

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **047478**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2024.07.25**

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

(21) Номер заявки  
**202393157**

(22) Дата подачи заявки  
**2022.06.10**

---

(54) **ПРОИЗВОДСТВО КАРБАМИДА С ТРОЙНЫМИ ПОТОКАМИ СД**

---

(31) **21178994.6**

(56) WO-A1-2020130817  
WO-A1-2014154454  
WO-A1-2009121843  
US-A1-2008118414  
WO-A1-2021261999

(32) **2021.06.11**

(33) **EP**

(43) **2024.02.13**

(86) **PCT/NL2022/050325**

(87) **WO 2022/260524 2022.12.15**

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

(72) Изобретатель:  
**Храуст Йосеф, Гуртс Вильгельмус  
Хубертус (NL)**

(74) Представитель:  
**Нилова М.И. (RU)**

---

(57) Данное изобретение относится к технологическому процессу и установке для производства карбамида, использующим десорбер CO<sub>2</sub> высокого давления, блок обработки среднего давления ниже по потоку и диссоциатор среднего давления, принимающий раствор для синтеза карбамида из реактора, при этом газ из блока обработки и диссоциатора конденсируется в первом конденсаторе, а отходящий газ из секции синтеза конденсируется отдельно во втором конденсаторе. Описан также способ реконструкции.

**047478**

**B1**

**047478**

**B1**

### Область техники

Данное изобретение относится к производству карбамида из  $\text{NH}_3$  и  $\text{CO}_2$ .

### Введение

Установки для получения карбамида часто относятся к типу, имеющему десорбер высокого давления (ВД), использующий по меньшей мере часть подаваемого  $\text{CO}_2$  в качестве десорберного газа (например, процесс десорбции  $\text{CO}_2$  Stamicarbon). Пример технологической схемы процесса получения карбамида с десорбцией  $\text{CO}_2$ , которая не ограничивает данное изобретение, показан в Энциклопедии Ульмана, глава Карбамид, 2010, фиг. 16. В проиллюстрированном способе реактор содержит выход для жидкости и выход для газа, и газ из реактора подается в газоочиститель высокого давления. Раствор карбамида из десорбера подается в разлагатель низкого давления, а затем в предварительный испаритель, который представляет собой теплообменник, использующий охлаждающую воду. Газ из реактора подается в газоочиститель высокого давления. Газ из разлагателя или диссоциатора низкого давления конденсируется в конденсаторе карбамата низкого давления, и полученный поток карбамата, содержащий воду, возвращается в секцию синтеза. Как правило, желателен низкий уровень рециркуляции воды, поскольку подача воды в зону реакции отрицательно сказывается на выходе карбамида. Десорбер высокого давления в типичном процессе получения карбамида с десорбцией  $\text{CO}_2$  обычно работает с коэффициентом полезного действия десорбции альфа, равном 0,87.

Существует потребность в установках и процессах по производству карбамида с относительно небольшим по сравнению с объемом производства карбамида десорбером ВД и низким потреблением энергии. Существует также потребность в модификации существующих установок по производству карбамида, для увеличения их мощности.

### Краткое описание сущности изобретения

В первом аспекте данное изобретение относится к установке для производства карбамида, содержащей секцию синтеза высокого давления (ВД), содержащую десорбер ВД, зону реакции для получения карбамида из  $\text{NH}_3$  и  $\text{CO}_2$  и зону конденсации, причем десорбер ВД содержит впускной патрубок для подачи  $\text{CO}_2$  в качестве десорберного газа, установка дополнительно содержит блок обработки среднего давления (СД), диссоциатор СД, первую секцию конденсации карбамата СД и вторую секцию конденсации карбамата СД, первую линию подачи раствора карбамида из указанной зоны реакции в указанный десорбер ВД и вторую линию подачи раствора карбамида из указанной зоны реакции в указанный диссоциатор СД, при этом установка содержит линию потока жидкости для подачи десорбированного раствора карбамида из указанного десорбера ВД в указанный блок обработки СД, при этом блок обработки СД содержит выпускной патрубок для газа для первого потока газа СД, при этом диссоциатор СД содержит выпускной патрубок для газа для второго потока газа СД, и при этом секция синтеза ВД содержит выпускной патрубок для газа и элемент понижения давления для третьего потока газа СД, и при этом два потока газа, выбранные из группы, состоящей из указанных первого, второго и третьего потока газа СД, объединяются и конденсируются в указанной первой секции конденсации карбамата СД.

Предпочтительно указанная первая секция конденсации карбамата СД выполнена с возможностью приема указанного первого потока газа СД из указанного блока обработки СД и указанного второго потока газа СД из указанного диссоциатора СД, и при этом указанная вторая секция конденсации карбамата СД принимает указанный третий поток газа СД, предпочтительно при этом указанная вторая секция конденсации карбамата СД содержит конденсатор, газоочиститель и/или поглотитель.

Данное изобретение также относится к способу производства карбамида, осуществляемому в такой установке для производства карбамида с таким блоком обработки СД, диссоциатором СД и первой и второй секциями конденсации карбамата СД.

Данное изобретение также относится к способу модификации существующей установки для производства карбамида, причем существующая установка по производству карбамида содержит секцию синтеза высокого давления (ВД), содержащую десорбер ВД, зону реакции для получения карбамида из  $\text{NH}_3$  и  $\text{CO}_2$  и зону конденсации, причем десорбер ВД содержит впускной патрубок для подачи  $\text{CO}_2$  в качестве десорберного газа, а секция синтеза ВД содержит выпускной патрубок для газа, установка содержит первую линию подачи раствора карбамида из указанной зоны реакции в указанный десорбер ВД, способ включает добавление, если они еще не присутствуют в установке, следующих узлов и соединений: блок обработки среднего давления (СД), содержащий выпускной патрубок для газа для первого потока газа СД, диссоциатор СД, содержащий выпускной патрубок для газа для второго потока газа СД, первая секция конденсации карбамата СД и вторая секция конденсации карбамата СД, и вторая линия подачи раствора карбамида из указанной зоны реакции в указанный диссоциатор СД, элемент понижения давления для газа из указанного выпускного патрубка для газа указанной секции синтеза ВД, выдающий третий поток газа СД, линия потока жидкости для подачи десорбированного раствора карбамида из указанного десорбера ВД в указанный блок обработки СД, при этом способ дополнительно включает конфигурирование установки таким образом, что два потока газа, выбранные из группы, состоящей из указанных первого, второго и третьего потока газа СД, объединяются и конденсируются в первой секции конденсации карбамата СД, а один поток газа, выбранный из указанной группы, конденсируется отдельно во второй секции конденсации карбамата СД, предпочтительно путем выполнения первой секции конденсации

карбамата СД с возможностью приема указанного первого потока газа СД из указанного блока обработки СД и указанного второго потока газа СД из указанного диссоциатора СД и выполнения второй секции конденсации карбамата СД с возможностью приема указанного третьего потока газа СД.

#### **Краткое описание графических материалов**

Чертеж схематически иллюстрирует типовую установку для производства карбамида и технологический процесс согласно данному изобретению.

Вариант реализации изобретения, проиллюстрированный на чертеже, представляет собой только пример и не ограничивает данное изобретение.

#### **Подробное описание изобретения**

Данное изобретение относится к аспекту, основанному на разумном понимании сочетания обработки СД, в частности адиабатического испарения, десорбированного раствора карбамида из десорбера ВД в блоке обработки СД, для получения первого потока газа СД с диссоциацией СД части раствора для синтеза карбамида, которая обходит десорбер ВД, в диссоциаторе СД для получения второго потока газа, и снижения давления отходящего газа секции синтеза до СД для получения третьего потока газа СД. Кроме того, указанный процесс включает объединение и конденсацию двух из этих потоков газа СД при среднем давлении с образованием раствора карбамата СД. Раствор карбамата СД, который возвращается в секцию синтеза ВД, преимущественно имеет низкое содержание воды, что позволяет повысить выход карбамида в зоне реакции, а тепло, выделяющееся при комбинированной конденсации СД, можно выгодно использовать для рационального использования тепловой энергии.

