

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **044065**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента
2023.07.20

(51) Int. Cl. *C07C 273/04* (2006.01)
B01J 3/00 (2006.01)

(21) Номер заявки
202293070

(22) Дата подачи заявки
2021.06.23

(54) **УСТАНОВКА ТЕРМИЧЕСКОГО ОТПАРИВАНИЯ И СПОСОБ ПРОИЗВОДСТВА
КАРБАМИДА**

(31) **20181754.1**

(56) US-A1-2004116743
US-A1-2015322000

(32) **2020.06.23**

(33) **EP**

(43) **2023.02.16**

(86) **PCT/NL2021/050395**

(87) **WO 2021/261999 2021.12.30**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
СТАМИКАРБОН Б.В. (NL)

(72) Изобретатель:
Гуртс Вильгельмус Хубертус (NL)

(74) Представитель:
Нилова М.И. (RU)

(57) Изобретение относится к установке и способу производства карбамида с использованием термического отпаривателя, причем реакционная смесь разделяется на две части, при этом первая часть, по меньшей мере частично, подается в термический отпариватель, а вторая часть, по меньшей мере частично, обходит термический отпариватель и подается в секцию регенерации среднего давления.

044065

B1

044065
B1

Область техники

Изобретение относится к производству карбамида и, в частности, к установке и способу производства карбамида с использованием отпаривателя высокого давления термического отпарного типа (также известного, как самоочищающегося типа).

Основные сведения

Изобретение относится к производству карбамида из сырьевых NH_3 и CO_2 в реакционной зоне высокого давления. Поток синтеза из реакционной зоны содержит карбамид, воду, карбамат аммония, аммиак (частично в газовой фазе) и инертные газы. Поток синтеза необходимо очистить до продуктового карбамида с использованием установки и способа производства карбамида.

Инертные газы образуются из сырьевого NH_3 и сырьевого CO_2 ; инертные газы, например, включают H_2 . Сырьевой NH_3 в некоторых вариантах осуществления изобретения содержит некоторое количество CH_4 . На многих существующих установках по производству карбамида к сырьевому CO_2 добавляют пассивирующий воздух, этот воздух также входит в состав "инертных газов". Кислород в пассивирующем воздухе используется для предотвращения коррозии деталей оборудования высокого давления (high pressure, HP) установок по производству карбамида.

Установки по производству карбамида часто относятся к типу "полного возврата в производство". В таких установках поток синтеза карбамида из реакционной зоны высокого давления, который содержит карбамид, воду, аммиак и карбамат аммония, расширяется и подвергается разложению карбамата с получением очищенного раствора карбамида и газового потока, содержащего NH_3 и CO_2 . Газовый поток подвергается конденсации с образованием раствора карбамата, который насосом перекачивается обратно в реакционную зону высокого давления. Этот возвратный раствор карбамата содержит воду, чтобы избежать затвердевания карбамата аммония. Поскольку вода является побочным продуктом реакции образования карбамида, то возврат воды нежелателен, и желательно свести к минимуму содержание воды в возвратном потоке карбамата.

В целом, желательно свести к минимуму удельный объем воды, вводимый в реакционную зону HP из секций низкого и среднего давления.

Процессы типа отпарки карбамида основаны на схеме полного возврата в производство и в них используется отпариватель высокого давления. Данное изобретение, в целом, относится к способу производства карбамида с использованием процесса типа отпарки. В процессе производства карбамида с использованием процесса типа отпарки поток синтеза из реактора подвергается, по меньшей мере частично, например, полностью, отпарке под высоким давлением в отпаривателе с разложением карбамата аммония на газовый поток, содержащий NH_3 и CO_2 . Отпариватель работает, например, по существу при том же давлении, что и реактор. Указанный газовый поток, выходящий из отпаривателя, конденсируется в конденсаторе карбамата высокого давления (high pressure carbamate condenser, HPCC). Отпарка под высоким давлением на установках по производству карбамида, как правило, включает в себя нагрев раствора для синтеза карбамида и приведение в контакт жидкости с газовым противоточным потоком, при этом газовый поток имеет более низкое парциальное давление паров NH_3 и/или CO_2 , чем жидкость, что обеспечивает эффективность отпарки.

В способах отпарки карбамида отпариватель HP и карбаматный конденсатор HP, как правило, представляют собой кожухотрубные теплообменники с пучком труб, состоящим из тысяч труб. Реактор высокого давления часто представляет собой вертикальную емкость с тарелками. Отпариватель, как правило, представляет собой кожух отрубный теплообменник пленочного типа, в трубах которого находится раствор карбамида, а отпарной газ поднимается вверх. Карбаматный конденсатор HP, как правило, представляет собой кожухотрубный теплообменник с горизонтальным или вертикальным пучком труб, с прямыми или U-образными трубами и с охлаждающей жидкостью или технологической средой (технологическими жидкостями) в трубах.

В установках отпарного типа с CO_2 отпарной газ является сырьем CO_2 ; соотношение N/C в реакторе составляет около 3,0, а соотношение N/C в отогнанном растворе карбамида является относительно низким. В установках отпарного типа с CO_2 реактор HP, как правило, имеет отдельные выпускные отверстия для инертных газов, направляемых в скруббер HP, и для раствора синтеза карбамида, направляемого в отпариватель HP.

Данное изобретение относится к способу производства карбамида с использованием процесса термического отпарного типа (также известного, как самоочищающегося типа).

В установках термического отпарного типа реактор карбамида работает при относительно высоком отношении N/C, превышающем 3,0, в установках конструкции "снампроджетти" часто при соотношении N/C 3,2-3,6, например, 3,2-3,4. Реактор работает, например, при 150-160 бар.

Таким образом, поток синтеза карбамида, подаваемый в термический отпариватель, относительно богат NH_3 , а отпарной газ образуется за счет нагревания (или повторного кипячения) жидкости в нижней части термического отпаривателя HP с образованием газового потока, обогащенного NH_3 , который пребывает в противоточном контакте с поступающим потоком синтеза карбамида, что обеспечивает отпарной эффект. Термический отпариватель не получает сырьевой CO_2 в качестве газа отпарки. В некоторых вариантах осуществления изобретения в нижнюю часть термического отпаривателя, необязательно, мо-

жет поступать некоторое количество пассивирующего воздуха.

Отпаренный раствор карбамида из термического отпаривателя имеет относительно высокое соотношение N/C и подается в секцию регенерации среднего давления (medium pressure, MP), включающую аппарат для разложения MP, конденсатор карбамата MP и отдельный конденсатор аммиака MP. Аппарат для разложения MP выдает раствор карбамида, который направляется в секцию регенерации LP (low pressure), и газовый поток, содержащий CO₂ и относительно большое количество NH₃. Поток газа подвергается конденсации в конденсаторе карбамата MP с получением раствора карбамата и оставшегося газообразного NH₃. Оставшийся газообразный NH₃ из конденсатора MP подвергается конденсации в конденсаторе аммиака MP. Конденсированный раствор аммиака и карбамата по отдельности перекачивается обратно из секции MP в секцию HP, как правило, двумя разными потоками жидкости с разной температурой и с использованием разных насосов.

Примером способа производства карбамида с использованием процесса термического отпарного типа является способ производства карбамида "снампроджетти", проиллюстрированный в Ullmann's Encyclopaedia of Industrial Chemistry, Chapter Urea, 2010, фиг. 25. В проиллюстрированном на этой фигуре способе реактор высокого давления (HP) имеет одно выпускное отверстие, и весь поток синтеза карбамида из реактора подается в отпариватель HP, который относится к типу термической отпарки. Инертные газы проходят через HPCC, при этом кислород, содержащийся в инертных газах, обеспечивает защиту HPCC от коррозии, а инертные газы отделяются от конденсата HP в сепараторе карбамата HP и подаются в виде газового потока в секцию регенерации MP, где они выпускаются из скруббера аммиака, расположенного после конденсатора аммиака. Таким образом, отводимые инертные газы не содержат большого количества NH₃, несмотря на относительно высокое соотношение N/C в растворе карбамида в термическом отпаривателе. В конструкции "снампроджетти" секция регенерации среднего давления, как правило, работает при давлении 18 бар.

Существует потребность в крупномасштабных установках по производству карбамида, в которых, предпочтительно, отпарная колонна высокого давления и конденсатор высокого давления относительно малы по сравнению с производительностью установки. Это позволит избежать таких недостатков отпаривателя и конденсатора (как правило, кожухотрубных теплообменников), как их тяжесть, громоздкость и сложность их транспортировки для сооружения установки, например, в случае нового строительства установки ("установки с нуля"). Кроме того, имеется желание увеличить мощность существующих карбамидных установок термического отпарного типа (то есть провести "модернизацию") без необходимости модификации отпаривателя HP и конденсатора или без добавления отпаривателя HP или конденсатора.

В US 2004/0116743 A1 упомянуто, что стадия отпарки HP и стадия конденсации HP в значительной степени ответственны за тот факт, что только в ограниченной степени возможно увеличить производительность существующей установки без модификации или замены дорогостоящего оборудования высокого давления. В US '743 предлагается увеличение производительности установки посредством модификации установки таким образом, чтобы часть раствора синтеза карбамида передавалась из зоны синтеза в зону обработки среднего давления, работающую при давлении 1-4 МПа; и чтобы другая часть отправлялась на отпариватель HP. В US '743 проиллюстрирована конструкция отпаривателей HP типа с использованием CO₂, но упомянуто, что также можно использовать и термическое отпаривание. Однако не приводятся подробности этого варианта осуществления изобретения, и на фиг. 2 и 4 публикации US '743 используется отпариватель с CO₂, а поток инертного газа "RG" направляется из верхней части реактора в скруббер. Это нежелательно в случае термического отпаривателя HP из-за более высокого соотношения N/C.

Остается потребность в усовершенствованном способе производства карбамида и установках термического отпарного типа, например, имеющих относительно большую производительность и более низкий оборот воды, а также в соответствующих способах модернизации.

Сущность изобретения

Изобретение относится, в первом аспекте, к способу производства карбамида, осуществляемому на установке по производству карбамида термического отпарного типа, содержащей секцию синтеза высокого давления (HP) и первую и вторую секции регенерации среднего давления (MP), причем секция синтеза HP содержит реакционную зону HP, отпариватель термического отпарного типа HP и конденсатор карбамата HP, при этом отпариватель HP имеет выпускное отверстие для отпаренного раствора карбамида, соединенное с первой секцией регенерации MP, и выпускное отверстие для газа, соединенное с конденсатором карбамата HP, при этом секция синтеза HP дополнительно содержит сепаратор. Указанный способ включает: разделение реакционной смеси из реакционной зоны при высоком давлении в указанном сепараторе на первый поток, например, богатый аммиаком первый поток, и второй поток, причем как первый поток, так и второй поток содержат жидкую фазу, содержащую карбамид, при этом первый поток (например, первый поток, богатый аммиаком) предпочтительно имеет более низкую гравиметрическую плотность, чем второй поток, при этом первый поток (например, богатый аммиаком первый поток) предпочтительно имеет более высокую концентрацию аммиака, чем второй поток; подачу первого потока (например, богатого аммиаком первого потока), по меньшей мере частично (например, полно-

стью), в отпариватель; и подачу второго потока, по меньшей мере частично (например, полностью), во вторую секцию регенерации среднего давления. Предпочтительно, первый поток имеет более низкую гравиметрическую плотность, чем второй поток и первый поток представляет собой богатый аммиаком первый поток, имеющий более высокую концентрацию аммиака, чем второй поток; и/или предпочтительно второй поток расширяется от высокого давления до среднего давления в установке адиабатического мгновенного испарения МР, включенной во вторую секцию регенерации МР, в результате чего получается газовый поток и подвергнутый мгновенному испарению раствор карбамида МР.

