

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **043041**(13) **B9**

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

(15) Информация об исправлении  
**Версия исправления: 1 (W1 B1)**  
**исправления в формуле: п.13**

(48) Дата публикации исправления  
**2023.05.30, Бюллетень №5'2023**

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2023.04.20**

(21) Номер заявки  
**202291511**

(22) Дата подачи заявки  
**2020.12.30**

(51) Int. Cl. **C07C 273/04** (2006.01)  
**C07C 273/14** (2006.01)  
**B01D 53/58** (2006.01)  
**B01D 53/00** (2006.01)

---

**(54) УДАЛЕНИЕ АММИАКА ИЗ ДОВОДОЧНОЙ СЕКЦИИ КАРБАМИДА**

---

(31) **19220059.0**

(32) **2019.12.30**

(33) **EP**

(43) **2022.09.19**

(86) **PCT/NL2020/050825**

(87) **WO 2021/137700 2021.07.08**

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

(72) Изобретатель:  
**Патил Рахуль, Маник Бранислав,  
Симонс Петрус Анна Мария Робертус  
(NL)**

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

(56) POTTHOFF M. "Innovative ammonia emission reductions", INTERNET CITATION, 1 July 2008, (2008-07-01), pages 39-41, XP002525996, ISSN: 1750-6891, Retrieved from the Internet: URL:[http://www.uhde-fertilizer-technology.com/fileadmin/Userfiles/2008-Jul-Aug\\_nitrogen\\_syngas.pdf](http://www.uhde-fertilizer-technology.com/fileadmin/Userfiles/2008-Jul-Aug_nitrogen_syngas.pdf), [retrieved on 2009-04-24], cited in the application, page 39; figure 1, page 40, chapter Ammonia Convert Technology  
WO-A1-2010060535  
EP-A1-3020702

(57) В изобретении описан способ удаления аммиака из отходящего газа доводочной секции установки по производству карбамида. Кроме того, приведено описание соответствующей установки по производству карбамида и способа соответствующей модификации ранее существующей установки по производству карбамида. В секции очистки отходящий газ приводят в контакт с кислотосодержащей очищающей жидкостью с получением очищенного отходящего газа и отработавшей очищающей жидкости, содержащей соль аммония. В способе определена секция испарения, которая является частью установки по производству карбамида, в которой получают плава карбамида, и которая разделена на первую и вторую ступени. Первая ступень является частью установки по производству плава карбамида. Вторая ступень разбединена в части рециркуляции жидкостей, отличных от продуктового потока карбамида, из установки по производству плава карбамида. Это достигается путем направления отработавшей очищающей жидкости, содержащей соли аммония, к секции испарения второй ступени и путем направления сконденсированных паров из указанной секции испарения второй ступени к указанной секции очистки.

**B9****043041****043041****B9**

### Область применения изобретения

Изобретение относится к области удаления аммиака из отходящего газа доводочной секции установки по производству карбамида. В частности, изобретение относится к обработке раствора соли аммония, полученного в результате такого удаления аммиака.

### Предпосылки создания изобретения

Карбамид производят из аммиака и диоксида углерода. Современное производство карбамида включает относительно чистые процессы с особо низким выбросом пыли карбамида и аммиака. Однако помимо химического синтеза карбамида при производстве карбамида в коммерческом масштабе необходимо, чтобы карбамид был представлен в подходящей твердой форме - в форме частиц. Для этого производство карбамида включает стадию доводки, на которой плав карбамида приобретает требуемую форму твердых частиц, по существу, посредством любого из приллирования, гранулирования или пеллетирования. В результате этих процессов высвобождается аммиак, который затем попадает в поток отходящего газа доводки карбамида. Обычно после очистки в системе очистки этот воздух выпускают в атмосферу.

С учетом возросшего спроса на производство карбамида и ужесточения законодательных и природоохранных требований, направленных на снижение уровня выбросов аммиака, желателен предотвращать намеренное выделение аммиака на стадии доводки карбамида или удалять такой аммиак. Как правило, это невозможно осуществить просто путем очистки водой. Более того, в некоторых из этих процессов доводки, в частности гранулирования и приллирования, в качестве охлаждающего агента в больших количествах используют атмосферный воздух. В результате концентрация аммиака в таких отводимых потоках воздуха является низкой, что еще более затрудняет удаление аммиака. Например, для высокопроизводительной установки, выпускающей более 3500 метрических тонн в сутки, расход воздуха обычно составляет порядка 750 000 Нм<sup>3</sup>/ч. Типичная концентрация аммиака в данном случае составляет 100 мг/Нм<sup>3</sup>. Существующий уровень техники в данной области предусматривает удаление аммиака путем кислотной очистки. Как правило, при этом необходима дополнительная секция очистки, расположенная ниже по потоку от секции очистки водой. Таким образом, для вымывания аммиака используется кислота, такая как серная кислота или азотная кислота, что приводит к формированию раствора соли аммония. Этот раствор можно выводить за границы установки, но предпочтительной является его обработка путем регенерации в процессе производства карбамида. В последнем случае после удаления воды соль повторно обрабатывают в доводочной секции карбамида вместе с исходным плавом карбамида.

Однако регенерация солей аммония в процессе производства карбамида не является простой задачей.

В качестве справочного материала используется публикация M Potthoff, Nitrogen + Syngas, [online], July. August 2008, pages 39-41. На фиг. 1 показана объединенная система, состоящая из скруббера улавливания пыли и кислотного скруббера. Аммиак поглощается в секции кислотной очистки и превращается в сульфат аммония. Раствор сульфата аммония добавляют к рециркуляционному потоку, который подают назад в секцию испарения. Раствор сульфата аммония там смешивают с плавом карбамида из секции синтеза карбамида. Конденсат, полученный из секции испарения, направляют в указанную объединенную систему, состоящую из скруббера улавливания пыли и кислотного скруббера.

Этот процесс имеет несколько недостатков. Они рассмотрены в WO 2010/060535, где также указывается, помимо прочего, что в вышеупомянутом описании водяной баланс в системе является критическим параметром. При его нарушении синтезированный карбамид будет загрязнен солью аммония. Или в альтернативном варианте осуществления потребуется обработка большого количества сточной воды. На практике процесс, описанный выше на фиг. 1, приводит к образованию больших количеств конденсата, загрязненного солью аммония. Как правило, это вызвано уносом соли в паре, предназначенном для конденсации. Как показано в WO 2010/060535, в процессе производства карбамида следует избегать образования солей аммония, поскольку их сложно обрабатывать в существующих установках по производству карбамида. Например, концентрирование раствора соли аммония в существующей секции испарения установки по производству плава карбамида считается нецелесообразным. Поскольку это приводит к загрязнению солью технологических потоков в установке по производству карбамида, возникают проблемы коррозии. Более того, эти проблемы не ограничиваются технологическими потоками, но могут также влиять на оборудование в паровом контуре установки по производству карбамида. В установке по производству карбамида обычно обеспечена секция очистки воды. Регенерированная соль аммония также попадает в очищенный технологический конденсат, поступающий из указанной секции очистки воды, которую часто используют в качестве подпиточной воды для парогенерирующих бойлеров. Таким образом, проблемы коррозии, связанные с наличием солей аммония, могут распространяться и на эти бойлеры.

На практике, как объясняется в WO 2010/060535, традиционное оборудование для производства карбамида обладает лишь ограниченным набором вариантов для сокращения выбросов газообразного аммиака из установки гранулирования: сброс разбавленного раствора соли аммония в поток сточной воды; повышение концентрации разбавленного раствора соли аммония до концентрации, которую можно использовать на других предприятиях, например для производства удобрений (NPK); производство удобрения с UAS (карбамид и сульфат аммония) с высоким содержанием серы; производство раствора

UAN (карбамид и нитрат аммония).

Все эти альтернативные варианты осуществления требуют значительных капиталовложений и изменений в рабочих условиях или приводят к изменению композиции и характеристик продукта. Все вышеуказанные варианты приводят к получению новых продуктов, которые требуют дополнительных средств для транспортировки и погрузки-выгрузки, а также больших объемов дорогостоящих энергоресурсов.