В варианте реализации изобретения второй поток газа СД из диссоциатора СД и отходящий газ реактора в качестве третьего потока газа подвергаются совместной конденсации при среднем давлении с отдельной конденсацией первого потока газа из блока обработки СД (например, испарительной емкости).

В варианте реализации изобретения первый поток газа СД из блока обработки СД (например, испарительной емкости) и отходящий газ реактора в качестве третьего потока газа подвергаются совместной конденсации при СД с отдельной конденсацией второго потока газа СД из диссоциатора СД.

В предпочтительном варианте реализации изобретения первый поток газа СД из блока обработки СД (например, испарительной емкости) и второй поток газа СД из диссоциатора СД объединяются и конденсируются в первой секции конденсации карбамата СД, обеспечивая выгодное уравнивание соотношения N/C и отдельную конденсацию отходящих газов реактора в качестве третьего потока газа СД. В этом варианте реализации изобретения выгодно используется низкое соотношение N/C и низкое содержание инертных веществ в первом потоке газа СД для конденсации второго потока газа СД из диссоциатора СД путем объединения и конденсации указанных потоков газа. Таким образом, при заданном давлении конденсации СД достигаются относительно высокая температура (благодаря относительно низкому содержанию инертных веществ) и низкое содержание воды в образующемся растворе карбамата СД (благодаря соотношению N/C). Высокую температуру используют, например, для нагрева раствора продукта карбамида посредством теплообмена таким образом, чтобы способствовать испарению воды из раствора карбамида.

Блок обработки СД предпочтительно представляет собой испарительную емкость, в частности адиабатическую испарительную емкость. Адиабатическое испарение обеспечивает низкое молярное соотношение  $\text{NH}_3$  к  $\text{CO}_2$  испаряемого пара (например, N/C ниже 1,0). Пары, образующиеся при адиабатическом испарении десорбированного раствора карбамида из десорбера  $\text{CO}_2$  ВД, содержат, например, около 40 мол.%  $\text{NH}_3$  и около 50 мол.%  $\text{CO}_2$ . При предпочтительном адиабатическом испарении раствор карбамида на выходе из испарительной емкости имеет более низкую температуру, чем раствор карбамида на входе в испарительную емкость.

Отходящий газ из секции синтеза, например, выходит из реактора синтеза карбамида ВД, который содержит установка для производства карбамида. Отходящий газ содержит, например, около 65 мол.%  $\text{NH}_3$  и 20 мол.%  $\text{CO}_2$ .

Секция синтеза содержит десорбер  $\text{CO}_2$  ВД, содержащий выпускной патрубок для десорбированного раствора карбамида, соединенный с входным патрубком блока обработки СД. Зона реакции ВД работает в типовом варианте реализации изобретения с соотношением N/C, равным по меньшей мере 2,7, например, около 3, и давлением, например, по меньшей мере 120 бар, например, около 140 бар. Раствор для синтеза карбамида, частично полученный с помощью диссоциатора СД, не подвергается десорбции  $\text{CO}_2$  ВД, имеет относительно высокое соотношение N/C по сравнению с раствором карбамида на выходе из десорбера  $\text{CO}_2$  ВД. Раствор для синтеза карбамида содержит карбамид, воду, карбамат аммония и аммиак. Второй поток газа из диссоциатора СД также имеет относительно высокое соотношение N/C. Второй поток газа содержит, например, 65 мол.%  $\text{NH}_3$  и 25 мол.%  $\text{CO}_2$ .

Установка и способ для производства карбамида по данному изобретению принадлежат к типу с десорбцией  $\text{CO}_2$ . Установка содержит секцию синтеза высокого давления (ВД), которая содержит десорбер ВД, зону реакции для получения карбамида из  $\text{NH}_3$  и  $\text{CO}_2$  и зону конденсации. Зона реакции содержит один или большее количество реакторов. Несколько реакторов могут быть расположены последовательно или параллельно. Установка содержит, например, вертикальный реактор для получения карбамида. Зона реакции и зона конденсации также могут быть объединены в одной емкости, например, в горизон-

тальной емкости, например, в плавающем реакторе. Зона реакции, как правило, содержит выпускной патрубок для раствора для синтеза карбамида и отдельный выпускной патрубок для отходящего газа. Секция синтеза содержит выпускной патрубок для отходящего газа, выпускной патрубок для десорбированного раствора карбамида и выпускной патрубок для недесорбированного раствора для синтеза карбамида.

Зона конденсации, например, оборудована конденсатором карбамата высокого давления, предпочтительно кожухотрубным теплообменником с пучком труб и пространством внутри кожуха. Например, используется пучок прямых труб или пучок труб U-образной формы. Конденсируемый газ предпочтительно поступает в пространство внутри кожуха, а охлаждающая жидкость - в трубы. В альтернативном варианте конденсируемый газ поступает в трубы, а охлаждающая жидкость - в пространство внутри кожуха.

Конденсатор может представлять собой горизонтальный или вертикальный конденсатор. Конденсатор представляет собой, например, теплообменник со стороны охлаждающей жидкости и стороны конденсации, выполненный с возможностью работы с жидкостью в виде непрерывной фазы на стороне конденсации, при этом конденсируемые газы присутствуют в виде пузырьков, поднимающихся через жидкую фазу. Это выгодно обеспечивает (по существу) полную конденсацию в конденсаторе.

Конденсатор представляет собой, например, горизонтальный погруженный конденсатор с охлаждающей жидкостью в трубах, например, пучка труб U-образной формы, и представляет собой, например, плавающий конденсатор или плавающий реактор или, например, вертикальный конденсатор с охлаждающей жидкостью в трубах, или, например, вертикальный конденсатор с конденсируемым газом в трубах, поднимающимся вверх в виде пузырьков в жидкой фазе. В других вариантах реализации изобретения конденсатор представляет собой, например, вертикальный конденсатор пленочного типа.

Десорбер представляет собой теплообменник, содержащий впускной патрубок для подачи  $\text{CO}_2$ , используемого в качестве десорберного газа, и выполнен с возможностью противоточного контакта между частью раствора для синтеза карбамида из зоны реакции и десорберным газом, и с возможностью нагрева раствора карбамида. Десорбер  $\text{CO}_2$  представляет собой, например, вертикальный кожухотрубный теплообменник, выполненный с возможностью работы с падающей пленкой раствора карбамида, десорбируемого в трубах, и содержащий впускной патрубок для раствора карбамида в верхней части, выпускной патрубок для десорбированного раствора карбамида в нижней части, впускной патрубок для десорберного газа в нижней части и выпускной патрубок для газа в верхней части, соединенный с секцией конденсации ВД, все указанные впускные и выпускные патрубки ведут в трубы и из них. Десорбер, например, также содержит кожух для нагревательной рабочей среды, такой как, например, пар. В вариантах реализации изобретения, в которых используют отдельные конденсатор ВД и реактор, установка содержит линию для потока конденсата из конденсатора в реактор. Конденсатор карбамата ВД, как правило, принимает также подаваемый  $\text{NH}_3$ .

Установка содержит блок обработки среднего давления (СД), предпочтительно испарительную емкость, и линию потока жидкости для подачи десорбированного раствора карбамида из десорбера ВД в этот блок обработки СД. Блок обработки СД содержит выпускной патрубок для первого потока газа СД и выпускной патрубок для жидкости для обработанного раствора карбамида. Установка дополнительно содержит диссоциатор СД, первую линию подачи раствора карбамида из указанной зоны реакции в указанный десорбер ВД и вторую линию подачи раствора карбамида из указанной зоны реакции в указанный диссоциатор СД. Следовательно, часть раствора для синтеза карбамида из зоны реакции, в частности из реактора, поступает в десорбер ВД, а другая часть - в диссоциатор СД. В предпочтительном варианте реализации изобретения единственный реактор соединен для подачи раствора карбамида как в десорбер ВД, так и в диссоциатор СД.