Изобретение также относится к установке по производству карбамида, предпочтительно подходящей для заявленного способа производства карбамида, описанного в данном документе, причем указанная установка содержит секцию синтеза высокого давления, содержащую реакционную зону, термический отпариватель и конденсатор карбамата, при этом установка также содержит первую секцию регенерации среднего давления, имеющую впускное отверстие, соединенное с выпускным отверстием для отпаренного раствора карбамида из указанного термического отпаривателя, причем секция высокого давления содержит сепаратор высокого давления, выполненный с возможностью разделения реакционной смеси высокого давления из реакционной зоны на первый поток и второй поток, причем как первый поток, так и второй поток содержат жидкую фазу, содержащую карбамид и первый поток предпочтительно имеет более низкую гравиметрическую плотность, чем второй поток; и при этом сепаратор высокого давления имеет первое выпускное отверстие для первого потока, соединенное с впускным отверстием указанного термического отпаривателя, и второе выпускное отверстие для второго потока, соединенное со второй секцией регенерации среднего давления.

Изобретение также относится к способу модификации существующей карбамидной установки термического отпарного типа, предпочтительно до заявленной установки, описанной в данном документе, причем существующая установка содержит секцию синтеза высокого давления, содержащую реакционную зону, термический отпариватель и конденсатор карбамата, причем указанная существующая установка дополнительно содержит первую секцию регенерации среднего давления, имеющую впускное отверстие, соединенное с выпускным отверстием для отпаренного раствора карбамида из указанного термического отпаривателя. Указанный способ включает: добавление сепаратора высокого давления в секцию синтеза высокого давления, выполненного с возможностью разделения реакционной смеси высокого давления из реакционной зоны на первый поток и второй поток, причем как первый поток, так и второй поток содержат жидкую фазу, содержащую карбамид, причем первый поток предпочтительно имеет более низкую гравиметрическую плотность, чем второй поток; и добавление второй секции регенерации среднего давления (МР), причем сепаратор высокого давления имеет первое выпускное отверстие для первого потока, соединенное с впускным отверстием указанного термического отпаривателя, и второе выпускное отверстие для второго потока, соединенное с указанной второй секцией регенерации среднего давления.

Краткое описание чертежей

На фиг. 1 схематически проиллюстрирована типовая технологическая схема изобретения.

На фиг. 2 схематически проиллюстрирована типовая технологическая схема второй секции регенерации среднего давления, используемой в изобретении.

На фиг. 3 схематически проиллюстрирован типовой сепаратор высокого давления, используемый в изобретении.

На фиг. 4 схематически проиллюстрирован типовой сепаратор высокого давления, используемый в вариантах осуществления изобретения.

Любые варианты осуществления изобретения, проиллюстрированные на фигурах, являются только примерами и не ограничивают изобретение.

Подробное описание

Варианты осуществления данного изобретения, в целом, основаны на разумном подходе к разделению потока синтеза карбамида из реакционной зоны в сепараторе высокого давления на первый поток и второй поток, оба содержащие жидкую фазу и оба содержащие карбамид, причем первый поток предпочтительно более богат аммиаком, чем второй поток.

В некоторых вариантах осуществления изобретения первый поток флюида с высоким содержанием аммиака из сепаратора высокого давления имеет более высокую концентрацию аммиака, чем второй поток флюида из сепаратора высокого давления, причем концентрация аммиака основывается как на газе, так и на жидкости вместе для двухфазных потоков флюида.

В некоторых вариантах осуществления изобретения второй поток, по сравнению с первым потоком, может иметь более низкую, более высокую или такую же концентрацию NH_3 .

Предпочтительно, стадию мгновенного испарения и/или измерение N/C используют для второго потока.

Предпочтительно, указанный способ включает определение соотношения N/C второго потока. Определение соотношения N/C выгодно отличается особой простотой в предпочтительных вариантах осуществления изобретения, где второй поток состоит из дегазированной жидкости. Очень полезно в этих вариантах осуществления изобретения, что дегазированный второй поток состоит из жидкости, а не из

двухфазного потока флюида газ/жидкость, и, соответственно, соотношение N/C может быть удобно измерено.

В наиболее предпочтительном варианте осуществления изобретения второй поток подвергается адиабатическому мгновенному испарению, а пар, образовавшийся при мгновенном испарении, подается прямо или косвенно в конденсатор аммиака с образованием конденсата аммиака, который возвращается в секцию синтеза НР. Таким образом, эффективно достигается по существу безводная рециркуляция аммиачного конденсата и при этом достигается низкое содержание воды в возвратном потоке карбамата из второй секции регенерации МР.

Предпочтительно пар, образовавшийся при мгновенном испарении, подается в первую секцию регенерации МР, в частности, прямо или косвенно в конденсатор аммиака первой секции регенерации МР, чтобы конденсировать в виде аммиачного конденсата, который возвращается в секцию синтеза с использованием насоса для аммиака. Таким образом, успешно используется оборудование первой секции регенерации МР.

Первый поток, предпочтительно, содержит как пар, так и жидкость и, предпочтительно, представляет собой двухфазный флюид. Второй поток, предпочтительно, по существу состоит из жидкости. Предпочтительно, разделение включает дегазацию второго потока. Первый поток (общий поток, включающий как газ, так и жидкость в случае двухфазного флюида) имеет более высокую концентрацию аммиака, чем второй поток. Такое разделение может быть выполнено при высоком давлении на основе, например, гравиметрического разделения по плотности.

Богатый аммиаком первый поток предпочтительно имеет более низкую гравиметрическую плотность, чем второй поток. Это относится к гравиметрической плотности всего потока (газа и жидкости вместе в случае двухфазных флюидных потоков), а также к плотности на стадии разделения и/или внутри сепаратора. Плотность потоков может увеличиваться или уменьшаться после стадии разделения.

В предпочтительном варианте осуществления изобретения сепаратор содержит воронку с выпускным отверстием для жидкости вниз через узкое отверстие воронки, предпочтительно для второго потока и альтернативно для первого потока. Предпочтительно, сепаратор содержит воронку, имеющую нижнюю часть и верхнюю часть, узкое отверстие снизу и широкое отверстие сверху, при этом узкое отверстие соединено с выпускным отверстием для второго потока сепаратора. Предпочтительно, площадь поверхности широкого отверстия по меньшей мере в 2 или по меньшей мере в 4 раза превышает площадь поверхности узкого отверстия воронки. В данном документе, верх и низ относятся к гравитации. Кроме того, воронка предпочтительно расположена в верхней части вертикального карбамидного реактора. Карбамидный реактор имеет в нижней части впускное отверстие, прямо или косвенно соединенное с выпускным отверстием конденсатора карбамата НР для приема жидкости из конденсатора карбамата НР.

Структура воронки, например, конически сужается от широкого отверстия до узкого отверстия. Предпочтительно, в процессе работы воронка полностью погружена в фазу реакционной смеси, содержащую карбамидный раствор. Реакционная смесь относительно медленно протекает вниз по воронке и превращается в дегазированный карбамидный раствор, который выводится, предпочтительно, в виде второго потока или, альтернативно, в виде первого потока. Широкая воронка (у широкого отверстия) приводит к низкой нисходящей скорости жидкости внутри воронки, что позволяет жидкости дегазироваться. Выпускное отверстие воронки (узкое отверстие), например, соединено со сливом.

Предпочтительно, способ включает дегазацию второго потока в сепараторе НР. Предпочтительно, способ включает подачу дегазированного второго потока на вторую секцию регенерации МР, предпочтительно посредством обхода термического отпаривателя, таким образом, чтобы на вторую секцию регенерации МР поступал дегазированный неотпаренный раствор синтеза карбамида. Предпочтительно, способ включает определение соотношения N/C в дегазированном втором потоке.

В другом варианте осуществления изобретения, первый поток дегазируют в сепараторе НР, и дегазированный первый поток подается в термический отпариватель. Предпочтительно, в этом варианте осуществления изобретения способ включает определение соотношения N/C в первом потоке.

Предпочтительно, первый и второй потоки имеют разный состав уже непосредственно после разделения. Предпочтительно, первый и второй потоки имеют разный состав при высоком давлении, перед любой стадией расширения для снижения давления. Предпочтительно, первый и второй потоки имеют разный состав на выходах из сепаратора, и имеют на выходах из сепаратора такое же давление, как рабочее давление реактора, или которое менее чем на 10 бар ниже, чем указанное рабочее давление реактора.

Такие варианты осуществления данного изобретения принципиально отступают от US 2004/0116743 A1, причем первая часть раствора синтеза, направляемая в отпариватель, и вторая часть, направляемая в секцию МР, имеют одинаковый состав (до снижения давления второй части от НР до МР).

В других, менее предпочтительных вариантах осуществления изобретения, первый и второй потоки имеют одинаковый состав, как в US 2004/0116743 A1, например, если не используется измерительное устройство N/C.

Два потока со стадии разделения НР, по меньшей мере частично, например, полностью, подвергаются разной обработке в соответствии с изобретением, в частности, потоки, по меньшей мере частично,

например, полностью, подаются на разные блоки. Обработка двух потоков может быть адаптирована к конкретному составу каждого потока.

Первый поток, по меньшей мере частично, например, полностью, например, по меньшей мере 90 мас.% жидкой фазы, направляется в отпариватель НР термического отпарного типа. Отпаренный карбамидный раствор из термического отпаривателя, по меньшей мере частично, например, полностью, например, по меньшей мере 90 мас.%, направляется в первую секцию регенерации МР.

Первая секция регенерации МР предпочтительно содержит аппарат для разложения МР, конденсатор карбамата МР и конденсатор аммиака МР, и предпочтительно также колонну разделения карбамата МР и приемник аммиака МР. Первая секция регенерации МР предпочтительно имеет отдельную схему соединений возвратного потока для потока конденсированного аммиака и для первого карбаматного раствора, для возврата этих потоков по отдельности в секцию НР.

В некоторых вариантах осуществления изобретения первый поток может быть разделен на подпотоки и один или более из этих подпотоков подаются, по меньшей мере частично, например, полностью, в термический отпариватель. Например, если первый поток представляет собой двухфазный флюид, то первый поток, например, подвергается газожидкостной сепарации, причем поток жидкости, например, подается в отпариватель, а поток газа, например, подается в конденсатор карбамата высокого давления. В таком варианте осуществления изобретения только часть первого потока подается в термический отпариватель.