В вышеупомянутом описании Potthoff 2008 не предложено решение по обработке неизбежно больших количеств воды, содержащей сульфат аммония, которые будут образованы в доводочной секции. Для решения этой проблемы в WO 2010/060535 в доводочную секцию установки по производству карбамида предлагается включить относительно сложную систему очистки, включая отдельную секцию испарения. По существу, система очистки сама по себе представляет собой полную закрытую систему и, следовательно, полностью отделена от синтеза карбамида.

Недостаток заключается в том, что доводочная секция карбамида, или отдельная установка для доводки карбамида, должна быть обеспечена дополнительным оборудованием, предназначенным для выпаривания, по существу, раствором карбамида, раствора соли аммония.

Настоящее изобретение относится к способу удаления аммиака из доводочной секции карбамида, включающему нейтрализацию аммиака кислотой, как и в существующей стандартной методике. Таким образом, в изобретении предлагается способ, позволяющий избежать установки дополнительной секции испарения, но также позволяющий избежать загрязнения технологических потоков в установке по производству карбамида.

### **Изложение сущности изобретения**

Для более эффективного решения одной или более из вышеупомянутых проблем в одном аспекте предложен способ удаления аммиака из отходящего газа доводочной секции установки по производству карбамида, в котором в доводочной секции плав карбамида преобразуют в твердые карбамидные продукты с получением таким образом содержащего аммиак отходящего газа; указанный плав карбамида получают путем выпаривания воды из водного раствора карбамида в секции испарения первой ступени с образованием концентрированного раствора карбамида и дополнительного испарения воды из указанного концентрированного раствора карбамида в секции испарения второй ступени с образованием плава карбамида; причем способ включает приведение отходящего газа в контакт с кислотосодержащей очищающей жидкостью с получением очищенного отходящего газа и отработавшей очищающей жидкости, содержащей соль аммония; при этом способ включает направление отработавшей очищающей жидкости в указанную секцию испарения второй ступени, в которой она подвергается выпариванию воды, что приводит к получению концентрированного раствора карбамида.

В другом аспекте в изобретении предложен способ производства твердого карбамида, включающий получение водного раствора карбамида, выпаривание воды из указанного водного раствора в секции испарения первой ступени с образованием концентрированного раствора карбамида, дополнительное выпаривание воды из концентрированного раствора карбамида в секции испарения второй ступени с образованием плава карбамида и доводка плава карбамида с преобразованием его в твердые карбамидные продукты с получением таким образом содержащего аммиак отходящего газа; приведение указанного отходящего газа в контакт с кислотосодержащей очищающей жидкостью с получением очищенного отходящего газа и отработавшей очищающей жидкости, содержащей соль аммония; причем способ включает направление отработавшей очищающей жидкости в указанную секцию испарения второй ступени, в которой она подвергается выпариванию воды, что приводит к получению концентрированного раствора карбамида.

В еще одном аспекте в изобретении предлагается способ модификации существующей установки по производству карбамида, в котором существующая установка содержит секцию для производства плава карбамида, имеющую соединение по жидкому карбамиду с доводочной секцией для преобразования плава карбамида в твердые карбамидные продукты, причем секция для производства содержит секцию испарения для преобразования полученного водного раствора карбамида в плав карбамида и секцию очистки воды, расположенную ниже по потоку относительно секции испарения, при этом указанная секция испарения содержит выходной канал для жидкости для направления сконденсированных паров в секцию очистки воды, причем способ включает адаптацию секции испарения так, чтобы обеспечить секцию испарения первой ступени, имеющую выходной канал для жидкости для концентрированного раствора карбамида и выходной канал для газа к конденсатору первой ступени, и секцию испарения второй ступени, расположенную ниже по потоку относительно секции испарения первой ступени, при этом указанная секция испарения второй ступени содержит испаритель второй ступени, имеющий выходной канал для газа к соответствующему конденсатору второй ступени, причем конденсатор первой ступени имеет выходной канал для жидкости для направления сконденсированных паров в секцию очистки воды, при этом способ дополнительно включает обеспечение секции испарения второй ступени соединением с выходным каналом для отработавшей очищающей жидкости из системы очистки доводочной секции, в частности для отработавшей очищающей жидкости, которая содержит соль аммония, и обеспечение соответствующего конденсатора второй ступени соединением для направления сконденсированных паров

в систему очистки в доводочной секции.

В еще одном дополнительном аспекте в изобретении предлагается установка по производству твердых карбамидных продуктов, причем установка содержит секцию для производства плава карбамида, имеющую соединение по жидкому карбамиду с доводочной секцией для преобразования плава карбамида в твердые карбамидные продукты, при этом секция для производства содержит секцию испарения для преобразования полученного водного раствора карбамида в плава карбамида и секцию очистки воды, расположенную ниже по потоку относительно секции испарения, причем указанная секция испарения содержит секцию испарения первой ступени, содержащую испаритель первой ступени, имеющий выходной канал для жидкости для концентрированного раствора карбамида и выходной канал для газа к конденсатору первой ступени, и секцию испарения второй ступени, расположенную ниже по потоку относительно секции испарения первой ступени и содержащую испаритель второй ступени и конденсатор второй ступени, при этом конденсатор первой ступени имеет выходной канал для жидкости для направления сконденсированных паров в секцию очистки воды, причем испаритель второй ступени имеет соединение с выходным каналом для отработавшей очищающей жидкости из системы очистки доводочной секции, и при этом указанный испаритель второй ступени имеет выходной канал для газа к конденсатору второй ступени, причем указанный конденсатор второй ступени имеет соединение по жидкости для направления сконденсированных паров в систему очистки в доводочной секции.

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

На фиг. 1 показана схема обработки раствора соли аммония из доводочной секции карбамида в соответствии с настоящим изобретением.

На фиг. 2 показана схема обработки по фиг. 1 в варианте осуществления, включая рециркуляцию сконденсированных паров из секции испарения в секцию обработки отходящего газа доводки карбамида.

#### **Подробное описание изобретения**

Настоящее изобретение в широком смысле позволяет рециркулировать раствор соли аммония из секции обработки отходящего газа доводки карбамида назад в существующую секцию испарения установки по производству плава карбамида, таким образом можно уменьшить и предпочтительно устранить риск загрязнения солью технологических потоков в установке по производству плава карбамида.

Далее в настоящем описании сначала будет приведена ссылка на способ изобретения. Она, по существу, относится к описанному выше способу удаления аммиака, а также к способу производства твердого карбамида. Если не указано иное, описанные таким образом варианты осуществления применимы ко всем способам, описанным в настоящем документе, а также к установке настоящего изобретения и способу модификации установки. В той части, в которой эти варианты осуществления сформулированы в терминах стадий процесса, следует понимать, что эти формулировки относятся к соответствующим признакам установки, приемлемым для осуществления таких стадий процесса.

В той части, в которой в настоящем описании говорится о "связи по текучей среде", это относится к любой связи между первой частью или секцией установки и второй частью или секцией установки, посредством которой текучие среды, включая жидкости или газы, могут перетекать из первой части установки во вторую часть установки. В случае жидкостей такая связь по текучей среде обычно обеспечивается трубопроводными системами, шлангами или другими устройствами для транспортировки текучих сред, которые хорошо известны специалистам в данной области. В случае газов такая связь по текучей среде обычно обеспечивается газопроводными линиями. Как правило, такие газопроводные линии содержат трубопроводные системы, каналы или другие устройства, хорошо известные специалистам в данной области в контексте транспортировки газов, если необходимо, при давлениях выше или ниже (вакуум) атмосферного давления. "Входной канал для жидкости" представляет собой впускной патрубок, подходящий для ввода жидкости. "Выходной канал для жидкости" представляет собой выпускной патрубок, подходящий для вывода жидкости. Аналогично "входной канал для газа" и "выходной канал для газа" обеспечивают ввод и вывод газа соответственно. Термины "газ" и "пар" используются взаимозаменяемо, при этом термин "пар" обычно используют для указания на наличие воды в газообразном состоянии.