Предпочтительная испарительная емкость СД, как правило, работает под давлением 10-70 бар, предпочтительно 10-35 бар, например, 18-25 бар. Предпочтительная испарительная емкость СД предпочтительно работает под таким же или более высоким давлением, что и диссоциатор СД, например, под давлением на 0-10 бар выше, чем давление диссоциатора СД, например, на 1-10 бар выше, или более предпочтительно на 2-7 бар выше. Диссоциатор СД содержит выпускной патрубок для второго потока газа СД. Секция синтеза ВД содержит выпускной патрубок для отходящего газа и элемент понижения давления для этого отходящего газа, дающий третий поток газа СД. Элемент понижения давления представляет собой, например, клапан, например, регулировочный клапан. В технологическом процессе и установке два потока газа, выбранных из группы, состоящей из указанных первого, второго и третьего потоков газа СД, объединяют и конденсируют в указанной первой секции конденсации карбамата СД. Один поток газа, выбранный из указанной группы, конденсируют отдельно во второй секции конденсации карбамата СД.

Установка предпочтительно содержит линии подачи газа для транспортировки двух потоков газа, выбранных из группы, состоящей из указанных первого, второго и третьего потоков газа СД, в первую секцию конденсации карбамата СД. Предпочтительно установка содержит линии подачи газа для транспортировки первого и второго потоков газа СД в первую секцию конденсации карбамата СД и линию подачи газа для подачи третьего потока газа СД во вторую секцию конденсации карбамата СД.

Предпочтительно, первая секция конденсации карбамата СД выполнена с возможностью приема первого потока газа СД из блока обработки СД и второго потока газа СД из диссоциатора СД. Предпочтительно установка содержит линию подачи газа из блока обработки СД в первую секцию конденсации карбамата СД и линию подачи газа из диссоциатора СД в первую секцию конденсации карбамата СД. Предпочтительно установка содержит линию подачи газа из указанного элемента (или блока) понижения давления во вторую секцию конденсации карбамата СД для подачи третьего потока газа СД. В интересном варианте реализации изобретения третий поток газа СД из секции синтеза ВД имеет содержание  $\text{NH}_3$  на входе во вторую секцию конденсации карбамата СД, которое составляет по меньшей мере 90% от содержания  $\text{NH}_3$  (например, по массе) в потоке газа на выходе (выходах) газа из секции синтеза ВД. Например, линия подачи третьего потока газа из секции синтеза ВД во вторую секцию конденсации карбамата СД не содержит газоочистителя или конденсатора, работающего под ВД.

Предпочтительно вторая секция конденсации карбамата СД содержит конденсатор, газоочиститель и/или поглотитель. Предпочтительно вторая секция конденсации СД содержит кожухотрубный теплообменник (конденсатор) с охлаждающей жидкостью, например охлаждающей водой, в трубах и конденсируемым газом, поступающим в пространство внутри кожуха. Предпочтительно теплообменник принимает также жидкость, содержащую карбамат, в пространство внутри кожуха, например, при прямооточном контакте с конденсируемым газом. Жидкость, содержащая карбамат, поступает, например, из секции регенерации низкого давления (НД). Например, как газ, так и жидкость поступают в нижнюю часть пространства внутри кожуха, и теплообменник содержит один выпускной патрубок в верхней части. Теплообменник содержит, например, вертикальный пучок труб U-образной формы. Секция конденсации предпочтительно дополнительно содержит газожидкостный сепаратор, принимающий технологическую среду из теплообменника.

Предпочтительно вторая секция конденсации СД содержит кожухотрубный теплообменник и расположенный ниже по потоку газожидкостный сепаратор, а также в качестве варианта поглотитель, принимающий газ из указанного сепаратора.

Предпочтительно жидкость из поглотителя поступает в указанный теплообменник, а раствор карбамата НД поступает в поглотитель в качестве поглощающей жидкости.

Также в вариантах реализации изобретения, в которых вторая секция конденсации СД состоит из теплообменника (в качестве конденсатора) и газожидкостного сепаратора, то есть, без поглотителя, указанную секцию можно называть газоочистителем по аналогии с газоочистителем ВД, часто используемым для очистки отходящих газов из секций синтеза ВД в установках для производства карбамида с десорбцией  $\text{CO}_2$ .

В вариантах реализации установки и технологического процесса согласно данному изобретению блок обработки СД, который предпочтительно представляет собой адиабатическую испарительную емкость, обеспечивает получение потока газа СД, относительно богатого  $\text{CO}_2$  (молярное соотношение  $\text{NH}_3$  к  $\text{CO}_2$ , например, составляет менее 1,0, например, в диапазоне 0,80-0,90), и выгодно способствует снижению потребления энергии (пара) десорбером ВД. Диссоциатор СД, получающий раствор для синтеза карбамида в обход десорбера ВД, выгодно обеспечивает относительно большую производительность по получению карбамида с относительно небольшим десорбером ВД. Поток газа из диссоциатора СД относительно богат  $\text{NH}_3$  (молярное соотношение  $\text{NH}_3$  к  $\text{CO}_2$ , например, составляет по меньшей мере 2,3, например, в диапазоне 2,50-3,0, например, около 2,60). Этот поток газа предпочтительно объединяют с потоком газа из блока обработки СД (предпочтительно адиабатической испарительной емкости) и конденсируют в первой секции конденсации карбамата СД под средним давлением (например, 20-30 бар, например, 22-30 бар). Такое давление при малом количестве инертных веществ выгодно обеспечивает относительно высокую температуру, превышающую  $120^\circ\text{C}$ . Предпочтительно конденсацию проводят в теплообменном контакте с раствором карбамида, нагреваемым для испарения воды. Соотношение N/C раствора карбамата в первой секции конденсации карбамата СД можно скорректировать (уменьшить) путем добавления части  $\text{CO}_2$ , поступающего под СД, в указанную первую секцию конденсации карбамата СД.

Исходный  $\text{CO}_2$ , как правило, содержит некоторое количество инертных веществ и, возможно, содержит кислород, добавляемый, например, для использования в нейтрализаторе водорода. Исходный  $\text{CO}_2$ , поступающий в первую секцию конденсации карбамата СД, может поступать, например, из промежуточной точки компрессора  $\text{CO}_2$  ВД или из специального компрессора  $\text{CO}_2$  СД. Например, линия подачи  $\text{CO}_2$  в первую секцию конденсации карбамата СД содержит нейтрализатор водорода, как правило, каталитический нейтрализатор, где удаляется  $\text{H}_2$ , присутствующий в виде загрязнений в исходном  $\text{CO}_2$ . Исходный  $\text{CO}_2$  на выходе из нейтрализатора водорода содержит, например, 0,05-0,20 об.%  $\text{O}_2$ , предпочтительно около 0,10 об.%  $\text{O}_2$ . Преимущественно поток исходного  $\text{CO}_2$ , получаемый десорбером СД, предпочтительно имеет более низкое содержание  $\text{O}_2$ , чем поток исходного  $\text{CO}_2$ , получаемый десорбером ВД, поскольку для установок, работающих под средним давлением, пассивирующий воздух не требуется или требуется в меньшем количестве.

Исходный  $\text{CO}_2$  может происходить, например, из секции производства синтез-газа для установки по производству аммиака выше по потоку.

Исходный  $\text{CO}_2$ , например, поступает в первую секцию конденсации карбамата СД через десорбер СД, который предпочтительно представляет собой адиабатический десорбер. Десорбер СД, например, выполнен с возможностью противоточного контакта раствора карбамида с исходным  $\text{CO}_2$  и содержит впускной патрубок для газа, выпускной патрубок для газа, впускной патрубок для жидкости и выпускной патрубок для жидкости. Десорбер СД содержит, например, уплотненный слой для обеспечения контакта газа с жидкостью. Газ из выпускного патрубка для газа десорбера СД поступает в первую секцию конденсации СД. Контактная обработка приводит к уменьшению количества аммиака (в свободном виде и/или в виде карбамата) в растворе карбамида, тем самым обеспечивая десорбцию. Раствор карбамида может поглощать некоторое количество  $\text{CO}_2$ . Поток исходного  $\text{CO}_2$ , поступающий в необязательный десорбер СД, содержит, например, по меньшей мере 95 об.%  $\text{CO}_2$  и менее 0,10 об.%  $\text{NH}_3$ , предпочтительно не содержит  $\text{NH}_3$ . Подача  $\text{CO}_2$  через десорбер СД благоприятна, например, в том случае, если раствор карбамида из диссоциатора СД поступает в секцию регенерации НД, содержащую диссоциатор НД и конденсатор карбамата НД, для достижения хорошей конденсации карбамата.