Как правило, первый поток подвергается газожидкостной сепарации после стадии разделения НР и жидкость распределяется по впускным патрубкам трубного пучка в термическом отпаривателе. Эта газожидкостная сепарация, например, осуществляется в верхней камере термического отпаривателя. Газожидкостная сепарация также может осуществляться в дополнительной сепарационной емкости, расположенной между сепаратором НР и отпаривателем, с подачей жидкости в термический отпариватель, а газа в НРСС.

Газ от газожидкостной сепарации, содержащий инертные газы и NH_3 , предпочтительно направляется в НРСС, например, смешивается с газовым потоком, выделяющимся при отпарной очистке в трубном пучке термического отпаривателя. Таким образом, кислород, содержащийся в инертных газах, способствует предотвращению коррозии как в реакторе, так и в НРСС.

Предпочтительно, первый поток полностью или по существу полностью (например, по меньшей мере 95 мас.% жидкой фазы) направляется в термический отпариватель.

Второй поток предпочтительно обходит отпариватель НР и направляется, по меньшей мере частично, например, полностью, во вторую секцию регенерации МР, предпочтительно второй поток полностью или по существу полностью (например, по меньшей мере 95 мас.%) направляется во вторую секцию регенерации МР. В качестве преимущества, производительность отпаривателя НР и конденсатора карбамата НР может быть небольшой по сравнению с производительностью карбамидной установки.

Предпочтительно, во вторую секцию регенерации МР поступает по меньшей мере 95 или по меньшей мере 99 мас.% второго потока, обеспечиваемого сепаратором высокого давления. Во вторую секцию регенерации МР предпочтительно поступает неотпаренный карбамидный раствор из реактора НР в качестве указанного второго потока.

Предпочтительно, во вторую секцию регенерации МР поступает 5-50 мас.% карбамида, произведенного в секции синтеза НР, более предпочтительно 15-30 мас.%

Вторая секция регенерации МР содержит второй аппарат для разложения МР, второй конденсатор карбамата МР и, предпочтительно, блок адиабатического мгновенного испарения МР. Вторая секция регенерации МР, предпочтительно, работает независимо от первой секции регенерации МР. Это позволяет использовать оптимальные технологические режимы в каждой секции.

В предпочтительный блок адиабатического мгновенного испарения МР поступает по меньшей мере часть, предпочтительно, весь второй поток, предпочтительно, дегазированный второй поток, и имеется первое выпускное отверстие для пара, образовавшегося при мгновенном испарении, и второе выпускное отверстие для подвергнутого мгновенному испарению карбамидного раствора. Блок мгновенного испарения МР, предпочтительно, является адиабатическим в том смысле, что он, предпочтительно, не нагревается активно. Преимущество этого заключается в том, что эндотермическая реакция разложения карбамата протекает с трудом или только в ограниченной степени, таким образом, пар, образовавшийся при мгновенном испарении, имеет относительно низкое содержание CO_2 . Кроме того, адиабатическое мгновенное испарение обеспечивает низкое испарение воды и преимущественно низкое содержание воды в паре, образовавшемся при мгновенном испарении. Предпочтительно, пар, образовавшийся при мгновенном испарении, содержит по меньшей мере 90 мас.% NH_3 или по существу чистый NH_3 . Соотношение N/C в карбамидном растворе уменьшается за счет мгновенного испарения, которое дает меньше воды, возвращаемой в карбамат из второй секции регенерации МР, и улучшает конверсию карбамида. Блок адиабатического мгновенного испарения МР, предпочтительно, работает при более высоком давлении, чем второй аппарат для разложения МР, предпочтительно, по меньшей мере на 1,0 бар выше или, например, по меньшей мере на 5 бар выше или, например, по меньшей мере на 10 бар выше, как правило, менее чем на 30 бар выше и, предпочтительно, также по меньшей мере на 1,0 бар или по меньшей мере на 2

бара выше, чем первая секция регенерации МР. Давление подвергнутого мгновенному испарению карбамидного раствора, предпочтительно, соответственно снижается между блоком адиабатического мгновенного испарения МР и вторым аппаратом для разложения МР по меньшей мере на 1,0, по меньшей мере на 5 или, например, по меньшей мере на 10 бар.

Блок адиабатического мгновенного испарения МР, предпочтительно, работает при давлении по меньшей мере 20 бар (абсолютном), например, при давлении в диапазоне от 20 до 60 (абсолютном), например, от 25 до 40 бар, например, от 25 до 35 или, например, от 30 до 40 бар. Давление на стадии адиабатического мгновенного испарения МР можно эффективно использовать для регулирования состава возвратных потоков карбамата.

Карбамидный раствор на выходе из блока мгновенного испарения МР например, содержит 15-25 мол.% NH_3 (как в свободном виде, так и в виде карбамата) и 5-15 мол.% CO_2 (как в свободном виде, так и в виде карбамата), например, при давлении 20-30 бар.

В качестве примера, карбамидный раствор на выходе из блока мгновенного испарения МР представляет собой, например, 23 мол.% NH_3 (как в свободном виде, так и в виде карбамата), 10 мол.% CO_2 (как в свободном виде, так и в виде карбамата), 19 мол.% карбамида и 32 мол.% воды, при 25 бар и 133°C.

Пар, образовавшийся при мгновенном испарении, предпочтительно, подвергается конденсации с образованием жидкого конденсата, который, как правило, возвращается в секцию НР, предпочтительно с использованием насоса. В некоторых вариантах осуществления изобретения используется специальный конденсатор аммиака. В наиболее предпочтительном варианте осуществления изобретения пар от адиабатического мгновенного испарения подается в конденсатор карбамата МР первой секции регенерации МР. Этот конденсатор карбамата МР имеет газоотвод, соединенный с подачей газа в конденсатор аммиака первой секции регенерации МР. Таким образом, избыток NH_3 , содержащийся в парах от адиабатического мгновенного испарения, эффективно конденсируется в конденсаторе аммиака первой секции регенерации МР в виде относительно чистой жидкости NH_3 . По причине мгновенного испарения, второй поток с высоким соотношением N/C, например, в вариантах осуществления изобретения с реактором, работающим при соотношении N/C в диапазоне от 3,0 до 3,4, может быть эффективно объединен с высококачественным возвратным раствором карбамата из второй секции регенерации МР. Кроме того, в этом способе используется преимущество первой секции регенерации МР после термического отпаривателя НР, приспособленной для обработки отпаренного карбамидного раствора с относительно высоким соотношением N/C и по существу безводного возврата аммиака из конденсатора аммиака в секцию синтеза НР.

Таким образом, в предпочтительном варианте осуществления изобретения используется блок адиабатического мгновенного испарения МР, в который поступает часть потока синтеза карбамида из реактора (второй поток), а пар, образующийся при мгновенном испарении, подается в конденсатор карбамата МР первой секции регенерации МР. В этом варианте осуществления изобретения, но также и в других вариантах осуществления изобретения, второй поток, например, может иметь такую же, более высокую или более низкую гравиметрическую плотность, чем у первого потока, и второй поток может иметь более высокую, такую же или более низкую концентрацию NH_3 , чем у первого потока.

Блок адиабатического мгновенного испарения МР, предпочтительно, работает при более высоком давлении, чем первый аппарат для разложения МР и первый конденсатор карбамата МР, предпочтительно по меньшей мере на 1,0 бар выше, для обеспечения переноса паров.

В случае модификации существующей карбамидной установки (реконструкции), конденсатор карбамата и конденсатор аммиака в существующей первой секции регенерации МР, как правило, имеют запас для получения пара от адиабатического мгновенного испарения. Давление адиабатического мгновенного испарения может быть использовано для регулирования количества газа, подвергнутого мгновенному испарению.

Второй аппарат для разложения МР имеет впускное отверстие для предпочтительно подвергнутого мгновенному испарению карбамидного раствора или для второго потока (если предпочтительно адиабатическое мгновенное испарение не используется), выпускное отверстие для пара и выпускное отверстие для карбамидного раствора. Второй аппарат для разложения МР содержит, как правило, теплообменник, предпочтительно содержит кожухотрубный теплообменник, и предпочтительно в нем используется пар в качестве теплоносителя. Второй аппарат для разложения МР содержит, например, вертикальный прямотрубный кожухотрубный теплообменник с ректификатором сверху. Ректификатор содержит насадку, обеспечивающую контакт между входящей стекающей пленкой жидкостью и поднимающимся газом. Выпуск газа, предпочтительно, находится сверху. Впускное отверстие для жидкости, предпочтительно, находится в верхней части ректификатора. Второй аппарат для разложения МР работает, например, при давлении от 15 до 25 бар.

Первый и второй аппараты для разложения МР могут эффективно работать при различных давлениях. Второй аппарат для разложения МР, например, работает при более высоком давлении, чем первый аппарат для разложения МР, например, по меньшей мере на 1,0 или по меньшей мере на 5,0 бар выше, например, на 5-15 бар выше. Это может способствовать относительно высокой температуре конденсации во втором конденсаторе карбамата МР.

Пар из второго аппарата для разложения МР подается во второй конденсатор карбамата МР, который имеет выпуск для карбаматного раствора. Второй конденсатор карбамата МР может быть предложен в виде одной или более единиц. Например, он предлагается в виде двух кожухотрубных теплообменников. Второй МРСС (medium pressure carbamate condenser) содержит, например, первый теплообменник для косвенного теплообмена с карбамидным раствором, который необходимо нагреть, например, для испарения воды, и второй теплообменник для охлаждающей воды. Второй аппарат для разложения МР и второй конденсатор карбамата МР предпочтительно работают по существу при одном и том же давлении. Более высокая температура конденсации в таких вариантах осуществления изобретения является желаемой для первого теплообменника.

Раствор карбамата прямо или косвенно возвращается в секцию синтеза НР, например, в НРСС установки термической отпарки, в частности, в часть технологической среды такого НРСС, например, в трубную часть НРСС котлового типа. Этот возврат, как правило, включает перекачку раствора карбамата с использованием карбаматного насоса НР.

В одном варианте осуществления изобретения раствор карбамата, образованный во втором конденсаторе карбамата МР, перекачивается в секцию НР с использованием насоса карбамата для первой секции регенерации. Например, раствор карбамата, образованный во втором конденсаторе карбамата МР, подается в разделительную колонну МР, а выпускное отверстие для раствора карбамата разделительной колонны МР соединено (для потока жидкости) прямо или косвенно с впускным отверстием карбаматного насоса НР первой секции регенерации. Этот иллюстративный вариант осуществления изобретения является менее предпочтительным, поскольку раствор карбамата, образованный во втором конденсаторе карбамата МР, затем становится насыщен аммиаком.