Как правило, твердый карбамидный продукт может содержать до 5 мас.% загрязняющих примесей и/или твердых компонентов, отличных от карбамида, и это затрудняет включение солей аммония, если только задачей не является получение комбинированного продукта, такого как UAS.

Следует понимать, что способ настоящего изобретения приводит к включению соли аммония в продуктовый поток карбамида установки по производству карбамида. Однако целесообразно обеспечить это на стадии, в которой продуктовый поток карбамида находится в форме концентрированного водного раствора карбамида, т.е. водного раствора, имеющего более высокую концентрацию карбамида, чем водный раствор карбамида, полученный на стадии синтеза карбамида, перед его выпариванием. В результате количество соли, включенной в продуктовый поток карбамида, составляет относительно меньшее количество по отношению к количеству карбамида в указанном потоке. Твердый карбамидный продукт настоящего изобретения содержит, например, по меньшей мере 46 мас.% N и содержит, например, от 0,10 до 5 мас.% соли аммония. Твердый карбамидный продукт может содержать, например, до 5,0 мас.% твердых компонентов, отличных от карбамида, например, включая микроэлементы. В некоторых вариантах осуществления твердый карбамидный продукт может быть описан как удобрение UAS (удобрение из

карбамида и сульфата аммония).

Это основано на разумном стремлении не направлять циркулирующие соли аммония выше по потоку от секции окончательного испарения, а направлять их в расположенный ниже по потоку испаритель. Соответственно, как указано выше, способ настоящего изобретения включает направление отработавшей очищающей жидкости в секцию испарения второй ступени. Следует понимать, что направление отработавшей очищающей жидкости в секцию испарения второй ступени означает, что эту жидкость направляют в указанную секцию испарения второй ступени без прохождения через секцию испарения первой ступени. На практике секция испарения второй ступени, по определению, образована испарителем, в который направляют раствор соли аммония, и всеми испарителями, расположенными ниже по потоку. Отработавшая очищающая жидкость содержит карбамид и сульфат аммония.

Способ включает направление по меньшей мере части, а предпочтительно всей отработавшей очищающей жидкости в секцию испарения второй ступени путем добавления указанной отработавшей очищающей жидкости к концентрированному раствору карбамида, причем, например, 90-98 мас.% карбамида образуются в секции испарения первой ступени, при этом секция испарения первой ступени предпочтительно работает под давлением менее 1,0 бар абс. (абсолютное давление). Способ предпочтительно включает направление концентрированного раствора карбамида из секции испарения первой ступени через трубопроводную линию в указанную секцию испарения второй ступени и добавление указанной отработавшей очищающей жидкости к концентрированному раствору карбамида, например находящемуся в указанной трубопроводной линии между секцией испарения первой ступени и секцией испарения второй ступени. Способ предпочтительно включает концентрирование раствора карбамида, например из стриппера высокого давления, путем удаления воды посредством выпаривания так, чтобы уменьшить содержание воды по меньшей мере на 10 процентных пунктов, с получением концентрированного раствора карбамида, и добавление по меньшей мере части, а предпочтительно всей отработавшей очищающей жидкости, содержащей соли аммония, к указанному концентрированному раствору карбамида выше по потоку относительно дополнительной стадии испарения для еще большего концентрирования раствора карбамида, при этом дополнительную стадию испарения осуществляют при низком давлении, например ниже 20 кПа или ниже 10 кПа.

Чтобы воспользоваться преимуществами изобретения, не требуется подвергать рециркуляции всю отработавшую очищающую жидкость, содержащую соли аммония в соответствии с описанием. Вполне допустимо собирать часть указанной отработавшей очищающей жидкости где-то в другом месте, например, направлять ее к границам установки. Как правило, по меньшей мере 25% отработавшей очищающей жидкости из секции кислотной очистки направляют в секцию испарения второй ступени, например, по меньшей мере 50%, предпочтительно по меньшей мере 75%, например от 95% до 100 мас.%. Более предпочтительно направлять, по существу, всю указанную отработавшую очищающую жидкость в секцию испарения второй ступени.

Предпочтительно способ включает добавление отработавшей очищающей жидкости к концентрированному раствору карбамида, полученному из испарителя первой ступени. В другом предпочтительном варианте отработавшую очищающую жидкость добавляют к концентрированному раствору карбамида в трубопроводной линии между испарителем первой ступени и испарителем второй ступени.

Обычно такие секции испарения содержат по меньшей мере два последовательно размещенных испарителя, и такое условие является обязательным для установок с реализацией настоящего способа. При реализации способа настоящего изобретения в установке по производству карбамида, имеющей два указанных испарителя, первый расположенный выше по потоку испаритель будет функционировать в качестве секции испарения первой ступени. В этом случае второй расположенный ниже по потоку испаритель будет функционировать в качестве секции испарения второй ступени. Следует отметить, что секции испарения первой ступени и второй ступени настоящего изобретения предпочтительно содержат вакуумные испарители. В установке по производству карбамида секция регенерации, чаще секция регенерации низкого давления, может содержать испаритель, как правило, предварительный испаритель. Предварительно испаритель работает, например, при температурах от 80 до 100°C и/или позволяет получать концентрированный раствор карбамида, содержащий, например, 70-85 мас.% карбамида, например 75-85 мас.% карбамида (включая биурет). Следует понимать, что указанный испаритель не функционирует как часть секции испарения. Секция испарения, включающая секции испарения первой и второй ступени настоящего изобретения, по существу, размещена ниже по потоку от секции синтеза карбамида (в которой получают водный раствор карбамида), служит для получения плава карбамида и расположена выше по потоку относительно доводочной секции карбамида (секции затвердевания плава карбамида).

Секции испарения в соответствии с настоящим изобретением на одной или обеих стадиях необязательно содержат более двух последовательно размещенных испарителей. Затем способ изобретения можно применять путем направления раствора соли аммония в любой из испарителей, расположенных ниже по потоку относительно первого испарителя. В результате выше по потоку относительно испарителя, в который направляют раствор соли аммония, располагают один или более испарителей. Соответственно, эти один или более расположенных выше по потоку испарителей соответственно формируют секцию испарения первой ступени.

Секция испарения второй ступени, по определению, образована испарителем, в который направляют раствор соли аммония, и всеми испарителями, расположенными ниже по потоку.

Обычно вода, испаренная в секции испарения установки по производству карбамида, подвергается конденсации. Сконденсированные пары рециркулируют, по существу, в секцию очистки воды. Как упоминалось выше, присутствие солей аммония в процессе производства карбамида влечет за собой риск негативного воздействия на паровой контур установки по производству карбамида. В результате направления раствора соли аммония на секцию испарения второй ступени воду, удаленную в секции испарения первой ступени, можно рециркулировать традиционным способом без возникновения указанного риска.

Таким образом, следует отметить, что присутствие в жидкости (неорганических) солей аммония (таких как сульфат аммония или нитрат аммония) может приводить к появлению солей аммония в сконденсированных парах в результате уноса. Таким образом, если не уделять этой проблеме должного внимания, соли аммония могут попадать в систему очистки сточной воды. Настоящее изобретение основано на разумном понимании того, что количество воды, удаляемой в секции испарения второй ступени, значительно ниже, чем в секции испарения первой ступени. Авторы изобретения обнаружили, что посредством добавления очищающей жидкости из доводочной секции в секцию испарения второй ступени можно сохранить водный баланс и при этом избежать загрязнения процесса производства карбамида солью аммония.

По существу, секция испарения второй ступени становится неотъемлемой частью доводочной секции, оставаясь при этом частью установки для синтеза карбамида (т.е. установки по производству плава карбамида). Секция испарения второй ступени и доводочная секция образуют замкнутый контур по отношению к потокам, содержащим соли аммония.