Раствор карбамида из блока обработки СД и раствор карбамида из диссоциатора СД подают непосредственно или опосредованно в секцию регенерации НД, содержащую диссоциатор НД, принимающий раствор карбамида, и конденсатор карбамата НД, принимающий газ из диссоциатора НД. Раствор карбамида из блока обработки СД и раствор карбамида из диссоциатора СД можно обрабатывать в общей секции регенерации НД или в отдельных секциях регенерации НД. В конденсаторы карбамата НД также поступает вода для предотвращения кристаллизации карбамата. Вода поступает, например, в виде чистого технологического конденсата, например, из секции очистки сточных вод. Часть исходного  $\text{CO}_2$  в качестве варианта поступает в конденсатор карбамата НД в качестве варианта через конденсатор с атмосферным расширителем для уменьшения соотношения N/C раствора карбамата в конденсаторе карбамата НД, чтобы обеспечить хорошую конденсацию и избежать поступления большого количества  $\text{NH}_3$  (атмосферный) поглотитель. Раствор карбамата из секции конденсации НД сжимают и возвращают, например, во второй конденсатор карбамата СД, он содержит, например, 25-50 мас.%  $\text{H}_2\text{O}$ , например, около 30 мас.%  $\text{H}_2\text{O}$ .

Предпочтительно установка содержит диссоциатор НД и линию потока жидкости для подачи раствора карбамида из блока обработки СД в диссоциатор НД. Предпочтительно установка содержит конденсатор карбамата НД и линию подачи газа из диссоциатора НД в конденсатор карбамата НД. Предпочтительно установка содержит линию потока жидкости для подачи раствора карбамата из конденсатора карбамата НД во вторую секцию конденсации карбамата СД (например, газоочиститель СД). Предпочтительно установка содержит линию потока жидкости для подачи раствора карбамата из второй секции конденсации карбамата СД в первую секцию конденсации карбамата СД. Предпочтительно установка содержит линию потока жидкости для подачи раствора карбамата из указанной первой секции конденсации карбамата СД в указанную секцию синтеза высокого давления (ВД), в частности, для подачи раствора карбамата в зону реакции в качестве варианта через зону конденсации ВД.

Секция синтеза высокого давления установки и технологического процесса производства карбамида содержит десорбер ВД, использующий по меньшей мере часть исходного  $\text{CO}_2$  в качестве десорберного газа.

Исходный  $\text{CO}_2$  содержит инертные компоненты, например, из установки для получения синтез-газа, расположенной выше по потоку, дающей исходный  $\text{CO}_2$ . Как правило, исходный  $\text{CO}_2$ , поступающий в секцию синтеза ВД, содержит кислород, добавляемый, например, для предотвращения коррозии в секции синтеза карбамида. Кислород также можно добавлять для удаления  $\text{H}_2$  в исходный  $\text{CO}_2$  выше по потоку от секции синтеза. Секция синтеза ВД содержит один или большее количество выпускных патрубков для отходящих газов. Отходящий газ содержит инертные компоненты, а также неконденсированные  $\text{NH}_3$  и  $\text{CO}_2$ . Отходящий газ из секции синтеза относительно богат  $\text{NH}_3$  (соотношение N/C, например, составляет по меньшей мере 2,2 или находится в диапазоне от 2,3 до 3,0), расширяется до давления в диапазоне СД и подвергается конденсации во второй секции конденсации карбамата СД. Конденсацию осуществляют, например, в присутствии рециркуляционного потока карбамата, содержащего воду из секций регенерации НД, в теплообменнике, содержащемся во второй секции конденсации карбамата СД. Предпочтительно установка, в частности секция синтеза ВД, не содержит газоочистителя ВД. Предпочтительно технологический процесс не включает контакт отходящего газа секции синтеза с потоком жидкости на водной основе под высоким давлением.

Конденсация отходящих газов из секции синтеза ВД под средним давлением обеспечивает преимущества в виде повышения безопасности и снижения затрат на оборудование по сравнению с использованием газоочистителя ВД.

Вторая секция конденсации карбамата СД (например, газоочиститель СД), например, работает с охлаждающей водой, и температура на выходе карбамата находится, например, в диапазоне 80-100°C. Вторая секция конденсации карбамата СД работает, например, под давлением 15-25 бар, предпочтительно 20-25 бар. Раствор карбамата из второй секции конденсации карбамата СД, имеющий, например, содержание воды 25-30 мас.%, обогащается карбаматом в первой секции конденсации карбамата СД. Первая секция конденсации карбамата СД, например, дает раствор карбамата с содержанием воды, например, по

меньшей мере на 5 мас.% (процентных пунктов) ниже, чем раствор карбамата из второй секции конденсации карбамата СД. Например, раствор карбамата из первой секции конденсации карбамата СД имеет содержание воды в диапазоне 15-20 мас.%. Первая секция конденсации карбамата СД, например, работает при температуре по меньшей мере на 10°C выше, чем вторая секция конденсации карбамата СД, например, при температуре 110-120°C. Таким образом, раствор карбамата во второй секции конденсации карбамата СД может иметь относительно высокое содержание воды, что позволяет обеспечить более низкую температуру конденсации без риска кристаллизации карбамата. Более низкая температура способствует уменьшению поступления неконденсированного  $\text{NH}_3$  в расположенный ниже по потоку поглотитель (НД). Это может способствовать снижению потребления энергии в секции очистки сточных вод (ОСВ) и, преимущественно, уменьшению объема рециркуляции из ОСВ. Первая секция конденсации карбамата СД работает, например, под давлением 20-30 бар, предпочтительно 22-27 бар, и предпочтительно под более высоким давлением, чем вторая секция конденсации карбамата СД. Жидкость на водной основе из поглотителя НД может поступать в ОСВ.

Предпочтительно инертные вещества из секции синтеза ВД не поступают в первую секцию конденсации карбамата СД, обеспечивая тем самым более высокую температуру конденсации для теплообмена, который можно использовать, например, для нагрева раствора карбамида для выпаривания воды.

Раствор карбамата из второй секции конденсации карбамата СД поступает в первую секцию конденсации карбамата СД, работающую при более высокой температуре. Таким образом, воду, содержащуюся в растворе карбамата из секции регенерации НД, выгодно использовать для предотвращения кристаллизации карбамата в трех последовательно расположенных конденсаторах. Например, в типовом варианте реализации технологического процесса согласно данному изобретению раствор карбамата получают из конденсатора карбамата НД с 30 мас.%  $\text{H}_2\text{O}$  и подают во второй конденсатор карбамата СД (например, газоочиститель), дающий раствор карбамата с 26 мас.%  $\text{H}_2\text{O}$ , который, в свою очередь, подают в первый конденсатор карбамата СД, дающий раствор карбамата с преимущественно меньшим содержанием воды, составляющим 20 мас.%  $\text{H}_2\text{O}$ , который возвращают для синтеза ВД.

Предпочтительно неконденсированный газ из первой секции конденсации карбамата СД поступает во вторую секцию конденсации карбамата СД. В предпочтительных вариантах реализации изобретения указанный неконденсированный газ объединяют с отходящим газом из реактора и конденсируют во второй секции конденсации карбамата СД. Предпочтительно вторая секция конденсации карбамата СД работает под более низким давлением, чем первая секция конденсации карбамата СД, например, под давлением по меньшей мере на 1,0 бар ниже, например, на 1,0-5 бар ниже.

Неконденсированный газ из второй секции конденсации карбамата СД поступает, например, в поглотитель, работающий, например, под НД. Очень благоприятно, что в предпочтительных вариантах реализации изобретения инертные газы из синтеза ВД не поступают во второй конденсатор карбамата СД, тем самым уменьшая поступление конденсируемого газа в поглотитель и повышая температуру в зоне нагрева при фиксированном общем давлении газа во втором конденсаторе карбамата СД.