Более предпочтительно, раствор карбамата, образованный во втором конденсаторе карбамата МР, перекачивается в секцию синтеза НР с использованием специального насоса, который отделен от насоса, используемого для передачи раствора карбамата из первого конденсатора карбамата МР в секцию синтеза НР. Предпочтительно, раствор карбамата, образованный во втором конденсаторе карбамата МР, не протекает через разделительную колонну МР. Это обеспечивает то преимущество, что раствор карбамата не поглощает NH_3 в указанной разделительной колонне, таким образом, объем перекачиваемого дополнительным насосом потока является относительно небольшим. Таким образом, часть сырьевого NH_3 , подаваемого в первую секцию регенерации МР, которая перекачивается аммиачным насосом, является относительно большой, что эффективно уменьшает удельное количество воды, возвращаемой в секцию НР.

Вторая секция регенерации МР, предпочтительно, дополнительно имеет впускное отверстие для сырьевого газового потока CO_2 , таким образом, сырьевой CO_2 МР подается прямо или косвенно во второй конденсатор карбамата МР, где он подвергается конденсации с аммиаком (получаемым из второго потока, например, из второго аппарата для разложения МР) с образованием раствора карбамата.

Преимущественно, таким образом, часть сырьевого CO_2 может подаваться при среднем давлении и перекачиваться с достижением высокого давления в виде раствора карбамата. Таким образом, в случае реконструкции, существующий компрессор НР CO_2 (как правило, присутствующий в существующей карбамидной установке для подачи газообразного CO_2 НР в секцию синтеза высокого давления) не требует модификации. В случае строительства установки с нуля, компрессор CO_2 НР может быть относительно небольшим. Компрессор CO_2 НР, как правило, требует больших капитальных затрат по сравнению с карбаматным насосом и компрессором CO_2 МР. В некоторых вариантах осуществления изобретения указанная установка содержит компрессор CO_2 МР для сжатия сырьевого CO_2 до среднего давления, в частности, до давления выше рабочего давления второго конденсатора карбамата МР. В некоторых вариантах осуществления изобретения сырьевой CO_2 МР получают из промежуточной стадии многоступенчатого компрессора CO_2 НР.

Как правило, CO_2 доступен на пределе низкого давления (например, 1-5 бар абс.) из установки по производству аммиака (в частности, из установки по производству синтез-газа). Сырьевой CO_2 МР, например, сжимают до МР с использованием компрессора CO_2 МР или посредством извлечения сырьевого CO_2 с промежуточной стадии компрессора CO_2 НР. В некоторых вариантах осуществления изобретения, в сырьевой CO_2 МР не добавляют пассивирующий кислород и/или в сырьевой CO_2 МР не добавляют кислород для блока конвертера водорода. Это предпочтительно обеспечивает низкое содержание инертных газов во втором конденсаторе карбамата МР, что особенно эффективно в вариантах осуществления, в которых второй МРСС содержит первый теплообменник для непрямого теплообмена с раствором карбамида, который необходимо нагреть.

В предпочтительном варианте осуществления изобретения сырьевой CO_2 МР подается в отпариватель CO_2 МР, включенный во вторую секцию регенерации МР. В этом отпаривателе МР, предпочтительно, карбамидный раствор из аппарата для разложения МР подвергается отпарке (в противоточном контакте с потоком газа CO_2) с получением парового потока и отпарного раствора МР. Отпарка в отпаривателе CO_2 МР, предпочтительно, является адиабатической. Отпариватель CO_2 МР содержит, например, уплотненный слой, приспособленный для противоточного контакта газа и жидкости.

Карбамидный раствор на выходе жидкости из отпаривателя CO_2 МР, как правило, имеет более низ-

кое соотношение N/C, чем карбамидный раствор на входе жидкости из отпаривателя CO₂ МР. Таким образом, карбамидный раствор на выходе более пригоден для обработки в последующей секции регенерации LP.

Поток пара из отпаривателя CO₂ МР направляется во второй конденсатор карбамата МР.

Подача сырьевого CO₂ МР во второй конденсатор карбамата МР, необязательно, через отпариватель CO₂ МР, обеспечивает то преимущество, что раствор карбамата, образованный во втором конденсаторе карбамата МР, имеет относительно низкое соотношение N/C и, следовательно, при фиксированном количестве карбамата имеет меньший объем. Меньший объем эффективен для перекачки раствора карбамата МР. Адиабатическое мгновенное испарение может быть отрегулировано таким образом, чтобы иметь достаточное количество NH₃ во втором конденсаторе карбамата МР.

Первый поток имеет, например, соотношение N/C в диапазоне 3,3-3,6 на выходе из реактора и на выходе из сепаратора НР.

Карбамидный раствор на выходе из термического отпаривателя НР содержит, например, 23-25 мас.% NH₃ (как в свободном виде, так и в виде карбамата) и 6-7 мас.% CO₂ (как в свободном виде, так и в виде карбамата).

Раствор карбамата из первого конденсатора карбамата МР имеет соотношение N/C, например, от 3 до 4, или от 3,50 до 4,50

В иллюстративном варианте осуществления изобретения жидкость, полученная с низа разделительной колонны, перед смешиванием с раствором карбамата из второй секции регенерации МР содержит 50-60 мол.%, например, 56 мол.% NH₃ (как в свободном виде, так и в виде карбамата), 10-20 мол.%, например, 14 мол.% CO₂ (как в свободном виде, так и в виде карбамата) и 25-35 мол.%, например, 29 мол.% H₂O. Высокое соотношение N/C делает необходимым высокое содержание воды.

Предпочтительно, раствор карбамата из второго конденсатора карбамата МР имеет соотношение N/C от 2,10 до 2,50, например, от 2,20 до 2,40.

Например, раствор карбамата из второго конденсатора карбамата МР содержит 50-60 мол.%, например, 55 мол.% NH₃ (как в свободном виде, так и в виде карбамата), 20-25, например, 22 мол.% CO₂ (как в свободном виде, так и в виде карбамата), и 20-25 мол.%, например, 23 мол.% H₂O. Указанный раствор, например, имеет давление 17-18 бар.

Предпочтительно, раствор карбамата из первой секции регенерации МР, поступающий в секцию НР (т.е. на выходе из карбаматного насоса НР), имеет содержание воды 23-27 мас.%, а раствор карбамата из второй секции регенерации МР, поступающий в секцию НР, имеет содержание воды 18-22 мас.%, например, 20 мас.%

Предпочтительно, раствор карбамата из первого конденсатора карбамата МР, имеет содержание воды 23-27 мас.%, например, 25 мас.%, а раствор карбамата из второго конденсатора карбамата МР имеет содержание воды 18-22 мас.%, например, 20 мас.%.

Раствор карбамата из второго конденсатора карбамата МР, таким образом, имеет лучшее качество с использованием разработки по данному изобретению, в частности, по причине высокой скорости разделения и/или предпочтительного адиабатического мгновенного испарения МР.

Очищенный карбамидный раствор как из первой секции регенерации МР, так и из второй секции регенерации МР направляется в секцию регенерации LP карбамидной установки, например, в две отдельные секции регенерации LP или в одну и ту же секцию регенерации LP. Одна или более секций регенерации LP, как правило, содержат аппарат для разложения LP и конденсатор карбамата LP. Раствор карбамата LP из конденсатора карбамата LP подается, например, в первый и/или второй конденсатор карбамата МР.

На фиг. 1 схематически проиллюстрирована типовая схема процесса по изобретению, которая не ограничивает изобретение и не ограничивает формулу изобретения. В последующем описании ссылочные позиции, показанные на фиг. 1, используются только для удобства и никоим образом не ограничивают изобретение.

Способ производства карбамида по изобретению, как правило, осуществляют на установке по производству карбамида (urea production plant, UPP) типа термической отпарки. Установка содержит секцию синтеза высокого давления (НР) (high pressure synthesis, HPS) и первую и вторую секцию регенерации среднего давления (МР) (medium pressure recovery MPR1, MPR2). В первую и вторую секции регенерации МР поступает карбамид-содержащий поток из секции синтеза НР и получается карбамидный раствор МР, который, как правило, дополнительно обрабатывается в секции регенерации LP с получением карбамидного раствора LP, который, например, дополнительно концентрируется в испарительной секции с образованием карбамидного расплава. Карбамидный расплав часто направляется в секцию конечной обработки, где формируется твердый карбамидный продукт, например, в гранулятор или грануляционную башню. Испарительная секция используется для удаления воды, образующийся водяной пар конденсируется, а конденсат, как правило, обрабатывается в секции очистки сточных вод (waste water treatment, WWT), состоящей из гидролизера и десорбера. Как правило, WWT имеет относительно высокое энергопотребление.

Возможно и другое применение карбамидного расплава и карбамидного раствора.

Секция синтеза НР содержит реакционную зону НР (high pressure reaction, HPR), отпариватель НР термического отпарного типа (high pressure stripper, HPSt) и конденсатор карбамата НР (high pressure carbamate condenser, HPCC).

Реакционная зона НР (HPR), например, обеспечена одним или более карбамидными реакторами НР. Если используются два или более карбамидных реакторов НР, то они, например, расположены параллельно или последовательно. Один или более реакторов НР, как правило, представляют собой вертикальные барботажные колонны с тарелками. В данном изобретении реактор, например, работает при 180-200°C, например, 185-195°C, и/или при давлении по меньшей мере 140 бар, например, 140-160 или 150-160 бар. Реактор работает, например, при соотношении N/C в диапазоне от 3,00 до 3,40, например, в диапазоне от 3,1 до 3,2.

Процесс производства карбамида, например, включает подачу кислорода (O₂) в целях пассивации в реакционную зону НР (HPR), например, в количестве по меньшей мере 0,010 об.% в пересчете на свежий сырьевой CO₂, например, посредством введения воздуха в количестве по меньшей мере 0,10 об.% и, как правило, менее 1,0 об.% по отношению к свежему сырьевому CO₂. Пассивирующий воздух или кислород, например, подается в виде части сырьевого CO₂. Пассивирующий воздух или кислород, например, подается непосредственно в карбамидный реактор НР.

Отпариватель НР (HPSt) имеет выпускное отверстие для отпаренного карбамидного раствора (2), соединенное с первой секцией регенерации МР (MPR1), и выпускное отверстие для газа (3), соединенное с конденсатором карбамата НР (HPCC). Отпариватель НР (HPSt), как правило, представляет собой вертикальный кожухотрубный теплообменник пленочного типа с отпарным раствором карбамида в трубках, с выпуском для газовой смеси сверху, соединенным с карбаматным конденсатором НР (HPCC) и с выпуском для отпаренного карбамидного раствора снизу. Отпариватель НР, предпочтительно, выполнен в виде термического отпаривателя. Трубки отпаривателя не имеют ограничений, например, представляют собой биметаллические трубы или содержат, например, Ti и/или Zr, или, например, изготовлены из подходящей нержавеющей стали, например, из дуплексной ферритно-аустенитной нержавеющей стали, например, дуплексной нержавеющей стали, как описано в WO 2017/014632.

В способе по изобретению термический отпариватель работает, например, при 200-210°C, эти температуры указывают температуру на выходе карбамидного раствора.