Таким образом, настоящее изобретение имеет дополнительное преимущество в контексте производства карбамида, особенно в области удобрений. К удобрениям на основе карбамида часто добавляют дополнительные питательные вещества. С учетом идей настоящего изобретения эти питательные вещества можно добавлять в плав карбамида перед его направлением в доводочную секцию. В традиционных установках по производству карбамида это невозможно. Настоящее изобретение позволяет добавлять любые легкорастворимые в воде питательные вещества. На практике преимущественно можно добавлять любые интенсификаторы процесса доводки без негативного влияния на процесс синтеза карбамида.

Еще одно дополнительное преимущество относится к применению, по устоявшемуся обыкновению, в области производства формальдегида в качестве гранулированной добавки. В традиционной конфигурации установки по производству плава карбамида/установки гранулирования раствор карбамида рециркулируют из установки гранулирования в установку для синтеза карбамида (установку по производству плава карбамида). Этот раствор в результате применения формальдегида при гранулировании неизбежно содержит небольшое количество карбамидоформальдегида (UF). После обработки этого раствора карбамида в испарителях небольшое количество UF затем также попадает в секцию очистки воды установки по производству плава карбамида. В этом случае часть UF разлагается над гидролизером, что приводит к образованию муравьиной кислоты. Муравьиная кислота вступает в реакцию с аммиаком с образованием формиата аммония. Ограничение наиболее низкой концентрации солей аммония, которую можно получить в очищенном технологическом конденсате, обусловлено наличием формиата аммония в секции очистки воды. Настоящее изобретение также решает эту проблему, а именно - раствор карбамида из установки гранулирования, содержащий соль аммония, а также небольшое количество UF, возвращают обратно в секцию испарения второй ступени.

С учетом вышеизложенного предпочтительно избегать рециркуляции сконденсированных паров, полученных из секции испарения второй ступени, в секцию очистки воды. Подразумевается секция испарения, в которую направляют раствор соли аммония. Таким образом, способ настоящего изобретения предпочтительно включает направление конденсата пара, полученного из секции испарения второй ступени, в систему очистки доводочной секции, предпочтительно в скруббер, где отходящий газ приводят в контакт с кислотосодержащей очищающей жидкостью.

Как упоминалось выше, секция испарения второй ступени необязательно содержит более одного испарителя, которые последовательно соединены. В этом варианте осуществления предпочтительно направлять по меньшей мере конденсат пара из самого нижнего по потоку испарителя секции испарения второй ступени в систему очистки доводочной секции. Предпочтительно направлять конденсат пара из множества и предпочтительно всех испарителей секции испарения второй ступени в систему очистки доводочной секции. Преимущество этого варианта заключается в том, что остатки соли аммония гарантированно не попадают в воду и паровой контур установки по производству карбамида.

Следует понимать, что способ настоящего изобретения требует соответствующей конфигурации оборудования, в котором возможна реализация этого способа. Таким образом, секция испарения второй ступени или по меньшей мере один испаритель второй ступени имеет входной канал для отработавшей очищающей жидкости из системы очистки доводочной секции или иное соединение с выходным каналом для указанной отработавшей очищающей жидкости, в частности отработавшей очищающей жидкости из секции кислотной очистки. Если рассматривать вариант осуществления, в котором паровой конденсат секции испарения второй ступени направляют в систему очистки в доводочной секции, секция

испарения второй ступени имеет соединение по жидкости для направления сконденсированных паров в систему очистки в доводочной секции. Более конкретно, в таком варианте осуществления по меньшей мере один испаритель второй ступени имеет выходной канал для газа к конденсатору второй ступени, а указанный конденсатор второй ступени имеет соединение по жидкости для направления сконденсированных паров в систему очистки в доводочной секции.

Настоящее изобретение также относится к способу производства твердого карбамида, как описано выше в настоящем документе. Варианты осуществления, описанные для способа удаления аммиака из отходящего газа доводочной секции установки по производству карбамида, также применимы к способу получения твердого карбамида, такому как приллирование, гранулирование или пеллетирование. Твердый карбамид предпочтительно находится в форме прилл или гранул. В способе удаления аммиака доводочная секция представляет собой, например, пеллетизатор, а предпочтительно башню приллирования или гранулятор, такой как гранулятор с фонтанирующим слоем или предпочтительно гранулятор с псевдооживленным слоем.

При приллировании карбамида плав карбамида подают в верхнюю часть башни приллирования и распределяют в виде капель. Капли плава карбамида затвердевают по мере их падения путем охлаждения большим количеством движущегося вверх воздуха. Приллы карбамида извлекают из нижней части. Свежий охлаждающий воздух поступает в нижнюю часть башни приллирования. Отходящий газ, содержащий карбамид и аммиак, выходит из башни приллирования рядом с верхней частью.

Выбросы могут, например, составлять 0,5-2,5 кг пыли карбамида на тонну прилл карбамида (35-125 мг/Нм<sup>3</sup>) и примерно 0,5-2,7 кг NH<sub>3</sub> на тонну (35-245 мг/Нм<sup>3</sup>). Например, ориентировочный расход воздуха для башни приллирования карбамида составляет 500 000 Нм<sup>3</sup>/ч. Расход отходящего газа в более крупных башнях приллирования карбамида может, например, составлять 900 000 Нм<sup>3</sup>/ч при производительности по карбамиду 75-100 мт/ч (метрических тонн карбамида в час).

В представляющем интерес варианте осуществления доводочная секция содержит башню приллирования, а нижний по потоку конденсатор второй ступени представляет собой охлаждаемый конденсатор или охлаждаемую секцию конденсации.

В охлаждаемом конденсаторе или секции конденсации в качестве охлаждающей среды предпочтительно используют охлаждающую среду (охлаждающую текучую среду), отличную от воды, или используют, например, охлажденную воду. Как правило, охлаждаемый конденсатор содержит теплообменник, имеющий первое пространство и второе пространство, разделенные по меньшей мере теплообменной стенкой и необязательно дополнительным отделением для теплопередающей текучей среды. В одном варианте осуществления пар, подлежащий конденсации, обеспечивается в первом пространстве, а охлажденная охлаждающая среда - во втором пространстве. В дополнение к разделению указанной стенкой первое пространство и второе пространство могут быть разделены дополнительным отделением для теплопередающей текучей среды, такой как вода. Охлажденную охлаждающую среду, как правило, подают из охладителя на входной канал конденсатора в указанное второе пространство. В охладителе охлаждающая среда охлаждается, например по меньшей мере на 5°C или по меньшей мере на 10°C и/или до температуры менее 25°C. Охлажденная охлаждающая среда на входном канале охлаждаемого конденсатора, как правило, имеет более низкую температуру, чем охлаждающая вода, которую используют в других секциях установки по производству карбамида и процесса производства карбамида и производства карбамида, например, она по меньшей мере на 5°C ниже или по меньшей мере на 10°C ниже. Охлаждающую воду, например, используют в первом конденсаторе, соединенном со вторым испарителем, расположенным выше по потоку относительно первого испарителя. Охлажденная охлаждающая среда на входном канале охлаждаемого конденсатора, как правило, имеет температуру ниже температуры окружающей среды, например, по меньшей мере на 5°C ниже или по меньшей мере на 10°C ниже.

Используемый в настоящем документе термин "охлаждающая среда" обычно относится к охлаждающей текучей среде.

В некоторых вариантах осуществления температура охлаждающей среды, например, превышает 0°C, чтобы избежать замерзания воды в технологическом пространстве конденсатора, и предпочтительно температура охлаждающей среды составляет по меньшей мере 5°C, например 5-10°C, например примерно 5°C.

Охладитель представляет собой, например, паровую компрессионную холодильную установку, содержащую компрессор, конденсатор, терморегулирующий клапан и испаритель, присоединенный посредством контура для охлаждающей среды. В предпочтительном варианте осуществления охлаждение охлаждающей среды в охладителе камере включает сжатие охлаждающей среды, полученной в паровой фазе из пространства охлаждающей текучей среды охлаждаемого конденсатора, до более высокого давления, конденсацию с отводом тепла при указанном более высоком давлении и расширении до более низкого давления с получением охлажденной жидкой охлаждающей среды.