Предпочтительно неконденсированный газ из первой секции конденсации карбамата СД имеет низкое содержание  $\text{N}_2$  для того, чтобы избежать образования взрывоопасных смесей, в особенности во второй секции конденсации карбамата СД. Низкое содержание  $\text{N}_2$  достигается за счет удаления  $\text{N}_2$  из исходного  $\text{CO}_2$  СД, поступающего в первую секцию конденсации карбамата СД. Преимущественно частичная конденсация в первой секции конденсации карбамата СД способствует простоте оборудования, например, наличию только одного конденсатора в указанной секции и передаче тепла раствору карбамида, который нагревается в зоне нагрева при теплообменном контакте с указанным конденсатором, например, за счет турбулентности на нижнем по потоку конце указанного конденсатора. Например, конденсатор выполнен в виде кожухотрубного теплообменника с нагреваемым раствором карбамида в трубах и конденсируемым газом в пространстве внутри кожуха.

Преимущественно установка предпочтительно не содержит конденсатора аммиака и предпочтительно не содержит линии рециркуляции жидкого аммиака.

Предпочтительно установка дополнительно содержит зону нагрева для нагрева раствора карбамида для удаления воды и аммиака. Предпочтительно установка содержит линию потока жидкости для подачи раствора карбамида из диссоциатора НД в указанную зону нагрева в качестве варианта через атмосферный расширитель. Предпочтительно зона нагрева находится в теплообменном контакте по меньшей мере с частью указанной первой секции конденсации карбамата СД; диссоциатор НД, как правило, представляет собой диссоциатор НД зоны регенерации НД. Предпочтительно зону нагрева используют для нагрева раствора карбамида из секции регенерации НД, в частности, из диссоциатора НД, содержащегося в указанной секции регенерации НД, способствующего испарению воды из раствора карбамида, в частности для приготовления расплава карбамида. Предпочтительно первая секция конденсации карбамата СД по меньшей мере частично выполнена в кожухотрубном теплообменнике, например, как описано выше, с конденсируемым газом в кожухе (пространстве внутри кожуха) и нагреваемым раствором карбамида в трубах.

Нагретый раствор карбамида из зоны нагрева (например, предварительного испарителя) предпочтительно подвергают разделению газа и жидкости для получения водяного пара, содержащего также  $\text{NH}_3$ , и

концентрированного раствора карбамида. Концентрированный раствор карбамида может иметь содержание карбамида, например, от 75 мас.% до 85 мас.%. Раствор мочевины, получаемый на входе в зону нагрева, имеет, например, содержание карбамида от 60 мас.% до 75 мас.% и содержит, например, около 0,7 мас.%  $\text{NH}_3$ . Предпочтительно концентрация карбамида увеличивается на 5 мас.% - 10 мас.% (процентных пунктов) в зоне нагрева. Относительно высокой концентрации карбамида можно достигнуть благодаря относительно высокой температуре, например, 110°C, в первой секции конденсации карбамата СД.

Концентрированный раствор карбамида поступает, например, в секцию вакуумного выпаривания, в качестве варианта через резервуар для хранения, для получения расплава карбамида. Расплав карбамида, например, затвердевает в конечной секции, такой как гранулятор или грануляционная башня. Расплав карбамида также может поступать, например, в установку для производства меламина. Возможны также другие применения.

Зона нагрева (предварительный испаритель) работает, например, под давлением менее 1,0 бар абс., например, 0,3 бар абс. - 0,8 бар абс., например, 0,4 бар абс. - 0,6 бар абс.

Нагреваемый раствор карбамида преимущественно имеет низкое содержание  $\text{NH}_3$ , например, менее 0,10 мас.%, например, около 0,05 мас.%. Низкое содержание  $\text{NH}_3$  желательно для хранения раствора в резервуаре для хранения карбамида.

Соответственно, нагреваемый раствор карбамида можно использовать, например, для получения жидкости для очистки дизельных выхлопных газов (DEF) благодаря низкому содержанию  $\text{NH}_3$ , например, путем добавления воды для получения желаемой концентрации карбамида, например, 32,5 мас.%. Воду достаточно высокой чистоты для получения DEF можно добавлять, например, в виде очищенного технологического конденсата из секции ОСВ, в виде конденсата пара или в виде деминерализованной воды. DEF обычно представляет собой водный раствор карбамида, содержащий 32,5 мас.% карбамида и 67,5 мас.% воды и предпочтительно со щелочностью по  $\text{NH}_3$  менее 0,2 мас.% от 32,5 мас.% карбамида, то есть, когда щелочность пересчитывают на основе количества воды, добавляемой или удаляемой по мере необходимости для получения содержания карбамида 32,5 мас.%. Преимущественно в технологическом процессе по данному изобретению для достижения низкого содержания  $\text{NH}_3$  не требуется десорбция паром.

Термин "предварительный испаритель" в контексте данного документа не подразумевает, что в установке должна присутствовать секция испарения. В некоторых вариантах реализации изобретения установка содержит предварительный испаритель, но не содержит секции испарения для получения расплава карбамида.

Данное изобретение также относится к способу производства карбамида, осуществляемому в установке для производства карбамида типа с десорбцией  $\text{CO}_2$ , предпочтительно осуществляемому в установке для производства карбамида по данному изобретению. Способ производства карбамида включает, например, подачу первой части раствора для синтеза карбамида из зоны реакции в десорбер ВД и десорбцию раствора карбамида в десорбере ВД с помощью  $\text{CO}_2$  в качестве десорберного газа для получения десорбированного раствора карбамида, и подачу десорбированного раствора карбамида в блок обработки СД для получения первого потока газа СД и обработанного раствора карбамида, и подвергание второй части раствора для синтеза карбамида из зоны реакции разложению карбамата путем нагрева в диссоциаторе СД для получения второго потока газа СД и раствора карбамида СД, и получение третьего потока газа СД из секции синтеза ВД путем понижения давления. Технологический процесс включает объединение и конденсацию двух потоков газа, выбранных из группы, состоящей из указанных первого, второго и третьего потоков газа СД, в первой секции конденсации карбамата СД. Предпочтительно технологический процесс включает объединение и конденсацию первого и второго потоков газа в указанной первой секции конденсации карбамата СД и конденсацию третьего потока газа во второй секции конденсации карбамата СД.

Предпочтительно первая секция конденсации карбамата СД работает под давлением, которое выше, например, на 1-10 бар выше, чем рабочее давление второй секции конденсации карбамата СД, более предпочтительно на 1-5 бар выше, еще более предпочтительно на 1-3 бар выше.

Предпочтительно первая секция конденсации карбамата СД работает под давлением 15-35 бар. Предпочтительно блок обработки СД, предпочтительно адиабатическая испарительная емкость, работает под давлением 15-35 бар. Предпочтительно адиабатическая испарительная емкость работает под тем же давлением, что и первая секция конденсации карбамата СД. Предпочтительно вторая секция конденсации карбамата СД работает под давлением 15-35 бар.

Предпочтительно десорбер ВД работает с коэффициентом полезного действия десорбции альфа в диапазоне 0,65-0,80, например, 0,70-0,75. Указанный относительно низкий коэффициент полезного действия десорбции преимущественно обеспечивает более низкое потребление энергии десорбером ВД, например, более низкое потребление пара. Кроме того, десорбер ВД и конденсатор карбамата ВД могут быть относительно меньшего размера, что может быть выгодно для реконструкции существующих установок по производству карбамида с целью увеличения производительности при желательной ограниченной модификации секции синтеза ВД. Блок обработки СД, в частности, предпочтительная адиабатиче-

ская испарительная емкость, может способствовать низкой рециркуляции воды с рециркуляцией карбамата даже при относительно низком коэффициенте полезного действия десорбции.

Предпочтительно 30-70 об.% раствора для синтеза карбамида поступает из зоны реакции в диссоциатор СД, то есть, в обход десорбера ВД. Таким образом, диссоциатор СД может значительно разгрузить десорбер ВД.

Также представлен способ модификации существующей установки по производству карбамида, как указано выше.