Конденсатор карбамата НР (HPCC) предпочтительно представляет собой кожухотрубный теплообменник, более предпочтительно теплообменник с горизонтальным пучком U-образных труб. Например, HPCC выполнен с возможностью работы с жидкостью в качестве непрерывной фазы в технологической части. Конденсатор карбамата НР предпочтительно котлового типа с горизонтальным пучком U-образных труб, имеет впускное отверстие для приема газа, подлежащего конденсации внутри труб, и впускное отверстие для приема охлаждающей жидкости в кожухе. Возможны и другие типы карбаматного конденсатора НР, например, с вертикальным пучком U-образных труб или с горизонтальным пучком U-образных труб, с впускным отверстием для приема газа, подлежащего конденсации в кожухе, и с впускным отверстием для приема охлаждающей жидкости в трубках.

Предпочтительно, в HPCC дополнительно поступает раствор карбамата среднего давления из первой секции регенерации МР в технологическую часть, например, в трубки для конденсатора котлового типа.

В некоторых вариантах осуществления изобретения поток технологического флюида НР (4) из HPCC содержит раствор карбамата и инертные вещества и подается в сепаратор карбамата (carbamate separator, CSp), работающий при высоком давлении и выполненный с возможностью газожидкостной сепарации с получением потока жидкости (5) и потока газа (6). Жидкий поток карбамата (5) подается в реактор, как правило, с использованием эжектора, работающего на аммиаке (ejector, Ej). Газ (6) из карбаматного сепаратора (CSp) содержит инертные вещества и аммиак и подается, предпочтительно, в первую секцию регенерации МР, например, в нижнюю часть аппарата для разложения МР. Подача газа (6) в первую секцию регенерации МР (MPR1) особенно эффективна в вариантах осуществления изобретения, в которых в блок мгновенного испарения МР (medium pressure flash, MPF) поступает дегазированный карбамидный раствор.

В изобретении секция синтеза НР дополнительно включает сепаратор (high pressure liquid separator, HPLS), в частности, сепаратор высокого давления, более конкретно, сепаратор жидкости высокого давления. Сепаратор работает при высоком давлении. Сепаратор представляет собой, например, специальный блок или расположен внутри корпуса реактора. Если два или более реактора используются последовательно, то сепаратор, предпочтительно, размещают в самом нижнем по потоку реакторе. Сепаратор, предлагаемый в виде специального блока, предпочтительно, расположен после реактора. Сепаратор, предпочтительно, расположен в нижней части реакционной зоны. В сепаратор, предпочтительно, поступает реакционная смесь, в которой конверсия (образование карбамида) уже завершена по меньшей мере на 90 % по отношению к общей конверсии, достигаемой в секции синтеза НР. Реакционная смесь на входе в сепаратор содержит, например, по меньшей мере 30 мас.% карбамида, например, 30-35 мас.% карбамида. Предпочтительно, чтобы NH₃ и/или газообразные компоненты не удалялись из реакционной смеси в реакционной зоне перед разделением в сепараторе НР.

Заявленный способ производства карбамида включает разделение реакционной смеси из реакционной зоны (HPR) при высоком давлении в указанном сепараторе (HPLS) на первый поток, например, богатый аммиаком первый поток (S1), и второй поток (S2). Как первый, так и второй поток содержат жидкую фазу; эта жидкая фаза содержит карбамид. Богатый аммиаком первый поток (S1) при разделении предпочтительно имеет более низкую гравиметрическую плотность, чем второй поток (S2). Разделение может основываться, например, на гравиметрическом разделении по плотности. Первый поток (S1) имеет, например, более высокую концентрацию аммиака, чем второй поток (S2) в пересчете на общий объем двух потоков (включая газ и жидкость в случае двухфазных потоков флюида). В частности, второй поток, необязательно, по существу не содержит газа, таким образом, газовая фракция газообразных компонентов реакционной смеси оказывается в первом потоке; эти газообразные компоненты могут быть богаты аммиаком. Соответственно, первый поток (S1) содержит инертные вещества и, в частности, первый поток (S1) имеет более высокое содержание (мас.%) инертных компонентов, чем второй поток (S2). Инертные компоненты карбамидной установки включают H_2 и O_2 . Например, первый поток (S1) имеет более высокое содержание (мас.%) H_2 и более высокое содержание O_2 , чем второй поток (S2). Инертные компоненты, включенные в первый поток (S1), проходят через отпариватель HP (HPSt) и через конденсатор карбамата HP (HPCC), таким образом, способствуя пассивации указанных блоков HP и предотвращая коррозию указанных блоков.

В указанном процессе богатый аммиаком первый поток (S1) подается, по меньшей мере частично, например, полностью, в отпариватель HP термического отпарного типа. Второй поток (S2) подается, по меньшей мере частично, например, полностью, во вторую секцию регенерации MP (MPR2).

В предпочтительном варианте осуществления изобретения сепаратор HP расположен в нижнем конце реакционной зоны. Это обеспечивает то преимущество, что жидкие фазы первого и второго потока имеют по существу одинаковый состав, в частности, могут иметь по существу одинаковый состав в схеме соединений (трубах) для передачи первого потока, по меньшей мере частично, в термический отпариватель и для передачи второго потока во вторую секцию регенерации MP.

Предпочтительно, указанный способ включает определение соотношения N/C второго потока.

Предпочтительно, указанный способ включает определение соотношения N/C в дегазированном потоке из сепаратора HP.

Определение соотношения N/C выгодно отличается особой простотой в предпочтительных вариантах осуществления изобретения, где второй поток состоит из дегазированной жидкости. Очень полезно в этих вариантах осуществления изобретения, что дегазированный второй поток состоит из жидкости, а не из потока двухфазного газожидкостного флюида, и, соответственно, может быть удобно измерено соотношение N/C. Таким образом, очень предпочтительно, также может быть определено соотношение N/C в жидкой фазе, содержащейся в первом потоке, поскольку оно по существу такое же, как измеренное соотношение N/C во втором потоке. Это может быть использовано для лучшего управления работой секции синтеза, например, реактора и термического отпаривателя, а также первой секции регенерации MP; например, в процессе запуска установки. Информация о соотношении N/C в жидкой фазе полезна, поскольку в реакторе реакция образования карбамида протекает только в жидкой фазе.

Предпочтительно, установка содержит измерительное устройство N/C линии подачи дегазированного потока, предпочтительно в линии подачи дегазированного второго потока в секцию регенерации MP. Предпочтительно небольшая часть дегазированного жидкого потока HP отбирается и подается на измерительное устройство N/C.

Измерительные устройства N/C непрерывного действия для потока, выходящего из реактора жидкого карбамида, известны в данной области техники и используют, например, взаимосвязь (корреляцию) между плотностью жидкости и соотношением N/C, например, при фиксированных температуре и давлении. Измерительное устройство N/C основывается, например, на измерении плотности жидкости с использованием, например, измерения плотности на основе эффекта Кориолиса, радиоизотопного плотномера или, например, технологии вибрирующих элементов для измерения плотности жидкости. Также могут применяться и другие способы. Информация о соотношении N/C первого потока, подаваемого в термический отпариватель, особенно применима в способе по изобретению, в котором работа первой и второй секций регенерации, например, предпочтительно адиабатическое мгновенное испарение, обеспечивает повышенную гибкость для оптимизации выхода карбамида.

Посредством измерения соотношения N/C, подачу NH_3 и/или подачу CO_2 в секцию синтеза можно регулировать для получения оптимального выхода, предпочтительно, посредством регулирования скорости возвратного потока NH_3 . Предпочтительно, способ включает регулирование подачи NH_3 и/или подачи CO_2 в секцию синтеза HP, в частности, скорости возвратного потока NH_3 , в зависимости от измеренного соотношения N/C.

Внедрение измерительного устройства N/C обеспечивает стабильную работу установки с более низким энергопотреблением и меньшим выбросом аммиака, особенно потому, что две секции регенерации MP, как правило, производят растворы карбамата с различным соотношением N/C.

В первой секции регенерации MP (MPR1), в целом, получают карбамидный раствор MP (7) содержащий, например, 55-65 мас.% карбамида, например, 60-65 мас.% карбамида, возвратный поток карба-

мата (8) и отдельный жидкий возвратный поток аммиака (9), а также газовый поток, содержащий инертные вещества (10).

Предпочтительно, первая секция регенерации МР (MPR1) содержит первый аппарат для разложения МР (MPD-1), первый конденсатор карбамата МР (MPCC-1) и конденсатор аммиака (ammonia condenser, AC), а также, предпочтительно, разделительную колонну МР (medium pressure separation column, MPSC) и аммиачный ресивер (ammonia receiver, AR).

На фиг. 2 схематически проиллюстрирована типовая первая секция регенерации МР (MPR1). В первый аппарат для разложения МР (medium pressure decomposer, MPD-1) поступает расширенный отпаренный карбамидный раствор (2) и используется нагревание для разложения карбамата, содержащегося в отпаренном карбамидном растворе, а также для удаления NH_3 . Например, аппарат для разложения имеет впускное отверстие раствора (2) сверху и выпускное отверстие газа (18) сверху, насадку и кожух отрубную теплообменную часть, и выпускное отверстие раствора (7) снизу, и, необязательно, впускное отверстие (6), предпочтительно снизу, для приема газа из сепаратора карбамата МР (CSp).

Первый конденсатор карбамата МР (MPCC-1) имеет впускное отверстие для приема газа (18) из аппарата для разложения МР (MPD-1) и выполнен с возможностью по меньшей мере частичной конденсации CO_2 и NH_3 , содержащихся в указанном газе, в раствор карбамата, как правило, после получения также некоторого количества раствора карбамата из секции регенерации LP. Может быть использовано относительно высокое содержание воды в растворе карбамата LP, что позволяет избежать кристаллизации конденсата МР. Раствор карбамата МР (8), образованный в первом конденсаторе карбамата МР (MPCC-1), как правило, подается прямо или косвенно в секцию синтеза НР в качестве возвратного раствора карбамата с использованием насоса.

В первый конденсатор карбамата МР (MPCC-1) наиболее предпочтительно также поступает газовый поток (11) от адиабатического мгновенного испарения. Таким образом, компоненты этого газового потока (11), которые не конденсируются в MPCC-1, например, избыток NH_3 , преимущественно очищаются в разделительной колонне (MPSC) и могут конденсироваться в виде относительно чистого жидкого аммиака в конденсаторе аммиака (AC), например, конденсаторе аммиака МР. Конденсат аммиака (22) из конденсатора аммиака (AC) (почти) не содержит карбамата. Конденсат аммиака (22), соответственно, может иметь низкое содержание воды. Конденсат аммиака (22), предпочтительно, представляет собой по существу чистый аммиак.

