

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **036488**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2020.11.16**

(51) Int. Cl. **C07C 273/16 (2006.01)**  
**C07C 273/02 (2006.01)**

(21) Номер заявки  
**202090295**

(22) Дата подачи заявки  
**2018.07.13**

---

(54) **УСТАНОВКА И СПОСОБ ДЛЯ ДОВОДКИ КАРБАМИДА И ОБРАБОТКИ  
ОТХОДЯЩЕГО ГАЗА**

---

(31) **17181412.2**

(56) **WO-A1-2015002535**  
**US-A-4153431**

(32) **2017.07.14**

(33) **EP**

(43) **2020.03.31**

(86) **PCT/NL2018/050484**

(87) **WO 2019/013639 2019.01.17**

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

(72) Изобретатель:  
**Колома Гонсалес Хуан, Меннен**  
**Йоханнес Хенрикус (NL)**

(74) Представитель:  
**Фелицына С.Б. (RU)**

---

(57) Изобретение относится к процессу доводки карбамидсодержащего материала, к установке для доводки карбамидсодержащего материала, способу модификации существующей установки и применению. Описаны способы предотвращения засорения трубопровода для отходящего газа между доводочной секцией и секцией обработки.

**B1**

**036488**

**036488**

**B1**

### Область техники, к которой относится изобретение

Настоящее изобретение относится к производству карбамида и карбамидсодержащих удобрений, в особенности к доводке карбамида. В частности, изобретение относится к транспортировке отходящего газа (т.е. выходящего воздуха, содержащего карбамид и аммиак) из доводочной секции в секцию обработки отходящего газа. Секцию обработки, например, используют для отмывки пыли и/или кислотной отмывки для удаления карбамида и/или аммиака из отходящего газа. В доводочной секции обычно отверждают карбамидсодержащий расплав для получения, например, частиц карбамида, частиц карбамиданитрата аммония (UAN) или частиц карбамида-сульфата аммония (UAS).

### Уровень техники

Установки по производству карбамида часто содержат доводочную секцию для отверждения потока карбамидсодержащей жидкости (например, расплава карбамида), в твердый карбамидсодержащий продукт. Распространенными доводочными секциями являются башни приллирования и грануляторы. В башнях приллирования и грануляторах используют охлаждающий воздух, поэтому они выдают в качестве отходящего газа воздушный поток, загрязненный карбамидсодержащей пылью и аммиаком. Пыль карбамида часто включает субмикронные частицы, содержащие, например, карбамид, UAS или UAN. Этот отходящий газ необходимо обработать для удаления большей части (или даже, по существу, всех) твердых веществ и аммиака до выхода обработанного потока отходящего газа (поток очищенного воздуха) в атмосферу. Обработка отходящего газа, как правило, необходима для соблюдения экологических норм, ограничивающих допустимые выбросы карбамида и аммиака. Кроме того, извлечение компонентов, таких как карбамид и аммиак, из потока газа желательно с экономической точки зрения. За счет этого возрастает эффективность установки.

Удаление пыли карбамида сложно само по себе из-за большого количества отходящего газа (в основном воздуха) и при этом низкой концентрации пыли карбамида. Например, характерный поток воздуха из относительно небольшой башни приллирования карбамида приблизительно на 1500 метрических т в день составляет  $500000 \text{ Nm}^3/\text{ч}$ . Башня приллирования карбамида большего размера при производстве около 2500 метрических т карбамида в день может, например, давать поток воздуха  $1,0 \times 10^6 \text{ Nm}^3/\text{ч}$  или даже выше. Типичная концентрация пыли карбамида в нем составляет приблизительно 0,02 мас.%. Кроме того, часть пыли карбамида имеет субмикронный размер. Соблюдение действующих стандартов предполагает необходимость удаления большей части этой субмикронной пыли карбамида.

Башня приллирования может иметь высоту, например, от 60 до 80 м. Установки меньшего размера могут иметь длину траектории свободного падения 50 м или менее. Некоторые из самых крупных установок имеют башни приллирования высотой 125 м. Для некоторых действующих башен приллирования карбамида были зафиксированы выбросы пыли карбамида более  $200 \text{ мг}/\text{Nm}^3$ .

Более старые башни приллирования часто выбрасывают отходящий газ непосредственно в атмосферу без какой-либо очистки от пыли или аммиака. Конструкция башни, как правило, определяет максимальное доступное пространство сверху и максимальный дополнительный вес, который может выдерживать ее структура, поэтому проектирование в рамках модернизации любых устанавливаемых сверху систем борьбы с выбросами имеет ограничения. Для существующих технологий снижения выбросов, как правило, нужны большие и тяжелые вентиляторы или насосы для преодоления необходимого для них дополнительного падения давления. Чем больше эффективность улавливания пыли, тем больше требуемое падение давления, особенно при удалении субмикронных частиц. Многие системы обработки отходящего газа не подходят для установки в верхнюю часть существующей башни приллирования из-за их массы, но могут быть установлены на уровне земли или вблизи него (например, со входом на высоте от 0 до 20 м). Для этого сначала может потребоваться вывод отходящего газа на более низкий высотный уровень по трубопроводу (например, воздуховоду), и, следовательно, необходимо строительство воздуховода из верхней части башни приллирования карбамида приблизительно до уровня земли. Воздуховод, по существу, расположен за пределами башни приллирования.

Обработку отходящего газа, как правило, проводят в отдельной секции обработки (секции снижения выбросов), которая имеет вход для отходящего газа, соединенный с трубопроводом, выходящим из доводочной секции карбамида. Как правило, соединительный трубопровод может иметь стенку, на значительную часть которой воздействует внешняя среда. Данная среда может иметь низкую температуру, например ниже  $0^\circ\text{C}$  или ниже  $-10^\circ\text{C}$ , например, ночью или зимой.

Обработка отходящего газа, как правило, включает в себя отмывку водным раствором для удаления пыли (отмывка) или отмывку потока газа кислотным раствором для удаления аммиака путем превращения в соли аммония (кислотная отмывка), или и то, и другое последовательно или одновременно. При последовательном проведении отмывки от пыли и кислотной отмывки сначала выполняют отмывку от пыли. При одновременном проведении карбамид объединяют с солями аммония, такими как UAS и UAN. В скруббере в поток газа распыляют отмывочную жидкость (например, раствор), обеспечивая, например, однонаправленный ток и/или противоположно направленный ток. Раствор для отмывки обычно циркулирует с обеспечением желаемой концентрации карбамида. Продуваемый поток удаляют из скруббера и утилизируют, например, при отмывке от пыли водой путем повторного направления в установку по производству карбамида для извлечения карбамида.

Как правило, оставшиеся после отмывки капли удаляют из потока газа в секции обработки с использованием, например, туманоотделителя. В некоторых случаях нужна комбинация оборудования с различными принципами работы для обеспечения достаточной очистки в секции обработки отходящего газа в соответствии с нормативными положениями о выбросах. К примерам других типов оборудования для борьбы с выбросами относятся влажный электростатический осадитель и скрубберы Вентури. В результате необходимое оборудование будет иметь определенную массу и размер.

В некоторых секциях обработки отходящего газа перед отмывкой применяют стадию гашения, например распыление водного раствора, с обеспечением возможности испарительного охлаждения для уменьшения величины потока газа и обеспечением возможности использования меньшего оборудования на последующих стадиях обработки, таких как отмывка. В WO 2015/002535 и US 2016/0184758 дополнительно описан способ удаления пыли карбамида из отходящего газа доводочной секции установки по производству карбамида, причем способ включает гашение отходящего газа водой с получением гашеного отходящего газа, имеющего температуру ниже приблизительно 45°C, и очистку гашеного отходящего газа при помощи по меньшей мере одного скруббера Вентури.