Преимущественно охлаждаемый конденсатор можно использовать для эффективной транспортировки пара из расположенного ниже по потоку испарителя второй ступени в конденсатор второй ступени без использования бустерного эжектора и без добавления пара во второй испаритель. Таким образом, количество жидкости, полученной из расположенного ниже по потоку второго конденсатора, преимуще-

ственно остается небольшим, даже если испаритель второй ступени работает при низком давлении, таком как менее 10 кПа.

Охлаждающая среда, отличная от воды, которую предпочтительно используют в охлаждаемой секции конденсации, представляет собой, например,  $\text{NH}_3$  или галогенированный углеводород.

Как правило, в предпочтительном варианте осуществления в случае доводки карбамида посредством башни приллирования секция испарения содержит испарители в двух ступенях, причем второй испаритель работает при глубоком вакууме (менее 20 кПа). Это упрощает получение карбамидного плава, желателно содержащего менее 2,5 мас.% воды. В соответствии с настоящим описанием второй испаритель может образовывать секцию испарения второй ступени или являться ее частью. В результате рециркуляции отработавшей очищающей жидкости в указанную секцию испарения второй ступени вышеупомянутый второй испаритель будет получать больше воды. В результате можно обеспечить относительно большое количество пара под очень низким давлением. Для его конденсации предпочтительно используют охлаждаемый конденсатор. В альтернативном варианте осуществления можно использовать бустерный эжектор, но это приведет к дополнительному увеличению количества воды, поступающей из второго конденсатора. Желательно ограничить это количество воды (сконденсированных паров из испарителя второй ступени), в частности, с учетом возможности использования такой воды в качестве очищающей жидкости в скруббере отходящего газа.

Во время работы такого гранулятора с псевдоожиженным слоем в одном или более отделениях для гранулирования поддерживается псевдоожиженный слой частиц за счет подачи газа для псевдоожижения, часто воздуха, через пластину для псевдоожижения. Эта пластина расположена в нижней части указанных отделений и имеет множество отверстий для подачи газа для псевдоожижения. При эксплуатации устройства гранулирующую жидкость (например, плав карбамида, например, с содержанием более 90 мас.% или более 95 мас.% карбамида) подают в псевдоожиженный слой через форсунки в пластине для псевдоожижения. Через форсунки также подают вторичный газ, часто воздух, причем газ, например, используют в форсунках для распыления гранулирующей жидкости в виде струи брызг или для проведения частиц через пленку гранулирующей жидкости, причем пленку формируют с помощью пленкообразующей форсунки. В каждом отделении гранулятора форсунки, как правило, расположены в виде упорядоченных рядов в пластине для псевдоожижения. В процессе эксплуатации газ для псевдоожижения проходит через отверстия в пластине для псевдоожижения и обеспечивает при этом псевдоожижение частиц в отделениях для гранулирования и отвод тепла кристаллизации.

Вышеупомянутые аспекты настоящего изобретения реализуют посредством обеспечения водного раствора карбамида. Предпочтительно способ настоящего изобретения таким образом включает получение водного раствора карбамида в установке для синтеза карбамида. Такая установка для синтеза карбамида может быть частью установки по производству карбамида как такового или продуктов на основе карбамида, таких как карбамидонитрат или карбамидосульфат.

Карбамид, по существу, производят из аммиака и диоксида углерода. Он может быть получен путем введения избытка аммиака вместе с диоксидом углерода при давлении от 12 до 40 МПа и при температуре от 150 до 250°C в секцию синтеза карбамида. Типовые установки по производству карбамида дополнительно содержат секцию регенерации и доводочную секцию. В секции регенерации непрореагировавшие аммиак и диоксид углерода регенерируют и рециркулируют в секцию синтеза. Вслед за секцией регенерации ниже по потоку расположена секция испарения. В ней концентрацию карбамида дополнительно повышают путем выпаривания воды, что приводит к образованию высококонцентрированного раствора, который обычно называют плавом карбамида. Как правило, плав карбамида будет иметь концентрацию более 90 мас.% карбамида, чаще более 95 мас.% карбамида. Концентрация в водном растворе, полученном посредством установки по производству карбамида до выпаривания, обычно составляет от 60 до 90 мас.% карбамида, например от 65 до 85 мас.% карбамида.

В доводочной секции, как правило, плав карбамида доводят до требуемого состояния твердых частиц, по существу, с использованием таких методик, как приллирование, гранулирование или таблетирование. Плав, подлежащий обработке в доводочной секции, обычно имеет содержание воды ниже 5 мас.%. Например, для работы гранулятора, как правило, требуется, чтобы содержание карбамида в плаве карбамида составляло по меньшей мере 97,5 мас.%. В случае, когда доводка включает приллирование, для этого обычно требуется, чтобы плав карбамида имел содержание воды менее 1,0 мас.% или менее 0,50 мас.%.

В секции испарения удаляют все еще значительные количества  $\text{CO}_2$  и особенно  $\text{NH}_3$ . Аммиак удаляют посредством обработки несконденсированных паров из секции испарения в скруббере. Сконденсированные пары поступают в блок очистки сточной воды (также называемый в настоящем документе секцией очистки воды), эта операция является очень дорогостоящей и энергозатратной. В этой секции карбамид (захваченный в сконденсированных парах) в итоге гидролизуют до аммиака и  $\text{CO}_2$  (обычно при температуре 180-230°C) с последующей десорбцией аммиака и диоксида углерода.

Таким образом, по существу, установка по производству карбамида традиционно содержит секцию синтеза карбамида, в которой  $\text{CO}_2$  и  $\text{NH}_3$  преобразуются в карбамид, секцию регенерации карбамата, в которой остаточные  $\text{CO}_2$  и  $\text{NH}_3$  извлекают и рециркулируют в секцию синтеза, и секцию очистки воды,



расположенную ниже по потоку относительно секции испарения. По существу, изобретение будет реализовано на установке такого типа.

Процесс производства карбамида (например, конфигурация секции синтеза и секции регенерации) не имеет конкретных ограничений, например, можно использовать процесс со стриппером высокого давления, в котором в стриппере высокого давления в качестве очищающего газа используют, например,  $\text{CO}_2$  или  $\text{NH}_3$ , либо самоочистку. Кроме того, можно использовать общую конфигурацию рециркуляции или частичную конфигурацию рециркуляции без стриппера высокого давления или даже прямоточную конфигурацию. Такие конфигурации хорошо известны в данной области и описаны, например, в публикации Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, глава Urea (2010).

Предпочтительно установка по производству карбамида представляет собой так называемую установку стриппинга в токе  $\text{CO}_2$ . В этой установке секция синтеза содержит контур синтеза карбамида, содержащий реактор,  $\text{CO}_2$  стриппер, расположенный ниже по потоку относительно реактора, и конденсатор карбамата для конденсации газа из стриппера, причем реактор расположен ниже по потоку относительно конденсатора.

В настоящем изобретении технологический конденсат секции испарения второй ступени, который склонен содержать захваченный карбамид и захваченную соль аммония, предпочтительно направляют в систему очистки доводочной секции, а не в секцию очистки воды установки по производству карбамида. Таким образом, полученные количества карбамида (содержащего соли аммония) можно включать непосредственно в конечный поток продукта вместо традиционного разложения указанного карбамида с использованием гидролизера в секции очистки воды с последующей рециркуляцией полученных аммиака и диоксида углерода в секцию синтеза установки по производству плава (т.е. установки по производству карбамида, на выходе которой получают плавы карбамида).