Предпочтительно способ включает установку первой секции конденсации карбамата СД для приема первого потока газа СД из блока обработки СД и второго потока газа СД из диссоциатора СД. Предпочтительно способ включает предоставление линии подачи газа из блока обработки СД в первую секцию конденсации карбамата СД и линии подачи газа из диссоциатора СД в первую секцию конденсации карбамата СД. Предпочтительно способ включает предоставление линии подачи газа из элемента понижения давления во вторую секцию конденсации карбамата СД для подачи третьего потока газа СД. Способ в целом обеспечивает увеличение производительности установки по производству карбамида выгодным образом без каких-либо изменений или с небольшими изменениями в секции синтеза ВД.

В интересном варианте реализации изобретения существующая установка содержит блок обработки СД, в частности адиабатическую испарительную емкость СД, принимающую десорбированный раствор карбамида, и первый конденсатор карбамата СД. В существующей установке первый конденсатор карбамата СД принимает отходящий газ секции синтеза из реактора и/или из конденсатора карбамата ВД, а также газ из блока обработки СД. Например, в существующей установке первый конденсатор карбамата СД находится в теплообменном контакте с зоной нагрева раствора карбамида, в частности, с предварительным испарителем. Предпочтительный способ модификации такой существующей установки по данному изобретению включает добавление в установку диссоциатора СД, который принимает часть раствора для синтеза карбамида из реактора, и добавление второго конденсатора карбамата СД и линии подачи газа для подачи третьего потока газа СД (например, отходящего газа из реактора) во второй конденсатор карбамата СД, а также линии подачи газа для подачи потока газа из диссоциатора СД в первый конденсатор карбамата СД. Таким образом, преимущественно инертные газы в отходящих газах реактора больше не оказывают отрицательного влияния на (не снижают) температуру в предварительном испарителе. Кроме того, различные преимущества, обсуждаемые в связи с установкой и технологическим процессом по данному изобретению, достигаются в модифицированной установке. Очень выгодно, что с помощью диссоциатора СД можно добиться увеличения производительности установки по производству карбамида без добавления или модификации оборудования ВД. Предпочтения, описанные выше для установки по производству карбамида, применимы также к модифицированной установке по производству карбамида, например, к линии потока жидкости для подачи раствора карбамата из добавленного второго конденсатора карбамата СД в первый конденсатор карбамата СД. Предпочтительно существующая установка не содержит газоочистителя ВД, и предпочтительно в существующей установке отходящий газ секции синтеза поступает непосредственно из реактора и/или конденсатора карбамата ВД в первый конденсатор карбамата СД через элемент понижения давления, такой как, например, клапан (например, регулировочный клапан).

Чертеж показывает типовой технологический процесс и установку для производства карбамида согласно варианту реализации данного изобретения. Установка содержит секцию синтеза (HPSS) высокого давления (ВД), которая содержит десорбер ВД (HPS), зону реакции (HPR) для получения карбамида из  $\text{NH}_3$  и  $\text{CO}_2$  и зону конденсации (HPCC). Зона реакции (HPR) содержит реактор, например, вертикальный реактор для получения карбамида, с выпускным патрубком для жидкости для раствора (1) для синтеза карбамида и отдельный выпускной патрубок для газа для инертных веществ (14). Первая часть (1a) раствора для синтеза карбамида поступает в десорбер ВД (HPS), который использует  $\text{CO}_2$  в качестве десорберного газа. Десорбированный раствор (2) карбамида из десорбера ВД (HPS) поступает в блок обработки СД (MPTU). Вторая часть (1b) раствора для синтеза карбамида поступает в диссоциатор СД (MPD), который представляет собой теплообменник для нагрева раствора карбамида. Таким образом, единственный реактор соединен для подачи раствора карбамида как с десорбером ВД, так и с диссоциатором СД. Газ (4) из блока обработки СД (MPTU) и газ (5) из диссоциатора СД (MPD), оба содержащие  $\text{NH}_3$  и  $\text{CO}_2$ , конденсируются в первой секции конденсации карбамата СД (MPCC-1) в теплообменном контакте с блоком предварительного испарения (PEV), используемым для нагрева раствора (11a) карбамида для получения нагретого раствора (11b) карбамида. Газ (3) из десорбера ВД (HPS) конденсируется в конденсаторе карбамата ВД в зоне конденсации (HPCC), принимающей также исходный  $\text{NH}_3$  для получения конденсата (6), который поступает в реактор в зоне реакции (HPR). Раствор (7) карбамида из блока обработки СД (MPTU) поступает в диссоциатор НД (LPD), который предпочтительно представляет собой кожухотрубный теплообменник для нагрева раствора (7) карбамида таким образом, чтобы разложить карбамат аммония на  $\text{NH}_3$  и  $\text{CO}_2$ . Раствор (8) карбамида из диссоциатора СД (MPD) также поступает в десорбер СД (MPS), где он взаимодействует с исходным  $\text{CO}_2$  СД. Раствор (16) карбамида из десорбера СД поступает, например, в секцию регенерации НД, например, в диссоциатор НД (LPD) (не показан). Газ (14) из секции синтеза ВД (HPSS), например, газ (14) из реактора в зоне реакции (HPR) и/или газ (14a) из

конденсатора карбамата ВД расширяется до СД в элементе понижения давления, таком как, например, один или большее количество клапанов (V1) и поступает во вторую секцию конденсации карбамата СД (МРСС-2), которая также принимает неконденсированный газ (10) из первой секции конденсации карбамата СД (МРСС-1). Неконденсированный газ (18) из второй секции конденсации карбамата СД (МРСС-2) поступает, например, в поглотитель, работающий под НД. Газ (12), получаемый из диссоциатора НД (LPD), поступает в конденсатор карбамата НД (LPCC), который также непосредственно или опосредованно принимает часть исходного  $\text{CO}_2$ . Раствор (13) карбамата НД с относительно высоким содержанием воды из конденсатора карбамата НД (LPCC) поступает во вторую секцию конденсации карбамата СД (МРСС-2), где он помогает избежать кристаллизации карбамата. Раствор (15) карбамата СД из второй секции конденсации карбамата СД (МРСС-2) поступает в первую секцию конденсации карбамата СД (МРСС-1), работающую при более высокой температуре, где он преимущественно обогащается карбаматом. Получаемый раствор (9) карбамата возвращается в секцию синтеза ВД (HPSS), например, в зону конденсации ВД (HPCC). Раствор (11) карбамида, получаемый из диссоциатора НД (LPD), в качестве варианта после дополнительных этапов расширения, все еще содержит воду и, например, нагревается в виде раствора (11а) карбамида в предварительном испарителе (PEV) с помощью тепла, выделяющегося в первой секции конденсации карбамата СД (МРСС-1) при преимущественно высокой температуре и подвергается разделению газа и жидкости с получением водяного пара и концентрированного раствора карбамида. Газ (17) из десорбера  $\text{CO}_2$  СД (MPS), содержащий часть исходного  $\text{CO}_2$  СД, поступает в первую секцию конденсации карбамата СД (МРСС-1) для обеспечения подходящего соотношения N/C в указанной секции конденсации.

Предпочтения в отношении установки применимы также к технологическому процессу и способу реконструкции (способу модификации существующей установки). Технологический процесс предпочтительно осуществляют в описанной установке. Способ реконструкции предпочтительно приводит установку в соответствие с описанием.

В данном изобретении для технологических потоков (то есть, не для линий потоков) высокое давление (ВД) составляет выше 100 бар, например, от 120 бар до 300 бар, как правило, от 150 бар до 200 бар. Среднее давление (СД) составляет, например, от 10 бар до 70 бар (в том числе промежуточное давление от 30 бар до 70 бар), в частности от 10 бар до 40 бар, а низкое давление (НД) составляет, например, от 1,0 бар до 10 бар, в частности, от 1,0 бар до 8 бар, например от 1,5 бар до 5 бар. Все значения давления указаны в бар абсолютного давления.