Настоящее изобретение относится к транспортировке отходящего газа из доводочной секции карбамида в секцию обработки отходящего газа. Отходящий газ, по существу, проходит через трубопровод между доводочной секцией карбамида и секцией обработки отходящего газа.

Обычно, а также в настоящем изобретении трубопровод представляет собой, например, трубку, трубу, или воздухопровод, или любую другую систему транспортировки газа. Трубопровод, по существу, содержит стенку и канал для прохождения потока газа. Трубопровод может иметь длину, например, по меньшей мере 2 м, по меньшей мере 5 м, по меньшей мере 10 м, по меньшей мере 20 м или по меньшей мере 40 м.

Например, башня приллирования может иметь выходное отверстие для отходящего газа на высоте по меньшей мере 10 м, по меньшей мере 20 м, по меньшей мере 40 м или по меньшей мере 60 м над уровнем земли, а именно в верхней части башни. Несмотря на то, что некоторые малоразмерные секции обработки газа иногда могут быть размещены в верхней части башни приллирования карбамида, многие более крупноразмерные секции обработки отходящего газа должны быть размещены на уровне земли из-за веса и/или размера оборудования и должны иметь вход, например, на высоте от 0 до 5 м от уровня земли. Для этого требуется соответствующая длина трубопровода, например, по меньшей мере 10 м, по меньшей мере 20 м, по меньшей мере 30 м, по меньшей мере 40 м или по меньшей мере 60 м. Кроме того, в других типах доводочной секции карбамида и секций обработки отходящего газа из-за конструктивных ограничений установки может быть задана определенная минимальная длина трубопровода. Минимальная длина трубопровода также может иметь значение, например, при изменении существующей установки по производству карбамида путем так называемой модернизации.

Кроме того, известно, что при более высоких температурах, например выше 60°C, чистый твердый карбамид, как правило, слеживается, т.е. агломерируется с образованием комков. Таким образом, существует вероятность слеживания любой пыли карбамида, которая оседает в трубопроводах, при повышенных температурах, в частности при воздействии влаги, например влажности воздуха.

Проблема в трубопроводах для транспортировки газа из доводочной секции карбамида в секцию обработки заключается в том, что после некоторого времени работы секции обработки отходящего газа, как правило, возникает повышенное падение давления. Из-за этого может произойти значительный рост эксплуатационных расходов и/или снижение пропускной способности секции обработки отходящего газа. Такое увеличение падения давления часто происходит из-за засорения трубопровода (например, воздухопровода) между доводочной секцией и секцией обработки отходящего газа. Это засорение вызвано твердыми отложениями в трубопроводе. Эти твердые отложения содержат карбамид, например твердый карбамидный материал, который образуется, по меньшей мере, на участках стенок трубопровода. Засорение приводит к увеличению падения давления, из-за чего может остановиться работа или может потребоваться дополнительное потребление энергии вытягивающими вентиляторами или насосами (в случае трубок Вентури или эжекторов Вентури) для транспортировки отходящего газа в секцию обработки.

Некоторые примеры предшествующего уровня техники решают проблему закупорки скруббера для обработки отходящего газа после доводки карбамида. В публикации EP 0084669 упоминается закупорка сопла для распыления жидкости в поток газа. Для решения этой проблемы в промывочный раствор добавляют формальдегид. Однако формальдегид токсичен и дорого стоит и, следовательно, крайне нежелателен в секции обработки отходящего газа, которая должна выдавать чистый поток воздуха, выбрасываемый в атмосферу. В публикации US 4104041 описана процедура обработки отходящего газа после приллирования карбамида, в которой поперек всего прохода формируется жидкая пленка промывочного раствора с обеспечением удаления пыли карбамида с размером частиц около 1 мкм. Считается, что это решает проблему засорения пор мешочных фильтров предшествующего уровня техники. Публикация US 4153431 также касается проблемы засорения фильтров предшествующего уровня техники, из-за которой возрастает падение давления, что считается основным недостатком башен для приллирования карбамида с естественной тягой и с форсированной тягой. Описан процесс, включающий подачу промывочной жидкости к фильтру в одном направлении с потоком газа. Публикации EP 0084669, US 4104041

и US 4153431 не решают проблему отложений карбамида в трубопроводах между доводочной секцией и секцией обработки отходящего газа, но решают проблему отложений карбамида внутри соответствующих секций обработки.

### Раскрытие изобретения

В первом аспекте изобретение относится к способу доводки карбамидсодержащего материала, включающему

отверждение потока карбамидсодержащей жидкости в доводочной секции карбамида с получением твердого карбамидсодержащего продукта и потока отходящего газа, содержащего воздух, пыль карбамида и аммиак, транспортировку указанного потока отходящего газа от выхода указанной доводочной секции карбамида в секцию обработки отходящего газа через трубопровод, имеющий стенку, причем указанный отходящий газ имеет температуру  $T_1$  на указанном выходе,

обработку указанного потока отходящего газа для удаления по меньшей мере части указанной пыли карбамида и/или аммиака из указанного воздуха в указанной секции обработки и

поддержание температуры указанной стенки указанного трубопровода выше  $T_{w, \text{мин}}$  (причем  $T_{w, \text{мин}} = T_1 - 50^\circ\text{C}$ ) по меньшей мере в одном колене трубопровода, по меньшей мере на одном участке, на котором диаметр трубопровода изменяется, и/или на протяжении по меньшей мере 10%, по меньшей мере 50% или по меньшей мере 90% длины трубопровода.

Изобретение также относится к установке для доводки карбамидсодержащего материала, причем установка содержит доводочную секцию для отверждения потока карбамидсодержащей жидкости, секцию обработки отходящего газа и трубопровод для отходящего газа от выхода указанной доводочной секции к входу указанной секции обработки, при этом указанный трубопровод имеет стенку, и причем по меньшей мере части указанного трубопровода или весь трубопровод снабжены теплоизоляцией и/или одним или более нагревательными элементами, выполненными с возможностью поддержания температуры указанной стенки указанного трубопровода выше  $T_{w, \text{мин}}$  по меньшей мере в одном колене трубопровода, по меньшей мере на одном участке, на котором диаметр трубопровода изменяется, и/или на протяжении по меньшей мере 10%, по меньшей мере 50% или по меньшей мере 90% длины трубопровода, причем  $T_{w, \text{мин}} = T_1 - 50^\circ\text{C}$ , где  $T_1$  - температура указанного отходящего газа на указанном выходе.

В настоящем изобретении линии обогрева могут быть использованы для предотвращения засорения трубопровода для потока газа, содержащего карбамидсодержащую пыль, аммиак и изоциановую кислоту.

Изобретение также относится к способу модификации существующей доводочной секции для отверждения карбамидсодержащего материала для предотвращения засорения имеющего стенку трубопровода для отходящего газа из доводочной секции, причем указанный трубопровод выполнен между указанной доводочной секцией и секцией обработки, предназначенной для обработки отходящего газа из указанной доводочной секции, при этом способ включает обеспечение трубопровода теплоизоляцией и/или одним или более нагревательными элементами, причем указанная теплоизоляция и указанные один или более нагревательных элементов выполнены с возможностью поддержания температуры указанной стенки указанного трубопровода выше  $T_{w, \text{мин}}$  по меньшей мере в одном колене трубопровода, по меньшей мере на одном участке, на котором диаметр трубопровода изменяется, и/или на протяжении по меньшей мере 10%, по меньшей мере 50% или по меньшей мере 90% длины трубопровода, причем  $T_{w, \text{мин}} = T_1 - 50^\circ\text{C}$ , где  $T_1$  - температура указанного отходящего газа на указанном выходе.