Конденсация может осуществляться с использованием одного или более теплообменных аппаратов, а также с использованием в качестве охлаждающего флюида, например, охлаждающей воды и/или карбамидного раствора, который необходимо нагреть. Первый конденсатор карбамата МР (MPCC-1) предлагается, например, в качестве конденсатора/предварительного испарителя МР для косвенного теплообмена с нагреваемым раствором карбамида, необязательно, с дополнительным конденсатором МР ниже по потоку для конденсации по меньшей мере части несконденсировавшихся газов из первого конденсатора карбамата МР (MPCC-1). Конденсатор МР ниже по потоку работает, например, с охлаждающей водой. Конденсатор/предварительный испаритель МР представляет собой, например, кожухотрубный теплообменник, в котором газ конденсируется в кожухе, а раствор карбамида нагревается в трубах. Нагреваемый раствор карбамида получают, например, из секции регенерации LP установки и с использованием способа.

Предпочтительно, конденсат МР (19) подается в колонну разделения аммиака и карбамата (MPSC) вместе с несконденсированным газом, и несконденсированный газ, например, орошается относительно холодным жидким сырьевым NH_3 в указанной колонне для того, чтобы удалить CO_2 из газа. Колонна (MPSC), например, используется в качестве ректификационной колонны.

В предпочтительном варианте осуществления изобретения конденсат МР (19) подается в нижнюю часть колонны и нагревается, а сырьевой жидкий NH_3 подается сверху колонны. Предпочтительно, колонна содержит тарелки. Предпочтительно, дополнительно водный поток подается чуть ниже верха колонны. Преимущественно, газовый поток (21) с верха разделительной колонны содержит только NH_3 и инертные вещества. Этот газовый поток (21), предпочтительно, подается в конденсатор аммиака (AC). Кубовым продуктом колонны разделения аммиака и карбамата (MPSC) является раствор карбамата МР (8), который содержит относительно много NH_3 и воды.

Несконденсированный газовый поток из первого конденсатора карбамата МР (MPCC-1) предпочтительно после очистки до более чистого газообразного аммиака, подается в (первый) конденсатор аммиака (AC), который представляет собой теплообменник, в котором, предпочтительно, используется охлаждающая вода в качестве охлаждающего флюида. Конденсатор аммиака предпочтительно работает при температуре в диапазоне от 20 до 50°C.

Конденсированный аммиак (9) возвращается в секцию синтеза НР, предпочтительно, после отделения инертных газообразных компонентов (10) от жидкости в аммиачном ресивере (AR) куда также поступает жидкий сырьевой NH_3 . Жидкий аммиак из аммиачного ресивера (AR) частично (9) перекачивается в секцию НР и частично (23) используется в разделительной колонне МР (MPSC).

Газовый поток (10) подается, например, в скруббер (не показан), где происходит промывка водным потоком, например, конденсатом пара, из которого жидкость, как правило, возвращается в секцию синте-

за НР, например, посредством подачи ее в колонну разделения аммиака и карбамата (MPSC).

Секция WWT содержит, например, гидролизер и десорбер. В частности, в вариантах осуществления изобретения, в которых в установку мгновенного испарения МР поступает дегазированный карбамидный раствор, количество инертных веществ в газовом потоке (10) может быть относительно низким, и, соответственно, энергопотребление секции WWT, предпочтительно, может быть относительно низким.

Вторая секция регенерации МР (MPR2) содержит второй аппарат для разложения МР (MPD2) и второй конденсатор карбамата МР (MPCC2). Типовая вторая секция регенерации МР проиллюстрирована на фиг. 1.

Предпочтительно, способ включает расширение предпочтительно дегазированного второго потока (S2) от высокого давления до среднего давления во второй секции регенерации МР в предпочтительной адиабатической стадии мгновенного испарения МР (MPF), как рассматривалось, с получением газового потока (11) (пара, образовавшегося при мгновенном испарении) и подвергнутого мгновенному испарению карбамидного раствора МР (12). Предпочтительно, мгновенное испарение МР осуществляется при давлении в диапазоне от 25 до 40 бар. Предпочтительно, второй аппарат для разложения МР работает при немного более низком давлении, чем блок мгновенного испарения МР, например, на 1 бар ниже. Предпочтительно, установка содержит расширительный клапан между блоком адиабатического мгновенного испарения МР и вторым аппаратом для разложения МР.

Предпочтительно, подвергнутый мгновенному испарению карбамидный раствор МР (12) подвергается разложению карбамата аммония в указанном выше аппарате для разложения МР (MPD2) с получением обработанного карбамидного раствора (13) и газового потока (14). Второй аппарат для разложения МР (MPD2), как правило, представляет собой теплообменник для непрямого теплообмена с паром. Газовый поток (14) подвергается конденсации во втором конденсаторе карбамата МР (MPCC2) с получением газового потока (20) раствора карбамата (15), который возвращается в секцию НР (HPS). Любые несконденсированные газы (20) могут подаваться, например, в конденсатор карбамата LP, который находится в секции регенерации LP. Особое преимущество заключается в том, что несконденсированные газы (20) имеют низкое содержание инертных газов, таким образом, их можно конденсировать и очищать в скруббере в секции регенерации LP с получением потока карбамата LP с низким содержанием воды, который прямо или косвенно возвращается в секцию синтеза НР. Раствор карбамата (15) из второго конденсатора карбамата МР (MPCC2) перекачивается, например, в конденсатор карбамата НР, предпочтительно, с использованием специального карбаматного насоса, например, если MPCC-2 работает при более высоком давлении, чем MPCC-1.

Предпочтительно, установка содержит, в виде отдельных насосов, насос НР для аммиака, насос для карбамата первой секции регенерации МР и насос для карбамата второй секции регенерации МР для перекачки этих трех потоков по отдельности в секцию НР. Это, в частности, позволяет потокам иметь разные температуры и/или разное давление в диапазоне МР, что преимущественно способствует более низкому содержанию воды в возвратном потоке (15).

В других возможных вариантах осуществления изобретения раствор карбамата (15) обходит разделительную колонну МР (MPSC) и подается в насос карбамата, используемый в первой секции регенерации (MPR1) для перекачки раствора карбамата (8) в секцию НР.

Предпочтительно, вторая секция регенерации МР (MPR2) дополнительно содержит отпариватель CO₂ МР (medium pressure stripper, MPS). Предпочтительно, в этом отпаривателе карбамидный раствор (13) из второго аппарата для разложения МР (MPD2) отпаривается/приводится в контакт в противотоке с сырьевым CO₂ МР в указанном отпаривателе CO₂ МР (MPS) с получением дополнительно обработанного карбамидного раствора (16) и газового потока (17). Газовый поток (17) подвергается конденсации с получением раствора карбамата в указанном втором конденсаторе карбамата МР (MPCC2). Таким образом, достигается желаемое низкое соотношение N/C в растворе карбамата (15).

Изобретение также относится к карбамидной установке (установке по производству карбамида), которая, предпочтительно, подходит для способов по изобретению. Предпочтения и подробности установки, блоков и соединений, рассмотренных в данном документе в комбинации со способом производства карбамида, применимы также к заявленной установке. Указанная установка содержит секцию синтеза высокого давления, содержащую реакционную зону, термический отпариватель и конденсатор карбамата. Реакционная зона представляет собой, например, один или более реакторов, в частности, один или более вертикальных реакторов. Вертикальные реакторы для получения карбамида включают, например, одно или более впускных отверстий в нижней части и выпускных отверстий для первого и второго потоков в верхней части реактора. В случае двух или более реакторов они, например, расположены последовательно, хотя их можно расположить и параллельно. Установка дополнительно содержит первую секцию регенерации среднего давления, имеющую впускное отверстие, соединенное с выпускным отверстием для отпаренного карбамидного раствора указанного термического отпаривателя. Секция синтеза высокого давления содержит сепаратор высокого давления, выполненный с возможностью разделения реакционной смеси высокого давления из реакционной зоны на первый поток и второй поток. Сепаратор, как правило, выполнен таким образом, чтобы как первый поток, так и второй поток содержали жидкую фазу, содержащую карбамид, причем первый поток (S1), необязательно, имеет более низкую гравимет-

рическую плотность, чем второй поток (S2). Кроме того, сепаратор высокого давления имеет первое выпускное отверстие для первого потока, соединенное с впускным отверстием указанного термического отпаривателя, и второе выпускное отверстие для второго потока, соединенное со второй секцией регенерации среднего давления. Подробности первой и второй секций регенерации среднего давления такие же, как описано в отношении способа. Сепаратор имеет, например, воронкообразную конструкцию с широким отверстием в верхней части воронки и узким отверстием в нижней части, при этом узкое отверстие соединено с выпускным отверстием для второго потока. В контексте данного изобретения термины "верхний" и "нижний" используются в соответствии с определением относительно силы тяжести. Сепаратор расположен, например, в верхней части второго вертикального реактора, который расположен последовательно после первого вертикального реактора. Второй реактор имеет, например, впускное отверстие, соединенное с выпускным отверстием для реакционной смеси первого реактора. Второй реактор имеет, например, меньший объем, чем первый реактор.

Подробности для первой и второй секций регенерации среднего давления, описанные в данном документе для способа производства карбамида, в равной степени применимы к установке по изобретению.

В предпочтительном варианте осуществления изобретения, карбамидная установка содержит измерительное устройство N/C для измерения соотношения N/C в флюиде, в частности, в жидкости, в линии подачи второго потока из сепаратора высокого давления в секцию регенерации среднего давления, более предпочтительно, измерительное устройство N/C непрерывного действия. Измерительное устройство N/C, например, выбрано из группы, состоящей из устройства для измерения плотности на основе эффекта Кориолиса, радиоизотопного плотномера и технологии вибрирующих элементов для измерения плотности жидкости. Установка, например, также содержит расходомер для измерения скорости потока в линии подачи второго потока.

В случае строительства установки с нуля, отпариватель НР может быть относительно небольшим по сравнению с производительностью завода благодаря второй секции регенерации МР.

Изобретение также относится к способу реконструкции. Предпочтительно, способ относится к способу модификации существующей карбамидной установки термического отпарного типа. Предпочтительно, реконструкция используется для увеличения мощности установки, и, предпочтительно, указанный способ включает стадию увеличения объема реактора в секции синтеза высокого давления, например, посредством добавления дополнительного реактора.

Существующую установку модифицируют до заявленной установки, описанной в данном документе. Указанный способ включает стадию добавления сепаратора НР, как описано, причем посредством добавления второй секции регенерации МР, как описано, в частности, посредством добавления предпочтительного блока адиабатического мгновенного испарения, соединенного поточной технологической линией с выпускным отверстием для второго потока добавленного сепаратора НР, аппарата для разложения МР, конденсатора карбамата МР и необязательно, МР отпаривателя. Также добавлено впускное отверстие для подачи CO₂ МР, соединенное со второй секцией регенерации МР, для подачи CO₂ МР прямо или косвенно в конденсатор карбамата МР, предпочтительно через отпариватель CO₂ МР.

Типовой способ модернизации схематично проиллюстрирован на фиг. 1, при этом способ модернизации включает добавление подчеркнутых блоков к существующей установке (добавленные блоки: HPLS, MPF, MPD2, MPCC2 и MPS).

Предпочтительно, в проточную линию для второго потока добавлено измерительное устройство N/C. Измерительное устройство N/C может быть использовано, например, для регулирования работы добавленных секций в модифицированной установке.

