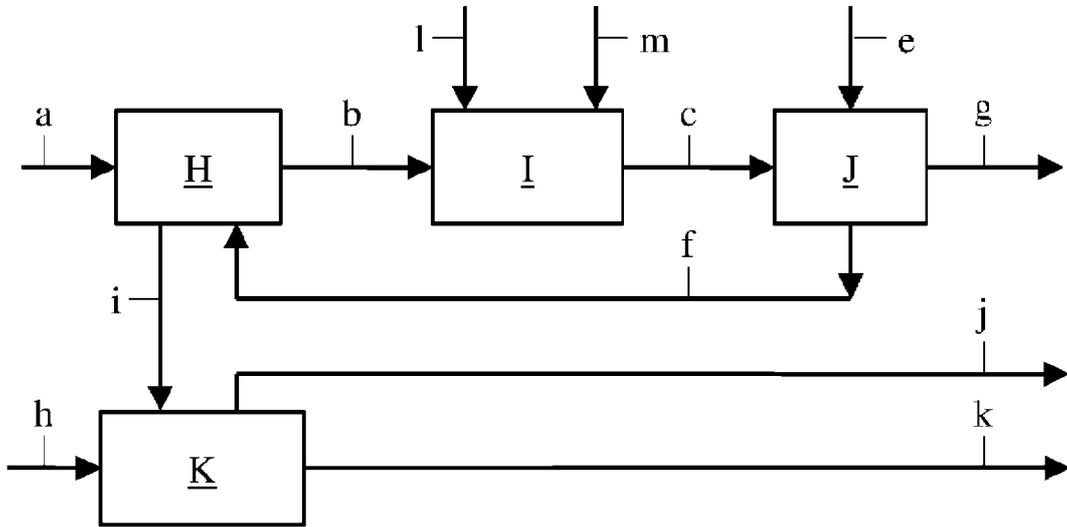
9. Способ модификации существующей установки по производству карбамида, содержащей секцию (А) синтеза и регенерации; причем указанная секция сообщается по текучей среде с секцией (В) испарения, сообщаемой по текучей среде с доводочной секцией (С) и имеющей газопроводную линию к секции (Е) конденсации; при этом указанная доводочная секция (С) имеет газопроводную линию к секции (D) очистки от пыли, при этом модификацию установки производят посредством размещения между доводочной секцией (С) и секцией (D) очистки от пыли секции обработки газа, содержащей, по направлению потока, систему (F) гашения с входом для гасящей жидкости и систему (G) увлажнения, содержащую вход для водяного пара или смеси водяного пара и водного потока, и выход для газа, который сообщается по текучей среде с указанной секцией (D) очистки от пыли.