### Краткое описание чертежей

На фиг. 1 представлена фотография твердого материала, приставшего к внутренней стенке в сравнительном трубопроводе между доводочной секцией и секцией обработки;

на фиг. 2 схематично представлен способ и установка для доводки карбамида в соответствии с вариантом осуществления изобретения;

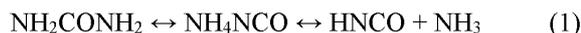
на фиг. 3 представлены фотографии воздуховода между башней приллирования и скруббером в соответствии с изобретением, причем воздуховод имеет теплоизоляцию.

### Осуществление изобретения

Настоящее изобретение в некоторых вариантах осуществления основано на разумном понимании возможности предотвращения осаждения карбамида в трубопроводе между доводочной секцией и секцией обработки отходящего газа путем предотвращения образования холодных зон на стенке трубопровода. Таким образом, осаждение карбамида может быть устранено, например, путем нагревания и/или термической изоляции стенки трубопровода или по меньшей мере ее частей.

Без ограничений, накладываемых теорией, считается, что первоначальное накопление твердого карбамида в трубопроводе, например воздухопроводе, особенно на поверхности внутренней стенки трубопровода, подвергнутой воздействию потока отходящего газа, предположительно вызвано конденсацией и адгезией по меньшей мере части изоциановой кислоты, присутствующей в потоке отходящего газа, и обратным превращением изоциановой кислоты в карбамид в результате реакции с  $\text{NH}_3$ .

Изоциановая кислота ( $\text{HNCO}$ ) получается в результате термического разложения цианата аммония ( $\text{NH}_4\text{NCO}$ ). Цианат аммония находится в химическом равновесии с карбамидом ( $\text{NH}_2\text{CONH}_2$ )



(карбамид ↔ цианат аммония ↔ изоцианат + аммиак)

Разложению цианата аммония на изоциановую кислоту и аммиак способствует низкое давление и высокие температуры, например, при концентрировании раствора карбамида для отверждения, например во время операции приллирования. Продукты реакции улетучиваются в отходящий газ. Таким образом, отходящий газ содержит, например, по меньшей мере 10 мг  $\text{NH}_3/\text{м}^3$  при станд. усл., или по меньшей мере 50 мг  $\text{NH}_3/\text{м}^3$  при станд. усл., или по меньшей мере 100 мг  $\text{NH}_3/\text{м}^3$  при станд. усл. Отходящий газ содержит, например, по меньшей мере 10 мг пыли/ $\text{м}^3$  при станд. усл., или по меньшей мере 50 мг пыли/ $\text{м}^3$  при станд. усл., или по меньшей мере 100 мг пыли/ $\text{м}^3$  при станд. усл. и предпочтительно аналогичные количества карбамидсодержащей пыли. Отходящий газ предпочтительно содержит карбамид в количестве по меньшей мере 10 мг  $\text{NH}_3/\text{м}^3$  при станд. усл., или по меньшей мере 50 мг  $\text{NH}_3/\text{м}^3$  при станд. усл., или по меньшей мере 100 мг  $\text{NH}_3/\text{м}^3$  при станд. усл. Отходящий газ содержит, например, по меньшей мере 5,0 мг изоциановой кислоты/ $\text{м}^3$  при станд. усл., или по меньшей мере 10 мг изоциановой кислоты/ $\text{м}^3$  при станд. усл., или по меньшей мере 50 мг изоциановой кислоты/ $\text{м}^3$  при станд. усл.

Обратная реакция может происходить в трубопроводе при конденсации изоциановой кислоты в холодных зонах стенки трубопровода и ее реакции с аммиаком, который также присутствует в потоке отходящего газа, с образованием карбамида. Реакция изоциановой кислоты с аммиаком может происходить до, во время или после конденсации.

Сформированные частицы карбамида могут быть втянуты в поток воздуха и предположительно будут небольшими из-за химических свойств механизма их образования, например менее 1 мкм. Однако реакция с аммиаком может также происходить на стенке и приводить к адгезии твердых веществ. В конечном счете, это приводит к накоплению карбамида на стенке трубопровода, в частности к накоплению крупных скоплений или комков твердых материалов, например, как показано на фиг. 1.

Благодаря предотвращению образования холодных участков на стенке трубопровода, например, путем изоляции и/или подогрева трубопровода или по меньшей мере части его стенок, например, при помощи линий обогрева в качестве нагревательных элементов, решают проблему отложений карбамида, предотвращая тем самым образование холодных участков на внутренней стенке трубопровода. Преимуществом является то, что время работы доводочной установки (доводочной секции и секции обработки) увеличивается за счет сокращения времени простоя для обслуживания и очистки. Преимуществом является простота эксплуатации и отсутствие потребности в дополнительных системах промывки, поскольку для промывки трубопровода не нужны вода или водяной пар. Дополнительным преимуществом является то, что нет необходимости вводить добавки, такие как формальдегид, в технологические потоки для предотвращения засорения.

Кроме того, преимуществом является то, что количество субмикронных частиц карбамида на входе секции обработки может быть снижено.

Настоящее изобретение можно, по существу, применять, например, в доводочной секции и/или в секции обработки отходящего газа описанных выше типов.

Соответственно, изобретение в аспекте относится к способу доводки карбамида. В настоящем документе доводкой карбамида называется процесс отверждения карбамидсодержащего раствора, в частности карбамидсодержащего расплава. К примерам относятся расплав карбамида, карбамида-нитрата аммония (UAN) и карбамида-сульфата аммония (UAS). К примерам процессов доводки карбамида относятся гранулирование и приллирование карбамида, UAN и UAS. Расплав, как правило, содержит менее 5 мас.% воды и, как правило, более 50 мас.% карбамида.

Способ в варианте осуществления включает отверждение карбамидсодержащего потока жидкости в доводочной секции карбамида. Это позволяет получить твердый карбамидсодержащий продукт и поток отходящего газа, содержащий аммиак и частицы пыли, содержащие карбамид. Поток отходящего газа дополнительно содержит воздух и (в небольших количествах) биурет и изоциановую кислоту, а также формальдегид в случае гранулирования. Способ дополнительно включает транспортировку указанного потока отходящего газа от выхода указанной доводочной секции карбамида в секцию обработки отходящего газа через трубопровод, имеющий стенку, например через воздуховод. Транспортировка предпочтительно включает в себя форсированную тягу, например, с использованием воздухоудовки или вентилятора. На указанном выходе отходящий газ имеет температуру  $T_1$ . Температура  $T_1$  представляет собой среднюю температуру для поперечного сечения выхода. Способ дополнительно включает обработку указанного потока отходящего газа по меньшей мере для частичной очистки указанного отходящего газа, например для удаления по меньшей мере части указанной карбамидсодержащей пыли и/или аммиака в указанной секции обработки.

В некоторых вариантах осуществления доводочная секция, стадия отверждения, стадия обработки и/или секция обработки являются, например, такими, как описаны во вводной части настоящей заявки.