Предпочтительно, в способе также добавлена линия подачи газа для газового потока из установки адиабатического мгновенного испарения МР в первую секцию регенерации среднего давления (МР), более предпочтительно, в первый конденсатор карбамата МР.

Предпочтительный способ модернизации включает добавление дополнительного (второго) карбамидного реактора после существующего первого карбамидного реактора с получением реакционной смеси из верхней части первого реактора. Поэтому реакторы расположены последовательно. Предпочтительно, существующий первый реактор имеет только одно выпускное отверстие, используемое как для газа, так и для жидкости, соединенное с термическим отпаривателем. Существующий первый реактор представляет собой, например, вертикальный реактор, имеющий только одно выпускное отверстие, расположенное сверху.

Предпочтительно, сепаратор высокого давления, добавленный как элемент реконструкции, расположен внутри указанного дополнительного реактора. Второй/дополнительный карбамидный реактор, предпочтительно, содержит сепаратор НР в верхней части. Второй карбамидный реактор, соответственно, предпочтительно имеет выпускное отверстие для первого потока и отдельное выпускное отверстие для второго потока. Использование двух последовательных вертикальных реакторов позволяет увеличить время пребывания и повысить конверсию карбамата в карбамид. Выпускное отверстие первого реактора, предпочтительно, находится сверху и соединено с впускным отверстием второго реактора в нижней части второго реактора. Первый и второй реакторы, предпочтительно, устанавливают на уровне земли или вблизи него. Низ второго реактора, предпочтительно, расположен ниже верха первого реактора.

Преимущество заключается в том, что модернизация не требует обширных модификаций секции синтеза НР и первой секции регенерации МР существующей установки, при этом модифицированная установка может иметь значительно увеличенную производительность.

Установка по изобретению и способ производства карбамида по изобретению могут быть использованы для установок с нуля, а также для модернизации существующих установок.

На фиг. 3 схематически проиллюстрирован пример второго вертикального реактора карбамида (R-2), расположенного ниже по потоку, который добавлен при реконструкции существующей установки термической отпарки. В целом, в предпочтительных вариантах осуществления способа модернизации по изобретению, второй реактор добавляется между вертикальным карбамидным реактором существующей установки и термическим отпаривателем и имеет выпускное отверстие снизу для реакционной смеси (24), поступающей из верхнего выпускного отверстия установки перед первым реактором. Второй реактор имеет выпускное отверстие для первого потока (S1) сверху. В предпочтительных вариантах способа производства карбамида по изобретению, добавленный второй реактор полностью заполнен, и в реакторе отсутствует уровень жидкости (граница раздела газ-жидкость).

Реактор содержит сепаратор, имеющий воронкообразную конструкцию. Сепаратор содержит воронку (F) с низом и верхом, с узким отверстием снизу и широким отверстием сверху. Нижнее отверстие соединено с выпускным отверстием для второго потока (S2), в частности, со сливом. Воронка содержит, например, кольцо сверху и усеченно-конический сегмент. Использование широкой воронки обеспечивает низкую скорость жидкости, что способствует дегазации второго потока.

На фиг. 4 схематично проиллюстрирован пример сепаратора высокого давления (HPLS) в реакторе карбамида (R), например, выполненного в виде воронки (F), имеющей нижнюю часть и верхнюю часть, с узким отверстием в нижней части и широким отверстием в верхней части. Нижнее отверстие воронки соединено с выпускным отверстием дегазированного жидкого потока (26), который, предпочтительно, представляет собой второй поток (S2), подаваемый во вторую секцию регенерации МР, но также он может представлять собой первый поток (S1), подаваемый в термический отпариватель. Поточная линия для дегазированного потока содержит измерительное устройство N/C (27) и расширительный клапан (28) для расширения до МР. Реактор также имеет выпускное отверстие (25) сверху для газожидкостной смеси, которая, предпочтительно, подается в качестве первого потока в термический отпариватель, но альтернативно подается в качестве второго потока во вторую секцию регенерации МР.

В контексте данного изобретения соотношение N/C относится, как это принято в данной области для жидких потоков, к молярному соотношению NH_3 к CO_2 , в частности, в реакционной зоне, в пересчете на теоретическую исходную смесь. Для газовых потоков соотношение N/C указывает на молярное соотношение NH_3 к CO_2 .

В контексте данного изобретения, высокое давление (HP) составляет по меньшей мере 100 бар, например, от 110 до 160 бар, в частности 140-160 бар; среднее давление (MP) составляет, например, от 10 до 60 бар, например, 20-60 бар, и низкое давление (LP) составляет, например, от 4 до 10 бар; эти диапазоны давления предназначены для технологических растворов и не обязательно одинаковы для пара и теплоносителей. Аббревиатура "бар" означает абсолютный бар. В контексте данного изобретения давление является абсолютным, если не указано иное.

В заключение, изобретение относится к установке и способу производства карбамида с использованием термического отпаривателя, в котором реакционная смесь разделяется на две части, при этом первая часть подается, по меньшей мере частично, например полностью, в термический отпариватель, а вторая часть, по меньшей мере частично, например, полностью, обходит термический отпариватель и подается в секцию регенерации среднего давления. Первая и вторая части, необязательно, имеют разный состав.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ производства карбамида, осуществляемый на установке по производству карбамида (UPP) термического отпарного типа, указанная установка содержит секцию синтеза высокого давления (HP) (HPS) и первую и вторую секции регенерации среднего давления (MP) (MPR1, MPR2),

причем секция синтеза HP содержит реакционную зону HP (HPR), отпариватель HP термического отпарного типа (HPSt), конденсатор карбамата HP (HPCC) и сепаратор (HPLS), причем отпариватель (HPSt) имеет выпускное отверстие для отпаренного карбамидного раствора, соединенное с первой секцией регенерации МР (MPR1), и выпускное отверстие для газа, соединенное с конденсатором карбамата HP (HPCC),

указанный способ включает:

разделение реакционной смеси (1) из реакционной зоны (HPR) при высоком давлении в указанном сепараторе (HPLS) на первый поток (S1) и второй поток (S2), причем как первый поток, так и второй поток содержат жидкую фазу, содержащую карбамид;

подачу первого потока (S1), по меньшей мере частично, в отпариватель HP (HPSt); и

подачу второго потока (S2), по меньшей мере частично, во вторую секцию регенерации среднего

давления (MPR2), причем:

первый поток (S1) имеет более низкую гравиметрическую плотность, чем второй поток (S2), и первый поток представляет собой богатый аммиаком первый поток (S1), имеющий более высокую концентрацию аммиака, чем второй поток (S2).

2. Способ производства карбамида по п.1, отличающийся тем, что указанный способ включает:

дегазацию второго потока (S2) в сепараторе (HPLS); измерение соотношения N/C в дегазированном втором потоке; и

подачу дегазированного второго потока во вторую секцию регенерации MP (MPR2) в обход отпаривателя HP (HPSt).

3. Способ производства карбамида по п.1 или 2, отличающийся тем, что первая секция регенерации MP (MPR1) содержит первый аппарат для разложения MP (MPD1), первый конденсатор карбамата MP (MPCC1), разделительную колонну среднего давления (MPSC) и конденсатор аммиака (AC), причем отпаренный карбамидный раствор (2) подвергается разложению в указанном первом аппарате для разложения MP (MPD) с получением карбамидного раствора MP (7) и газового потока (18), причем газовый поток (18) подвергается конденсации в указанном первом конденсаторе карбамата MP, причем поток (19) из указанного первого конденсатора карбамата MP (MPCC1) разделяется в указанной разделительной колонне среднего давления (MPSC) с получением раствора карбамата MP (8) и аммиак-содержащего газового потока (21), причем аммиак-содержащий газовый поток (21) подвергается конденсации в указанном конденсаторе аммиака (AC) с получением потока аммиачного конденсата (22).

4. Способ производства карбамида, осуществляемый на установке по производству карбамида (UPP) термического отпарного типа, причем указанная установка содержит секцию синтеза высокого давления (HP) (HPS) и первую и вторую секции регенерации среднего давления (MP) (MPR1, MPR2), причем секция синтеза HP содержит реакционную зону HP (HPR), отпариватель HP термического отпарного типа (HPSt), конденсатор карбамата HP (HPCC) и сепаратор (HPLS), причем отпариватель HP (HPSt) имеет выпускное отверстие для отпаренного карбамидного раствора, соединенное с первой секцией регенерации MP (MPR1), и выпускное отверстие для газа, соединенное с конденсатором карбамата HP (HPCC), указанный способ включает:

разделение реакционной смеси (1) из реакционной зоны (HPR) при высоком давлении в указанном сепараторе (HPLS) на первый поток (S1) и второй поток (S2), причем как первый поток, так и второй поток содержат жидкую фазу, содержащую карбамид;

подачу первого потока (S1), по меньшей мере частично, в отпариватель HP (HPSt); и

подачу второго потока (S2), по меньшей мере частично, во вторую секцию регенерации среднего давления (MPR2),

при этом первая секция регенерации MP (MPR1) содержит первый аппарат для разложения MP (MPD1), первый конденсатор карбамата MP (MPCC1), разделительную колонну среднего давления (MPSC) и конденсатор аммиака (AC), причем отпаренный карбамидный раствор (2) подвергается разложению в указанном первом аппарате для разложения MP (MPD) с получением карбамидного раствора MP (7) и газового потока (18), причем газовый поток (18) подвергается конденсации в указанном первом конденсаторе карбамата MP, причем поток (19) из указанного первого конденсатора карбамата MP (MPCC1) разделяется в указанной разделительной колонне среднего давления (MPSC) с получением раствора карбамата MP (8) и аммиак-содержащего газового потока (21), причем аммиак-содержащий газовый поток (21) подвергается конденсации в указанном конденсаторе аммиака (AC) с получением потока аммиачного конденсата (22);

причем второй поток (S2) расширяется от высокого давления до среднего давления в блоке адиабатического мгновенного испарения MP (MPF), входящем в состав второй секции регенерации MP (MPR2), в результате чего получается газовый поток (11) и подвергнутый мгновенному испарению карбамидный раствор MP (12),

при этом газовый поток (11) подается в первый конденсатор карбамата MP (MPCC1).

5. Способ производства карбамида по п.4, отличающийся тем, что вторая секция регенерации MP (MPR2) содержит второй аппарат для разложения MP (MPD2) и второй конденсатор карбамата MP (MPCC2), причем подвергнутый мгновенному испарению карбамидный раствор MP (12) подвергается разложению в указанном втором аппарате для разложения MP с получением обработанного карбамидного раствора (13) и газового потока (14), причем газовый поток (14) подвергается конденсации в указанном втором конденсаторе карбамата MP с получением раствора карбамата (15), причем указанный раствор карбамата (15) возвращается в секцию синтеза высокого давления (HPS).