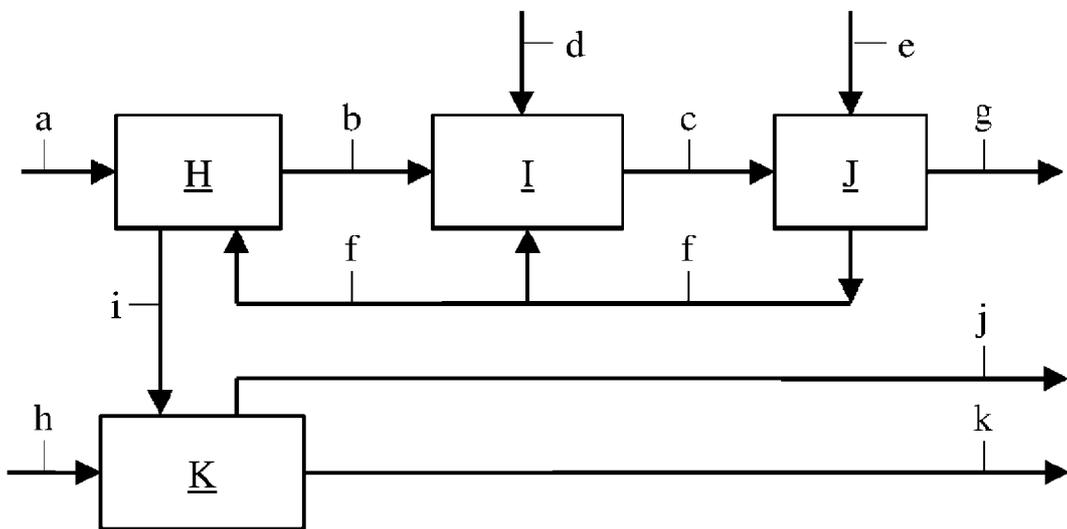
ФИГ. 1



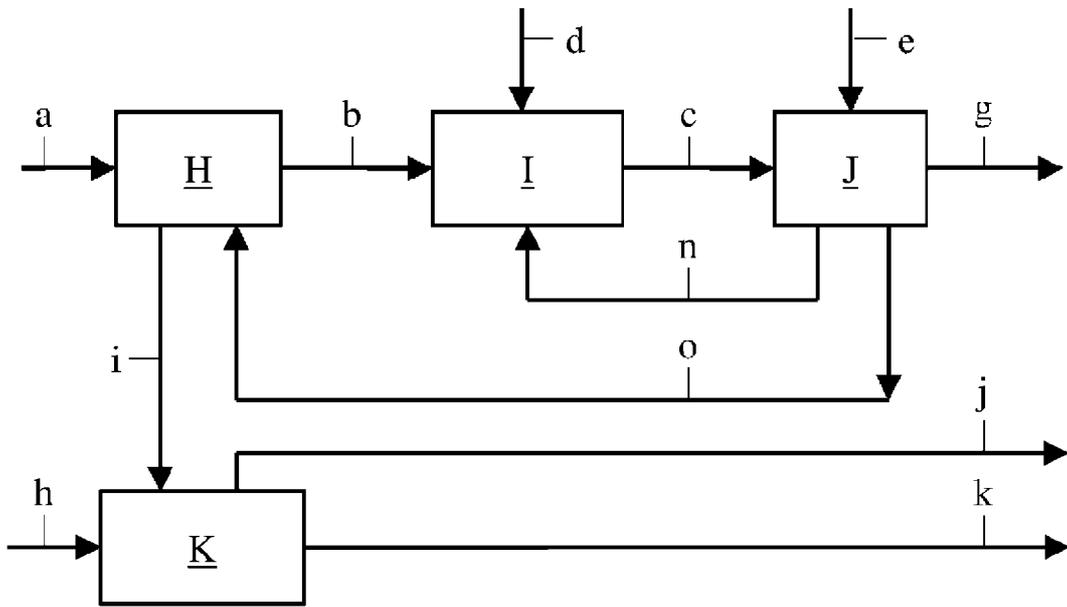
ФИГ. 2



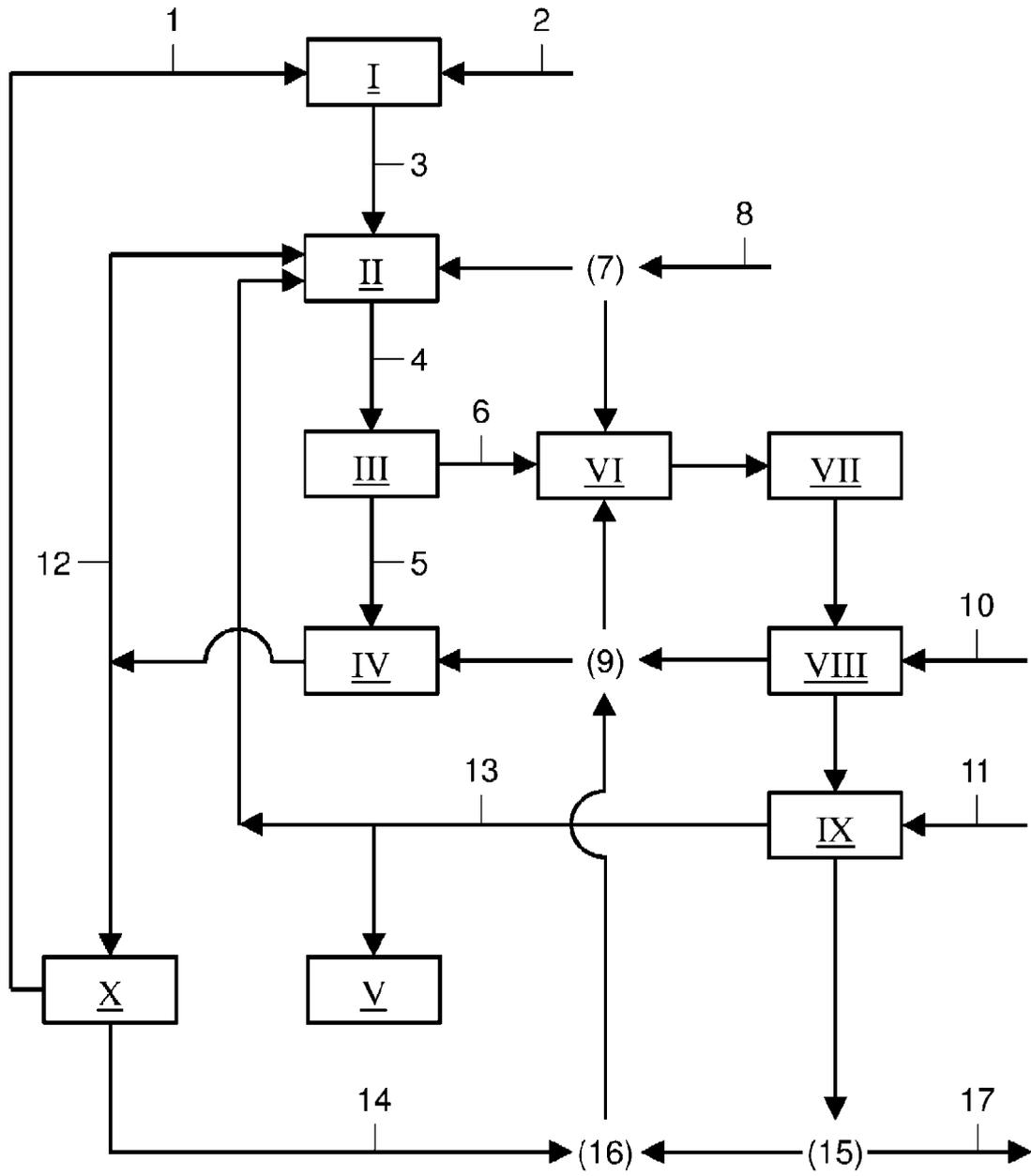
ФИГ. 3



ФИГ. 4



ФИГ. 5



ФИГ. 6