Доводочная секция представляет собой, например, башню приллирования или гранулятор. Изобретение имеет особенные преимущества для башен приллирования. Башня приллирования относится, например, к типу с форсированной тягой или к типу с естественной тягой. Гранулятор представляет собой,

например, гранулятор с псевдооживленным слоем, гранулятор с фонтанирующим слоем, тарельчатый гранулятор или барабанный гранулятор. Грануляторы с псевдооживленным слоем и с фонтанирующим слоем являются предпочтительными и используют воздушные потоки. Статья отверждения, например, включает в себя приллирование в башне приллирования или гранулирование в грануляторе. Отверждение включает в себя удаление теплоты кристаллизации и, как правило, также переохлаждение затвердевшего карбамидного продукта. Отверждение включает в себя, например, охлаждение капель карбамидсодержащей жидкости с использованием охлаждающего воздуха. Как правило, большую часть теплоты кристаллизации/охлаждения удаляют путем охлаждения воздухом. Например, для охлаждения используют 3-30 кг воздуха на 1 кг готового отвержденного продукта, предпочтительно 5-15 кг. Отверждение, как вариант, включает в себя гранулирование, при этом часть теплоты удаляют путем испарения воды.

Охлаждающий воздух, вследствие природы охлаждающего процесса, покидает доводочную секцию в виде отходящего газа при повышенной температуре. В доводочной секции воздух входит в непосредственный контакт с расплавом карбамида и с затвердевшими частицами карбамида. Это приводит к некоторому загрязнению воздуха некоторым количеством пыли карбамида и аммиаком. В зависимости от типа и условий эксплуатации доводочной секции количество пыли, присутствующей в потоке газа на выходе доводочной секции до любой очистки, составляет, например, 0,01-1,0 мас.% (в расчете на массу газового потока). Типичная температура отходящего газа, выходящего из доводочной секции установки по производству карбамида, т.е. на выходе, составляет, например, по меньшей мере 30°C, по меньшей мере 50°C, по меньшей мере 70°C, по меньшей мере 80°C, по меньшей мере 90°C, по меньшей мере 100°C и, как правило, менее 150°C, или менее 140°C, или менее 120°C. Для гранулирования, особенно гранулирования в псевдооживленном слое, температура составляет, например, 70-150°C или 80-140°C, например около 105°C.

Карбамидсодержащая жидкость представляет собой, например, карбамидсодержащий раствор или расплав, содержащий, например, по меньшей мере 80 мас.%, по меньшей мере 90 мас.% или по меньшей мере 95 мас.% карбамида. Жидкость, например, может также представлять собой раствор и/или расплав, например, карбамида-нитрата аммония (UAN) или карбамида-сульфата аммония (UAS). Грануляция UAS в псевдооживленном слое упоминается, например, в публикации WO 2017/007315.

В дополнительном варианте осуществления жидкость может, например, также содержать небольшие количества солей аммония, таких как нитрат аммония и/или сульфат аммония, например до 1 мас.% или до 5 мас.%, например, для удаления солей после кислотной очистки отходящего газа. Жидкость может также содержать добавки, такие как формальдегид. Жидкость содержит, как правило, менее 5 мас.% воды, например менее 2,0 мас.% воды для гранулирования и, как правило, менее 0,50 мас.% воды для приллирования.

Секция обработки и стадия обработки отходящего газа, как правило, включает в себя отмывку от пыли и/или кислотную отмывку. Отмывка, по существу, включает в себя приведение потока газа в контакт с водным раствором, например, содержащим карбамид, например, путем распыления раствора в поток отходящего газа. Раствор обладает, например, нейтральным pH (pH 6-8, например pH 7) при отмывке от пыли для удаления пыли карбамида или низким значением pH (pH ниже 4 или ниже 3) для кислотной отмывки. При комбинировании отмывки от пыли и кислотной отмывки кислотную отмывку применяют, например, одновременно с отмывкой от пыли или после отмывки от пыли. Отмывка от пыли, по существу, включает в себя рециркуляцию отмывающего раствора, от которого отводят продувочный поток, содержащий, например, 10-60 мас.% карбамида. Продувочный поток утилизируют, например концентрируют путем выпаривания воды и возвращают в доводочную секцию.

Секция обработки может иметь множество конструкций, но, как правило, содержит устройство для удаления капель, такое как сетки и туманоуловители Chevron. Секция обработки может также содержать скруббер Вентури. Скруббер Вентури, например, описанный в WO 2015/002535, содержит одну или более трубок с сужающейся частью, узкой или "горловой" частью и, как правило, расширяющейся частью. Воздух приобретает высокую скорость при движении через горловину. Отмывающую жидкость в форме капель, обычно водного раствора, добавляют в трубку Вентури, как правило, в горловину, и она попадает в поток газа. И использованные капли воды, по существу, на несколько порядков величины больше частиц собираемых загрязнений (пыль карбамида), и, следовательно, приобретают другую скорость при разгоне через трубку Вентури. Капли воды и частицы загрязнений взаимодействуют из-за разницы ускорений таким образом, что капли воды собирают частицы загрязнений.

В примере осуществления система удаления пыли содержит множество эжекторов Вентури, работающих параллельно. Например, можно использовать секцию MMV (микротуман Вентури), в частности, для гранулирования. Секция MMV содержит множество параллельных трубок Вентури. В секции MMV жидкость распыляют в горловины каждой из трубок Вентури в одном направлении с потоком газа через однофазные сопла, например, расположенные непосредственно перед сужающейся частью трубки, создавая капли жидкости одинакового и регулируемого размера, как правило, в диапазоне от 50 до 700 мкм. Для контроля перепада давления на секции Вентури, как вариант, применяют распыление в горловину в противоход потоку газа, например, с помощью сопел внутри горловины.

В варианте осуществления стадия обработки включает в себя гашение отходящего газа водой с получением гашеного отходящего газа, например, имеющего температуру ниже около 45°C, и отмывку гашеного отходящего газа. На стадии отмывки, например, используют по меньшей мере один скруббер Вентури.

Стадия обработки включает в себя, например, стадию охлаждения потока отходящего газа, например стадию гашения, например, до температуры ниже 45°C, или ниже 40°C, и/или охлаждения, например, по меньшей мере на 50°C или по меньшей мере на 60°C. Охлаждение, например, осуществляют путем распыления и выпаривания водного потока, такого как раствор карбамида, например путем испарения по меньшей мере 1,0 г, по меньшей мере 10 г или по меньшей мере 20 г воды на 1 м<sup>3</sup> отходящего газа при станд. усл. Поток газа после охлаждения имеет относительную влажность (RH), например по меньшей мере 70% или по меньшей мере 80%. Распыление приводит, например, к образованию капель со средним размером менее 100 мкм, менее 40 мкм или менее 20 мкм. Для гашения предпочтительно используют однонаправленное распыление.

Трубопровод между доводочной секцией и секцией обработки отходящего газа содержит, например, трубу, шланг и/или воздуховод. В более общем смысле можно использовать любую линию для транспортировки потока газа. Трубопровод имеет стенку, которая выступает в качестве газонепроницаемой границы с внешней атмосферой. Трубопровод имеет длину, например, по меньшей мере 2 м, по меньшей мере 5 м, по меньшей мере 10 м, по меньшей мере 20 м, по меньшей мере 40 м или по меньшей мере 60 м. Трубопровод проходит, например, от верхней части башни прилирования до более низкого уровня, например до секции обработки, расположенной на более низком высотном уровне, например на уровне земли, или имеющей вход на уровне 0-20 м, и/или до секции обработки с высотным уровнем ниже уровня выхода отходящего газа по меньшей мере на 5 м, по меньшей мере 10 м, по меньшей мере 20 м или по меньшей мере 40 м.

Настоящее изобретение, по существу, направлено на предотвращение образования холодных зон на этой стенке.

Признаки А-Ф.