6. Способ производства карбамида по п.5, отличающийся тем, что вторая секция регенерации MP (MPR2) дополнительно содержит отпариватель CO₂ MP (MPS), причем карбамидный раствор (13) из второго аппарата для разложения MP (MPD2) выпаривается с использованием сырьевого CO₂ MP в указанном отпаривателе CO₂ MP (MPS) с получением дополнительно обработанного карбамидного раствора (16) и газового потока (17), причем газовый поток (17) подвергается конденсации с получением раствора карбамата в указанном втором конденсаторе карбамата MP (MPCC2).

7. Установка по производству карбамида, содержащая секцию синтеза высокого давления (HPS),

содержащую реакционную зону (HPR), термический отпариватель (HPSt) и конденсатор карбамата (HPCC), причем указанная установка дополнительно содержит первую секцию регенерации среднего давления (MPR1), имеющую впускное отверстие, соединенное с выпускным отверстием для отпаренного карбамидного раствора указанного термического отпаривателя,

причем секция высокого давления содержит сепаратор высокого давления (HPLS), выполненный с возможностью разделения реакционной смеси высокого давления (1) из реакционной зоны на первый поток (S1) и второй поток (S2), причем как первый поток, так и второй поток содержат жидкую фазу, содержащую карбамид, и первый поток имеет более низкую гравиметрическую плотность, чем второй поток; и

при этом сепаратор высокого давления имеет первое выпускное отверстие для первого потока, соединенное с впускным отверстием указанного термического отпаривателя, и второе выпускное отверстие для второго потока, соединенное со второй секцией регенерации среднего давления (MPR2), при этом установка содержит измерительное устройство N/C для измерения соотношения N/C в поточной линии из второго потока из сепаратора высокого давления во вторую секцию регенерации среднего давления.

8. Установка по производству карбамида, содержащая секцию синтеза высокого давления (HPS), содержащую реакционную зону (HPR), термический отпариватель (HPSt) и конденсатор карбамата (HPCC), причем указанная установка дополнительно содержит первую секцию регенерации среднего давления (MPR1), имеющую впускное отверстие, соединенное с выпускным отверстием для отпаренного карбамидного раствора указанного термического отпаривателя,

причем секция высокого давления содержит сепаратор высокого давления (HPLS), выполненный с возможностью разделения реакционной смеси высокого давления (1) из реакционной зоны на первый поток (S1) и второй поток (S2), причем как первый поток, так и второй поток содержат жидкую фазу, содержащую карбамид; и

при этом сепаратор высокого давления имеет первое выпускное отверстие для первого потока, соединенное с впускным отверстием указанного термического отпаривателя, и второе выпускное отверстие для второго потока, соединенное со второй секцией регенерации среднего давления (MPR2);

причем первая секция регенерации среднего давления (MP) (MPR1) содержит первый аппарат для разложения MP (MPD1), первый конденсатор карбамата MP (MPCC1), разделительную колонну среднего давления (MPSC) и конденсатор аммиака (AC);

причем указанный первый аппарат для разложения MP (MPD) выполнен с возможностью подвергания отпаренного карбамидного раствора (2) разложению с получением карбамидного раствора MP (7) и газового потока (18), при этом указанный первый конденсатор карбамата MP выполнен с возможностью подвергания газового потока (18) конденсации, при этом указанная разделительная колонна среднего давления (MPSC) выполнена с возможностью разделения потока (19) из указанного первого конденсатора карбамата MP (MPCC1) на раствор карбамата MP (8) и аммиак-содержащий газовый поток (21),

при этом указанный конденсатор аммиака (AC) выполнен с возможностью подвергания аммиак-содержащего газового потока (21) конденсации с получением потока аммиачного конденсата (22); при этом вторая секция регенерации MP (MPR2) содержит:

блок адиабатического мгновенного испарения MP (MPF), выполненный с возможностью расширения второго потока от высокого давления до среднего давления во второй секции регенерации MP с получением, таким образом, газового потока (11) и подвергнутого мгновенному испарению карбамидного раствора MP (12);

второй аппарат для разложения MP (MPD2), выполненный с возможностью подвергания подвергнутого мгновенному испарению карбамидного раствора MP (12) разложению с получением обработанного карбамидного раствора (13) и газового потока (14);

второй конденсатор карбамата MP (MPCC2), выполненный с возможностью подвергания газового потока (14) конденсации с получением раствора карбамата (15); и

поточную линию газа для указанного газового потока (11) из указанного блока адиабатического мгновенного испарения MP (MPF) в указанную первую секцию регенерации среднего давления (MP) (MPR1).

9. Установка по производству карбамида по п.8, отличающаяся тем, что вторая секция регенерации MP (MPR2) содержит:

отпариватель CO₂ MP (MPS), выполненный с возможностью подвергания карбамидного раствора (13) из второго аппарата для разложения MP (MPD2) отпариванию с использованием сырьевого CO₂ MP с получением дополнительно обработанного карбамидного раствора (16) и газового потока (17), и прочное соединение для указанного газового потока (17) с впускным отверстием указанного второго конденсатора карбамата MP (MPCC2).

10. Способ модификации существующей установки по производству карбамида термического отпарного типа, при котором существующая установка содержит секцию синтеза высокого давления, содержащую реакционную зону, термический отпариватель и конденсатор карбамата, при этом существующая установка дополнительно содержит первую секцию регенерации среднего давления, имеющую впускное отверстие, соединенное с выпускным отверстием для отпаренного карбамидного раствора ука-

занного термического отпаривателя, указанный способ включает:

добавление сепаратора высокого давления в секцию синтеза высокого давления, выполненную с возможностью разделения реакционной смеси высокого давления из реакционной зоны на первый поток и второй поток, причем как первый поток, так и второй поток содержат жидкую фазу, содержащую карбамид, причем первый поток (S1) имеет более низкую гравиметрическую плотность, чем второй поток (S2); и

добавление второй секции регенерации среднего давления (MP), причем сепаратор высокого давления имеет первое выпускное отверстие для первого потока, соединенное с впускным отверстием указанного термического отпаривателя, и второе выпускное отверстие для второго потока, соединенное с указанной второй секцией регенерации среднего давления.

11. Способ по п.10, отличающийся тем, что сепаратор высокого давления содержит воронку, имеющую нижнюю часть и верхнюю часть, узкое отверстие снизу и широкое отверстие сверху, причем узкое отверстие соединено со вторым выпускным отверстием сепаратора для второго потока, и при этом измерительное устройство N/C предлагается в поточной линии для второго потока из сепаратора высокого давления во вторую секцию регенерации среднего давления.

12. Способ по п.10 или 11, дополнительно включающий стадию увеличения объема реактора в секции синтеза высокого давления, например, посредством добавления дополнительного реактора, содержащего сепаратор высокого давления.

13. Способ модификации существующей установки по производству карбамида термического отпарного типа, при котором существующая установка содержит секцию синтеза высокого давления, содержащую реакционную зону, термический отпариватель и конденсатор карбамата, при этом существующая установка дополнительно содержит первую секцию регенерации среднего давления, имеющую впускное отверстие, соединенное с выпускным отверстием для отпаренного карбамидного раствора указанного термического отпаривателя, указанный способ включает:

добавление сепаратора высокого давления в секцию синтеза высокого давления, выполненную с возможностью разделения реакционной смеси высокого давления из реакционной зоны на первый поток и второй поток, причем как первый поток, так и второй поток содержат жидкую фазу, содержащую карбамид; и

добавление второй секции регенерации среднего давления (MP), причем сепаратор высокого давления имеет первое выпускное отверстие для первого потока, соединенное с впускным отверстием указанного термического отпаривателя, и второе выпускное отверстие для второго потока, соединенное с указанной второй секцией регенерации среднего давления, при этом указанный способ включает добавление к существующей установке приведенных ниже блоков в качестве элементов второй секции регенерации MP:

блока адиабатического мгновенного испарения MP (MPF), выполненного с возможностью расширения, предпочтительно дегазированного второго потока от высокого давления до среднего давления во второй секции регенерации MP с получением, таким образом, газового потока (11) и подвергнутого мгновенному испарению карбамидного раствора MP (12);

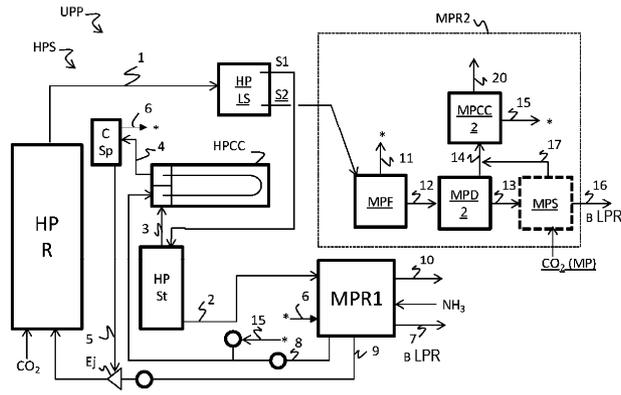
второго аппарата для разложения MP (MPD2), выполненного с возможностью подвергания подвергнутого мгновенному испарению карбамидного раствора MP (12) разложению с получением обработанного карбамидного раствора (13) и газового потока (14);

второго конденсатора карбамата MP (MPCC2), выполненного с возможностью подвергания газового потока (14) конденсации с получением раствора карбамата (15); и

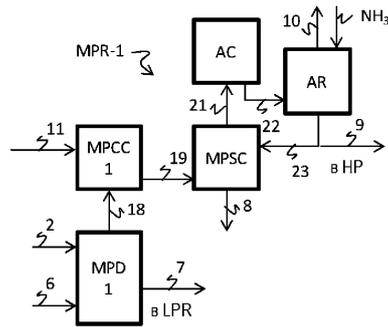
поточной линии газа для указанного газового потока (11) из указанного блока адиабатического мгновенного испарения MP (MPF) в указанную первую секцию регенерации среднего давления (MP) (MPR1), и

предпочтительно, отпаривателя CO₂ MP (MPS), выполненного с возможностью подвергания карбамидного раствора (13) из второго аппарата для разложения MP (MPD2) отпариванию с использованием сырьевого CO₂ MP с получением дополнительно обработанного карбамидного раствора (16) и газового потока (17); и проточное соединение для указанного газового потока (17) с впускным отверстием указанного второго конденсатора карбамата MP (MPCC2).

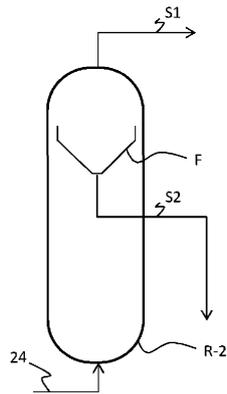
14. Способ по п.13, дополнительно включающий стадию увеличения объема реактора в секции синтеза высокого давления, например, посредством добавления дополнительного реактора, содержащего сепаратор высокого давления.



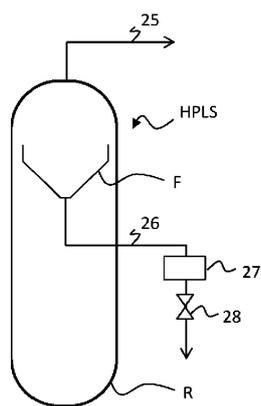
Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4