В контексте данного документа соотношение N/C для растворов карбамида и потоков карбамата, отражает состав так называемой исходной смеси перед получением карбамида, состоящей только из  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ , в контексте области установок по производству карбамида, и представляет собой молярное соотношение. Соотношение N/C для потоков газа указывает молярное соотношение  $\text{NH}_3$  к  $\text{CO}_2$ .

Термин "карбамат" в контексте данного документа относится к карбамату аммония, поскольку этот термин используют в области установок для производства карбамида.

Термины "как правило" и "в частности" используются для обозначения особенностей, которые можно использовать в некоторых вариантах реализации изобретения, но которые не обязательны. Предпочтительные особенности также не обязательны.

Термины "линия подачи жидкости" и "жидкостное сообщение" относятся к линии подачи (например, трубопроводу или каналу), обеспечивающей прохождение жидкости между двумя блоками в качестве варианта через ряд промежуточных блоков. Жидкостное сообщение не предполагает переноса газовой фазы, и, следовательно, два блока, которые соединены испарителем, линией подачи пара и конденсатором, не находятся в жидкостном сообщении, хотя они находятся в гидравлическом сообщении (которое охватывает как перенос газовой фазы, так и перенос жидкости). Первый блок находится в жидкостном сообщении со вторым блоком, например, если выпускной патрубок для жидкости первого блока соединен с впускным патрубком конденсатора, а выпускной патрубок для жидкости конденсатора соединен с впускным патрубком второго блока. В линии подачи жидкости может присутствовать, например, насос. "Линия подачи газа" представляет собой линию подачи для переноса газа в газовой фазе между двумя блоками. Перенос в газовой фазе не предполагает переноса материала в жидком виде.

Коэффициент полезного действия десорбции (альфа) определяется как количество аммиака, превращенного в карбамид (и биурет), деленное на общее количество аммиака, как правило, измеряемое на выходе жидкости из десорбера, для десорбера ВД. Это определение эквивалентно определению преобразования  $\text{NH}_3$  в расчете на выпускной патрубок десорбера. Следовательно,  $\alpha = (2 \cdot \text{мас.}\% \text{ карбамид}/60) / [(2 \cdot \text{мас.}\% \text{ карбамид}/60) + (\text{мас.}\% \text{ NH}_3/17)]$ , измеряемое на выпускном патрубке для жидкостного десорбера, где мас.%  $\text{NH}_3$  включает все виды аммиака, в том числе карбамат аммония. Специалист понимает, что "коэффициент полезного действия десорбции" относится к чистоте карбамида на выпускном патрубке для жидкости десорбера, а не к энергетической эффективности десорбера.

Конденсация в конденсаторе карбамата относится к так называемой конденсации карбамата, которая включает реакцию  $\text{NH}_3$  и  $\text{CO}_2$  с образованием карбамата аммония, который представляет собой жидкость, так что фактически газообразные  $\text{NH}_3$  и  $\text{CO}_2$  превращаются в карбамат в жидкой фазе. Разложение карбамата относится к реакции диссоциации карбамата на  $\text{NH}_3$  и  $\text{CO}_2$ .

Как обсуждалось выше, данное изобретение относится к технологическому процессу и установке для производства карбамида, использующим десорбер  $\text{CO}_2$  высокого давления, блок обработки среднего давления ниже по потоку и диссоциатор среднего давления, принимающий раствор для синтеза карбамида из реактора, при этом газ из блока обработки и диссоциатора конденсируется в первом конденсаторе, а отходящий газ из секции синтеза конденсируется отдельно во втором конденсаторе. Описан также способ реконструкции.

### Пример

Теперь изобретение будет дополнительно проиллюстрировано с помощью следующего примера, не имеющего ограничительного характера. Этот пример не ограничивает данное изобретение и не ограничивает формулу изобретения.

#### Пример 1.

В технологическом процессе согласно чертежу второй конденсатор карбамата СД работает при температуре  $93^\circ\text{C}$  и под давлением 21 бар и выдает раствор карбамата с 36 мас.%  $\text{NH}_3$ , 37 мас.%  $\text{CO}_2$  (как в свободном виде, так и в виде карбамата для  $\text{NH}_3$  и  $\text{CO}_2$ ) и 26 мас.%  $\text{H}_2\text{O}$ , который поступал, подавался в первый конденсатор карбамата СД. Первый конденсатор карбамата СД работал при температуре  $114^\circ\text{C}$  и под давлением 24 бар и давал раствор карбамата, содержащий 38 мас.%  $\text{NH}_3$ , 42 мас.%  $\text{CO}_2$  и 19 мас.%  $\text{H}_2\text{O}$  (процентное содержание как в свободном виде, так и в виде карбамата для  $\text{NH}_3$  и  $\text{CO}_2$ ), который может поступать на синтез ВД с благоприятным низким содержанием воды.

### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Установка для производства карбамида, содержащая секцию (HPSS) синтеза высокого давления (ВД), содержащую десорбер (HPS) ВД, зону (HPR) реакции для получения карбамида из  $\text{NH}_3$  и  $\text{CO}_2$  и зону (HPCC) конденсации, причем десорбер (HPS) ВД содержит впускной патрубок для подачи  $\text{CO}_2$  в качестве десорберного газа, установка дополнительно содержит блок (MPTU) обработки среднего давления (СД), диссоциатор (MPD) СД, первую секцию (MPCC-1) конденсации карбамата СД и вторую секцию (MPCC-2) конденсации карбамата СД, первую линию (1a) подачи раствора карбамида из указанной зоны (HPR) реакции в указанный десорбер (HPS) ВД и вторую линию (1b) подачи раствора карбамида из указанной зоны (HPR) реакции в указанный диссоциатор (MPD) СД, при этом установка содержит линию потока жидкости для подачи десорбированного раствора карбамида (2) из указанного десорбера (HPS) ВД в указанный блок (MPTU) обработки СД,

при этом блок (MPTU) обработки СД содержит выпускной патрубок для газа для первого потока (4) газа СД, при этом диссоциатор (MPD) СД содержит выпускной патрубок для газа для второго потока (5) газа СД, и при этом секция (HPSS) синтеза ВД содержит выпускной патрубок для газа и элемент (VI) понижения давления для третьего потока (14, 14a) газа СД, и при этом два потока газа, выбранные из группы, состоящей из указанных первого, второго и третьего потока газа СД, объединяются и конденсируются в указанной первой секции (MPCC-1) конденсации карбамата СД.

2. Установка для производства карбамида по п.1, отличающаяся тем, что указанная первая секция (MPCC-1) конденсации карбамата СД выполнена с возможностью приема указанного первого потока (4) газа СД из указанного блока (MPTU) обработки СД и указанного второго потока (5) газа СД из указанного диссоциатора (MPD) СД, и при этом указанная вторая секция (MPCC-2) конденсации карбамата СД принимает указанный третий поток (14) газа СД, предпочтительно при этом указанная вторая секция (MPCC-2) конденсации карбамата СД содержит конденсатор, газоочиститель и/или поглотитель.

3. Установка для производства карбамида по любому из предшествующих пунктов, отличающаяся тем, что указанный блок (MPTU) обработки СД представляет собой испарительную емкость.

4. Установка для производства карбамида по любому из предшествующих пунктов, дополнительно содержащая:

линию (7) потока жидкости для подачи раствора карбамида из указанного блока (MPTU) обработки СД в диссоциатор (LPD) низкого давления;

линию (12) подачи газа из указанного диссоциатора (LPD) низкого давления в конденсатор (LPCC) карбамата низкого давления;

линию (13) потока жидкости для подачи раствора карбамата из указанного конденсатора (LPCC) карбамата низкого давления в указанную вторую секцию (MPCC-2) конденсации карбамата СД;

линию (15) потока жидкости для подачи раствора карбамата из указанной второй секции (MPCC-2) конденсации карбамата СД в указанную первую секцию (MPCC-1) конденсации карбамата СД;

линию (9) потока жидкости для подачи раствора карбамата из указанной первой секции (MPCC-1) конденсации карбамата СД в указанную секцию (HPSS) синтеза высокого давления (ВД).