Соответственно, можно использовать следующие меры А-Ф, каждую по отдельности и/или в комбинации друг с другом.

А) Способ может включать поддержание температуры стенки на уровне не более чем на 60°C ниже температуры  $T_1$  потока газа на выходе из доводочного оборудования. Таким образом, способ может включать поддержание температуры  $T_w$  стенки на уровне  $T_{w, \text{мин}}$  или выше, причем  $T_{w, \text{мин}} = (T_1 - 60^\circ\text{C})$ , или  $T_{w, \text{мин}} = (T_1 - 50^\circ\text{C})$ , или  $T_{w, \text{мин}} = (T_1 - 30^\circ\text{C})$ , или  $T_{w, \text{мин}} = (T_1 - 10^\circ\text{C})$ , или даже  $T_{w, \text{мин}} = T_1$ . В последнем случае  $T_w \geq T_1$ . Такие температуры  $T_w$  стенки, как правило, поддерживают по меньшей мере в одном колене трубопровода, по меньшей мере на одном участке, на котором диаметр трубопровода изменяется, и/или на протяжении по меньшей мере 10%, по меньшей мере 50% или по меньшей мере 90% длины трубопровода. Температурой ( $T_w$ ) стенки называется температура на внутренней стороне стенки (т.е. температура на внутренней стенке, т.е. на поверхности стенки, которая находится в контакте с отходящим газом).

В) Способ может включать поддержание температуры стенки на уровне по меньшей мере 30°C, по меньшей мере 40°C, по меньшей мере 60°C, по меньшей мере 80°C, по меньшей мере 100°C или по меньшей мере 120°C. Такие температуры стенки, как правило, поддерживают по меньшей мере в одном колене трубопровода, по меньшей мере на одном участке, на котором диаметр трубопровода изменяется, и/или на протяжении по меньшей мере 10%, по меньшей мере 50% или по меньшей мере 90% длины трубопровода. Температурой стенки называется температура на внутренней стороне стенки (т.е. поверхности стенки, которая находится в контакте с отходящим газом).

С) Температура потока отходящего газа рядом со стенкой, например в зоне на расстоянии менее 2 см или менее 1 см от указанной стенки (от внутренней поверхности, т.е. поверхности, контактирующей с отходящим газом), предпочтительно должна быть выше 60°C, предпочтительно выше 65°C, еще более предпочтительно выше 70°C. Таким образом, температура потока газа вблизи стенки имеет такую предпочтительную температуру по меньшей мере в одном положении по длине трубопровода (например, вдоль потока газа), как правило, по меньшей мере в одном колене трубопровода, по меньшей мере на одном участке, на котором диаметр трубопровода изменяется, и/или на протяжении по меньшей мере 10%, по меньшей мере 50% или по меньшей мере 90% длины трубопровода.

Д) Разность температур между потоком газа вблизи стенки воздуховода (например, в зоне на расстоянии менее 2 см или менее 1 см от внутренней поверхности стенки) и потоком газа в центре поперечного сечения трубопровода в том же положении по длине трубопровода предпочтительно составляет менее 10°C, более предпочтительно менее 5°C, еще более предпочтительно менее 3°C. Таким образом, разность температур потока газа в поперечном сечении (перпендикулярном потоку газа) предпочтительно невелика.

Е) Способ предпочтительно включает нагревание по меньшей мере части стенки трубопровода. Нагревание можно применять, например, по меньшей мере на 10%, по меньшей мере 20%, по меньшей мере 50% или по меньшей мере 90% длины трубопровода (например, вдоль потока газа), и/или по меньшей

мере на 10%, по меньшей мере 20%, по меньшей мере 50% или по меньшей мере 90% поверхности стенки, например наружной поверхности стенки. Нагревание можно также применять ко всей стенке. Нагревание может быть выполнено, например, с помощью электрического обогрева и/или с использованием нагревательной текучей среды, например путем прямого или непрямого теплообмена. Нагревательная текучая среда предпочтительно представляет собой водяной пар или конденсат. Например, в некоторых вариантах осуществления водяной пар может представлять собой водяной пар низкого давления, подаваемый из карбаматного конденсатора высокого давления в установке по производству карбамида. К стенке трубопровода предпочтительно применяется линия обогрева, например электрическая линия обогрева и/или линия обогрева с текучей средой, например парообогревательная рубашка.

F) Можно применять теплоизоляционные материалы, как описано ниже. Эти признаки A-F можно использовать по отдельности или в любой комбинации. То же самое относится к предпочтительным под-признакам. К некоторым примерам комбинаций относятся признаки A и B; A, B и E и/или F; C и E; D и E; C и D и необязательно E; и B и E.

Вышеуказанные меры обладают особенными преимуществами для способа, включающего приллирование карбамидсодержащих твердых частиц в башне приллирования, причем башня имеет выход для охлаждающего воздуха в виде отходящего газа в верхней части (например, над распылительным устройством башни приллирования), при этом указанный отходящий газ имеет температуру  $T_1$  на указанном выходе, и при этом способ включает обработку указанного отходящего газа, предпочтительно отмывку от пыли и необязательно кислотную отмывку, в секции обработки отходящего газа, например, расположенной на уровне земли (например, на высоте менее 20 м), причем указанная секция обработки отходящего газа имеет вход для отходящего газа, расположенный на уровне земли (например, на высоте от 0 до 20 м или от 0 до 10 м). Кроме того, способ включает перевод потока отходящего газа из указанного выхода на указанной верхней части башни приллирования карбамида через трубопровод, расположенный снаружи от башни приллирования, к указанному входу секции обработки. Секция обработки предпочтительно содержит скруббер Вентури и, например, распылитель для гашения, как описано в настоящем документе.

Предпочтительный процесс доводки карбамида включает приллирование карбамида в башне приллирования карбамида с использованием охлаждающего воздуха, предпочтительно с форсированной тягой с применением воздуходувки или вентилятора, причем башня приллирования имеет выход для отходящего газа в верхней части указанной башни, при этом указанный отходящий газ имеет температуру  $T_1$  на указанном выходе,

отмывку указанного отходящего газа от пыли и необязательно кислотную отмывку в секции обработки отходящего газа, имеющей вход для отходящего газа на высоте от 0 до 20 м от уровня земли,

подачу отходящего газа от указанного выхода на указанной верхней части башни приллирования карбамида к указанному входу указанной секции обработки отходящего газа и

поддержание температуры указанной стенки указанного трубопровода на уровне выше  $T_1 - 10^\circ\text{C}$ .

Изобретение также относится к установке для доводки карбамидсодержащего материала. Установка для доводки карбамидсодержащего материала содержит доводочную секцию для отверждения потока карбамидсодержащей жидкости (такую как гранулятор или башня приллирования) и секцию обработки отходящего газа. Установка для доводки карбамидсодержащего материала также содержит трубопровод для отходящего газа, идущий от выхода для отходящего газа доводочной секции к входу для отходящего газа в указанной секции обработки. В конкретном варианте осуществления доводочная секция представляет собой башню приллирования карбамида, и/или секция обработки находится на высоте от 0 до 20 м, например на уровне земли.