Направление конденсата пара из секции испарения второй ступени в доводочную секцию вместо его рециркуляции в установку по производству карбамида обусловлено дополнительным и неожиданным преимуществом. Фактически по сравнению с традиционными процессом и установкой по производству карбамида из секции испарения в секцию очистки воды установки по производству карбамида попадет относительно меньшее количество воды. В результате последняя секция останется, по существу, незагруженной. Таким образом, если реализовать способ настоящего изобретения при строительстве новой установки (т.е. в так называемой ситуации "строительства с нуля"), можно спроектировать секцию очистки воды меньшего размера, чем в традиционной конфигурации. Это обеспечивает явные преимущества с точки зрения как занимаемого пространства, так и затрат. В случае модификации существующей установки по производству карбамида (т.е. в так называемой ситуации "модификации") это преимущество заключается в том, что более высокая производительность и/или более высокая эффективность, достигнутая в какой-либо другой части установки, не обязательно должна сопровождаться соответствующим увеличением производительности секции очистки воды. Поскольку секции очистки воды являются дорогостоящими и составляют значительную часть установки, а пространство, доступное для расширения, по существу, ограничено, это является существенным преимуществом способа настоящего изобретения. В качестве дополнительного преимущества - существенно уменьшается количество отработавшей подпиточной воды в системе очистки. Подпиточную воду используют для пополнения потерь воды из-за испарения рециркулирующего очищающего раствора при приведении в контакт с горячим ненасыщенным отработавшим воздухом/отходящим газом из доводочной секции. Как правило, в качестве подпиточной воды используют очищенный технологический конденсат. Очищенный технологический конденсат можно, например, также использовать в качестве подпиточной воды для бойлеров.

При вышеупомянутом разделении парового конденсата на выходе из секции испарения обеспечено дополнительное преимущество. Как указано выше, в секции очистки воды (т.е. секции очистки сточной воды) разложению (гидролизу) требуется подвергнуть относительно меньшее количество карбамида. Это, по существу, относится к количеству карбамида, который первоначально получают в секции синтеза, затем подвергают разложению в секции очистки воды, а после этого снова эффективно синтезируют из рециркуляционного аммиака и диоксида углерода в секции синтеза. Таким образом, в данном варианте осуществления установка настоящего изобретения эффективнее использует исходные материалы для производства карбамида, чем установки предшествующего уровня техники.

В предпочтительном варианте осуществления установка работает посредством реализации описанного выше способа удаления аммиака из доводочной секции карбамида. Для этого система очистки доводочной секции, как правило, содержит по меньшей мере два последовательно соединенных скруббера, причем расположенный выше по потоку скруббер представляет собой скруббер улавливания пыли, а расположенный ниже по потоку скруббер представляет собой кислотный скруббер. В настоящем документе термины "выше по потоку" и "ниже по потоку" относятся к направлению потока отходящего газа. Следует понимать, что система очистки, предпочтительно кислотный скруббер, затем будет иметь соединение по жидкости с входным каналом для отработавшей очищающей жидкости, обеспеченной в секции испарения второй ступени. Используемая очищающая жидкость содержит, например, карбамид, который захватывается из отходящего газа в скруббере улавливания пыли, и соль аммония из кислотного скруббера. Соль аммония получают в результате реакции кислоты с  $\text{NH}_3$  в кислотном скруббере. В ки-

слотном скруббере отходящий газ очищают от  $\text{NH}_3$ . Используемая очищающая жидкость содержит, например, по меньшей мере 10 мас.% или по меньшей мере 30 мас.% карбамида, например до 60 мас.% карбамида. Используемая очищающая жидкость, например, отводится из системы очистки, причем, например, очищающую жидкость рециркулируют в систему очистки.

Хорошо известные поставщики систем улавливания пыли включают в себя Envirocare®, Hamon, Waterleau и другие компании. Принцип работы этих систем улавливания хорошо известен любому специалисту в данной области. Как правило, в этих системах очистки отходящий газ (воздух) промывают циркулирующим раствором карбамида относительно низкой концентрации. Таким образом, по состоянию перед отводом в установку по производству карбамида концентрацию раствора карбамида, как правило, поддерживают на уровне 45 мас.%. Внутри системы очистки возможно наличие более одного циркулирующего раствора карбамида. Полученный раствор карбамида частично отводят и затем обычно объединяют с свежим раствором карбамида из установки по производству плава. По существу, эту операцию осуществляют выше по потоку относительно секции испарения, и, как правило, полученные сконденсированные пары направляют (через поглотители) в секцию очистки воды установки по производству карбамида.

Следует понимать, что в соответствии с настоящим изобретением раствор карбамида, полученный из системы очистки, направляют в секцию испарения второй ступени, как описано выше. Дополнительным преимуществом этой системы является то, что можно избежать установки дополнительной специализированной секции испарения в доводочной секции.

Следует понимать, что для желаемого удаления аммиака система улавливания пыли в доводочной секции обеспечена дополнительной секцией для промывки аммиака. Для эффективной промывки аммиака предпочтительно применяют минеральную кислоту, такую как серная кислота или азотная кислота. Другие подходящие кислоты включают в себя, например, фосфорную кислоту, лимонную кислоту, уксусную кислоту. Кислота вступает в реакцию с аммиаком с образованием соли аммония в воде. Полученный раствор соли аммония по-прежнему можно частично отводить. Предпочтительно весь раствор соли аммония обрабатывают в секции испарения второй ступени, как описано выше в настоящем документе.

Эти стадии улавливания пыли и очистки от аммиака могут быть реализованы в двух или более последовательно соединенных скрубберах. Предпочтительно проводить обе стадии очистки в одном устройстве. Циркуляцию двух используемых в данном процессе очищающих жидкостей можно осуществлять раздельно. При реализации в одном блоке очищающая жидкость из верхней секции (кислотной) очистки будет переливаться в нижнюю секцию улавливания (пыли).

В настоящем изобретении обеспечено преимущество при модификации существующей установки по производству карбамида. Как правило, такая установка содержит секцию для производства плава карбамида. Эта секция для производства имеет соединение по жидкому карбамиду с доводочной секцией для преобразования плава карбамида в твердые карбамидные продукты. Таким образом, секция для производства содержит секцию испарения для преобразования полученного водного раствора карбамида в плав карбамида и секцию очистки воды, расположенную ниже по потоку относительно секции испарения. Секция испарения в существующей установке обычно содержит по меньшей мере два последовательно соединенных испарителя, каждый из которых имеет выходной канал для газа к соответствующим конденсаторам. Указанные конденсаторы имеют выходной канал для жидкости для направления сконденсированных паров к входному каналу для жидкости секции очистки воды.

Способ модификации настоящего изобретения включает обеспечение по меньшей мере одного испарителя второй ступени соединением с выходным каналом для отработавшей очищающей жидкости из системы очистки доводочной секции и изменение выходного канала для жидкости соответствующего конденсатора второй ступени из соединения с секцией очистки воды в соединение для направления сконденсированных паров в систему очистки в доводочной секции. Посредством этой модификации в модифицированной установке можно реализовать вышеупомянутые способы удаления аммиака из отходящего газа этой доводочной секции и соответствующее получение твердого карбамида.

Описанные выше способы также могут быть реализованы во вновь построенной установке. Эта установка имеет, по существу, те же признаки, что и модифицированная установка. Соответственно, эта установка содержит секцию для производства плава карбамида, имеющую соединение по жидкому карбамиду с доводочной секцией для преобразования плава карбамида в твердые карбамидные продукты. Таким образом, секция для производства содержит секцию испарения для преобразования полученного водного раствора карбамида в плав карбамида и секцию очистки воды, расположенную ниже по потоку относительно секции испарения. Секция испарения содержит испаритель первой ступени, имеющий выходной канал для жидкости для концентрированного раствора карбамида и выходной канал для газа к конденсатору первой ступени, и по меньшей мере один испаритель второй ступени, расположенный ниже по потоку относительно первого испарителя, причем указанный конденсатор первой ступени имеет выходной канал для жидкости для направления сконденсированных паров в секцию очистки воды, при этом по меньшей мере один испаритель второй ступени имеет входной канал для отработавшей очищающей жидкости из системы очистки доводочной секции или иное соединение с выходным каналом

для указанной отработавшей очищающей жидкости, и при этом указанный испаритель второй ступени имеет выходной канал для газа к конденсатору второй ступени, причем указанный конденсатор второй ступени имеет соединение по жидкости для направления сконденсированных паров в систему очистки в доводочной секции.