5. Установка для производства карбамида по любому из предшествующих пунктов, дополнительно содержащая зону (PEV) нагрева для нагрева раствора карбамида для удаления воды и предпочтительно линию (11a) потока жидкости для подачи раствора карбамида из указанного диссоциатора (LPD) низкого давления в указанную зону (PEV) нагрева, при этом указанная зона (PEV) нагрева находится в теплообменном контакте по меньшей мере с частью указанной первой секции (MPCC-1) конденсации карбамата

СД; предпочтительно при этом указанная первая секция (МРСС-1) конденсации карбамата СД по меньшей мере частично выполнена в кожухотрубном теплообменнике с конденсируемым газом в кожухе и нагреваемым раствором (11а) карбамида в трубах.

6. Установка для производства карбамида по любому из предшествующих пунктов, дополнительно содержащая десорбер (МРС)  $\text{CO}_2$  СД и линию (8) потока жидкости для подачи раствора карбамида из указанного диссоциатора (МРД) СД в указанный десорбер (МРС)  $\text{CO}_2$  СД.

7. Установка для производства карбамида по п.6, дополнительно содержащая линию (17) подачи газа из указанного десорбера (МРС)  $\text{CO}_2$  СД в указанную первую секцию (МРСС-1) конденсации карбамата СД.

8. Установка для производства карбамида по любому из предшествующих пунктов, отличающаяся тем, что вторая секция (МРСС-2) конденсации СД содержит кожухотрубный теплообменник и расположенный ниже по потоку газожидкостный сепаратор, а также в качестве варианта поглотитель, принимающий газ из указанного сепаратора.

9. Установка для производства карбамида по любому из предшествующих пунктов, отличающаяся тем, что газ (10) из первой секции (МРСС-1) конденсации карбамата СД поступает также во вторую секцию (МРСС-2) конденсации карбамата СД;

и тем, что газ (18) из второй секции (МРСС-2) конденсации СД поступает в поглотитель, предпочтительно поглотитель низкого давления.

10. Способ производства карбамида, осуществляемый в установке для производства карбамида по любому из предшествующих пунктов, включающий подачу первой части (1а) раствора для синтеза карбамида из зоны (НРР) реакции в десорбер (НРС) ВД и десорбцию раствора карбамида в указанном десорбере (НРС) с помощью  $\text{CO}_2$  в качестве десорберного газа для получения десорбированного раствора (2) карбамида, и подачу десорбированного раствора (2) карбамида в блок (МРТУ) обработки СД для получения первого потока (4) газа СД и обработанного раствора (7) карбамида, и подвергание второй части (1б) раствора для синтеза карбамида из зоны (НРР) реакции разложению карбамата путем нагрева в диссоциаторе (МРД) СД для получения второго потока (5) газа СД и раствора (8) карбамида СД, и получение третьего потока (14) газа СД из секции (НРР) синтеза ВД путем понижения давления, при этом способ включает объединение и конденсацию двух потоков газа, выбранных из группы, состоящей из указанных первого, второго и третьего потоков (4, 5, 14) газа СД в первой секции (МРСС-1) конденсации карбамата СД,

при этом способ предпочтительно включает объединение и конденсацию первого и второго потоков (4, 5) газа в указанной первой секции (МРСС-1) конденсации карбамата СД и подвергание третьего потока газа конденсации во второй секции (МРСС-2) конденсации карбамата СД.

11. Способ производства карбамида по п.10, отличающийся тем, что указанная первая секция (МРСС-1) конденсации карбамата СД работает под более высоким давлением, чем указанная вторая секция (МРСС-2) конденсации карбамата СД.

12. Способ производства карбамида по любому из пп.10-11, отличающийся тем, что указанная первая секция (МРСС-1) конденсации карбамата СД работает под давлением, которое на 1-10 бар выше, чем рабочее давление указанной второй секции (МРСС-2) конденсации карбамата СД.

13. Способ производства карбамида по любому из пп.10-12, отличающийся тем, что указанная первая секция (МРСС-1) конденсации карбамата СД работает под давлением 15-35 бар;

отличающийся тем, что указанный блок (МРТУ) обработки СД работает под давлением 15-35 бар и предпочтительно представляет собой адиабатическую испарительную емкость, работающую под тем же давлением или более высоким давлением, что и первая секция (МРСС-1) конденсации карбамата СД;

и отличающийся тем, что указанная вторая секция (МРСС-2) конденсации карбамата СД работает под давлением 15-35 бар.

14. Способ производства карбамида по любому из пп.10-13, отличающийся тем, что десорбер (НРС) ВД работает с коэффициентом полезного действия десорбции в диапазоне 0,65-0,80.

15. Способ модификации существующей установки для производства карбамида, содержащей секцию (НРСС) синтеза высокого давления (ВД), содержащую десорбер (НРС) ВД, зону (НРР) реакции для получения карбамида из  $\text{NH}_3$  и  $\text{CO}_2$  и зону (НРСС) конденсации, при этом десорбер (НРС) ВД содержит выпускной патрубок для подачи  $\text{CO}_2$  в качестве десорберного газа, а секция (НРСС) синтеза ВД содержит выпускной патрубок для газа, установка содержит первую линию (1а) подачи раствора карбамида из указанной зоны (НРР) реакции в указанный десорбер (НРС) ВД,

включающий добавление, если они еще не присутствуют в установке, следующих узлов и соединений:

блок (МРТУ) обработки среднего давления (СД), содержащий выпускной патрубок для первого потока (4) газа СД,

диссоциатор (МРД) СД, содержащий выпускной патрубок для второго потока (5) газа СД,

первая секция (МРСС-1) конденсации карбамата СД и вторая секция (МРСС-2) конденсации карбамата СД,

и вторая линия (1b) подачи раствора карбамида из указанной зоны реакции (HPR) в указанный диссоциатор (MPD) СД,

элемент (V1) понижения давления для газа из указанного выпускного патрубка указанной секции (HPSS) синтеза ВД, дающий третий поток (14) газа СД,

линия потока жидкости для подачи десорбированного раствора (2) карбамида из указанного десорбера (HPS) ВД в указанный блок (MPTU) обработки СД,

способ дополнительно включает выполнение установки таким образом, что два потока газа, выбранных из группы, состоящей из указанных первого, второго и третьего потоков (4, 5, 15) газа СД, объединяют и конденсируют в первой секции (MPCC-1) конденсации карбамата СД, а один поток газа, выбранный из указанной группы (4, 5, 15), конденсируют отдельно во второй секции (MPCC-2) конденсации карбамата СД,

предпочтительно путем выполнения первой секции (MPCC-1) конденсации карбамата СД с возможностью приема указанного первого потока (4) газа СД из указанного блока (MPTU) обработки СД и указанного второго потока (5) газа СД из указанного диссоциатора (MPD) СД и выполнения второй секции (MPCC-2) конденсации карбамата СД с возможностью приема указанного третьего потока (14) газа СД.

16. Способ модификации существующей установки для производства карбамида по п.15, отличающийся тем, что существующая установка содержит блок (MPTU) обработки среднего давления (СД), содержащий выпускной патрубок для первого потока (4) газа СД, первую секцию (MPCC-1) конденсации карбамата СД и линию потока жидкости для подачи десорбированного раствора (2) карбамида из указанного десорбера (HPS) ВД в указанный блок (MPTU) обработки СД, элемент (V1) понижения давления для газа из указанного выпускного патрубка для газа указанной секции (HPSS) синтеза ВД, дающий третий поток (14) газа СД, при этом способ включает предоставление

диссоциатора (MPD) СД, содержащего выпускной патрубок для второго потока (5) газа СД, и второй секции (MPCC-2) конденсации карбамата СД, и

второй линии (1b) подачи раствора карбамида из указанной зоны (HPR) реакции в указанный диссоциатор (MPD) СД,

и выполнение первой секции (MPCC-1) конденсации карбамата СД с возможностью приема указанного первого потока (4) газа СД из указанного блока (MPTU) обработки СД и указанного второго потока (5) газа СД из указанного диссоциатора (MPD) СД и выполнение второй секции (MPCC-2) конденсации карбамата СД с возможностью приема указанного третьего потока (14) газа СД из секции (HPSS) синтеза ВД.