По меньшей мере, участки трубопровода снабжены теплоизоляцией и/или одним или более нагревательными элементами, а предпочтительно как теплоизоляцией, так и нагревательными элементами. Установка предпочтительно выполнена с возможностью осуществления описанного способа. Теплоизоляция и один или более нагревательных элементов, если используются, предпочтительно выполнены (по отдельности или вместе) с возможностью поддержания температуры указанной стенки указанного трубопровода выше  $T_{w, \text{мин}}$ , по меньшей мере в одном колене трубопровода, по меньшей мере на одном участке, на котором диаметр трубопровода изменяется, и/или на протяжении по меньшей мере 10%, по меньшей мере 50% или по меньшей мере 90% длины трубопровода, причем  $T_{w, \text{мин}} = T_1 - 50^\circ\text{C}$ , где  $T_1$  - температура указанного отходящего газа на указанном выходе, еще более предпочтительно  $T_{w, \text{мин}}$  соответствует предшествующему описанию.

Нагревательные элементы, например, служат внешним источником тепла или подают тепло от внешнего источника тепла. Изоляция и/или один или более нагревательных элементов выполнены с возможностью поддержания минимальной температуры стенки трубопровода. Нагревательные элементы представляют собой, например, электрические нагревательные элементы или теплообменники для теплообмена с нагревательной текучей средой, такой как водяной пар или конденсат. Нагревательные элементы, например, выполнены в виде линий обогрева. Нагревательные элементы (электрические линии), например, выполнены в виде электрических нагревательных элементов, находящихся в физическом контакте по всей длине трубы, например в виде нагревающей ленты. Нагревательные элементы (линии с

текучей средой), например, выполнены в виде труб с нагревательной текучей средой, находящихся в физическом контакте с трубопроводом по всей длине трубопровода.

Нагревательная линия в виде ленты содержит электрические провода, например, заключенные в полимерную ленту. Трубопровод, например, снабжен нагревательной лентой с саморегуляцией, электрическое сопротивление которой изменяется в зависимости от температуры. Такая лента содержит, например, кабели, имеющие две параллельные шины, заключенные в полупроводящий полимер, наполненный углеродом.

Например, трубопровод снабжен нагревательной линией, такой как электрическая нагревательная линия и/или нагревательная линия с текучей средой, по меньшей мере на части или всей длине трубопровода (в направлении потока газа), например на протяженности по меньшей мере 1 м, по меньшей мере 2 м или по меньшей мере 5 м или по всей длине, по меньшей мере в одном колене трубопровода и/или по меньшей мере на участке трубопровода, где диаметр трубопровода уменьшается. Трубопровод предпочтительно имеет периметр, а изоляция и/или один или более нагревательных элементов выполнены, например, на частях протяженности, по меньшей мере на 10%, по меньшей мере на 20%, по меньшей мере на 50% или даже по меньшей мере на 90% периметра трубопровода.

Теплоизоляционный материал предпочтительно имеет толщину по меньшей мере 1,0 мм, по меньшей мере 5 мм, по меньшей мере 10 мм, по меньшей мере 5 см или по меньшей мере 10 см, например от 5 до 15 см. Теплоизоляционный материал предпочтительно имеет пористую структуру и/или содержит волокна. Например, материал содержит пеноматериал. Теплоизоляционный материал предпочтительно содержит пустоты, наполненные воздухом, и имеет объемную долю пустот по меньшей мере 10%, по меньшей мере 20% или по меньшей мере 50%. Теплоизоляционный материал предпочтительно содержит один или более материалов, выбранных из группы, состоящей из полимерного материала, материала на основе волокон и неорганического неметаллического материала. Материал предпочтительно представляет собой материал на основе стекла, такой как стекловолокно. Теплоизоляционный материал, например, имеет теплопроводность менее 1,0, или менее 0,20, или менее 0,10 Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup> (W/(м·К)), при 1 бар и 293 К; и предпочтительно имеет толщину, как указано выше. Материал предпочтительно нанесен на площади по меньшей мере 0,50 м<sup>2</sup>, по меньшей мере 1,0 м<sup>2</sup>, по меньшей мере 5 м<sup>2</sup> или по меньшей мере 10 м<sup>2</sup>.

Установка предпочтительно содержит башни прилирования с форсированной тягой, в которых, например, используют вентилятор или воздуходувку. В такой установке пониженное давление, создаваемое воздуходувкой, может индуцировать образование большего количества изоциановой кислоты и, следовательно, потенциально большее засорение. Это, в частности, может иметь место при необходимости установки воздуходувки или вентилятора в доводочную секцию или после нее при добавлении секции обработки к существующей доводочной секции.

В изобретении также предложен способ модификации существующей доводочной секции для отверждения карбамидсодержащего материала (например, доводочной секции карбамида), в котором модификацию выполняют для предотвращения или, по меньшей мере, уменьшения засорения трубопровода. Таким образом, модернизацию проводят, по меньшей мере частично, для предотвращения (например, профилактики или уменьшения) засорения трубопровода, причем указанный трубопровод выполнен между доводочной секцией и секцией обработки, предназначенной для обработки отходящего газа из указанной доводочной секции. Соответственно, трубопровод является частью существующей доводочной секции карбамида, или он добавлен к существующей доводочной секции карбамида. Например, способ может включать установку секции обработки, например заменяющей секции обработки, дополнительной секции обработки и/или новой секции обработки для доводочной секции, которая еще не имеет секции обработки. При такой установке секции обработки ее вход для отходящего газа соединен дополнительным трубопроводом с выходом доводочной секции. В способе изобретения существующий или новый трубопровод снабжен термической изоляцией и/или нагревательными элементами. Предпочтительно предусмотрена термическая изоляция и/или один или более нагревательных элементов для предотвращения образования холодных зон на стенке трубопровода. Соответственно, термическая изоляция и/или один или более нагревательных элементов выполнены с возможностью предотвращения образования холодных зон. Холодные зоны, например, расположены на внутренней поверхности стенки, т.е. на частях поверхности стенки, находящихся в контакте с потоком отходящего газа. Холодные зоны включают в себя зоны, имеющие температуру, при которой изоцианат может конденсироваться. С помощью настоящего способа предотвращают образование холодных зон на внутренней стенке. Холодные зоны, по существу, имеют температуру ниже температуры отходящего газа. Холодные зоны не обязательно образуются при отсутствии теплоизоляции и/или нагревательных элементов. Например, холодные зоны могут образовываться ночью или зимой, но не днем или летом. Как правило, холодные зоны представляют собой зоны стенки (внутренней поверхности), которые холоднее отходящего газа, в течение по меньшей мере 10% рабочего времени. Теплоизоляционный материал предпочтительно совпадает с описанным для установки. Добавленная тепловая изоляция и/или один или более нагревательных элементов (в случае использования) выполнены с возможностью уменьшения засорения трубопровода за счет предотвращения образования таких холодных зон.

Добавленная теплоизоляция и/или один или более добавленных нагревательных элементов (в слу-

чае использования) предпочтительно выполнены с возможностью поддержания температуры указанной стенки указанного трубопровода выше  $T_{w, \text{мин}}$  по меньшей мере в одном колене трубопровода, по меньшей мере на одном участке, на котором диаметр трубопровода изменяется, и/или на протяжении по меньшей мере 10%, по меньшей мере 50% или по меньшей мере 90% длины трубопровода, причем  $T_{w, \text{мин}} = T_1 - 50^\circ\text{C}$ , где  $T_1$  - температура указанного отходящего газа на указанном выходе, более предпочтительно  $T_{w, \text{мин}}$  соответствует описанию выше в настоящем документе.