Далее в настоящем документе изобретение будет дополнительно проиллюстрировано со ссылкой на графические материалы.

На фиг. 1 представлена схема для обработки раствора соли аммония из доводочной секции карбамида в соответствии с одним примером осуществления настоящего изобретения.

Водный раствор (U1) карбамида, например, с концентрацией карбамида 70 мас.%, направляют в секцию (EV1) испарения первой ступени, такую как одиночный испаритель. В этом испарителе образуется концентрированный раствор (U2) карбамида, например, с концентрацией карбамида 90-98 мас.%. Секция испарения имеет выходной канал для паров (V1), неизбежно образующихся в результате выпаривания (обозначение на фигуре - "вода").

Концентрированный раствор карбамида подают на секцию (EV2) испарения второй ступени, такую как одиночный испаритель. Таким образом, при удалении воды путем выпаривания (для чего, как показано, секция испарения имеет выходной канал (V2) для воды (пара)) плав (UM) карбамида имеет концентрацию карбамида по меньшей мере 95 мас.% и обычно более 95 мас.%, например от 95 до 99,7 мас.%. Плав карбамида из секции испарения второй ступени направляют в доводочную секцию (F). В этой секции образуется твердый карбамидный продукт (US), при этом, как правило, в результате охлаждения потоком воздуха получают поток (G1) содержащего аммиак отходящего газа. Этот поток подвергают кислотной очистке в секции (AS) очистки, тем самым удаляя аммиак в форме солей аммония. В секции очистки получают очищенный отходящий газ (G2) и отработавшую очищающую жидкость (SL), которая содержит соли аммония. В соответствии с настоящим изобретением указанную отработавшую очищающую жидкость направляют к входному каналу для жидкости секции испарения второй ступени. В указанной секции испарения второй ступени или, как показано на фигуре, выше по потоку относительно входного канала отработавшая очищающая жидкость смешивается с концентрированным карбамидным раствором, полученным из секции испарения первой ступени.

На фиг. 2 представлена схема обработки по фиг. 1, дополнительно включающая рециркуляцию сконденсированных паров из секции испарения в секцию обработки отходящего газа доводки карбамида. Для этого показана обработка паров из секции испарения. Секция (EV1) испарения первой ступени имеет выходной канал для газа, который используют для направления указанных паров (V1) из секции испарения к секции (C1) конденсации первой ступени, как правило, одиночному кожухотрубному конденсатору. Как это осуществляется в обычном способе: полученная таким образом вода (сконденсированные пары или технологический конденсат) (PC1) направляют в секцию очистки воды (также известную как секция очистки сточной воды, WWT).

Секция (EV2) испарения второй ступени имеет выходной канал (V2) для газа к секции (C2) конденсации второй ступени, которая также обычно представляет собой кожухотрубный конденсатор. В соответствии с настоящим изобретением воду (конденсированные пары или технологический конденсат, PC2), полученную из секции конденсации второй ступени, в отличие от обычной практики не направляют в секцию очистки воды (WWT). Вместо этого эти сконденсированные пары направляют к входному каналу для жидкости системы (AS) очистки в доводочной секции карбамида. Следует понимать, что в настоящем описании эти сконденсированные пары (воду) смешивают с очищающей жидкостью, используемой в указанной секции очистки.

Кроме того, следует отметить следующее. В конденсаторе пары могут конденсироваться не полностью. В общем случае в предпочтительном варианте, применимом к настоящему описанию в целом, неконденсированные пары также направляют в систему очистки. Как правило, направление происходит из выходного канала для газа конденсатора к входному каналу для газа системы очистки.

В целом в настоящем документе описан способ удаления аммиака из отходящего газа доводочной секции установки по производству карбамида. Кроме того, приведено описание соответствующей установки по производству карбамида и способа соответствующей модификации ранее существующей установки по производству карбамида. В секции очистки отходящий газ приводят в контакт с кислотосодержащей очищающей жидкостью с получением очищенного отходящего газа и отработавшей очищающей жидкости, содержащей соль аммония. В способе определена секция испарения, которая является частью установки по производству карбамида, в которой получают плав карбамида и которая разделена на первую и вторую ступени. Первая ступень является частью установки по производству плава карбамида. Вторая ступень разъединена в части рециркуляции жидкостей, отличных от продуктового потока карбамида, из установки по производству плава карбамида. Это достигается путем направления отработавшей очищающей жидкости, содержащей соли аммония, к секции испарения второй ступени и путем направления сконденсированных паров из указанной секции испарения второй ступени к указанной секции очистки.

Настоящее изобретение дополнительно описано со ссылкой на приведенную ниже таблицу. В настоящем документе представлен эффект варианта осуществления, показанного на фиг. 2, на основе рас-

четов с использованием модели для различных типов установок по производству карбамида.

<i>Производительность установки 2000 метрических тонн/сутки</i>	<i>Приллирование в качестве доводки</i>	<i>Приллирование в качестве доводки в соответствии с изобретением</i>	<i>Гранулирование в качестве доводки в соответствии с изобретением</i>
<i>Потоки и расчетные параметры обозначены.</i>	<i>[где приллирование не включает улавливание пыли или кислотную очистку]</i>	<i>[где на стадии приллирования предусмотрено улавливание пыли, а также кислотная очистка]</i>	<i>[улавливание пыли, а также кислотная очистка]</i>
Общая нагрузка на секцию очистки воды (WWT)	48 м <sup>3</sup> /ч	30 м <sup>3</sup> /ч	32 м <sup>3</sup> /ч
Нагрузка по NH <sub>3</sub> на секцию очистки воды (WWT)	1700 кг/ч	1300 кг/ч	1340 кг/ч
H/C для синтеза (отношение воды к углероду)	0,52	0,51	0,51
H/U для синтеза (отношение воды к карбамиду)	1,90	1,88	1,88

Из таблицы видно, что нагрузка на секцию очистки воды (WWT) значительно уменьшается после реализации настоящего изобретения. Очевидно, что через поглотители в установке по производству плава карбамида циркулирует меньшее количество воды, подлежащей очистке.

Хотя через указанные поглотители циркулирует меньшее количество воды, реализация настоящего изобретения не влияет на выбросы аммиака из установки по производству плава, поскольку это количество воды преимущественно все еще является достаточным для обеспечения низких выбросов NH<sub>3</sub>.

Количество рециркулирующей воды для синтеза снижается, что следует из рабочих параметров синтеза на выходе реактора. H/C (молярное соотношение воды к углероду, основанное на исходной смеси) и H/U (молярное соотношение воды к карбамиду, основанное на фактической смеси) уменьшаются после реализации настоящего изобретения. В результате производительность реактора в отношении карбамида немного увеличивается после реализации изобретения.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ удаления аммиака из отходящего газа доводочной секции установки по производству карбамида, в котором в доводочной секции плава карбамида преобразуется в твердые карбамидные продукты с получением таким образом содержащего аммиак отходящего газа; указанный плав карбамида получают путем выпаривания воды из водного раствора карбамида в секции испарения первой ступени с образованием концентрированного раствора карбамида и дополнительного испарения воды из указанного концентрированного раствора карбамида в по меньшей мере одной секции испарения второй ступени с образованием плава карбамида; причем способ включает приведение отходящего газа в контакт с кислотосодержащей очищающей жидкостью с получением очищенного отходящего газа и отработавшей очищающей жидкости, содержащей соль аммония; при этом способ включает направление отработавшей очищающей жидкости в секцию испарения второй ступени, где она подвергается выпариванию воды, что приводит к получению концентрированного раствора карбамида.

2. Способ производства твердого карбамидного продукта, включающий получение водного раствора карбамида, выпаривание воды из указанного водного раствора в секции испарения первой ступени с образованием концентрированного раствора карбамида, дополнительное выпаривание воды из концентрированного раствора карбамида в секции испарения второй ступени с образованием плава карбамида и доводку плава карбамида с преобразованием его в твердые карбамидные продукты с получением таким образом содержащего аммиак отходящего газа; приведение указанного отходящего газа в контакт с кислотосодержащей очищающей жидкостью с получением очищенного отходящего газа и отработавшей очищающей жидкости, содержащей соль аммония; причем способ включает направление отработавшей очищающей жидкости в указанную секцию испарения второй ступени, в которой она подвергается выпариванию воды, что приводит к получению концентрированного раствора карбамида.

3. Способ по п.1 или 2, включающий направление конденсата пара, полученного из секции испарения второй ступени, в систему очистки доводочной секции.

4. Способ по любому из предшествующих пунктов, включающий получение водного раствора карбамида в установке по производству карбамида, содержащей секцию синтеза карбамида, в которой CO<sub>2</sub> и NH<sub>3</sub> преобразуют в карбамид, секцию регенерации карбамата, в которой остаточные CO<sub>2</sub> и NH<sub>3</sub> извлекают и рециркулируют в секцию синтеза, секцию испарения, расположенную ниже по потоку относительно секции синтеза, и секцию очистки воды, расположенную ниже по потоку относительно блока конденсации пара из секции испарения.

5. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором преобразование плава карбамида в

твердые карбамидные продукты включает подвергание плава гранулированию, предпочтительно гранулированию в псевдооживленном слое или фонтанирующем слое.

6. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором весь концентрированный раствор карбамида подают в секцию испарения второй ступени.

7. Способ модификации существующей установки по производству карбамида, причем существующая установка содержит секцию для производства плава карбамида, имеющую соединение по жидкому карбамиду с доводочной секцией для преобразования плава карбамида в твердые карбамидные продукты, при этом секция для производства содержит секцию испарения для преобразования полученного водного раствора карбамида в плав карбамида и секцию очистки воды, расположенную ниже по потоку относительно секции испарения, при этом указанная секция испарения содержит выходной канал для жидкости для направления сконденсированных паров в секцию очистки воды, причем способ включает адаптацию секции испарения так, чтобы обеспечить секцию испарения первой ступени, имеющую выходной канал для жидкости для концентрированного раствора карбамида и выходной канал для газа к конденсатору первой ступени, и секцию испарения второй ступени, расположенную ниже по потоку относительно секции испарения первой ступени, при этом указанная секция испарения второй ступени содержит испаритель второй ступени, имеющий выходной канал для газа к соответствующему конденсатору второй ступени, причем конденсатор первой ступени имеет выходной канал для жидкости для направления сконденсированных паров к секции очистки воды, при этом способ дополнительно включает обеспечение секции испарения второй ступени соединением с выходным каналом для отработавшей очищающей жидкости из системы очистки доводочной секции, в частности для отработавшей очищающей жидкости, которая содержит соль аммония, и обеспечение соответствующего конденсатора второй ступени соединением для направления сконденсированных паров в систему очистки в доводочной секции.

8. Способ по п.7, в котором существующая установка содержит по меньшей мере два последовательно соединенных испарителя, причем каждый из указанных испарителей содержит выходной канал для газа к соответствующим конденсаторам, при этом указанные конденсаторы имеют выходной канал для жидкости для направления сконденсированных паров к входному каналу для жидкости секции очистки воды, причем способ включает разделение секции испарения на расположенную выше по потоку секцию испарения первой ступени и расположенную ниже по потоку секцию испарения второй ступени, в результате чего в секции испарения первой ступени сохраняется соединение выходного канала для жидкости соответствующего конденсатора с входным каналом для жидкости секции очистки воды, причем способ включает обеспечение секции испарения второй ступени соединением с выходным каналом для отработавшей очищающей жидкости из системы очистки доводочной секции и изменение выходного канала для жидкости соответствующего конденсатора второй ступени из соединения с секцией очистки воды в соединении для направления сконденсированных паров в систему очистки в доводочной секции.

9. Способ по п.7 или 8, в котором доводочная секция представляет собой гранулятор.

10. Установка по производству твердых карбамидных продуктов, которая содержит секцию для производства плава карбамида, имеющую соединение по жидкому карбамиду с доводочной секцией для преобразования плава карбамида в твердые карбамидные продукты, причем секция для производства содержит секцию испарения для преобразования полученного водного раствора карбамида в плав карбамида и секцию очистки воды, расположенную ниже по потоку относительно секции испарения, при этом указанная секция испарения содержит секцию испарения первой ступени, содержащую испаритель первой ступени, имеющий выходной канал для жидкости для концентрированного раствора карбамида и выходной канал для газа к конденсатору первой ступени, и секцию испарения второй ступени, расположенную ниже по потоку относительно секции испарения первой ступени и содержащую испаритель второй ступени и конденсатор второй ступени, причем конденсатор первой ступени имеет выходной канал для жидкости для направления сконденсированных паров к секции очистки воды, при этом испаритель второй ступени имеет соединение с выходным каналом для отработавшей очищающей жидкости из системы очистки доводочной секции, и при этом указанный испаритель второй ступени имеет выходной канал для газа к конденсатору второй ступени, при этом указанный конденсатор второй ступени имеет соединение по жидкости для направления сконденсированных паров в систему очистки в доводочной секции.

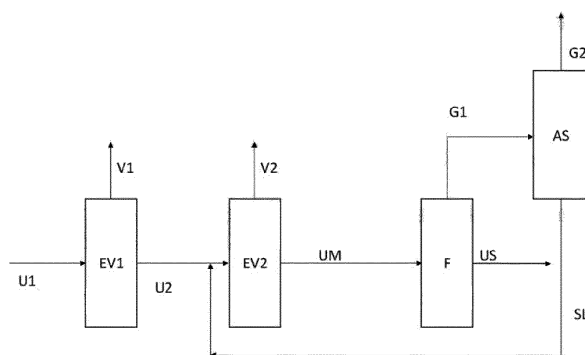
11. Установка по п.10, в которой секция для производства содержит секцию синтеза карбамида для преобразования  $\text{CO}_2$  и  $\text{NH}_3$  в карбамид, секцию регенерации карбамата для извлечения и рециркуляции остаточных  $\text{CO}_2$  и  $\text{NH}_3$ .

12. Установка по п.11, в которой секция синтеза содержит контур синтеза карбамида, содержащий реактор,  $\text{CO}_2$  стриппер и конденсатор карбамата, причем  $\text{CO}_2$  стриппер имеет входной канал, соединенный с выходным каналом для жидкости реактора, при этом конденсатор имеет входной канал, соединенный с выходным каналом для газа стриппера, и при этом реактор имеет входной канал, соединенный с выходным каналом для жидкости конденсатора.

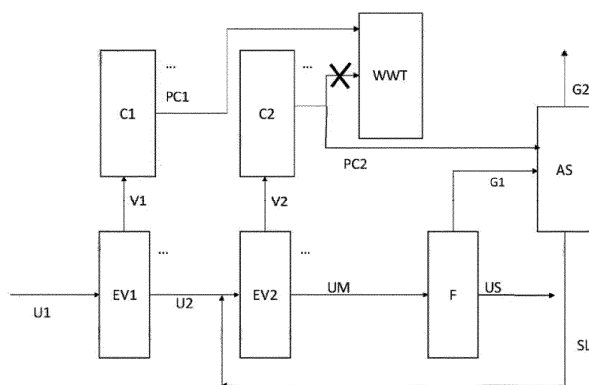
13. Установка по п.11 или 12, в которой система очистки доводочной секции содержит по меньшей мере два последовательно соединенных скруббера, причем расположенный выше по потоку скруббер

представляет собой скруббер улавливания пыли, а расположенный ниже по потоку скруббер представляет собой кислотный скруббер.

14. Установка по любому из пп.10-13, в которой доводочная секция содержит гранулятор, предпочтительно гранулятор с псевдоожиженным слоем или фонтанирующим слоем.



Фиг. 1



Фиг. 2