Альтернативно и/или в комбинации способ модификации существующей доводочной секции карбамида для предотвращения засорения имеющего стенку трубопровода для отходящего газа из доводочной секции включает обеспечение трубопровода между указанной доводочной секцией и секцией обработки, предназначенной для обработки отходящего газа из указанной доводочной секции, причем длина трубопровода составляет менее 10 м, менее 5 м или даже менее 2,0 м. Такую длину используют для уменьшения риска засорения трубопровода и, в частности, для уменьшения риска конденсации изоцианата и обратного превращения в карбамид на внутренней поверхности стенки трубопровода. Вход секции обработки предпочтительно размещается на приблизительно той же высоте (например, не более чем на 5 м ниже или выше или не более чем на 2 м ниже или выше), что и выход для отходящего газа в доводочной секции. Например, секция обработки размещается в верхней части башни приллирования карбамида. Трубопровод, имеющий такую короткую длину, предпочтительно снабжен теплоизоляционным материалом и/или одним или более нагревательными элементами, такими как нагревательная лента, как описано выше.

Способ предпочтительно осуществляют на установке, соответствующей настоящему описанию. Установка предпочтительно подходит для способа, описанного в настоящем документе. С помощью способа модификации существующей доводочной секции карбамида предпочтительно получают установку, соответствующую описанию. Установка может быть построена заново (т.е. новая) или путем модификации или изменения существующей установки по доводке карбамида.

Изобретение дополнительно относится к применению линий обогрева (таких как электрические линии обогрева и/или линии обогрева с текучей средой) для предотвращения засорения трубопровода для потока газа, содержащего карбамидсодержащую пыль, аммиак и изоциановую кислоту.

Изобретение дополнительно относится к способу уменьшения засорения трубопровода для потока газа, содержащего карбамидсодержащую пыль, аммиак и изоциановую кислоту, причем указанный трубопровод имеет стенку, при этом способ включает применение одного или более указанных признаков A-F, подачу потока газа к входу трубопровода и отвод потока газа с выхода трубопровода.

Источником потока газа может быть любой источник, как правило, источник в установке, в которой производят карбамид. Трубопровод может представлять собой, например, вентиляционный канал, выводящую трубу или трубу к секции обработки, например, как описано в настоящем документе.

Поток газа содержит, например, по меньшей мере 10 мг изоциановой кислоты/ $\text{Нм}^3$ , или по меньшей мере 20 мг, или по меньшей мере 50 мг, или по меньшей мере 100 мг изоциановой кислоты в начале трубопровода, а также в конце трубопровода. Концентрация изоциановой кислоты на выходе из трубопровода предпочтительно составляет по меньшей мере 80%, или по меньшей мере 90%, или даже по меньшей мере 99% от концентрации на входе в трубопровод.

Поток газа содержит, например, по меньшей мере 10 мг  $\text{NH}_3/\text{Нм}^3$ , или по меньшей мере 20 мг, или по меньшей мере 50 мг, или даже по меньшей мере 100 мг  $\text{NH}_3/\text{Нм}^3$  на входе в трубопровод, а также обычно на выходе из трубопровода. Трубопровод представляет собой, например, шланг, трубу или воздуховод.

Далее варианты осуществления изобретения будут дополнительно проиллюстрированы с помощью фигур и примера, которые не ограничивают данное изобретение или пункты формулы.

На фиг. 1 показаны отложения в сравнительном трубопроводе между доводочной секцией и секцией обработки, наблюдаемые через 10 дней непрерывной эксплуатации экспериментальной установки. Трубопровод не имел теплоизоляции или обогрева. Твердые вещества образуются по всему периметру воздуховода, и это обусловлено конденсацией и ростом кристаллов.

На фиг. 2 схематично представлен пример осуществления изобретения, включающий в себя башню А приллирования карбамида и секцию В обработки (для отмычки от пыли и/или кислотной отмычки), размещенную на уровне земли. Расплав 1 карбамида подается в верхнюю часть башни А приллирования, и, в частности, в распылительное устройство, например в приллирующий стакан С. Из распылительного устройства, например приллирующего стакана С, расплав карбамида падает внутрь башни А, охлаждается, кристаллизуется и затвердевает до состояния твердых частиц 2 карбамида с помощью охлаждающего воздуха 3, а также с образованием отходящего газа 4. Отходящий газ 4 подают из выхода башни А приллирования в верхней части башни в отмывочный блок В через воздуховод D, имеющий стенку W. Отходящий газ отмыывают в блоке В с получением очищенного потока 5 воздуха, который, например, отводят в атмосферу, и жидкого карбамидсодержащего продувочного потока 6. Продувочный поток 6, содержащий карбамид, утилизируют, например, путем рециркуляции в установку по производству карбамида. В изобретении воздуховод D снабжен нагревательным и/или изоляционным элементом(ами) Е для предотвращения потери тепла по меньшей мере в части стенки W воздуховода D. Нагревательный и/или изоля-

ционный элемент(ы) E, например, представляет собой линию обогрева, выполненную поверх по меньшей мере части стенки, например, в виде электрической нагревательной линии или нагревательной линии с текучей средой 7, такой как водяной пар или конденсат. Осаждение карбамида на стенке W из-за конденсации изоциановой кислоты и ее реакции с аммиаком в потоке 4 отходящего газа предотвращают нагреванием и/или изоляционным(и) элементом(ами) E.

На фиг. 3 представлены две фотографии воздуховода между башней приллирования и скруббером в соответствии с изобретением, причем воздуховод имеет теплоизоляцию. Фотографии были сделаны через 2 недели периодической эксплуатации экспериментальной установки. Осажденные твердые вещества расположены только в нижней части воздуховода и относятся к оседанию частиц карбамида (пыли карбамида) под действием силы тяжести. В отличие от фиг. 1 крупных комков твердых отложений не образуется. Осевшие частицы не прилипают к стенке и легко удаляются, как показано на правом снимке фиг. 3.

Пример.

В сравнительной установке 1 скруббер был соединен воздуховодом с доводочной секцией. Воздуховод не имел теплоизоляции или обогрева. В зависимости от наружной температуры количество мелких фракций <1 мкм составляло 10-70 мас.%, при этом при более низких температурах наблюдали большее количество мелких фракций. Более того, при более низких температурах поток газа в конце воздуховода содержал меньше изоцианата и меньше аммиака. Поток газа содержал 10-90 мг изоцианата/Нм<sup>3</sup> на входе скруббера в зависимости от температуры на входе скруббера, которая находилась в диапазоне от 44 до 63°C.

Для соответствующей изобретению установки 2 с теплоизолированным воздуховодом между доводочной секцией (башня приллирования) и скруббером количество мелких фракций <1 мкм, как правило, составляло от 5 до 25%. Это количество не коррелировало с наружной температурой окружающей среды. Поток газа содержал от 100 до 220 мг изоцианата/Нм<sup>3</sup> на входе скруббера и не коррелировал с температурой отходящего газа на входе скруббера, т.е. температурой отходящего газа после башни приллирования и выходном конце воздуховода, которая находилась в диапазоне от 58 до 70°C и которая варьировала в зависимости от внешней температуры окружающей среды.

Это указывает на реакцию изоцианата и аммиака при более низких температурах в неизолированном воздуховоде, а также на образование субмикронной пыли карбамида. Это предотвращают в соответствующей изобретению установке 2.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ доводки карбамидсодержащего материала, включающий стадии, на которых подвергают поток карбамидсодержащей жидкости отверждению в доводочной секции карбамида с получением твердого карбамидсодержащего продукта и потока отходящего газа, содержащего воздух, пыль карбамида и аммиак,

осуществляют транспортировку указанного потока отходящего газа от выхода указанной доводочной секции карбамида в секцию обработки отходящего газа через трубопровод, имеющий стенку, причем указанный отходящий газ имеет температуру  $T_1$  на указанном выходе,

подвергают указанный поток отходящего газа обработке для удаления по меньшей мере части указанной пыли карбамида и/или аммиака из указанного воздуха в указанной секции обработки и

осуществляют поддержание температуры указанной стенки указанного трубопровода выше  $T_{w, \text{мин}}$  по меньшей мере в одном колене трубопровода, по меньшей мере на одном участке, на котором диаметр трубопровода изменяется, и/или на протяжении по меньшей мере 10%, по меньшей мере 50% или по меньшей мере 90% длины трубопровода, причем  $T_{w, \text{мин}} = T_1 - 50^\circ\text{C}$ .

2. Способ доводки по п.1, в котором указанная стенка указанного трубопровода снабжена теплоизоляционным материалом и нагревательными элементами.

3. Способ доводки по п.1 или 2, в котором температуру стенки поддерживают на уровне  $T_1$  или выше.

4. Способ доводки по любому из пп.1-3, в котором температура потока отходящего газа в зоне менее чем в 2 см от указанной стенки составляет более 60°C, предпочтительно более 65°C, еще более предпочтительно более 70°C.

5. Способ доводки по любому из пп.1-4, в котором разность температур между потоком газа вблизи стенки трубопровода и потоком газа в центре поперечного сечения трубопровода в той же позиции по длине трубопровода составляет менее 10°C, предпочтительно менее 5°C.

6. Способ доводки по любому из пп.1-5, включающий поддержание температуры стенки на уровне по меньшей мере 60°C.

7. Способ доводки по любому из пп.1-6, в котором указанный твердый карбамидсодержащий продукт содержит частицы карбамида, частицы карбамида-нитрата аммония (UAN) или частицы карбамида-сульфата аммония (UAS).

8. Способ доводки по любому из пп.1-7, в котором указанное отверждение включает в себя приллирование карбамидсодержащего расплава с получением приллов карбамида.

9. Способ доводки по п.1, включающий стадии, на которых осуществляют приллирование карбамида в башне приллирования карбамида с форсированной тягой с использованием охлаждающего воздуха и с применением воздуходувки и/или вентилятора, причем башня приллирования имеет выход для отходящего газа в верхней части указанной башни, при этом указанный отходящий газ имеет температуру  $T_1$  на указанном выходе,

подвергают указанный отходящий газ отмывке от пыли и необязательно кислотной отмывке в секции обработки отходящего газа, имеющей вход для отходящего газа на высоте от 0 до 20 м от уровня земли,

осуществляют подачу отходящего газа от указанного выхода на указанной верхней части башни приллирования карбамида к указанному входу указанной секции обработки отходящего газа и

осуществляют поддержание температуры указанной стенки указанного трубопровода на уровне выше  $T_{w, \text{мин}} = T_1 - 10^\circ\text{C}$ .

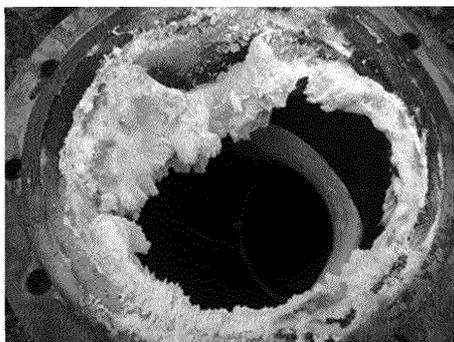
10. Установка для доводки карбамидсодержащего материала, содержащая доводочную секцию для отверждения потока карбамидсодержащей жидкости, секцию обработки отходящего газа и трубопровод для отходящего газа от выхода указанной доводочной секции к входу указанной секции обработки, при этом указанный трубопровод имеет стенку, и при этом по меньшей мере части указанного трубопровода или весь трубопровод снабжены теплоизоляцией и/или одним или более нагревательными элементами, выполненными с возможностью поддержания температуры указанной стенки указанного трубопровода выше  $T_{w, \text{мин}}$  по меньшей мере в одном колене трубопровода, по меньшей мере на одном участке, на котором диаметр трубопровода изменяется, и/или на протяжении по меньшей мере 10%, по меньшей мере 50% или по меньшей мере 90% длины трубопровода, причем  $T_{w, \text{мин}} = T_1 - 50^\circ\text{C}$ , где  $T_1$  - температура указанного отходящего газа на указанном выходе.

11. Установка по п.10, в которой указанный трубопровод снабжен теплоизоляционным материалом и нагревательными элементами, причем нагревательные элементы содержат электрическую линию обогрева и/или паровую линию обогрева.

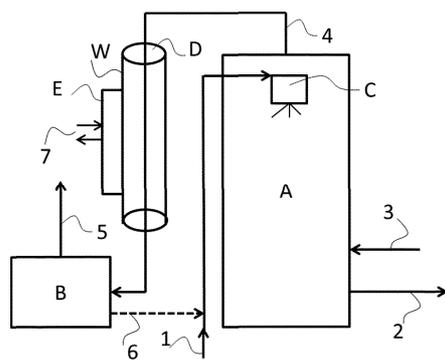
12. Установка по любому из пп.10, 11, в которой указанная доводочная секция представляет собой башню приллирования карбамида, и при этом вход для отходящего газа указанной секции обработки находится на высоте от 0 до 20 м над уровнем земли.

13. Установка по любому из пп.10-12, в которой трубопровод снабжен теплоизоляционным материалом, имеющим теплопроводность менее  $1,0 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$  и имеющим толщину по меньшей мере 10 мм, причем трубопровод предпочтительно снабжен теплоизоляционным материалом, содержащим один или более материалов, выбранных из группы, состоящей из полимерного материала, материала на основе волокон и неорганического неметаллического материала.

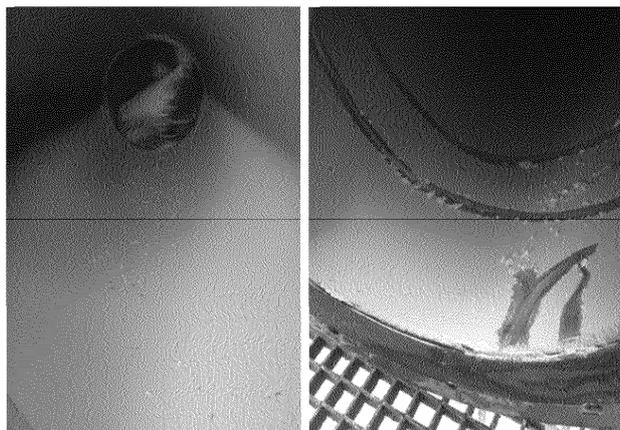
14. Способ модификации существующей доводочной секции для отверждения карбамидсодержащего материала для предотвращения засорения имеющего стенку трубопровода для отходящего газа из доводочной секции, причем указанный трубопровод выполнен между указанной доводочной секцией и секцией обработки, предназначенной для обработки отходящего газа из указанной доводочной секции, при этом способ включает в себя стадию, на которой осуществляют обеспечение трубопровода теплоизоляцией и/или одним или более нагревательными элементами, причем указанная теплоизоляция и указанные один или более нагревательных элементов выполнены с возможностью поддержания температуры указанной стенки указанного трубопровода выше  $T_{w, \text{мин}}$  по меньшей мере в одном колене трубопровода, по меньшей мере на одном участке, на котором диаметр трубопровода изменяется, и/или на протяжении по меньшей мере 10%, по меньшей мере 50% или по меньшей мере 90% длины трубопровода, причем  $T_{w, \text{мин}} = T_1 - 50^\circ\text{C}$ , где  $T_1$  - температура указанного отходящего газа на указанном выходе.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3